

MONUMENTEN EN WATER



Diest 2005

MONUMENTEN EN WATER



Diest, 15 april 2005

Editor:

D. Van Gemert, K.U.Leuven

Programma

- 09.30 Ontvangst met registratie van de deelnemers
- 09.40 Inleiding: problematiek van monumenten en water.
Walter Slock, Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed - VIOE
- 10.10 Architecturale en bestuursaspecten in verband met werken aan
oevergebouwen: funderingen, kelders, woongedeelten.
Jan De Block, Stad Gent
- 10.50 Bouwschade bij overstromingen: typering, omvang, preventie.
Dionys Van Gemert, K.U.Leuven
- 11.30 Effecten van water in metselwerk, pleisters en hout.
Yves Vanhellemont, WTCB
- 12.10 Gezamenlijke lunch in het restaurant van het Cultureel Centrum
- 14.00 Monumenten en water: Waterkasteel van Horst.
Sven Ignoul, Triconsult N.V.
- 14.40 Effecten van zeezouten in massief metselwerk. Case study: kerk van
Brouwershaven, Zeeland.
Barbara Lubelli, TNO Environment and Geosciences
- 15.20 Koffiepauze
- 15.40 Monumenten en water: Grafmonument Emile Verhaeren.
Kris Brosens, Triconsult N.V.
- 16.20 Afsluitende discussie

Voorwoord

Monumenten en Water

Voorliggende syllabus bevat de teksten van de voordrachten, gehouden tijdens de WTA Nederland/Vlaanderen studiedag te Diest over het thema 'Monumenten en Water'. Alle gebouwen en in het bijzonder monumentale gebouwen lijden onder de blootstelling en het contact met water, gewild als oevergebouw of ongewild tengevolge van calamiteit of overstroming. De problematiek is algemeen bekend, en toch is er slechts weinig gestructureerde wetenschappelijke kennis beschikbaar, en zijn slechts sporadische cijfergegevens en statistisch materiaal terzake aanwezig. Misschien is dit te wijten aan de fatalistische benadering door onze maatschappij van de schade en kosten veroorzaakt door overstromingen. De maatschappij is snel geneigd overstromingen af te doen als onvoorziene, fatalistische gebeurtenissen, waartegen de enige remedie het oprichten van een 'rampenfonds' is. De ervaring leert dat de grootte van zulk rampenfonds dan weer meestal niet volstaat wanneer zich eens een ernstige calamiteit voordoet, zodat dan weer ad hoc steunmaatregelen genomen moeten worden. Toch worden door de nationale en regionale overheden initiatieven op het getouw gezet om deze lacunes op te vullen.

Deze studiedag focust zich op de effecten van water op monumenten: op het gebouw, op de bouwmaterialen, op de inboedel. De problematiek wordt benaderd vanuit een breed gezichtsveld. Vooreerst wordt nagegaan wat de omvang en de betekenis zijn van de nadelige effecten van water op gebouwen en monumenten. Daarover wordt informatie verstrekt vanuit de overheid en vanuit de verzekeringssector. Daarna wordt dieper ingegaan op de technische aspecten: welke invloed heeft water op de materialen metselwerk, pleisters en hout, de basismaterialen in gebouwen die het meest gevoelig zijn aan waterschade. De schademechanismen worden belicht, en de mogelijke herstellingsprocedures worden aangegeven. De praktische uitvoerbaarheid en de duurzaamheid van de voorgestelde herstellingen worden belicht aan de hand van reële uitvoeringen en gevallenstudies.

Zoals steeds heeft WTA NL/VL ernaar gestreefd een programma samen te stellen dat een compromis inhoudt tussen wetenschappelijke basisinformatie en praktijkgerichte kennisoverdracht. Daarbij hopen wij dat de kennisoverdracht in twee richtingen verloopt: van theorie naar praktijk en van praktijk naar theorie. De wetenschappelijke onderbouwing van restauratie- en renovatieprocedures is een must, maar evenzeer moet de wetenschap rekening houden met de uitvoering en de uitvoerbaarheid. Wat betreft duurzaamheid van materialen en technieken is de praktijk zelfs de enige betrouwbare informatiebron. Wij hopen dat deze duale benadering van restauratie/renovatie blijvend tot een wederzijdse bevruchting van theorie en praktijk kan bijdragen.

De studiedag gaat door in de Aula Geertrui Cordeys van het Cultureel Centrum Begijnhof te Diest. De voordrachten worden verzorgd door ervaren architecten, ingenieurs, onderzoekers, historici, beheerders en verantwoordelijken van gebouwen en monumenten. Wij hopen dat de deelnemers intensief zullen deelnemen aan de discussies, zodat tijdens de studiedag een kennis- en ervaringsoverdracht in twee richtingen kan ontstaan: niet alleen van de sprekers naar de deelnemers maar ook van de deelnemers naar de sprekers.

Diest, 15 april 2005

Prof. Dr. Ir. Dionys Van Gemert
Vice-president WTA
Voorzitter WTA Nederland/Vlaanderen

Inhoudsopgave

Dagvoorzitter: Walter Slock

| | |
|-------------------|--|
| Walter Slock | Inleiding: Problematiek van monumenten en water. |
| Jan De Block | Architecturale en bestuursaspecten in verband met werken aan oevergebouwen: funderingen, kelders, woongedeelten. |
| Dionys Van Gemert | Bouwschade bij overstromingen: typering, omvang, preventie. |
| Yves Vanhellemont | Effecten van water in metselwerk, pleisters en hout. |
| Sven Ignoul | Monumenten en water: Waterkasteel van Horst. |
| Barbara Lubelli | Investigation on the performance of a restoration plaster in the field. |
| Kris Brosens | Monumenten en water: Grafmonument Emile verhaeren. |

MONUMENTEN EN WATER: INLEIDING

Walter Slock
Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed

Voorwoord

Het is een waar genoegen als dagvoorzitter van de studiedag "Monumenten en Water" een inleidend woordje ten beste te geven.

Ik doe dit graag vanuit mijn werkomgeving, namelijk het Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed. Even dit instituut in het kort voorstellen.

1. Wat is het VIOE?

Het Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed (VIOE), is een nieuwe wetenschappelijke instelling van de Vlaamse overheid, opgericht op 5 maart 2004. Het VIOE is ontstaan uit een omvorming van het Instituut voor het Archeologisch Patrimonium (IAP) en bepaalde vakgebieden uit de afdeling Monumenten en Landschappen van de Administratie Ruimtelijke Ordening, Huisvesting en Monumenten.

De samenwerking rond archeologie, monumenten en landschappen in het VIOE biedt nieuwe mogelijkheden tot onderzoek en ontsluiting van erfgoed, complementair aan een algemene beleidsgerichte werking zoals die door de afdeling Monumenten en Landschappen wordt gevoerd.

De kerntaak van het VIOE omvat kennisverwerving in functie van kennistoepassing.

Het is de ambitie van het VIOE om als wetenschappelijke overheidsinstanties de opgedane kennis exemplarisch toe te passen waardoor de relevantie van het onroerend erfgoed duidelijk wordt.

De opdrachten van de instelling zijn als volgt samen te vatten:

1. De missie en de taken van een Vlaams Wetenschappelijke instelling betreffen in hoofdzaak het verrichten van beleidsgericht, wetenschappelijk onderzoek met inbegrip van wetenschappelijke dienstverlening.
2. De uitgevoerde onderzoeksactiviteiten en de geleverde wetenschappelijke diensten zijn relevant voor beleidsthema's van de Vlaamse overheid, behartigd door het betrokken beleidsdomein en worden bij voorkeur door eigen diensten uitgevoerd.
3. De bepaling, de aansturing, de opvolging en de controle van het onderzoek (het onderzoeksprogramma) gebeurt door de functioneel bevoegde minister.

2. De positionering van het vroegere vakgebied architectuur en de huidige cel strategisch onderzoek

Het vroegere vakgebied Architectuur, door mij opgericht eind 1979, van de afdeling Monumenten en Landschappen behoort sinds juni 2004 eveneens tot het Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed.

Binnen het huidige organigram van het VIOE bevind ik mij met mijn ploeg in de cel Strategisch Onderzoek en kreeg het vakgebied een welomschreven doelstelling "Modelrestauratie".

3. Inleiding tot de studiedag

De mensheid met haar bouwwoede en haar bouwlusten wordt, door de eeuwen heen, steeds en herhaaldelijk geconfronteerd met het element water. Het water is of de vijand of de vriend, met andere woorden het water is terzelfder tijd het leven en de dood.

We zouden geen mensen zijn, moesten we ook het water niet willen temmen of mennen.

Afhankelijk van de omstandigheden worden alle middelen ingezet bij de strijd tegen of voor het gebruik van water.

Ervaring en kunde neemt steeds uitbreiding waardoor meer mogelijkheden en uitdagingen aangegaan worden. Niettegenstaande onze kennis en ervaring komen we dagelijks oog in oog te staan met de veelvuldige negatieve kanten van water. Eén negatief aspect is namelijk de ongelooflijke vernietigende kracht van water. Net als een wild en opgejaagd dier dat gevaarlijk te keer gaat.

Allerhande bijkomende parameters kunnen die vernietigende kracht supplementair activeren.

Een greep uit het verklarende woordenboek waarin het woord water voorkomt, spreekt tot de verbeelding: afvalwater, bluswater, brakwater, bronwater, condensatiewater, grondwater, hemelwater, ijswater, kwelwater, polderwater, putwater, rioolwater, rivierwater, vloedwater, welwater, zeewater, zoetwater, zoutwater, en nog veel meer. Woorden die niet in het lijstje mogen ontbreken zijn vloedgolf en overstroming.

Iedereen kan bij elk van die woorden een ervaring koppelen, een prettige of een nare. Een ervaring wordt naar als tijdelijke of blijvende schade ontstaan is.

Ook hier zouden we geen mens zijn indien we niet zouden zoeken naar middelen om schade te verhinderen zodat ongedaan te maken en voorzorgen te bedenken om herhaling te voorkomen. Een gestructureerde wetenschappelijke aanpak waarbij diverse ervaringen in kaart worden gebracht, dringt zich op.

De problematiek bij monumenten in water is bovendien zo complex omdat tal van parameters aanwezig zijn die in de loop van de jaren kunnen wijzigen. Combinaties van problemen gekoppeld aan wisselwerkingen kunnen het geheel nog extra belasten.

Een aantal monumenten uit ons rijk bouwkundig erfgoed, waar water instaat voor de verdediging of ingezet wordt als uitdrukking van rijkdom en plezier of gebruikt wordt als energiebron i.f.v. de economie en de maatschappij, kennen en hebben nog steeds specifieke problemen. Strategische, maatschappelijke, geologische en klimatologische factoren spelen ook hier een bijzondere rol.

Bij onze hedendaagse monumentenzorg ligt het accent voornamelijk op zorg. Zorg omwille van het monument, zorg omwille van de complexiteit.

Bij deze inleiding is het niet mijn bedoeling oplossingen of suggesties aan te reiken maar wel wil ik aan de hand van de enkele voorbeelden, de discussie activeren nadat de sprekers hun lezing hebben gehouden.

Enkele voorbeelden, uit het veld en uit het leven gegrepen, kunnen de diversiteit van schades illustreren.

Heden ten dage worden we geconfronteerd met verschillende types van architectuur uit evenveel verschillende bouwperiodes. Constructies in hout, leem, natuursteen, baksteen, staal, glas, beton en kunststoffen; elk constructieconcept en elk bouw materiaal heeft zijn specifieke karakteristieken en problemen wanneer deze met water in aanraking komen.

Gevolgen door veranderingen in de grondwaterstand, veranderingen door grondbemaling, klimaatwijzigingen, structurele wijzigingen en aanwezigheid van zout en mineralen in de bodem door toedoen van de mens of de natuur, kunnen oorzaak zijn van heel wat waterellende en schade.

Bestemmingswijzigingen in een gebouw kunnen ook nare gevolgen hebben en kunnen plots voor water en vochtoverlast zorgen zoals bijvoorbeeld leegstaande en goed geventileerde kelders in een waterkasteel welke omgebouwd worden tot kantoorruimtes en achteraf minder goed of slecht geventileerd worden.

Een combinatie van latent aanwezig capillair vocht met verschuiving van het dauwpunt binnenin het metselwerk kan oorzaak zijn van nieuwe problemen en schade.

Alsof voorgaande nog niet genoeg elementen bevat om kopzorgen te veroorzaken dan "kan" daar nog een hele reeks wetten en regelgevingen aan toegevoegd worden die dikwijls ingrijpende invloed kunnen hebben op een gebouw: bijvoorbeeld wetgeving of regelgeving inzake rioleringen, waterafvoer, waterlopen, brandpreventie, beveiliging, ruimtelijke ordening...

4. Enkele voorbeelden

Aan de hand van enkele voorbeelden wens ik de complexe problemen en verscheidenheid aan schade te illustreren.

Het betreft schadevoorbeelden veroorzaakt door overstroming en oeverbeschadigingen, brand en water, opstijgend vocht en zouten en omgekeerde situaties.

5. Bedenkingen en voorlopige conclusie

Aan de hand van voorbeelden blijkt duidelijk dat schades verscheiden en divers in omvang kunnen zijn. Alvorens oplossingen voorgesteld worden, is het noodzakelijk een goede analyse te bekomen van de problematiek.

Een multidisciplinaire aanpak bij dergelijke complexe situaties is derhalve een conditio sine qua non.

Vaak vergeet men dat, met de meest goede bedoelingen en onderbouwde kennis, toch verkeerde beslissingen kunnen genomen en uitgevoerd worden.

Een goede analyse en interpretatie van het vooronderzoek "kunnen" leiden tot een gepaste oplossing. Voorzichtigheid en kritische benadering van de voorgestelde oplossing zijn echter steeds noodzakelijk.

Eveneens stellen we vast dat veel bouwheren denken dat, eens een restauratiewerk achter de rug is, de problemen voor goed opgelost en verdwenen zijn.

Niets is minder waar, waakzaamheid en continu onderhoud blijven noodzakelijk.

ARCHITECTURALE EN BESTUURSASPECTEN IN VERBAND MET WERKEN AAN OEVERGEBOUWEN: FUNDERINGEN, KELDERS EN WOONGEDEELTEN

Jan De Block
Architect Dienst Gebouwen Stad Gent

Abstract

Een groot aantal monumenten staan met hun voeten in het water. In een stad als Gent kan men de visu vaststellen wat er zoal kan mislopen met een monument aan een binnenwater. Toch hoeft het niet allemaal kommer en kwel te zijn. Heel wat kunstwerken bewijzen de monumentale waterwegen in een historische binnenstad een meerwaarde: dit kunnen bruggen en aanlegsteigers zijn maar evengoed kleinschalige beeldhouwwerken.

1. Bestuurlijke bevoegdheid

Vooraf toch even verduidelijken dat het hiërarchisch niveau van de **bestuurlijke bevoegdheid** over de waterlopen in Vlaanderen stijgt met de bevaarbaarheid ervan; de communicatie die hierover met de bevolking wordt gevoerd is echter omgekeerd evenredig met dit principe.

Bij de **onbevaarbare waterlopen** mag de stad of de gemeente zich ontfemen over de derde categorie, zeg maar de lokale grachten en plassen. Gaat het om een onbevaarbare waterloop van regionaal belang of categorie 2, dan is het provinciebestuur bevoegd. Bij categorie 3 komt het nationaal belang kijken net zoals bij de **bevaarbare waterlopen** en zwaait het Vlaams Gewest de plak. In de Gentse binnenstad, die dooraderd wordt door de Schelde, de Leie, de Ketelvest en de Lieve weten we dus meteen wie de baas is.

Zoals overal doen de bazen niet al het werk en weten ze heel goed te delegeren. Het maaien van bermen en snoeien van bomen aan de waterkant neemt de groendienst van de stad voor haar rekening. Alle borstweringen en watertrappen worden door de wegendienst van de stad onderhouden, terwijl het Vlaams Gewest zich dan weer ontfemt over het verwijderen van zwerfvuil en het onderhoud van hun draaibruggen.

Omdat in de binnenstad nogal wat private erven uitgeven op het water, komt een belangrijk deel van het onderhoud van oeververstevingen en watergevels voor rekening van de eigenaars. Zij worden bedacht met de gevleugelde term "aangelanden" hoewel ze met concrete vragen rond hun waterhuishouding zo goed als nergens landen.

Voor een gracht of een plas achterin je tuin maakt een handige stadsbrochure je wegwijs wat je al dan niet mag of moet doen.

Als je watergevel verzakt of je wil een aanlegsteiger bouwen word je verwezen naar het Belgische Staatsblad van 30 mei 2002.

En hoewel stad en staat op dezelfde golflengte zitten wanneer het gaat om de herwaardering van de Gentse binnenwateren, is er op gebied van **communicatie** met de bevolking nog een hele weg af te leggen. Ik weet waarover ik spreek, want de informatie die ik u verstrek heb ik uit een vraaggesprek gehaald met de directeur van de bevoegde gewestelijke administratie.

Wat dan wel goed uitgewerkt is het **retributiereglement**, dat men met opzet geen belastingen noemt (daarvan weet je immers zelden waar die goed voor zijn) maar een gebruiksrecht op het openbaar domein. Je mag namelijk 2,5 EUR/m²/jaar dokken voor een aanlegsteiger en 3,7 EUR/lm oeverinname bovenop. Deze donaties komen terecht in de kas van een nieuw opgerichte naamloze vennootschap waterwegen en zeekanaal, een overheidsholding die het beheer van de waterwegen voor haar rekening neemt.

2. Waterhuishouding in de Gentse binnenstad

Leie en Schelde plegen elkaar in onze stad te vinden, al weten de meeste Gentenaren zelf niet waar ze dit punt moeten zoeken. Tussen twee voornoemde rivieren heeft de stad in functie van haar eerste omwalling een verbindingskanaal gegraven: de Ketelvest. Een belangrijke waterweg was de Lieve, waarmee Gent in de middeleeuwen toegang had tot de zee (we waren op dat ogenblik nog de tweede belangrijkste stad na Parijs), maar die sinds de aanleg van het kanaal Gent-Terneuzen is geworden tot een onbevaarbare waterloop van 3^{de} categorie. In de 18de eeuw wordt nog een ander belangrijk kanaal gegraven, de Coupure die overgaat in de Brugse Vaart.

3. Meerjarenproject van watergebonden infrastructuurwerken

Om wat duidelijkheid te krijgen in de bevoegdheid over kaaimuren en bruggen is een beheersplan gemaakt dat de verantwoordelijken aanduidt.

Veel belangrijker dan verantwoordelijkheid nemen (of afschuiven afhankelijk van de kostprijs en de complexiteit van de calamiteit) is het nemen van initiatieven voor duurzame projecten.

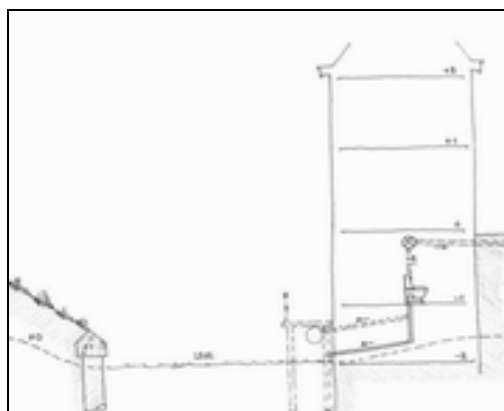
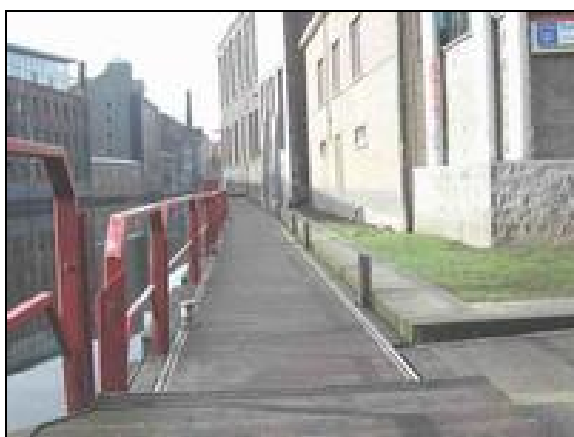
Zo hebben de Vlaamse Gewest en de Stad Gent elkaar gevonden voor een **meerjarenproject van watergebonden infrastructuurwerken**.

Van 2000-2010 staan een indrukwekkende reeks onderdoorgangen gepland, fiets- en voetgangersbruggen, kaaimuurverlagingen, herwaardering van jaagpaden, aanlegsteigers, jachthavens en zo meer. Top of the bill wordt de vrijlegging van de Reep (zeg maar de Neerschelde), die men in de jaren zestig schaamteloos heeft dichtgegooid om parkeerruimte te maken.

Langsheen gezellige watertracés had het Vlaamse Gewest al eerder **wandelpaden** gerealiseerd op metalen constructies, die meteen ook de aanleiding vormden om de watergevels te herwaarderen.

Men stond ook toe dat eigenaars die met hun pand uitgaven op zo'n wandelpad achteraan ook een toegang maakten. Sommige van deze constructies kunnen zelfs mee bewegen met het waterpeil.

Hoewel de tropische houtbekleding jaarlijks met een hogedrukspuit wordt gereinigd kan men niet voorkomen dat mossen zich in de groeven vastzetten en de planken aantasten.



Een ander probleem is dat van de zuivering van de binnenwateren en de **riolering** van de particuliere huizen, die sinds jaar en dag in de waterlopen loosden. Sinds de aanleg van

collectoren in de achterliggende straten worden eigenaars verplicht om bij belangrijke verbouwingswerken hun rioleringsstelsel om te schakelen naar het hoger liggende afwateringspunt aan de straatzijde. Maar aangezien doe-het-zelvers zelden belangrijke verbouwingswerken uitvoeren blijft dit goede voornemen vaak dode letter; soms kan men niets anders dan plaatselijk een collector aanbrengen onder het jaagpad.

Deze **jaagpaden**, de vroegere trekwegen voor boten, zijn eigendom van het Vlaamse Gewest maar worden samen met de borstweringen onderhouden door de stad. Het zijn vaak aantrekkelijke wandelpaden, die ook echter door hondenuitlaters zijn ontdekt.

En dan is er nog de enfilade van **stadsbruggen**, die in het historisch centrum draaibaar zijn gemaakt. Deze kwetsbare mechaniek wordt maandelijks getest, want vooral de trambruggen krijgen het zwaar te verduren; zo zijn de losse passtukken in de draainaden een permanente bron van verkeers- en lawaaihinder.



Ook zijn wij de trotse bezitter van een baskuulbrug, die opengaat bij de gratie van een hoeveelheid overgepompte vloeistof; bij het overschrijden van haar evenwichtsmoment durft deze brug wel eens plomp neer te ploffen en zodoende bij de buurtbewoners apocalyptische gevoelens opwekken.

De tuibrug die de decors van de opera toeleverbaar maakt, wordt in haarelegantie gestoord door de zware vrachtwagens die er dagelijks op geparkeerd staan.

En dan is er als toetje nog de Brug van de Keizerlijke Geneugten, een creatie van de Gentse volkszanger Walter De Buck, waarin de buitenechtelijke verzetjes van Keizer Karel in graniet werden vereeuwigd.

Belangrijk zijn ook de **aanlegmogelijkheden voor boten**. Niet alleen voor toeristische rondvaarten maar ook voor pendelboten, die de afstand overbruggen van een randparking naar een centraal gelegen plek in de stad. Voor woonboten hebben wij een legplan gemaakt om geen overaanbod te krijgen in de historische binnenstad.

Maar ook pleziervaartuigen hebben onze stad ontdekt; heelder vloten noorderburen zakken tijdens de Gentse Feesten af naar onze stad. En daar bouwen wij dan aanlegsteigers en jachthavens voor, zoals de Portus Ganda vlakbij de Sint-Baafsabdij. Hopelijk lijdt zoveel gastvrijheid niet tot een heropleving van de Vikings.



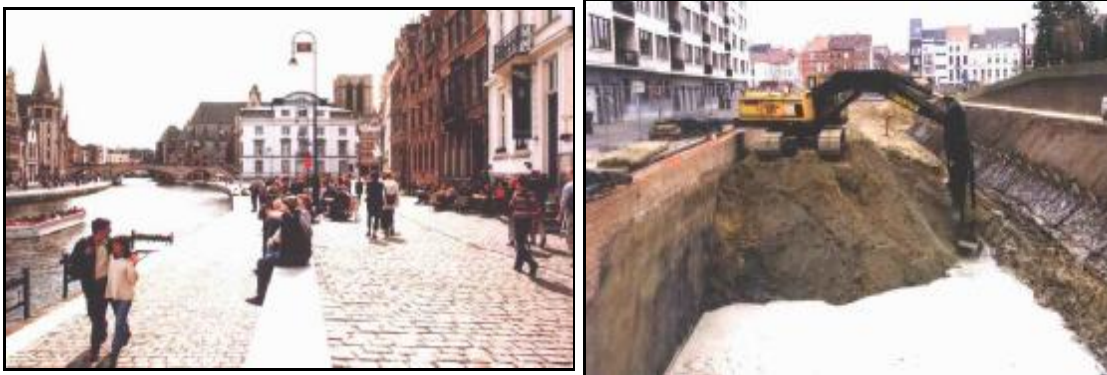
Omdat kaaimuren vaak een groot niveauverschil hebben met het waterpeil is op een drietal plaatsen een **verlaging** toegepast.

Dit heeft twee grote voordelen. Door de verlaging krijgt het publiek meer contact met het water, wat in de zomermaanden tot idyllische taferelen leidt. Constructief is het ook een goede zaak wanneer je een steile keermuur kunt afbouwen tot een breedgetrapt tallud.

En dan is er nog de legendarische **vrijlegging van de Reep**, die de tastbare samenvloeiing van Leie en Schelde tot een feit moet maken.

De Neerschelde, die de stadskuip flankeert, wordt grotendeels opengewerkt wat dan weer de bouw van een drietal nieuwe bruggen impliceert. Op die manier wordt de ontstaangsgeschiedenis van Gent vlakbij de Sint-Baafsabdij en de Voorhoutkaai terug tastbaar.

Een groot deel van het traject had men evenwel overwelfd en dit deel blijft behouden omdat men er perfect met bootjes onderdoor kan.



Wat verderop staat op een Scheldeberm wat plompverloren “de **Peperbus**”, een overblijfsel van de 16^{de} eeuwse stadsomwalling, te twijfelen of ze nu zal omvallen of de discussies afwachten tussen stad en Vlaams Gewest over de eigendomstitel en de daaraan verbonden restauratielast.

De Gentse binnenwateren verbinden een **reeks beeldbepalende monumenten**. De **Sint-Pietersabdij** met haar riante wijngaard, het **Justitiepaleis**, de **Sint-Michielskerk** met de gelijknamige brug.

In plaats van onze monumenten op een klassieke manier met verstralers vanuit kroonlijsten en vanop palen te belichten koos Gent voor een lichtplan, waarbij de aangestraalde gevels zelf als lichtdecor gaan fungeren. Goed voor de eretitel van de gezelligste stad van Vlaanderen.

Maar ook kleine monumenten kunnen de watergevels behoorlijk karakter geven zoals deze levensgrote duiker.

Onder het **Groot Vleeshuis** liepen vier kanaaldoorgangen heen om de platbodems toe te laten hun waar naar de Oude Vismarkt (de huidige Groentenmarkt) te varen.

Een ander verhaal is dat van de **Vismijn** waarbij men de watergevels van de 19^{de} eeuwse industriële vishalle van een neogotische decorgevel voorzag om dit stadsbeeld pittoresker te laten ogen tijdens de werelddtentoonstelling van 1913; bedoeld als een gepleisterd thaeterdecor dat enkele maanden werelddtentoonstelling moest kunnen overleven, maar uiteindelijk toch in steen uitgevoerd.



In het stadsarchief vonden we de schets terug van deze opsmukoperatie. Belangrijk bij dit alles was het feit dat men enkel aan de buitenzijde van het gebouw kon werken omdat binnenin de vismarkt ongestoord moet kunnen doorlopen. Gent stond vijf jaar geleden op zijn kop toen men dit decor wou wegrestaureren om het oorspronkelijke concept te herwaarderen. Momenteel lopen verschillende projecten binnen om dit complex een nieuwe functie te geven en naar de waterkant open te werken.

Via de Lieve en de enige bewaarde **houten achtergevel** staan we vlakbij het **Gravensteen**, dat eigenlijk ook rond genoemde werelddtentoonstelling zijn huidige uitzicht heeft gekregen.

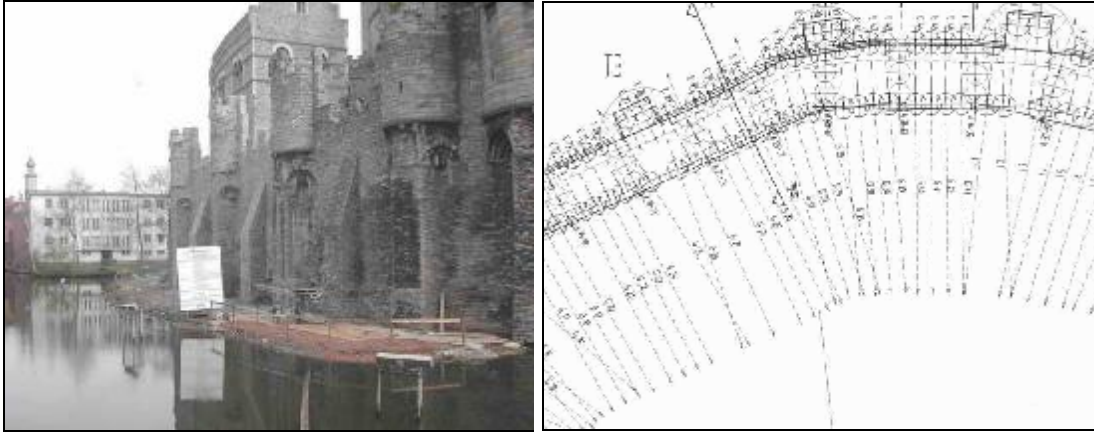
Deze waterburcht werd met honderden schuingeboorde micropalen gestabiliseerd en omdat de gevelrestauratie zo ingrijpend is koos men voor een aangeaarde dam om stellingen te kunnen bouwen.

Onze stadsrondvaart eindigt bij de wieg van Keizer Karel die de dwarsliggende Gentenaren de strop omdeed, het Prinsenhof waar het **Rabot** als een versterkte waterpoort de kruising van de Lieve en de stadswal moest bewaken. Bij archeologisch onderzoek werd het vermoeden bevestigd dat deze torentjes niet op zichzelf stonden maar deel uitmaakten van de 16^{de} eeuwse stadsmuren; de ondergrondse muurmassieven werden daarom met beton opgehoogd tot boven het maaiveld om het gebouw terug in te schouderen.

4. Pathologie

En voor de liefhebbers tot slot nog enkele plaatjes rond **pathologie aan de waterkant**. Differentiële zettingen leveren soms aardige beelden op.

De **consolidatie van het Gravensteen**, zeg maar een waterburcht, was geen evidente klus.



Het natuursteenmetselwerk werd onder hoge druk met cementgrout geïnjecteerd; door middel van geo-elektrische metingen werden holtes opgespoord en het injectieverloop opgevolgd.

Doorheen het geconsolideerde metselwerk werden diepe schuine microboringen uitgevoerd tot op 6 m diepte; bij het terugtrekken van de boorstangen werd zijdelings cement in de grond geïnjecteerd, waardoor een soort funderingspalen ontstonden.

Onder een verzakkend bijgebouw situeerde de weerstand biedende grondlaag zich op 8 m diepte; daarom werd het geheel eerst ondergraven om een gewapende funderingsbalk te construeren, waaronder vervolgens een serie palen werden geperst.

Van een ingestorte kaaimuur vlakbij de parking van een warehouse, compleet met rondobberende wagens kan ik u enkel de beschrijving geven. Feit is dat wanneer kaaimuren het begeven de schade meestal spectaculair is, zeker wanneer de kades geflankeerd worden door een weg met een bomerij. Niet zelden zijn het de bomen zelf die de oorzaak van de destructie vormen.

En het begint meestal vrij onschuldig.

Met **muurvegetatie** bijvoorbeeld, waarvan vaak een aantal zeldzame variëteiten gekoesterd worden door militante groenverenigingen. We hebben ooit geprobeerd die dingen af te nemen en in klinische omstandigheden in leven te houden, maar dit lukt niet.

Of baksteen die bezwijkt onder de opeenvolgende **vorst-dooiwisselingen** op de waterlijn.

Verticale kaaimuren hebben ook constant te lijden onder de **golfslag**; schuin oplopende talluds hebben daar minder last van.

Tragels trekken ook hondenvrienden aan en bejaarde dames die duiven en meeuwen in leven menen te moeten houden, maar hiermee tegelijk de levensverwachting van ratten en ander **ongedierte** verlengen.

Om de eigenaar van watergevels in staat te stellen de onderzijde van hun huizen te herstellen, werd recentelijk al een drietal maal het **waterpeil** met een halve meter **verlaagd**. Dit gebeurt uiteraard zeer geleidelijk door sluisinstellingen buiten de stad. Het is u bekend dat gebouwen door de grondwaterstand in een toestand van bouwkundige rust verkeren, die door een plotse verlaging zwaar kan verstoord worden. Niet alleen de "aangelanden" worden hiervan verwittigd maar ook de booteigenaars om tijdig hun meertouwen te vieren; wie dit niet deed zag zijn bootje angstwekkend slagzij maken. Een eerste maal gebeurde de peilverlaging voor een algemene inspectieronde; daarvan werd ook een video-opname gemaakt. Aannemers konden op die manier ook een inschatting maken van de werken die bij een volgende peilverlaging dienden uitgevoerd.

Voor nieuwe **keerconstructies** en kaaimuren bestaan er verschillende oplossingen, die vooral bepaald worden door de aanwezigheid van gebouwen in de buurt. Damwanden met betonrichels bieden een efficiënte maar weinig poëtische afboording. In de grond gevormde palen bieden dan weer het voordeel van trillingsvrij te kunnen werken.

Sommigen kiezen voor ingeheide palen waartussen geprefabriceerde betonplaatjes worden ingezakt.

Een **preventief onderhoud** biedt zoals meestal in onze stiel garanties op het voorkomen van ramspoed. En wanneer alles goed in zichtbereik blijft is er ook de nodige controle verzekerd. Vandaar het belang van de herwaardering van de binnenwateren door middel van wandelpaden en aanlegsteigers. Ook naar aanleiding van kunstprojecten op het water komt men vaak zwakke plekken in watergevels op het spoor.

SCHADE AAN GEBOUWEN BIJ OVERSTROMINGEN: TYPERING, OMVANG, PREVENTIE

Dionys Van Gemert, K.U.Leuven

Abstract

Schade aan gebouwen door het contact met water en vervuild water tijdens overstromingen is slechts een van de overstromingsrisico's. In deze bijdrage wordt een overzicht gegeven van de verschillende risico's, hun relatief belang, en de maatregelen die kunnen genomen worden om de risico's te vermijden of te beheersen. Gedetailleerde cijfergegevens over de verschillende types overstromingsschade aan gebouwen zijn niet beschikbaar, maar uit de globale overzichten kan het belang van de schade en de noodzaak van risico-inperking ingeschat worden.

1. Inleiding

Wateroverlast is een niet direct levensbedreigende situatie welke veroorzaakt wordt door extreme neerslag of hoge rivierafvoeren, waarbij inundatie optreedt die leidt tot waterschade aan huizen, gebouwen, infrastructuur, gewassen enz. Recent nog stonden delen van Nederland (Maasgebied, 1993, 1995, 1998...) en België (Maasgebied Wallonie, 2001; Demergebied, september 1998, februari en augustus 2002, jaarwisseling 2002-2003...) onder water als gevolg van forse neerslaghoeveelheden. Sindsdien haalt bijna elke forse regenbui het nieuws. Wateroverlast is hiermee ook een van de natuurrampen die in Nederland en Vlaanderen hoog op de politieke en maatschappelijke agenda staat. Reden hiervoor is dat steeds vaker wateroverlast optreedt door regenval. Het vaker voorkomen van deze overlastsituaties kan verklaard worden vanuit twee belangrijke ontwikkelingen.

Ten eerste zou het vaker voorkomen van wateroverlastsituaties verklaard kunnen worden door de grotere regelmaat waarin zware regenbuien nu voorkomen in vergelijking met de periode vóór de jaren negentig [1]. Aanpassingen in de waterhuishoudkundige infrastructuur kunnen deze veranderingen niet volgen, vanwege de lange procedures en de lange bouw tijden. De verwachte klimaatveranderingen zouden dit effect nog kunnen versterken.

Ten tweede zou het intensiever wordende landgebruik aanleiding geven tot meer en snellere schade, vooral afkomstig van een beperkte capaciteit van de waterafvoersystemen, wat dan weer het onveiligheidsgevoel doet toenemen.

Dit doemscenario wordt echter niet door alle wetenschappers gedeeld [2]. Onweersverschijnselen doen zich meestal voor in zeer onstabiele luchtmassa's. Deze instabiliteit ontstaat door stijgende luchtmassa's die meer dan 10 km hoog kunnen reiken. Dit kan voorkomen bij de doortocht van een koudefront in warmere lucht, die onder invloed van dit koudefront omhooggestuwd wordt. Ook een buienlijn die een onstabiele luchtstroming rond een depressie begeleidt kan aanleiding geven tot onweders. Tijdens de zomerperiode kunnen deze stijgende, onstabiele en vochtige luchtmassa's ontstaan door opwarming overdag (hitte-onweders), of in luchtmassa's van maritieme of tropische oorsprong die naar onze streken worden gestuurd. Per jaar zijn er in België een 80-tal onweersdagen. In de zomer is dat één dag op drie.

Onweer kan schade veroorzaken op verschillende vlakken: bliksem kan brand veroorzaken; overvloedige regens kunnen oorzaak zijn van (plaatselijke) overstromingen; de onstandvastigheid van de luchtlagen kan leiden tot sterke rukwinden, en zelfs tornado's; onweer gaat soms gepaard met hagel, met hagelbollen tot de grootte van een tennisbal, die schade aan gewassen en daken kan veroorzaken.

Er lijkt sinds 1960 geen noemenswaardige stijging van het aantal onweders te zijn in België. Het is ook niet duidelijk of de onweersneerslag intenser is geworden. Zo werd op

11 juni 1906 in Middelkerke een neerslag van 155 mm/m² gemeten tijdens een onweer, en op 25 juli 1925 viel in Rummen 83 mm regen op een tijdspanne van 30 minuten. Uit een studie van het Koninklijk Meteorologisch Instituut KMI te Ukkel zou zelfs blijken dat het aantal heel zware regens een dalende tendens vertonen sedert 1950. Dit is schijnbaar in tegenstelling met de stijgende overstromingsfrequentie, maar het zijn niet alleen meteorologische verschijnselen die overstromingen en hun evolutie bepalen. Overstromingen kunnen lokaal soms zeer spectaculair zijn, zonder dat er sprake is van ernstige neerslag op deze plaatsen. Meteorologische omstandigheden of andere, niet meteorologische factoren, kunnen het dramatische karakter van een overstroming beklemtonen:

- neerslag op een reeds verzadigde ondergrond of overvolle rivieren
- wijzigingen in de omgeving kunnen consequenties hebben op het verloop van de waterlopen: het verdwijnen van hagen uit weidelandschappen versnelt de waterafvoer naar de rivieren
- slecht onderhoud van rioleringen
- een vermeerdering van ondoordringbare oppervlakken
- ontbossing.

De opwarming van de aarde, die al enkele decennia waargenomen wordt, zou de intensiteit van de neerslag kunnen verhogen, omdat warmere lucht meer water kan bevatten. Door de opwarming van de oceanen kan er ook meer water verdampen, en meer water in de atmosfeer zou kunnen leiden tot heviger neerslag. Of deze vrees bewaarheid wordt, kan slechts door langere waarnemingsperiodes en door waarnemingen op wereldschaal nagegaan worden. Korte waarnemingsperiodes op lokale schaal zijn daartoe onvoldoende.

2. Inventarisatie van potentiële gevolgen van overstromingen

De directe effecten van een overstroming kunnen zich zowel voordoen in het ecosysteem (de natuur) als bij de mens (de samenleving). Ze kunnen het gevolg zijn van:

- het contact met het water (fysieke invloed)
- de inwerking van verontreinigingen in water of slib (chemische invloed)
- de veranderingen door levende organismen in het water (biologische invloed).

Daarnaast zijn er ook emotionele invloeden. De psychosociale gevolgen van een overstroming, zoals de beleving van gevaar ten aanzien van persoonlijk en economisch letsel, is eveneens een kostenpost. In het bijzonder de angst die bij bewoners optreedt als gevolg van (potentiële) overstroming van hun gebied, kan tot ernstige psychosociale gevolgen leiden.

Op het kruispunt van fysieke en psychosociale gevolgen, bevinden zich de gevolgen voor cultuurhistorische of emotionele waarden van landschappen. Rationeel gaat vernietiging van deze objecten wellicht niet om een grote schadepost, maar in emotioneel opzicht kunnen ze onbetaalbaar zijn.

Om een indicatie te krijgen van de waarde van door overstroming geschade belangen worden deze onderverdeeld in drie hoofdcategorieën:

- personen (subjecten)
- artefacten (objecten die door de mens zijn gemaakt)
- natuurlijke elementen (organismen en ecosystemen).

Voor artefacten kan de schade gebaseerd worden op productiewaarde, toegevoegde waarde, vervangingswaarde, herbouwwaarde. Lastiger is het de waarde van cultuurhistorisch waardevolle objecten te benaderen. Uitgegaan wordt van de vervangingswaarde (herbouw van het beschadigde artefact), omdat de cultuurhistorische waarde niet in geld valt uit te drukken.

De potentiële gevolgen van overstromingen kunnen verder geïnventariseerd worden als aangegeven in Tabellen 1, 2 en 3.

| | |
|---------------------|--|
| bij personen | <i>fysiek</i> - sterfgevallen - gewond - ziek |
| | <i>psycho-sociaal</i> - stress door sterfgevallen, ziektes van andere personen en van dieren - gederfde levensvreugde door angst over onveiligheid - gederfde levensvreugde door beschadiging objecten met natuurlijke, sociale, culturele of historische waarde, zoals landschappen, bebouwing, persoonlijke waarden, begraafplaatsen, ouderlijk huis, geboortestreek etc. |
| | <i>indirect</i> - reistijdverlenging - ziekteverzuim - tijdsverlies door hulp bij psychische klachten - verzwakking sociale structuren - versterking sociale cohesie door gevecht tegen overstroming |

Tabel 1: Potentiële gevolgen bij personen

| | |
|-----------------------|--|
| bij artefacten | <i>bebouwing</i> - woningen (incl. inboedel) - hoogbouw - laagbouw - bedrijfsgebouwen - vrijstaande bebouwing - historisch / cultureel (molens, kastelen etc.) - crematoria - kunst (sculpturen) |
| | <i>terreinen</i> - woningbouw - bedrijven - kantoren - begraafplaatsen |
| | <i>spaarbekkens drinkwater</i> |
| | <i>verblijfsrecreatie</i> - bungalowparken - vakantiehuizen - caravanparken - kampeerterreinen |
| | <i>recreatieterreinen</i> - pretparken - kinderboerderijen / hertenkampen - volkstuinten parken / plantsoenen - sportterreinen - stranden |
| | <i>infrastructuur</i> - wegen - rijkswegen - autowegen - overige wegen - spoorwegen |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - rails - stations voor openbaar vervoer - vaarwegen - havens / jachthavens - steigers, kades - sluizen - waterstaatkundige werken in kanalen, grachten, meren, sloten etc. - dammen - gemalen - scheepvaartgeulen - bekading / bedijking / duinen - vispassages - pijpleidingen - telecommunicatie-apparatuur, kabels - vliegvelden (incl. vliegtuigen) - parkeergelegenheden (incl. garages) - rioleringsystemen |
|--|--|

Tabel 2: Potentiële gevolgen bij artefacten

| | |
|------------------------------|--|
| natuurlijke elementen | <i>dieren</i> <ul style="list-style-type: none"> - wild - vis |
| | <i>planten</i> <ul style="list-style-type: none"> - houtopstand - tuinbegroeiing |
| | <i>levensgemeenschappen</i> <i>landschappelijke kwaliteit</i> <i>watersysteem</i> |

Tabel 3: Potentiële gevolgen bij natuurlijke elementen

Voor de monetaire waardering van overstromingseffecten is geen unieke methode beschikbaar, zeker niet als het om natuurlijke elementen gaat. De waardering kan uitgaan van *marktanalyse* met marktprijzen, als deze beschikbaar zijn. In de '*hedonistische*' methode wordt een impliciete prijs toegekend door vergelijking met goederen waarvoor wel een markt bestaat, en waar prijsverschillen in verband kunnen gebracht worden met natuurlijke elementen, zoals milieuverschillen. Zo bijvoorbeeld het waardeverschil van vergelijkbare huizen in verschillende omgevingen. De '*reiskosten methode*' gebruikt de kosten die mensen bereid zijn te maken om bijvoorbeeld een recreatiegebied te bereiken. *Contingentiewaardering* steunt op het ondervragen van mensen over hun bereidheid om te betalen voor een zeker goed. Dit wordt dikwijls gecombineerd met *contingentierangschikking*, waarbij naar voorkeuren gepeild wordt om de waardebepaling te verbeteren. In de methode van *schadevermijdingskosten* wordt het bedrag dat kan geïnvesteerd worden om schade te vermijden bepaald door de waarde van de schade die zou optreden zonder bescherming. Verder zijn er nog methoden gebaseerd op *beschermingsuitgaven*, waaronder ook relocatiekosten ressorteren, *vervangingskosten* en *restaurantkosten*.

Het is duidelijk dat verschillende methoden kunnen gebruikt worden om dezelfde effecten te waarderen.

Bij het bepalen van een beleid ten opzichte van overstromingen, is het risicoconcept een van de centrale elementen. Risico is dan meestal gedefinieerd als de kans op een gebeurtenis, vermenigvuldigd met de mogelijke gevolgen ervan.

| |
|---|
| $\text{Risico} = \text{Kans} * \text{Gevolg}$ |
|---|

De risico-benadering voorziet in richtlijnen over hoe met de onzekerheden in de verschillende fases van het besluitvormingsproces dient te worden omgegaan. Zo zijn er onzekerheden met betrekking tot het optreden van een overstroming, evenals onzekerheden met betrekking tot de bijhorende gevolgen, bijvoorbeeld de ernst of grootte van de gevolgen, de preferenties van individuen in de toekomst, de toekomstige omstandigheden (zal een individu nog in leven zijn op het moment van de gebeurtenis, of zijn de gevolgen alleen relevant voor toekomstige generaties?).

Risicomanagement is het proces betreffende twee beslissingen:

- hoeveel risico is aanvaardbaar?
- hoe kunnen niet-aanvaardbare risico's worden gereduceerd?

Een uitgebreide evaluatie van monetaire waarderingstechnieken werd uitgevoerd op basis van de totale schade aan particulieren, bedrijven en overheid in de watersnood in het Maasgebied (1993) in Nederland [3]. Deze bedroeg toen 250 miljoen gulden. 8000 mensen werden geëvacueerd, maar er vielen geen slachtoffers. Ten aanzien van het waarderen van overstromingsrisico's beveelt de studie aan dat:

- voor het waarderen van effecten waarvoor er een markt bestaat de waardering op basis van marktprijzen wordt uitgevoerd
- voor effecten op publieke goederen zal gewaardeerd worden op basis van vervangingskosten of contingentiewaardering
- bij contingentiewaardering moet de ondervraagde samenleving adequaat geïnformeerd worden over de overstromingsrisico's.

3. Verzekering tegen natuurrisico's

In België bieden de verzekeringsmaatschappijen sinds 1999 een verzekering aan tegen overstromingsrisico's. De beslissing tot verzekeren wordt echter overgelaten aan de particuliere verzekeringnemer.

In juli 1976 voerde België een wetgeving in verband met natuurrampen in. De overstromingen van Ruisbroek, de windhozen van Oostmalle en van Farciennes lagen toen nog vers in het geheugen. De wet moest particulieren een schadeloosstelling bieden bij uitzonderlijke of buitengewoon hevige natuurfenomenen. Volgens deze wet moeten na elke natuurramp slachtoffers en lokale overheden eerst wachten tot de gebeurtenis wel degelijk als natuurramp erkend wordt. Dan pas is er de behandeling van de schadeclaims, die volgens een strikte reglementering en dus traag gebeurt. De overheid wordt daarom vaak verweten dat zij de slachtoffers in de kou laat staan zodra de eerste golf van emoties voorbij is. Bovendien zijn er budgettaire beperkingen, aangezien het rampenfonds niet beschikt over structurele reserves.

In het kader van een samenwerking tussen de openbare en de particuliere sector op het vlak van risicomanagement en rampen, moeten de verzekeraars een volledige schadeloosstelling van de slachtoffers waarborgen. Dit heeft vele voordelen: in plaats van een verzoek tot overheidsbijstand kan er nu een contractueel recht uitgeoefend worden. Er worden reserves aangelegd, en concurrentie tussen de verzekeraars moet de dienstverlening ten goede komen. De verzekeraars beschikken daarbij over gespecialiseerde netwerken voor expertise en schaderegeling, die snel ingeschakeld kunnen worden.

Het is echter niet omdat de verzekeraars de schade zullen vergoeden, met geld van de gehele gemeenschap, dat preventie overbodig zou worden. Politiek gezien moet ervoor gezorgd worden dat het voorkomen van schade belangrijker is dan het zorgen voor schadeloosstelling na de feiten. Alle beleidsniveaus zijn daarbij betrokken, van lokaal tot federaal, en dus moet er een overlegorgaan komen dat maatregelen tot voorkoming van natuurrampen onderzoekt, aanbeveelt en er ook op toeziet dat deze opgevolgd worden, teneinde de omvang en frequentie van natuurrampen te beperken.

De verzekeringsmaatschappijen voorzien daartoe in België een kapitaal van ongeveer 275 miljoen euro per gebeurtenis voor overstromingen. Dit bedrag is aanzienlijk hoger dan de schade bij de laatste overstromingen. Daarom zal ook afgezien kunnen worden van de natuurramp-erkenningsprocedure, zodat ook 'gewone' overstromingen verzekerd kunnen worden. De overheid zal dan nog alleen moeten bijspringen in echt uitzonderlijke gevallen. Om dit mogelijk te maken wordt actueel onderzoek verricht om de risico's en de risicogebieden in kaart te brengen [5]. Daarbij worden data verzameld over ROG (Recent overstromde gebieden), NOG (Natuurlijke overstromingsgebieden), MOG (Modelmatig berekende overstromingsgebieden), met daaraan gekoppeld overstromingsvoorspellingsmodellen en modellen voor schade-evaluatie.

4. Besluit

Schade aan gebouwen is slechts een onderdeel van het globale schadeprobleem bij overstromingen. De totale schade bij overstromingen is echter steeds zeer belangrijk, zodat er een gecoördineerde aanpak overheid-verzekeraar nodig is om de risico's te beperken door een gepast preventiebeleid. Dit preventiebeleid moet zowel technische maatregelen van waterbeheersing omvatten, als een afbakening van risicogebieden. Daarbij moeten adequate waarderingstechnieken toegepast worden, die rekening houden met de verschillende schadetypes aan personen, aan artefacten en aan natuurlijke elementen.

5. Referenties

- [1] Neuteboom Spijker R., Watersysteem en waterkwaliteit op orde? www.neerslag-magazine.nl/artikel, 2005
- [2] Vandiepenbeeck M., Onweer tijdens de zomer 2002 in België, www.meteo.be/nederlands/pages/Klimatologisch/onweers_zomer_2002, 2005
- [3] van Ast J., Bouma J., François D., Waardering van overstromingsrisico's, Erasmus Universiteit Rotterdam, 2003
- [4] Assuralia, Beroepsvereniging van verzekeringsondernemingen van België, De verzekering tegen natuurrisico's binnen handbereik Persbericht mei 2001
- [5] Willems P., Berlamont J., De Moor B., Onderzoek naar intelligente sturingstechnieken voor operationeel oppervlaktewaterbeheer, Project voor AMINAL – Afdeling Water, door K.U.Leuven – Laboratorium voor Hydraulica & ESAT-SISTA, 2005-2006
- [6] Willems P., Flood risk and damage Assessment using Modelling and Earth observation techniques (FAME), project in opdracht van het European Space Agency (ESA), Afdeling Hydraulica, K.U.Leuven, 2005
- [7] Willems P., Afbakening van risico-gebieden voor Dender en Demer (projecten in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en –Zeewezen), Afdeling Hydraulica, K.U.Leuven, 2005

EFFECTEN VAN WATER IN METSELWERK, PLEISTERS EN HOUT

Yves Vanhellemont
Technologisch Adviseur “Renovatie van gebouwen”, WTCB
Adviseerdienst gesteund door IWT-Vlaanderen
in het kader van het VIS-project

Abstract

Water en vocht zijn bekend als grote vijand van bouwmaterialen. De specifieke eigenschappen van steenachtige materialen, en deze van hout, die de water- en vochtschade in deze materialen beïnvloeden, worden besproken. De schade-mechanismen worden verduidelijkt en in relatie gebracht met de verschijningsvorm van de schadebeelden.

1. Inleiding

Het is bekend dat vocht en water in veel gevallen een grote vijand zijn van bouwmaterialen. Vocht is toch wel één van de belangrijkste oorzaken van degradatie van bouwwerken. Zowel hout als steenachtige materialen hebben met dit fenomeen te maken. De zeer sterk verschillende eigenschappen van steenachtige materialen en hout liggen wel aan de basis van het feit dat de schadetypes aan hout en steen behoorlijk verschillen.

In het geval van steen ligt de schade-oorzaak doorgaans in de lage treksterkte van het materiaal, en vloeien de zichtbare schadefenomenen daaruit voort. In het geval van hout ligt de anisotropie van het materiaal, en de grote vervorming onder invloed van vocht en droging aan de basis van de schade.

In deze bijdrage bespreken we kort enkel de schade die direct gekoppeld is aan de aanwezigheid van water en het transport ervan. Biologische degradatie van, en ontwikkeling van micro-organismen op steen en hout worden hier niet besproken, we verwijzen hiervoor naar de studiedag van WTA-NI-VI van 11 oktober 2002 “Biodegradatie”.

2. Steenachtige materialen: baksteen, natuursteen, pleister, mortel

2.1. Relevante eigenschappen van steenachtige materialen inzake vochthuishouding.

2.1.1. Porositeit

De poriënstructuur van steenachtige materialen is best voor te stellen als de microscopische (in de orde van μm) verzameling buisjes en holten die zich tussen het ‘echte’ steenmateriaal bevindt.

De porositeit is het percentage van een materiaal dat door de poriën wordt ingenomen (de hoeveelheid ‘lege ruimte’ in een materiaal). Men onderscheidt de

- § open porositeit: de poriën die in verbinding staan met elkaar, en waardoor dus vochttransport kan plaatsvinden. De open porositeit geeft aan hoeveel water een materiaal (maximaal!) kan opslorpen, maar geeft uiteindelijk relatief weinig informatie over de weerstand van het materiaal ten opzichte van degradatiefenomenen;
- § gesloten porositeit, de poriën die niet in verbinding staan met andere poriën. De gesloten porositeit kan slechts moeilijk bepaald worden, aangezien deze poriën niet van belang zijn bij absorptieproeven. Ook via de courante microscopische technieken is het quasi onmogelijk om gesloten poriën van open poriën te onderscheiden, aangezien er een tweedimensionale doorsnede van het materiaal wordt gemaakt. In de praktijk blijken de gesloten poriën minder belangrijk te zijn voor aan water gekoppelde degradatiefenomenen

(het feit of ze al dan niet met water gevuld zijn staat relatief los van het feit of het materiaal bevochtigd wordt of niet).

De weerstand tegen degradatie wordt in belangrijke mate bepaald door de poriënstructuur, die in de eerste plaats gekarakteriseerd wordt door de poriëngrootteverdeling, die aangeeft hoeveel grote en kleine poriën aanwezig zijn.

Vervolgens bestaat er de tortuositeit van het poriënsysteem, die de 'gewrongenheid' van de poriënstructuur weergeeft (of de kanaaltjes tussen de verschillende poriën eerder recht of verwrongen zijn).

Het is de combinatie van deze verschillende eigenschappen die aangeeft in hoeverre een materiaal gevoelig is (of niet) voor diverse beschadigingsmechanismen (cfr. infra).

De poriënstructuur van een steenachtig materiaal wordt vooral bepaald door het vormings- of bereidingsproces en de samenstelling van het materiaal:

§ Baksteen: kleisamenstelling (type klei, zandfractie, ...), vochtgehalte, baktemperatuur, vorming van de bakstenen (strengpers, handgevormd?), plaats in de baksteen (bakhuid, binnen in de steen?)

§ Natuursteen: samenstelling (zand, kalk, ...), vormingsproces (biologische afzetting, scheikundige reactie, metamorfe gesteenten, ...), gelaagdheid van de steen, ...

§ Mortels, pleisters: samenstelling (granulaten), vochtgehalte, verwerking, drogingsomstandigheden, ...

2.1.2. Capillariteit

De poriënstructuur kan men zich dus het best voorstellen als een netwerk van buisjes in het materiaal. Doorheen deze buisjes kan vochttransport plaatsvinden. Het opzuigen van water in dit systeem van poriën is de capillaire opzuiging, figuur 1.

De opstijghoogte van vocht in deze buisjes wordt gegeven door de volgende formule:

$$h = \frac{2 \sigma \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r}$$

met: h : hoogte van de vloeistof in het glazen buisje (m)

σ : oppervlaktespanning van de vloeistof (mN/m)

θ : contacthoek vloeistof-wand (graden)

ρ : volumieke massa van de vloeistof (kg/m³)

g : valversnelling (m/s²)

r : straal van het buisje (m).

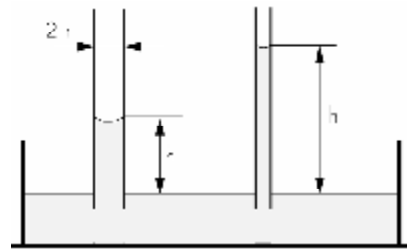
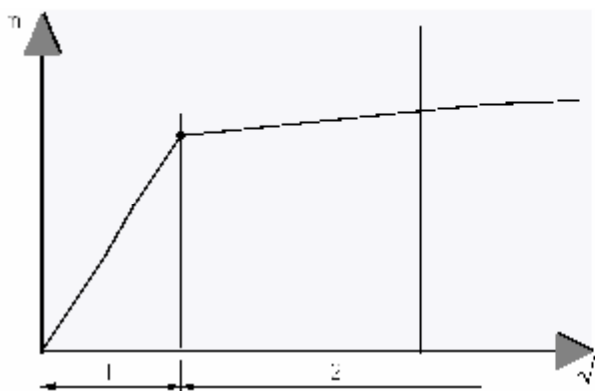
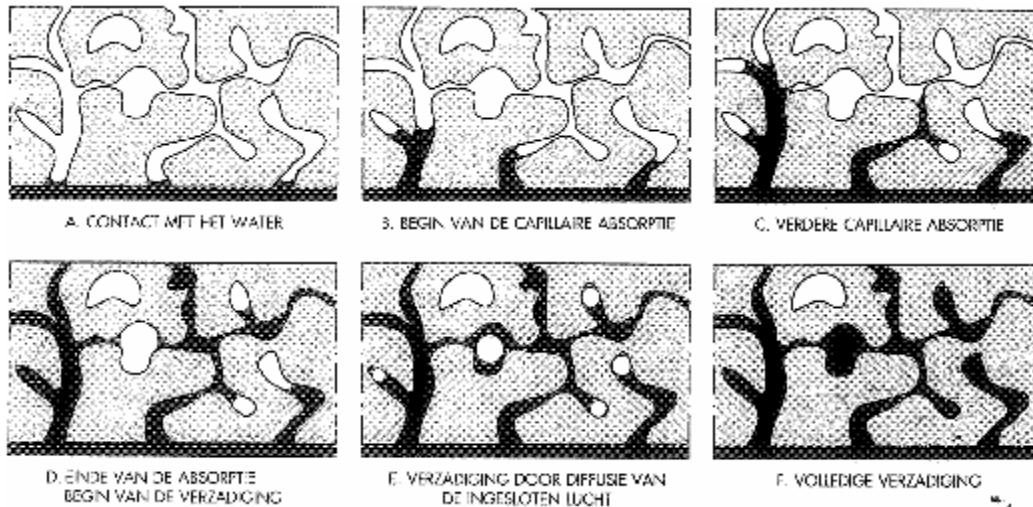


Fig. 1: Capillaire opstijging

Voor courante bouwmaterialen kan de stijghoogte in de orde van 10 meter liggen!

Belangrijk is om op te merken dat de stijghoogte stijgt met afnemende poriëndiameter, een logisch gevolg van het feit dat nauwere poriën harder zuigen. Dit heeft als gevolg dat een kleine porie steeds het water uit een grote porie kan opzuigen. Een grote porie kan evenwel enkel het water uit een kleine porie opzuigen indien de kleine porie verzadigd is met water, én het opgezogen water uit de kleine porie kan 'bijgevuld' worden met water uit aangrenzende poriën.

Bij het plaatsen van een steenmonster in water zal de steen water beginnen absorberen, waarbij in de eerste absorptiefase de massa geabsorbeerd water evenredig is met de vierkantswortel van de tijd. De snelle absorptie van water stopt van zodra het vochtfront de bovenkant van het proefstuk heeft bereikt. De verdere absorptie verloopt traag. In deze secundaire fase gebeurt waterabsorptie door ontsnapping van ingesloten lucht uit de poriën.



A

01

Op de abscis: \sqrt{t} , t = absorptietijd.

Op de ordinaat: m = massaopname van

het proefstuk door het opzuigen van water.

1. Lineaire waterabsorptie

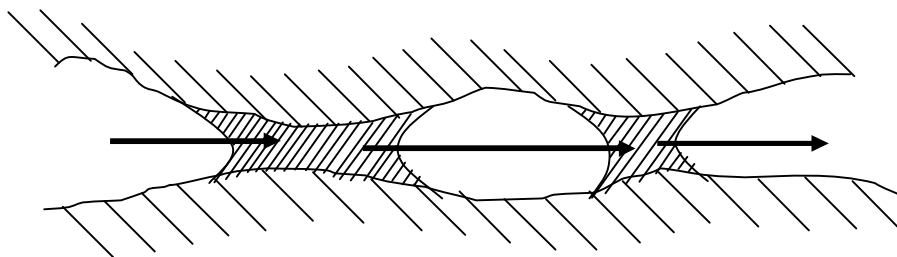
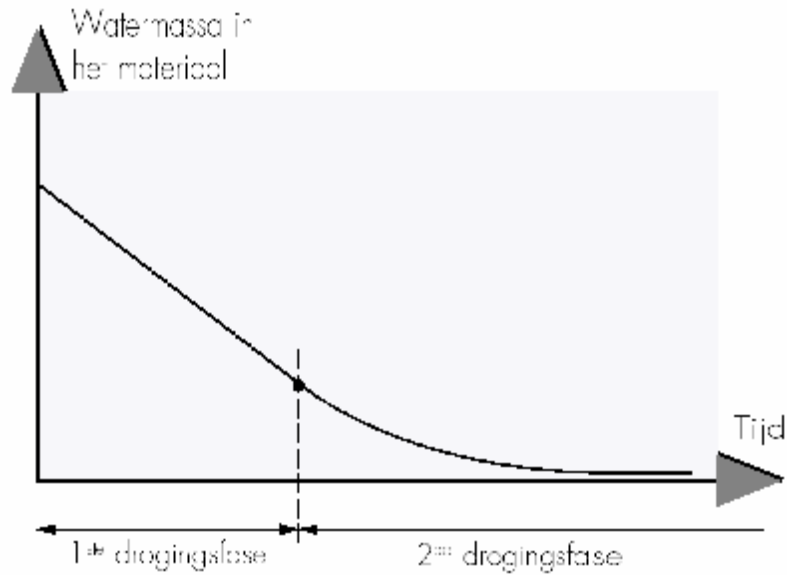
2. Saturatie waterabsorptie door ontrenten
aan van lucht uit bepaalde poriën

Fig. 2: Verschillende fasen in het waterabsorptieproces

2.1.3. Droging

De droging van materialen gebeurt heel wat trager dan het vochtig worden. Het mechanisme van watertransport in drogende materialen is dan ook helemaal anders dan watertransport in nat wordende materialen.

In de eerste drogingsfase gebeurt de droging nog relatief snel, doordat het verdampingsfront zich aan het oppervlak van het materiaal bevindt. Van zodra er voldoende water verdamt is trekt het vochtfront zich terug in het materiaal, en wordt het geabsorbeerde water 'gevangen' als afgezonderde 'eilandjes' in de fijnste capillairen. Op dat moment gebeurt de verdamping enkel in het materiaal, en dient de waterdamp naar buiten te diffunderen. Dit is een zeer traag proces, dat afhangt van de poriënstructuur: hoe fijner deze structuur, hoe langzamer de droging zal verlopen. Dit heeft zowel te maken met de diffusie van waterdamp doorheen de poriën (hoe fijner deze poriën, hoe meer 'weerstand' de waterdamp ondervindt) als met de verdampingssnelheid van water bij elk 'eilandje' (hoe fijnere de porie, hoe krommer de meniscus van elk eilandje, en hoe moeilijker een watermolecule zich kan onttrekken van de aantrekkingskracht van de omliggende watermoleculen).



Watertransport tijdens de tweede drogingsfase, via waterdamptransport tussen verschillende 'wateilandjes'.

Fig. 3: Droging van poreuze materialen

2.1.4. Hygroscopiciteit

Alle poreuze materialen zijn in beperkte mate hygroscopisch: zij nemen vocht op uit de lucht. Er ontstaat een evenwichtssituatie die afhankelijk is van de relatieve vochtigheid van de omgevingslucht. De relatieve vochtigheid van lucht is de verhouding (in %) van de hoeveelheid waterdamp in de lucht, ten opzichte van de maximale hoeveelheid waterdamp die de lucht bij die temperatuur kan bevatten.

Dit wil zeggen dat zowel de temperatuur als het absolute waterdampgehalte van de lucht een invloed hebben op het hygroscopische vochtgehalte van het materiaal.

Tabel 1 geeft een indicatie van het hygroscopisch gedrag van bouwmaterialen. Bij steenachtige bouwmaterialen is het hygroscopisch gedrag eerder beperkt en blijken er weinig problemen op te treden (als de luchtvochtigheidsgehaltenes 'normale' waarden hebben!). Enkel bij hout zijn de hygroscopische vochtgehaltenes van belang voor eventuele schadefenomenen (cfr. infra).

| MATERIALEN | EVENWICHTSVOCHTGEHALTE IN FFN OMGEVING ML | |
|---------------------|---|---------|
| | 65 % RV | 95 % RV |
| cementpleister | 1,0 | 7,0 |
| gipspleister | 1,0 | 3,0 |
| kalkpleister | 2,8 | 7,5 |
| baksteen | 0,3 | 0,9 |
| diverse houtsoorten | 10 à 15 | 20 à 30 |
| spaanplaat | 5 à 10 | 15 à 25 |

Tabel 1: Evenwichtsvochtgehalte van enkele bouwmaterialen

2.2. Schademechanismen

2.2.1. Vorst

De veel gehoorde en beeldende uitleg van vorstschade, door uitzetting van poriënwater als het befrist, en daardoor het kapotdrukken van het omliggende steenmateriaal, geeft niet geheel de werkelijkheid van vorstschade aan steenachtige materialen weer.

Een duidelijker beeld van het schademechanisme door vorst vinden we in het ijslensmechanisme.

De poriëngrootte beïnvloedt de temperatuur waarbij het water in de poriën zal bevriezen: hoe kleiner de porie, hoe lager de temperatuur waarbij het water zal bevriezen. Bijkomend is er het fenomeen dat het water in de porie onder een relatief hoge druk staat, waardoor het moeilijk befrist noodzakelijk.

Bij afkoeling van een vochtig materiaal zal dus eerst het water in de grote poriën bevriezen. Bij verdere afkoeling is het water in steeds kleinere poriën aan de beurt. Daarbij zijn er steeds grotere drukken nodig. Bij een bepaalde hoge druk kan het steenmateriaal die druk niet meer compenseren (dit hangt af van de trek- en druksterkte van het materiaal) en ontstaat er een scheur, evenwijdig aan het oppervlak van het materiaal. Opeenvolgende vorst-dooi cycli zullen deze scheur verder laten vergroten, totdat de samenhang tussen het materiaal verdwijnt, en de steen macroscopisch begint te degraderen, figuur 4.

Het is duidelijk dat de poriënstructuur en het vochtgehalte van het materiaal een belangrijke rol spelen in dit schademechanisme. Indien er bijvoorbeeld relatief weinig vocht aanwezig is, kan bij de drukopbouw in de kleine poriën vocht naar nabijgelegen poriën stromen, zodat vorstschade niet of veel minder zal optreden.

Indien een porie veel verbindingswegen heeft naar andere poriën, of er zijn niet gevulde poriën die als 'expansievat' kunnen fungeren, dan zal ook hier weer vocht naar nabijgelegen poriën kunnen stromen, zodat vorstschade uitblijft of toch minder uitgesproken is. Diverse steenachtige materialen hebben dan ook helemaal geen last van vorstschade.

Vorstschade kan optreden bij diverse mates van verzadiging van steenachtige materialen. Zowel materialen die doornat zijn van overstromingen, of door opstijgend grondvocht, of gewoon door beregening, kunnen vatbaar zijn voor vorstschade. Het is daarom zaak om metselwerk, indien mogelijk en verantwoord, te beschermen door behandelingen tegen opstijgend grondvocht. Overstromingen vlak voor een vorstperiode kunnen een desastreus effect hebben op de staat van de materialen die onder water gestaan hebben.



Fig. 4: Het effect van een laboratoriumvorstproef op een kalksteen

2.2.2. (oplosbare) Zouten

Oplosbare zouten kunnen zowel in materialen voorkomen, ontstaan bij het metselen, als in metselwerk terechtkomen door externe factoren ((zee-)overstromingen, opstijgend grondvocht, ...).

De schade geassocieerd aan uitkristalliserende (niet- of weinig hygroscopische zouten) lijkt sterk op de schade door vorst. Ook hier is er immers een drukopbouw door zoutkristallisatie in de poriën als het water van de zoutoplossing verdampt (bij uitdroging van het materiaal).

Een belangrijk verschil is evenwel dat de gevormde zoutkristallen blijven groeien in een porie, zelfs als de zoutoplossing door de poriënstructuur naar andere poriën gestuwd kan worden, wat dan toch verschillend is van het ijslensmechanisme. Veel materialen die vorstgevoelig zijn, zijn ook zoutgevoelig, maar die lijn is zeker niet steeds door te trekken!

Boven werd reeds vermeld dat steenachtige materialen doorgaans niet hygroscopisch zijn. Indien ze echter gecontamineerd zijn met hygroscopische zouten (veelal van het nitraat- of chloridentype) kunnen er echter toch vochtophopingen in het materiaal voorkomen. In excessieve gevallen kunnen die vochtpercentages in de orde van 10 massa % bedragen, met belangrijk risico op materiaalschade (naast de esthetische schade die dergelijke hygroscopische zouten aanrichten)).

De rol van een overstroming bij zoutschade zit in twee factoren: de aanvoer van de zouten (die nadien zeer moeilijk tot zelfs niet meer te verwijderen zijn) en het mobiliseren van zouten die reeds in de materialen aanwezig waren, waardoor evenzeer schade wordt aangericht.

De schade door kristalliserende zouten is in het geval van overstromingen nochtans eerder beperkt: dergelijke zouten zijn immers vooral problematisch bij bevochtigings-drogingscycli, hetgeen in principe niet gebeurt bij een overstroming. Van zodra de muur is uitgedroogd gebeurt er geen bevochtiging meer, en worden deze zouten geïmmobiliseerd. De hydratatie van deze zouten kan lange tijd na de overstroming nog wel schade veroorzaken.

De situatie is evenwel anders bij de aanvoer van hygroscopische zouten (vooral nitraten): hierbij blijven de vochtproblemen bestaan, ook als de overstroming reeds lang achter de rug is.

Meest problematisch zijn de chloridezouten (dus in het geval van overstromingen in kustgebieden): het luchtvochtgehalte dat de 'grens' aanduidt waarbij deze zouten een

kristalliserend of hygroscopisch gedrag vertoont, ligt heel dicht bij de 'normale' luchtvochtigheden in deze streken. Deze luchtvochtigheid varieert uiteraard, waardoor die zouten zich in de loop van het jaar afwisselend hygroscopisch of kristalliserend gedragen. Als hygroscopisch zout voeren deze zouten dus vocht aan, en zorgen aldus voor de mogelijkheid van vochtaanvoer en droging. Dergelijke zouten zijn derhalve zeer destructief, wat zichtbaar is aan menig gebouw in kustgebieden!

2.2.3. Scheikundige reacties

Water kan scheikundige reacties veroorzaken in steenachtige materialen, die afhankelijk van het geval, zuiver esthetische schade tot werkelijke materiaalschade kunnen veroorzaken.

Het best bekend is de oxidatie van pyriet (FeS). De oxidatie van de Fe^{2+} - tot Fe^{3+} -ionen resulteert in de gekende roestbruine verkleuring van materialen en tot de vorming van bruine vlekken. Aangezien dit mineraal in zeer veel gesteenten voorkomt is de vorming van dergelijke vlekken, zeker bij overstromingen, een bekend fenomeen.

Erger wordt het wanneer ook de oxidatie van de S^{2-} -ionen tot sulfaationen tot stand komt. De daarmee gepaard gaande vorming van anhydriet ($CaSO_4$) en de resulterende zwelling van dit mineraal onder invloed van vocht (gipsvorming) kan resulteren in afschilferende materialen, hetgeen men typisch vindt bij natuurstenen vloeren die te intensief, met teveel water, worden gereinigd. Het is duidelijk dat een overstroming dit effect nog veel sterker zal stimuleren.



Fig. 5: Gipsvorming bij een kalkstenen vloer, door bevochtiging vanuit de ondergrond

2.2.4. Vervorming van materialen

Vervorming van steenachtige materialen is een eerder marginaal verschijnsel (veel minder belangrijk dan bij hout, cfr. infra). Toch kunnen bepaalde kalkstenen, bij herhaaldelijke bevochtiging en droging, blijvende vervormingsverschijnselen vertonen. Dit is vooral duidelijk

bij relatief dunne platen, waarvan de lengte groter is dan de breedte. Vooral marmers hebben te lijden onder dit fenomeen. De oorzaak ligt in de dilatatie van de calciëtkristallen bij bevochtiging, waarbij de oorspronkelijke lengte niet meer wordt bereikt bij de droging van de steen.

Dit fenomeen treedt nogal op bij recentere gebouwen met dunne gevelbekledingen in marmer. Ook vloeren kunnen een risico vormen, maar er is dus wel vereist dat er meerdere bevochtigings-drogingscycli optreden (dus het zou een reëel risico kunnen zijn bij buitenoppervlakken, of bij vloeren die regelmatig overstromd worden).

2.2.5. Gecombineerde materialen

De hierboven vermelde materialen (baksteen, natuursteen, mortel, pleister) komen nooit afzonderlijk voor in een gebouw, maar steeds in combinatie, als (eventueel bepleisterd) metselwerk.

In dergelijk geval is het van belang om te weten dat, sterk vereenvoudigd, kleine poriën het water uit grote poriën zuigen. Het in contact brengen van een fijnporeus materiaal (zoals mortel) met een grofporeuzer materiaal (zoals baksteen) resulteert dus in het feit dat de mortel het vocht uit de baksteen opzuigt. Een concreet gevolg hiervan kan zijn dat natte muren (zij het door overstroming, zij het door opstijgend grondvocht) vooral natte voegen vertonen, terwijl de stenen relatief droog kunnen zijn. Vochtdiagnostiek op metselwerk dient daarom vooral te gebeuren op de mortel en niet zozeer op de steen (gevallen van baksteen die aanvaardbaar droog is, en mortel, enkele centimeters verder, die onaanvaardbaar nat is, zijn geen uitzondering).

Dit is een eigenschap die ten goede kan worden aangewend: grofporeuze materialen die als vochtbarrière fungeren (bijvoorbeeld als pleisterlaag).

Een gevolg van deze eigenschap is dat schade, gekoppeld aan vocht, zoals vorstschade, dikwijls heel selectief teweerk gaat: de bakstenen worden omgemoeid gelaten, terwijl de mortel kan kapotvriezen.



Fig. 6 : Vorstschade aan nat metselwerk, dat zich in dit geval vooral uit in het uitstoten van de voegen

Dit effect wordt nog versterkt indien men een metselwerk heeft met vorstgevoelige legmortel, en een zeer dampdichte voegmortel (bijvoorbeeld een cementmortel als voegmortel, en een gevoelige kalkmortel als legmortel, zoals men wel kan terugvinden in heropgevoegde historische gebouwen). Bij berekening, en zeker bij een overstroming, is de kans groot dat

de legmortel na korte tijd een zeer hoog vochtgehalte gaat vertonen (zuigt het vocht uit de stenen op), vocht dat moeilijk nog kan verdampen aangezien de voegmortel die verdamping belemmert. Een langdurige vorstperiode na een dergelijke overstroming kan desastreuze gevolgen hebben voor de staat van zowel de legmortel als de ganse muur (uitstoten van de voegen, beschadiging van de steen, ...).

Waarmee we natuurlijk niet willen zeggen dat het opvoegen van historische gebouwen met cementhoudende mortel steeds een slechte zaak is, dat moet in de praktijk geval per geval bekeken worden.

2.3. Besluit

De poriënstructuur in steenachtige materialen zorgt voor uiteenlopende eigenschappen in verband met vocht. De grote diversiteit in porometrische eigenschappen, en de uiteenlopende samenstelling van dergelijke materialen, en de verschillende mogelijke schademechanismen, leiden tot een grote diversiteit aan schadegevallen.

De totale porositeit wordt dikwijls aangehaald om het risico tot schade in te schatten, maar dit is slechts ten dele terecht. De totale poriënstructuur zorgt ervoor dat er evengoed materialen bestaan die poreus zijn, maar toch veel resistenter zijn tegen allerlei schadegevallen dan minder poreuze stenen.

Het is belangrijk om op te merken dat bovenstaande uiteenzetting niet al te 'negatief' wordt geïnterpreteerd. Behoorlijk wat steenachtige bouwmaterialen hebben niet in het minst te lijden onder de besproken schademechanismen.

Bovendien kunnen tests van materialen in historische gebouwen dikwijls een te negatief beeld ophangen van de technische eigenschappen van die materialen. Labo-tests gebeuren immers in extreme omstandigheden, die men vrijwel nooit vindt in de realiteit: de muren van een gebouw dat ondergelopen is zullen slechts zelden zo verzadigd zijn als materialen die in een labotest worden onderworpen aan een vorstproef.

Het is vooral belangrijk om voor ogen te houden dat de combinatie van verschillende materialen aanleiding kan geven tot effecten die men op het eerste gezicht niet zou verwachten. Een inzicht in de fysica en vooral behoorlijk wat ervaring in verband met de vochthuishouding van steenachtige materialen is daarom onontbeerlijk om risico's op schade aan steenachtige materialen in te schatten.

3. Hout

3.1. Relevante eigenschappen van hout inzake vochthuishouding

Hout verschilt in een aantal zeer belangrijke punten van steenachtige materialen. Hout als bouw materiaal is het eindproduct van de verzaging en verdere bewerking van bomen. Het gaat om een organisch materiaal dat relatief snel gevormd wordt en een uitgesproken anisotropie bezit.

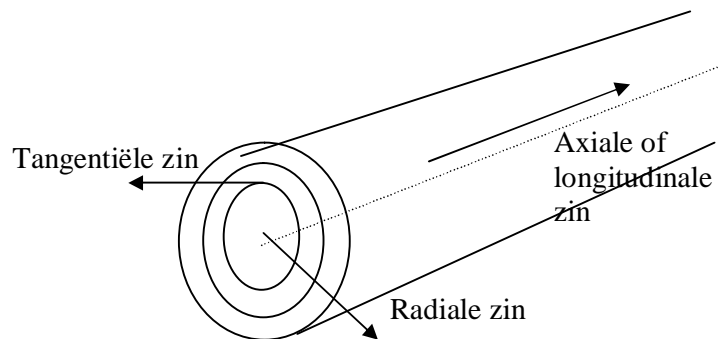
Het doel van deze bijdrage is niet om een complete introductie te geven op de opbouw van hout en de eraan verbonden eigenschappen, dus houden we het wat dat betreft vrij kort en schematisch.

Hout is (sterk vereenvoudigd!) een materiaal dat een vezelstructuur bezit in de axiale richting van de boomstam. De mechanische en hygrische eigenschappen van het hout hangen daarom af van de richting die men in het hout beschouwt. Men onderscheidt de eigenschappen in

§ axiale zin: evenwijdig aan de as van de boomstam, dit komt overeen met de vezelrichting van het hout. Deze 'vezels' komen overeen met de houtvaten, vaten die het transport van voedingsmiddelen en water als functie hebben. Ze bestaan uit langgerekte ketens van met elkaar vergroeide cellen.

§ radiale zin: loodrecht op, en vertrekkend vanuit, de as van de boomstam

§ tangentiële zin: richting loodrecht op de as van de boomstam, rakend aan de jaarringen van het hout.



Eigenschappen zoals trek- en druksterkte, en vervormingseigenschappen (krimp, zwellung, ...) zijn in deze drie richtingen fundamenteel verschillend.

3.1.1. Treksterkte

Het spreekt enigszins vanzelf dat de treksterkte in de axiale zin (de zin van de cellulosevezels) het grootste is. De treksterkte in de tangentiële en axiale richting is kleiner.

3.1.2. Hygroscopiciteit

Zoals de meeste bouwmaterialen heeft hout een zeker hygroscopisch karakter (cfr. supra). Bij een stijgende luchtvochtigheid zal er water gadsorbeerd worden in het materiaal, bij een dalende luchtvochtigheid staat het hout water af. Het hygroscopische vochtgehalte van hout is afhankelijk van de relatieve luchtvochtigheid van de lucht.

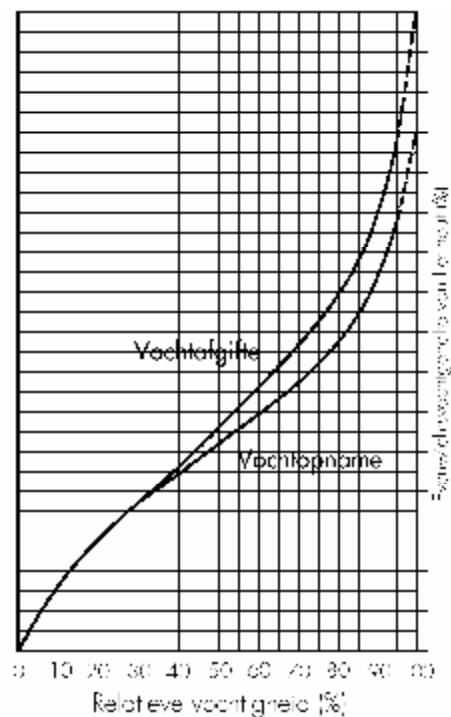


Fig. 7: Absorptie-desorptie van water bij Europese rek

Belangrijk om op te merken is dat er een hysteresis is in het hygroscopische vochtgehalte van hout: indien de relatieve luchtvochtigheid stijgt, en vervolgens weer daalt naar de oorspronkelijke waarde, dan zal het hygroscopische vochtgehalte van het hout hoger liggen dan het oorspronkelijke vochtgehalte. Dit wordt geïllustreerd door in figuur 7, voor Europese eik.

3.1.3. *Zwelling en krimp*

Hout zwelt bij een vochtiger klimaat, en krimpt als het droger wordt. Daar blijkt er een zeer groot verschil te bestaan tussen de eigenschappen in de drie richtingen.

Als voorbeeld geven we de maximale vervormingswaarden voor een aantal houtsoorten (bij 100 % relatieve vochtigheid, ten opzichte van het hout in compleet droge toestand, dus 0 % relatieve vochtigheid).

| | Axiale vervorming | Radiale vervorming | Tangentiële vervorming |
|--------|-------------------|--------------------|------------------------|
| Eik | 0,3 % | 4,3 % | 6,5 % |
| Beuk | 0,3 % | 5,0 % | 9,3 % |
| Grenen | 0,1 % | 2,2 % | 4,4 % |

Tabel 2: Richtingsgevoelige vervorming van hout

Waar de axiale vervorming zeer klein blijft, blijken de radiale vervorming en vooral de tangentiële vervormingen behoorlijk belangrijk te zijn. Dit ligt aan de oorzaak van het vervormen van hout. De bewegingen van het hout, die de veranderingen in luchtvochtigheid volgen, staat bekend als het 'werken' van hout, en is de oorzaak van diverse kleinere of soms grotere vervormingen van houten elementen, deuren, balken, typisch op momenten van de belangrijke seizoenswisselingen (late lente en herfst), vaak gepaard gaande met allerlei geluiden.

De vervormingen van hout zijn in belangrijke mate elastisch, maar hebben ook een plastische component: de vervorming is blijvend als de belasting (van welke aard dan ook) weggenomen wordt, een eigenschap die we allemaal kennen van het kromtrekken van hout. Dat kromtrekken is in de meeste gevallen niet de bedoeling, maar kan ook nuttig worden toegepast op diverse manieren (het meubilair van Thonet is daarvan een fraai voorbeeld, de vervormingen werden bekomen door het stomen van het hout).

3.1.4. *Verzaging van het hout.*

Hout als bouw materiaal is een product dat afkomstig is van de verzaging van boomstammen. Afhankelijk van de verzaging zullen de bekomen balken of planken andere eigenschappen vertonen, aangezien de tangentiële, radiale en axiale eigenschappen in 'andere verhoudingen' voorkomen. De verschillende zaagwijzen resulteren daarom ook in een ander gedrag tengevolge van wijzigingen in het luchtvochtgehalte.

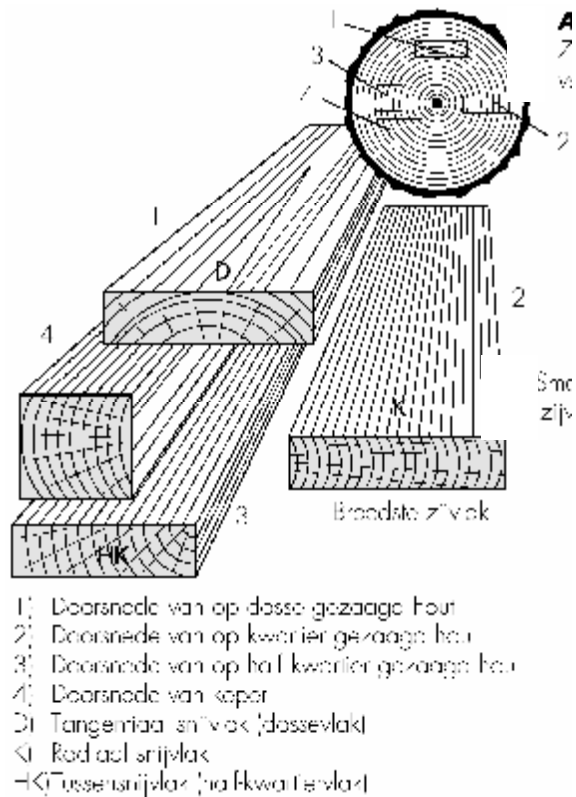


Fig. 8: Zaagwijzen voor hout

3.2. Schadegevallen

Schadegevallen zijn vooral gekoppeld aan de verschillen in uitzetting en krimp in de verschillende richtingen van het hout bij 'homogene' bevochtiging van het hout, eventueel plastische vervorming van het hout, en alle problemen gekoppeld met inhomogeen vochtgehalte van het hout.

Een extreem snelle droging, of inhomogene bevochtiging van hout (bijvoorbeeld bij heel snelle vochtwisselingen, bij intense doch kortstondige regenbuien, of overstromingen) kunnen ervoor zorgen dat in één enkel houten element grote gradiënten ontstaan van vocht en daardoor vervormingen. De droge gedeelten vervormen niet, de vochtige gedeelten wel, waardoor er evenzeer schade kan ontstaan. Bij droging van hout in het geval van sterke bevochtiging is het daarom van belang dat de droging zeer gecontroleerd en zeker niet te snel gebeurt, zodat tijdens het drogingsproces het vochtgehalte zo homogeen mogelijk blijft in het hout. Dit is zeker één van de redenen van het toepassen van bescherming van hout voor buitenschrijnwerk. Dergelijke beschermlagen verhinderen waterinfiltratie in het hout, maar zorgen evenzeer voor een trage droging van het hout, indien dit toch nat zou worden.

3.2.1. Scheuren

Hout bezit een groot vermogen tot het opnemen van trekkrachten, maar deze sterkte zit vooral in de axiale richting van het hout. Loodrecht op de axiale richting is de treksterkte heel wat minder en kunnen alsnog scheuren optreden bij sterke vervormingen van hout.

Het plaatsen van te jong hout (bijvoorbeeld te nat hout als plankenvloer) kan resulteren in scheurvorming: de droging van het hout zorgt voor krimp, maar het hout wordt in de krimp verhinderd door de vernageling: scheurvorming is het gevolg.

Ook de snelle droging tengevolge van wind kan in buitenschrijnwerk zorgen voor zogenaamde windbarsten: de buitenlaag van het schrijnwerk droogt zeer snel, zonder dat het inwendige van het hout meevolgt. Ook hier ontstaan scheuren.

Voorgaande fenomenen komen typisch voor bij nieuwgeplaatste elementen. Reeds bestaande houten elementen kunnen evenwel ook scheurvorming vertonen. Dit is dan typisch gekoppeld aan een tijdelijke verhoging van de vochtigheid in het gebouw (ondermeer door lekkende daken, problemen met waterafvoer, afgesloten onverluchte ruimtes, maar evenzeer door renovaties, herbepleistering, ...). Indien het gaat om houten elementen die opgebouwd zijn uit kleinere elementen (bijvoorbeeld planken op een dragende structuur, deuren, lambrizingen), kunnen de oppervlakkige elementen zwellen. Hun beweging wordt evenwel verhinderd door de drogere achterliggende structuur, waardoor de oppervlakkige elementen samengedrukt worden en eventueel plastisch vervormen. Bij droging krimpen ze evenwel terug, en zorgt de plastische vervorming ervoor dat de planken smaller zijn geworden, wat resulteert in een scheurvorming.

3.2.2. Vervormingen

Bij het kromtrekken van houten elementen speelt het verschil in radiale en tangentiële vervorming een belangrijke rol, zoals geïllustreerd wordt op de volgende figuur.

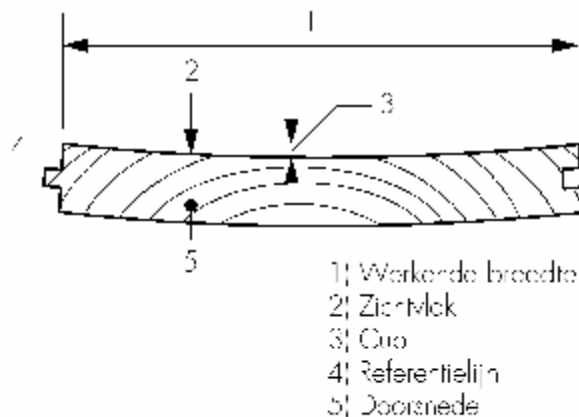


Fig. 9: Kromtrekken

Maar kromtrekken van houten elementen kan evenzeer te maken hebben met verhinderde vervorming van hout. Het opwelven van pas geplaatste parketvloeren op een niet voldoende uitgedroogde draagvloer is hier een voorbeeld van.

Een overzicht van de mogelijke vervormingen van hout (scheuren en vervormen), in functie van de zaagwijze, wordt gegeven in volgende figuur. Deze vervormingswijzen hebben enkel betrekking op verschillen in krimp en zwellen in radiale of tangentiële richting (en houden dus geen rekening met verhinderde vervorming, die de schade kan verergeren (maar soms ook kan verminderen...)).

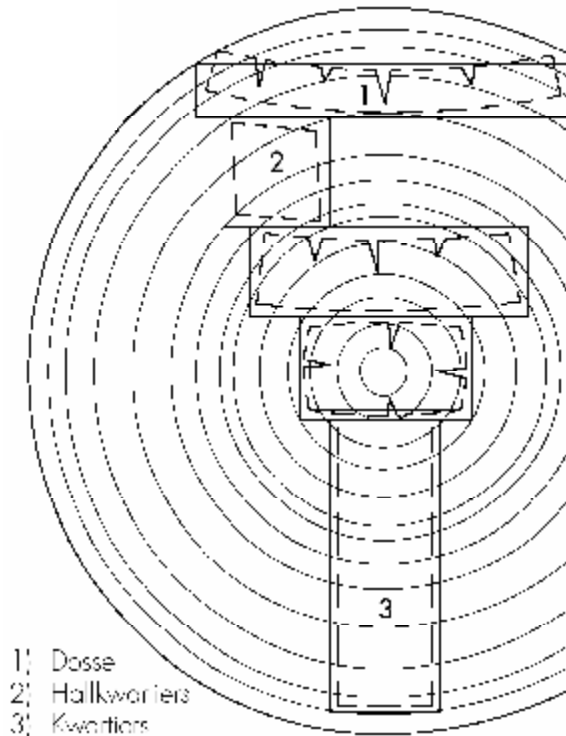


Fig. 10: Relatie vervorming-zaagwijze

3.2.3. Ondergedompeld hout

De bovenstaande schadegevallen zijn ook van toepassing op hout dat helemaal of gedeeltelijk nat is geworden door onderdompeling in water, in het bijzonder bij overstromingen. De schadefenomenen zijn daar meer uitgesproken, aangezien er een veel hoger vochtgehalte dan 'normaal' in het hout te vinden is, waardoor het werken van het hout sterker wordt: de grotere vervormingen, gecombineerd met verhinderde bewegingen, zullen uiteindelijk belangrijker schade veroorzaken. Bovendien is het mogelijk dat bij relatief kortstondige benatting het hout niet in de gehele massa nat wordt, waardoor ook hier het risico op kromtrekken en scheuren nog vergroot wordt. Zeker bij hout dat zeer nat is geworden is het risico van zowel scheuren als vervormen zeer groot.

3.3. Besluit

De ugesproken anisotropie, de mogelijkheid voor hout om plastisch te vervormen, en de sterke vervormingen bij veranderingen in het vochtgehalte van het hout, liggen aan de basis van schade. Schade die grosso modo kan opgedeeld worden in twee categoriën, namelijk scheurvorming en vervorming.

Voorkomen is beter dan genezen, en daarom is een preventieve houtbescherming, indien opportuun (zeker voor buitenschrijnwerk), van het allergrootste belang.

In veel gevallen dateert houtschade van het moment (of iets erna) van de plaatsing van de houten elementen.

Het bruske verloop van luchtvochtigheid, of het vochtgehalte in het hout, geeft aanleiding tot grote risico's voor houtschade en dient daarom vermeden te worden:

§ in het geval van 'gecontroleerde bevochtiging' (zoals wel voorkomt bij renovatiewerken) is het zaak om de luchtvochtighaltes zo weinig mogelijk te laten veranderen (ondermeer door goede ventilatie van de gerenoveerde ruimtes).

§ Is het kwaad dan toch geschied, en is er een belangrijke bevochtiging van het hout opgetreden, dan is het zaak om de droging zo gecontroleerd mogelijk te laten verlopen, om ervoor te zorgen dat de schade niet nog erger wordt.

4. Referenties

- [1] P. Verougstraete, *Windbarsten in houten buitenschrijnwerk*, WTCB-tijdschrift 1990/3, 6e katern
- [2] N. Lens, R. Gérard, F. de Barquin, J. Elsen, *Vorstweerstand van Natuursteen*, WTCB-tijdschrift 1996/3, p. 12-21
- [3] J. Van Acker, C. Decaesstecker, *Houten buitenschrijnwerk*, WTCB-tijdschrift 1996/3, p. 23-31
- [4] Technische Voorlichting 210, *Vocht in gebouwen, bijzonderheden van opstijgend grondvocht*, WTCB, 1998
- [5] A. De Ceuleneer, *Hout*, Handboek Onderhoud Renovatie Restauratie (HORR), Kluwer, 2000
- [6] Technische Voorlichting 218, *Houten vloerbedekkingen: plankenvloeren, parketten en houtfineervloeren*, WTCB, 2000
- [7] Technische Voorlichting 224, *Waterwerende oppervlaktebehandeling*, WTCB, 2002
- [8] K. Van Balen, B. Van Bommel, R. Van Hees, M. Van Hunen, J. Van Rhijn, M. Van Rooden, *Kalkboek, het gebruik van kalk als bindmiddel voor metsel- en voegmortels in verleden en heden*, Rijksdienst voor de Monumentenzorg, 2003
- [9] Y. Vanhellemont, *Metselwerk, pleisters en verf. Aantasting door kristallisatie en hygroscopiciteit van zouten*, Handboek Onderhoud Renovatie Restauratie (HORR), Kluwer, 2004

MONUMENTEN EN WATER: WATERKASTEEL VAN HORST

**Sven Ignoul & Kris Brosens, Triconsult N.V.
Patrik Blockx, Architectuur Blockx
Lode De Clercq, bouwhistoricus
Dionys Van Gemert, K.U.Leuven**

Abstract

Het bouwen van monumenten in en rond het water vereist speciale technieken. Bijkomend hebben water en vocht in en rond het gebouw een nadelige invloed op de levensduur van de gebruikte materialen.

De interactie van water en monument wordt toegelicht aan de hand van een case study: het waterkasteel van Horst te Sint-Pieters-Rode (B). Voor deze site werd reeds een uitgebreid bouwhistorisch, archeologisch en stabiliteitsvooronderzoek uitgevoerd ter voorbereiding van de restauratie van de eerste faze (zuidvleugel met donjon) van het kasteel.

1. Inleiding

De impact van water op monumenten is niet te onderschatten. We denken hierbij aan het loskomen van pleister- en/of verflagen op metselwerk ten gevolge van opstijgend vocht, het rotten van houten balkkoppen opgelegd in vochtige muren, ... Ook de praktische problemen voor het uitvoeren van een constructie in de nabijheid van water zijn niet gering.

Deze nadelige gevolgen waren reeds langer bekend en toch werd om diverse redenen besloten om bepaalde gebouwen of constructies op te richten in de nabijheid van of zelfs in het water.

De meeste kastelen hebben een rondlopende slotgracht en sommige kastelen werden zelfs in een (natuurlijk) water geconstrueerd. Hier dient het omringende water als extra bescherming tegen ongewenste indringers.

Deze bijdrage handelt over de interacties tussen monumenten en water in het waterkasteel van Horst te Sint-Pieters-Rode, Holsbeek (B).

2. Waterkasteel van Horst te Sint-Pieters-Rode, Holsbeek (B)

2.1. Inleiding [1], [2], [3]

De eerste bouwfase van het kasteel van Horst dateert uit de 14^{de} eeuw. Initieel betrof het een kasteel met een slotgracht. Later werd de slotgracht uitgebreid tot een omringende vijver en werd het kasteel een 'waterkasteel'. Het kasteel kent een complexe bouwgeschiedenis en werd doorheen de eeuwen grondig verbouwd. Het omringende water is evenwel steeds behouden.

Het kasteel is getoond in de figuren 1 en 2.



Fig. 1: Kasteel van Horst [2]



Fig. 2: Kasteel van Horst [2]

2.2. Fundering

Eén van de problemen van de constructie van een dergelijk gebouw in of aan het water is de constructie van een adequate fundering. Reeds in de middeleeuwen beheersten de bouwmeesters de techniek om een grondwaterverlaging uit te voeren of een bepaald gebied tijdelijk droog te leggen. Evenwel hadden deze technieken hun beperkingen en kon het water niet onbeperkt verlaagd worden.

Uit het funderingsonderzoek en het bouwhistorisch onderzoek is gebleken dat de donjon van een eerdere bouwphase dateert dan de kapel, dewelke tegen de donjon geconstrueerd is. Beide gebouwen hebben dan ook een verschillende funderingswijze.

Door het graven van onderzoekspuiten kon vastgesteld worden dat de fundering van de donjon minimum 1m70 onder het niveau van de bodem van de omringende vijver is aangezet, daar waar de aanzet van de kapel zich slechts op ongeveer 60 cm onder de vijverbodem bevindt. Tevens blijkt dat de fundering van de kapel is aangezet op houten

verdeelbalken daar waar dergelijke houten funderingsbalken voor de donjon niet konden teruggevonden worden.
 Beide funderingswijzen worden verduidelijkt in figuren 3 en 4.

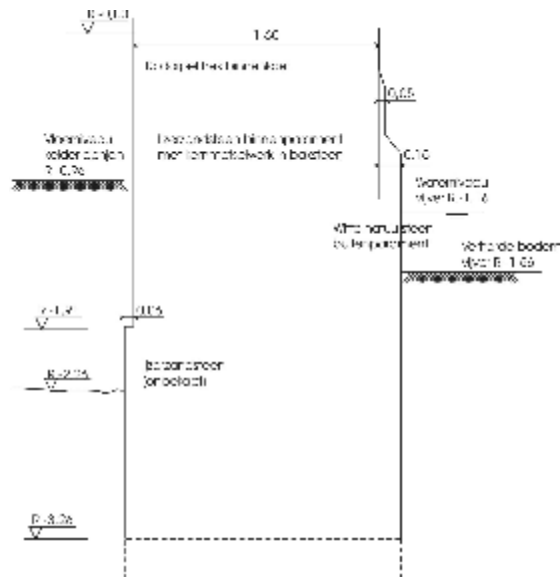


Fig. 3: funderingsopbouw donjon

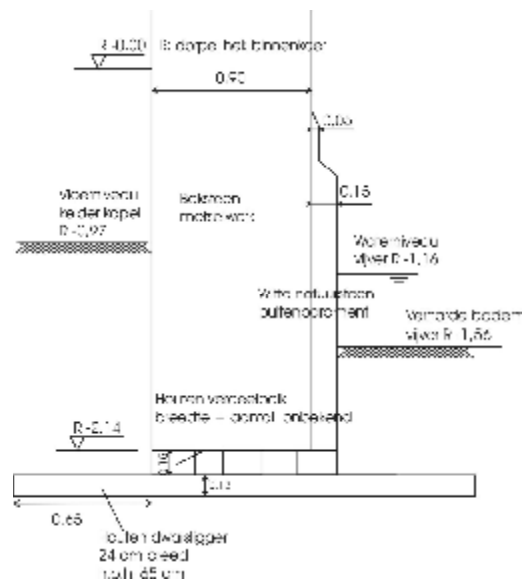


Fig 4: funderingsopbouw kapel

Het is dus waarschijnlijk dat voor de vroegere bouwfase van de donjon het omringende gebied drooggelegd werd en dat de constructie in den droge plaatsvond. De kapel werd achteraf geconstrueerd in de vroegere slotgracht en hierbij werd gebruik gemaakt van houten verdeelbalken (op palen?) om het funderingsmetselwerk op aan te zetten. De techniek van houten palen en houten verdeelbalken is een gekende en in het verleden veelgebruikte techniek om een stabiele ondergrond te verkrijgen om het funderingsmetselwerk aan te zetten. Om het schuiven van de houten aanzet te beletten werd meestal een schuifhout voorzien, zie figuren 5 en 6.

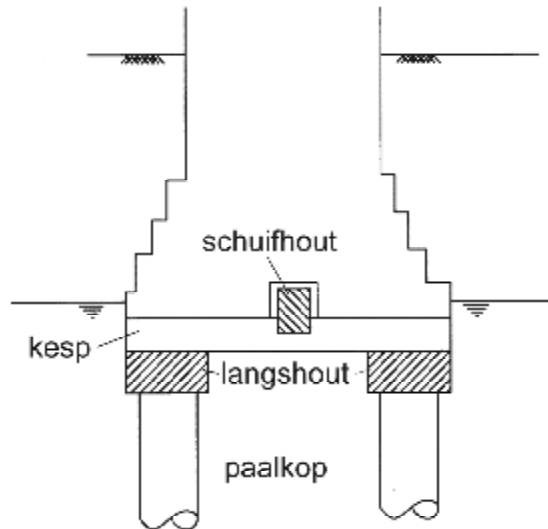


Fig. 5: Fundering op houten palen [4]

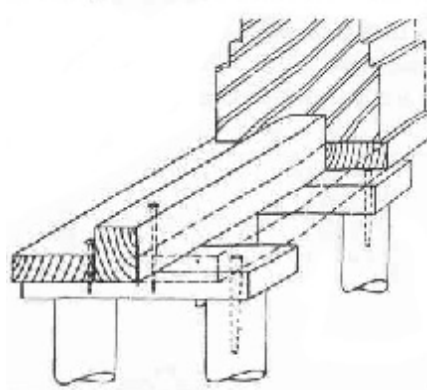


Fig. 6: Fundering op houten palen [5]

2.3. Metselwerk

De aanwezigheid van water rond het monument heeft ook zijn impact op het metselwerk. Ten gevolge van opstijgend vocht is het metselwerk erg gevoelig aan vorstschade en aan biologische aantasting.

De planten vinden in de kalkrijke en vochtige mortel een ideale voedingsbodem, zoals getoond in figuur 7 en 8. De wortels van deze planten dringen in het voegwerk en zorgen voor een versnelde vertering. Door de aanwezigheid van de planten is de muur aan de buitenzijde vochtiger (aantrekken van water) waardoor er meer kans is op vorstschade.

Teneinde een idee te krijgen van de opstijghoogte in het ijzerzandsteenmetselwerk en het baksteenmetselwerk werden op diverse plaatsen verticale vochtprofielen opgemeten in de binnenmuren van de kelder van de donjon en van de kapel.

Een voorbeeld van een vochtprofielmeting is getoond in figuur 9.



Fig. 7: Plantengroei op muur



Fig. 8: Detail plantengroei



Fig. 9: Vochtprofielmeting ijzerzandsteen

De resultaten zijn grafisch weergegeven in onderstaande figuur.

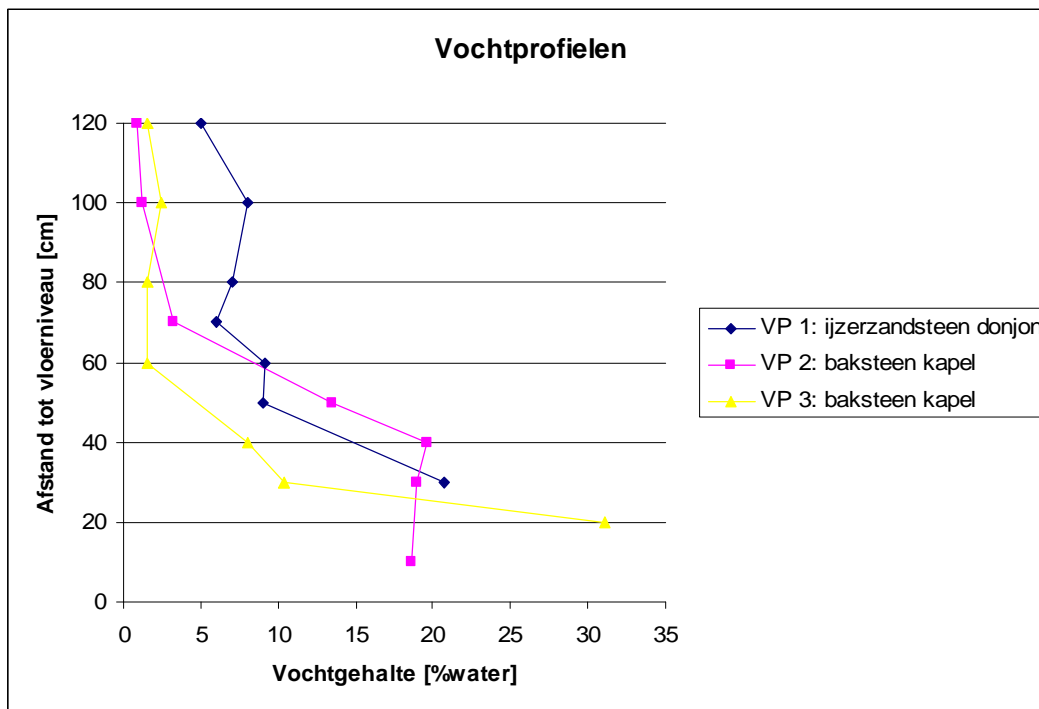


Fig. 10: Vochtprofielmetingen

Uit de metingen bleek dat het vocht in de ijzerzandsteen capillair opgezogen wordt tot ongeveer 50 cm boven het huidige vloerniveau of 70 cm boven het grondwaterpeil, dat hier samenvalt met het waterpeil in de vijver. Daarboven kan een soort evenwichtsvochtgehalte opgemeten worden van ongeveer 8 tot 9 %. De profielen voor muren in baksteen metselwerk tonen aan dat het vochtgehalte door capillaire opzuiging op een hoogte van 30 tot 50 cm boven vloerniveau (50 tot 70 cm boven grondwaterpeil) afneemt en dan terugvalt tot evenwichtswaarden van ongeveer 1 tot 3 %.

Hierbij dient bijkomend opgemerkt te worden dat het funderingsonderzoek en het archeologisch onderzoek [6] hebben aangetoond dat in het verleden het vloerniveau verschillende keren verhoogd werd. Dit is vermoedelijk te wijten aan het stijgende waterniveau in de vijver bij opeenvolgende waterbeheersingswerken in de omgeving. Het betreft hier namelijk een zeer waterrijk, moerassig gebied in de vallei van de Winge. Om deze reden is dan ook de vrije hoogte beperkt geworden in beide kelderruimtes onder de kapel en de donjon, wat de inplanting in een restauratieproject bemoeilijkt.

2.4. Houten vloeren en dakspanten

Een ander aspect betreft de aantasting van de houten structuuronderdelen door zwammen en insecten. Ook hier speelt water en vocht een belangrijke rol. Een hoog vochtgehalte schept een ideaal klimaat voor insecten en zwammen, dewelke het hout aantasten.

Deze schade is evenwel niet specifiek voor waterkastelen, maar komt voor in bijna ieder monument met houten structuuronderdelen. Vooral houten vloeren op grond of boven kruipkelders zijn vatbaar voor vochtschade. Slechte detailleringen aan dakaansluiting of lekkende daken leiden tot waterinfiltraties met de gekende gevolgen voor de houten dakstructuur, zoals getoond in figuur 11.



Fig. 11: Vochtaantasting houten roostering

2.5. Besluiten en maatregelen

De problemen met de houten structuur zijn niet specifiek voor een waterkasteel en kunnen op een klassieke manier aangepakt worden. Vooreerst dienen alle vochtinfiltraties opgelost te worden. Daarna kunnen de aangetaste delen hersteld of vervangen worden, waarna een algehele curatieve en preventieve behandeling van de houten onderdelen plaatsvindt. Door het monument opnieuw in gebruik te nemen (gecontroleerd binnenklimaat) kan daarna een regelmatige inspectie volstaan om problemen tijdig te onderkennen.

Wat betreft de problematiek van het metselwerk zal een aanpak tegen opstijgend vocht moeten uitgevoerd worden, indien de kelderruimtes in gebruik genomen worden. Bijkomend dient een afdoende vloerafdekking voorzien te worden, om verdamping uit de aarden vloeren zoveel als mogelijk te vermijden. Indien geopteerd wordt om de vrije hoogte te vergroten, kan het vloerniveau verlaagd worden door het inbrengen van een waterdichte betonnen bekuiping. De plantengroei op de buitenzijde moet verwijderd worden en het aangetaste en geërodeerde voegwerk dient vervangen te worden. Eventueel kan een hydrofoberende behandeling uitgevoerd worden om toekomstige plantengroei aan de buitenzijde zoveel als mogelijk uit te stellen. Een regelmatig onderhoud is evenwel meer aangewezen.

Deze richtlijnen zijn opgenomen in het lastenboek voor de eerste fase van de restauratie van het kasteel van Horst, opgemaakt door Architectuur Blockx uit Zichem in samenwerking met Triconsult N.V.

3. Referenties

- [1] L. De Clercq, Kasteel van Horst. Holsbeek Sint-Pieters-Rode. Bouwhistorisch onderzoek, intern rapport, 2001.
- [2] A. De Raeymaecker, The Castle of Horst: A proposal for conservation, thesis, K.U.Leuven, 2003.
- [3] S. Ignoul, D. Van Gemert, Kasteel van Horst, faze 1, standzekerheidsvooronderzoek, intern rapport, 2002.
- [4] E.J. Haslinghuis, H. Janse, Bouwkundige termen, Verklarend woordenboek van de Westerse architectuur- en bouwhistorie, Leiden, 2001.
- [5] H.J. Zantkuijl, Amsterdam op palen – de geschiedenis van het funderen, uittreksel uit Werk in uitvoering 25, 1985.
- [6] B. Francois, M. Lodewijckx, Archeologisch onderzoek in het kasteel van Horst te Sint-Pieters-Rode (VI. Brabant), opgravingscampagne 2002, K.U.Leuven, intern rapport, 2002.

INVESTIGATION ON THE PERFORMANCE OF A RESTORATION PLASTER IN THE FIELD

Barbara Lubelli^{1,2}, Rob.P.J. van Hees^{1,2}, Caspar W.P. Groot¹

¹ Delft University of Technology, Delft, The Netherlands

² TNO Building and Construction Research, Delft, The Netherlands

Abstract

The present paper reports the results of a series of investigations carried out in a church located in the region of Zeeland, in the south-west part of the Netherlands. Because of the sea flooding occurred in 1953, this building shows a serious salt damage, mainly affecting the restoration plaster applied on the interior walls. This plaster, designed to be used on salt loaded substrates, started decaying after only a few years from the application. The reasons of the severe damage have been investigated and a combined monitoring of the environmental conditions and of the damage development has been carried out. The moisture and salt load, together with the material properties and the environmental conditions, are shown to play a fundamental role in the damage development.

Keywords: Restoration plaster, sea-salt decay, hygroscopic behaviour

1. Introduction

Weathering of building materials due to sea salt is a well-known phenomenon in coastal environment. The sea-salt can originate from rising damp, sea-salt spray, sea flooding or can be even present in the building materials.

In the Netherlands, lying partially under the sea level, sea flooding occurred several times in the past. In 1953 the province of Zeeland, in the southwest of the Netherlands, was flooded and several buildings were submerged up to several meters. After 50 years the consequences of this calamity are still visible in the serious decay affecting the buildings.

Restoration performed in the past were not always effective and even so-called restoration plasters, introduced on the market in the last decades, showed often damage when applied on masonry with heavy salt load. The reason of these repeated unsuccessful restorations is often the absence of a preliminary investigation (of the material properties and the micro-environmental conditions) allowing a more conscious definition of a suitable intervention.

The following paragraphs report the results of a series of investigations and monitoring, performed during a period of about four years, on an ancient church located in a small centre in Zeeland (Brouwershaven): this building can be considered representative of many other ancient brick-masonry buildings in the flooded areas in the Netherlands.

2. Notes on the history of the building and of the renovations

The construction of the church of St. Nicholas in Brouwershaven started probably in 1293 [1] and went on until the 17th century. The nave dates back to the 14th century, the aisles and the choir to the beginning and to the end of the 15th century respectively. The first church-tower dated from 1667 and contained three bells; this tower was renewed in 1734 before being taken down during the French period. A new tower was built in 1883 and enlarged in 1932. In 1953, due to the flooding, the church was submerged in the seawater up to the window sills (Figure 1). Because of the wall being saturated with seawater during the flooding, a serious decay developed when the masonry dried out. The church required an extensive restoration of the interiors that was completed only in 1963: a tar like layer was

applied on the walls and on this a plaster was applied. The aim of this intervention was to keep the salt inside the masonry preventing them from reaching the plaster. Due to detachment of the plaster layer, a new restoration was necessary. This took place in 1991-1994: at this occasion the plaster and the tar layer were removed and a new plaster was applied. This new plaster is a ready-to-use restoration plaster for salt loaded substrates and should not limit the transport of the salt solution from the substrate to the plaster. When the monitoring started and the first investigations took place (July 2000), the plaster already showed a serious decay that considerably increased in the following years.



Fig. 1: The church submerged in sea-water during the flooding in 1953

3. Decay patterns

The decay mainly affects the plaster covering the interior of the church. The stones constituting the basement of the columns show only a white salt patina and little sanding. The damage of the plaster is mainly located up to 4 meters from the ground level, and is particularly serious on the walls (Figure 2) and the plastered columns of the choir. The damage starts as peeling of the paint layer and formation of thin cracks and develops then to sanding and crumbling of the plaster. This decay pattern seems to be typical of this plaster when applied in very severe conditions and it has been observed on several occasions [2]. In some spots in the church the plaster layer is completely weathered and the brick substrate starts decaying. Efflorescences are visible on the plaster and on the substrate when the masonry dried out during low RH periods.



Fig. 2: South wall of the choir showing serious damage

4. Sampling

Sampling was performed, on several locations and at different times, in the interior of the church. Different types of samples were taken, aiming to give a complete analysis of the cause and process of damage (Figure 3):

- Sampling by powder drilling: powder samples were drilled at different locations in the church. For each location the drilling was performed along a vertical profile at several heights and depths. These samples were used to assess the moisture and salt profile in the wall in order to define the moisture source.
- Sampling by core drilling: cores of 5cm diameter were drilled from the wall. These were used for determining the material properties.
- Sampling of efflorescence: salt efflorescences present on the stone and the plaster surface were collected to assess the type of salts present.

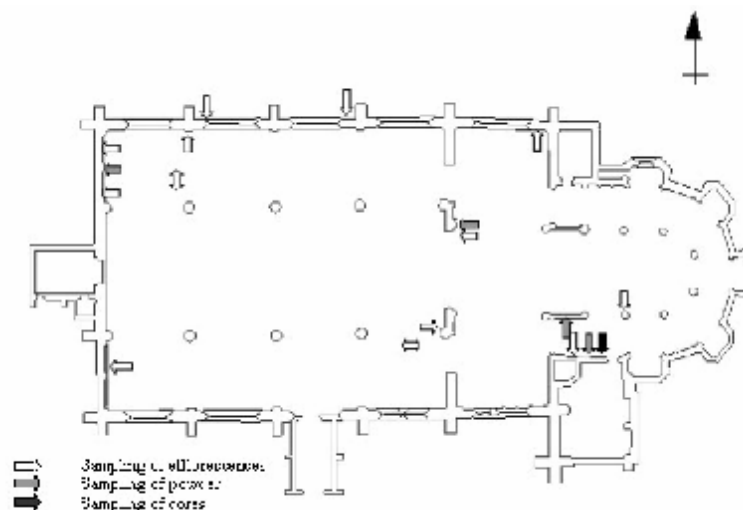


Fig. 3: Location and type of the sampling

5. Laboratory analyses

5.1. Determination of the moisture and salt sources

The powder samples were dried at 60 °C until constant weight and the actual moisture profile was gravimetrically determined. The moisture content decreases from the lower to the upper part of the wall and from inside to the surface of the wall (Figure 4): this is the typical pattern indicating the presence of rising damp; the capillary rise reaches about 2 m from the ground level in the plastered brick wall and a much lower level in the stone columns.

On the same powder samples used for determining the moisture distribution, the hygroscopic moisture uptake at 96 % RH was measured in order to have a first, indicative, evaluation of the amount of hygroscopic salts present in the wall. From the hygroscopic moisture distribution (Figure 4) it is clear that:

- the masonry has a high salt content
- the salt concentrates near the surface, in the plaster layer, due to the evaporation process
- the most hygroscopic salts, being also the most soluble, are transported to a higher level and accumulate at the upper fringe of the rising damp zone.

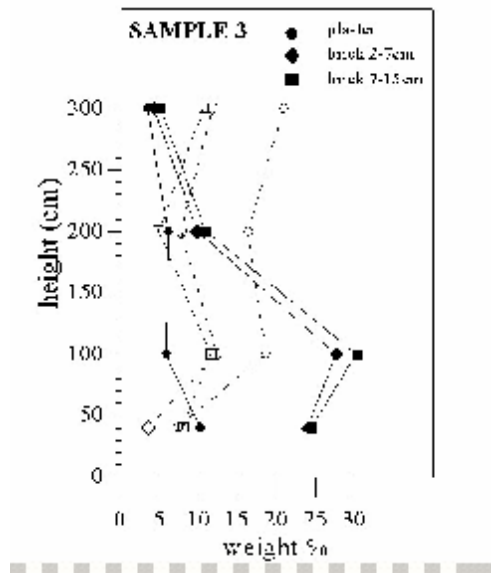


Fig. 4: Actual (continuous line) and hygroscopic moisture (dashed line) distribution in the south wall of the choir (location 3)

The sources of hygroscopic salts are both the ground, rich in sea salt, from which the salts are transported into the wall by rising damp, and the masonry itself, being saturated, up to the height of 4 m from the ground level, with sea water during the flooding.

5.2. Determination of salt content and type

The HMC (hygroscopic moisture content) gives only an indication of the presence of salts in the wall. In order to define quantity and type of salt present chemical analyses were performed on some of the powder samples and XRD analyses were carried out on efflorescences (Table 1). The less soluble sulfates (thenardite) and carbonates (trona and thermonatrite) were found in efflorescences present in the lower part of the wall. Chlorides were present at higher level (200-250 cm) of the south wall leading to the high HMC measured at this height. This distribution of the salts (fractionation) along a vertical profile is typical in case of rising damp [3] and depends on the solubility and the RH of crystallization of the salts: halite is more soluble than the other salts found and consequently can be transported to a higher level in the masonry before crystallising. Besides, chlorides in the upper part of the wall originate also from the sea water in which the building was submersed up to the window sills. The high hygroscopicity of halite results in the high HMC value measured at 200 and 300 cm.

In the sampled efflorescences only thenardite and no mirabilite was found in the samples. This may be related to the moment in which the efflorescences were sampled: in the summer, when the temperature in the church can reach 20-25 °C, in presence of large quantity of NaCl, thenardite will crystallize instead of mirabilite [4].

| Material | location | height (cm) | Calcite | Trona | Thermo natrite | Thenardite | Quartz | Halite |
|------------------------------|----------|-------------|---------|-------|----------------|------------|--------|--------|
| effl. on plaster | inside | 25 | ** | * | *** | | ** | |
| effl. on plaster | inside | 0 | ** | * | *** | | ** | |
| effl. on plaster | inside | 30 | ** | ** | * | | ** | |
| effl. on joints of the floor | inside | 0 | *** | | | | ***** | |
| effl. on stone | inside | 30-60 | ** | | | *** | ** | *** |
| effl. on stone | inside | 90 | ** | | | ***** | ** | |
| effl. on plaster | inside | 250 | ** | | | | ** | *** |
| effl. on plaster | inside | 200 | ** | | | | ** | *** |
| effl. on stone | inside | 40 | * | * | | **** | * | * |

Table 1: Results of the XRD analyses

5.3. Assessment of the materials properties

The properties of the plaster and of the substrate were determined. The properties of the plaster were measured on specimens prepared in laboratory using the same ready-to-use plaster on a fired clay brick substrate. The structure of the plaster was studied by Environmental Scanning Electron Microscope (Philips XL-FEG SEM) equipped with Secondary Electron (SE) and Backscatter Electron (BSE) detectors. Information on the composition was obtained by the use of the EDX detector. The ESEM pictures (Figure 5) show the presence of large voids, with the binder not filling completely the spaces between the aggregate. The plaster is composed of a cement binder and by two types of aggregate: small quantities of siliceous aggregate and for a large part of hollow spheres of different grain size. This light aggregate was found by XRD analyses to be constituted by mullite ($Al_6Si_2O_{13}$). The use of Fourier Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR) allowed to identify the presence of an additive, most likely a modified cellulose, added probably to the plaster to improve the curing process by retaining water and limiting shrinkage and crack formation during drying.

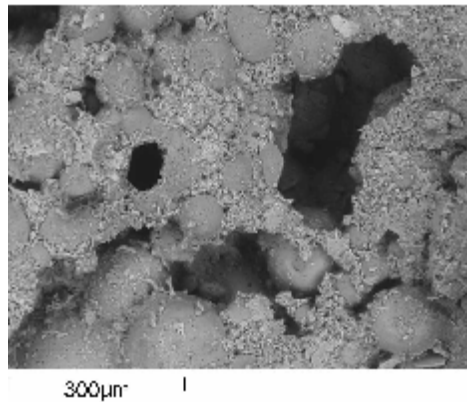


Fig. 5: ESEM picture of the plaster showing the presence of large voids (V). The binder (B) does not fill all the spaces between the aggregate (M)

The open porosity of the restoration plaster resulted to be 58 % V/V, measured by MIP (Mercury Intrusion Porometry) as well as by immersion. The porosity is mainly constituted by large (> 10 μm) and very small pores in the range of capillary condensation (< 0.1 μm) (Figure 6). Some questions arise when considering the very high value of porosity: either damage (the hollow spheres may be broken due to the pressure) or deformation of the

structure can be supposed. Both explanations are likely to show up in the cumulative intrusion curve as a steep increase in porosity in the range of smaller pores. It is important to notice that the presence of very small pores determines the hygroscopicity of this plaster and increases its sensitivity to RH changes.

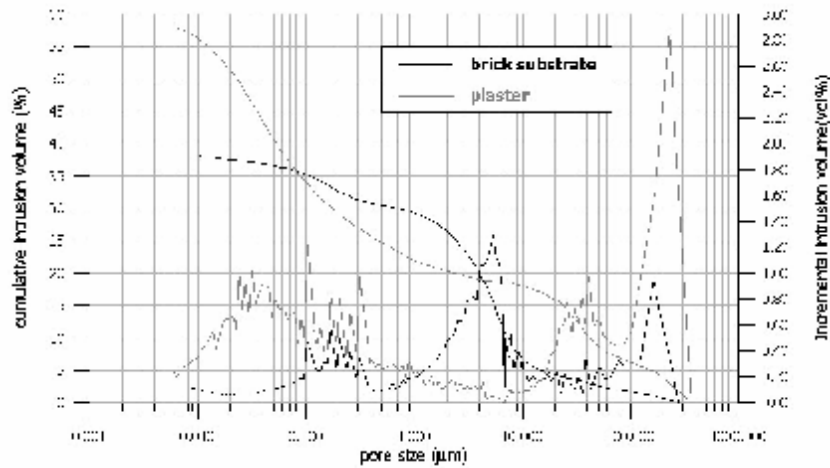


Fig. 6: Pore size distribution of the brick substrate and of the plaster

Point counting measurements have been performed on the thin section in order to study further the porosity. These measurements allow defining both closed and open porosity; because of the detection limit of the instrument, only pores larger than 1 µm can be detected. The closed porosity (due to the hollow spheres) constitutes 28 % of the area; voids and large pores amount to about 19 % of the surface. This last value is comparable to the porosity obtained by MIP when considering only pores larger than 1 µm.

The pore size distribution of the material strongly influences its absorbing and drying behaviour (Figure 7). Because of the presence of small pores, the plaster shows a slow absorption and drying. Besides, the presence of the cellulose, that can retain water even in secondary moistening, explains the extremely slow drying of the restoration plaster.

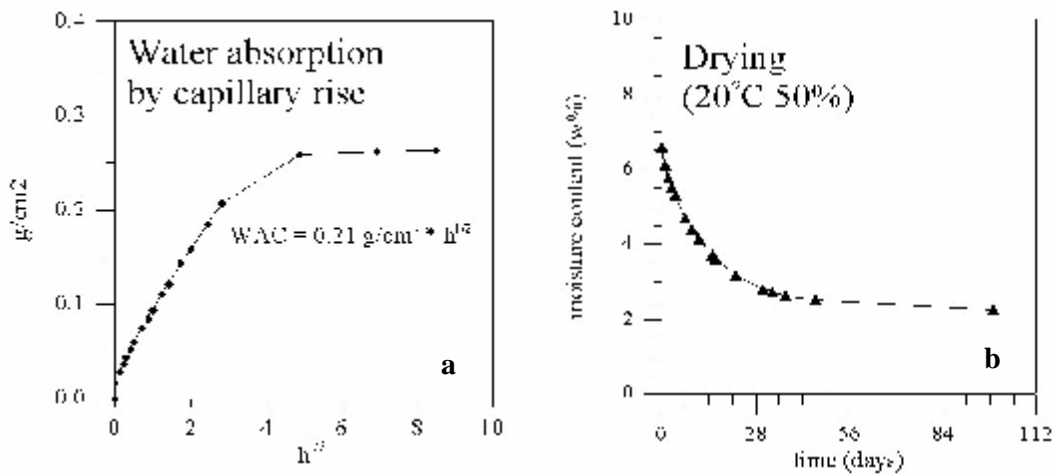


Fig. 7: Water absorption (a) and drying rate (b) of the plaster

This very slow transport of the salt solution to the surface determines the conditions for crystallization of the salts inside the material. The crystallization of the salt in the outer layer of the plaster, instead of on its surface as may be expected from a transporting plaster, is confirmed by the in situ monitoring: on the church wall crypto-florescence is visible, pushing out scales of plaster of few mm thick (Figure 8).



Fig. 8: Salt efflorescence at few mm from the outer surface pushing out plaster scales

The properties of the brick substrate were measured on cores sampled from the wall. The total porosity and pore size distribution of the brick were measured by MIP on a desalinated brick sample (core sampled at 105 cm from the ground level showing damage to the plaster). Figure 6 shows that the brick has a high total porosity (almost 40 %), with a large percentage of pores with a radius of 5 μ m. The fine porosity of the plaster in comparison with the coarser porosity of the brick favours the extraction of the salt solution from the substrate to the plaster layer, where the salt accumulates.

6. Monitoring of the damage and of the environmental conditions

Salt decay can only take place if dissolution-crystallization cycles of the salt occur, therefore a moisture source is necessary. Rising damp is present, as shown by repeated samplings performed in different periods of the year, on the south, interior, wall of the choir (Figure 4) up to 2-2.5 m from the ground, whereas a serious damage is present on the same wall at a higher level, up to 4 m. It can be supposed that, due to the application of the tar layer in the first restoration (see §2), the rising damp reached in the past a higher level than the one measured today; this may explain the presence of chlorides at a level higher than the present fringe of the capillary rise.

Due to the high hygroscopicity of halite, the main salt present in the masonry, and of the plaster itself, it was supposed that RH changes could play a fundamental role in the damage, supplying the moisture necessary to activate the salts. To prove this hypothesis a parallel monitoring of the damage development and of the environmental conditions was started.

The monitoring of the south wall of the choir started in year 2000. The data on the environmental conditions are obtained by two sensors measuring the temperature and RH of the air inside and outside the church, and by four thermocouples measuring the surface temperature of the wall. A scheme of the complete monitoring system is reported in Figure 9. On the basis of the RH of the air and of the surface temperature of the wall, the RH at the wall surface is calculated. The obtained values show that a higher RH is usually present in the winter months but this is not enough for surface condensation to occur. However, the RH is often higher than 75.5 %, i.e. the equilibrium RH of NaCl, the main salt present in the wall (Figure 10). This means that the salt can adsorb moisture from the air and (partially) dissolve. When the RH decreases the water evaporates again and the salt crystallizes.

These cycles, that occur several times in a months, lead to stresses and fatigue in the plaster causing loss of cohesion.

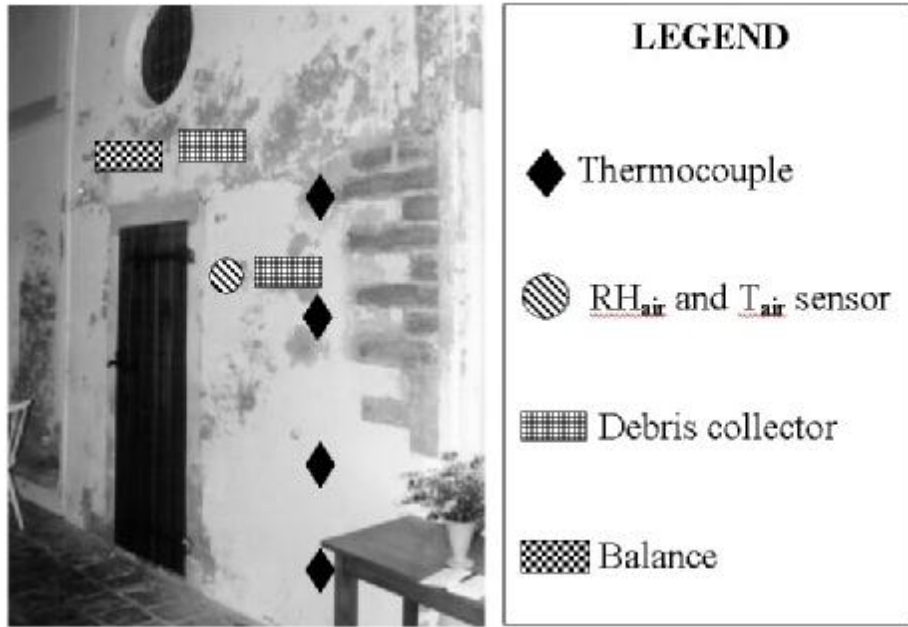


Fig. 9: Scheme of the monitoring system on the south wall of the choir

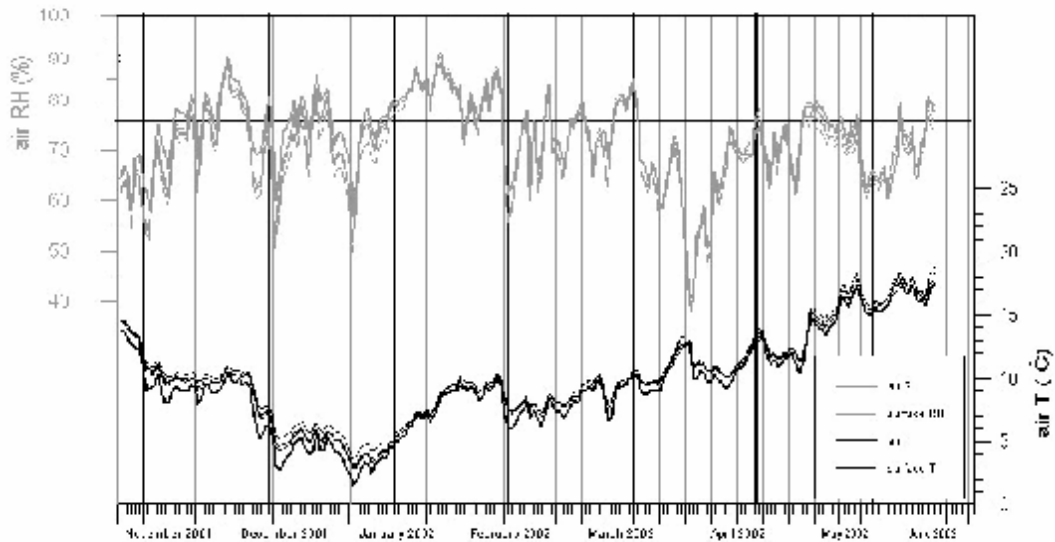


Fig. 10: Temperature and RH of the air and at the wall surface

The monitoring of the damage has been performed photographically and, from April 2003, by continuously collecting and weighing the debris falling from the wall, with the use of a balance placed on the wall (Figure 11) and connected to a laptop computer.



Fig. 11: Balance for the collection of debris falling from the wall

From the photographic monitoring can be seen that the decay of the plaster has visibly increased (Figure 12) during the last years. The damage has developed from peeling of the paint layer to sanding and crumbling of the plaster and, sometimes, of the substrate. The combined monitoring of the damage (measured as debris falling from the wall) and of the environmental conditions showed the relevance of the RH changes in the development of the decay affecting the plaster. The monitoring pointed out that most of the debris is falling on the balance plate during the period of high RH (Figure 13) (for precision, it has to be mentioned that the weight registered by the balance is both due to the debris falling from the wall and to the hygroscopic moisture uptake of the debris already present on the balance plate). This is most probably due to the fact that the damage, occurring during the crystallization periods, becomes visible only when the halite, cementing together the de-cohesioned particles of the plaster, goes into solution. The cementing effect of the NaCl has also been proved by experiments performed in the ESEM chamber under condition of changing RH through the RH of equilibrium of NaCl.



Fig. 12: Situation of the damage at Nov. 2001 (a) and at September 2004 (b): a clear increase of the damage is visible

The combined monitoring of damage and environmental conditions allowed pointing out that the RH at which moisture uptake and falling of debris start is not 75.5% as supposed, but lower. This effect can be explained either by the presence of small quantity of other salts lowering the RH of equilibrium (the XRD analyses showed only halite, but other salts could be present in an amount lower than the detection limit) or by the combined effect of the

presence of salt and the occurrence of capillary condensation in the very fine pores of the plaster (this last hypothesis has been proved by the authors by measuring the moisture uptake at different RH of the same contaminated with pure NaCl). The presence of cellulose may also play a role in hygroscopic moisture sorption.

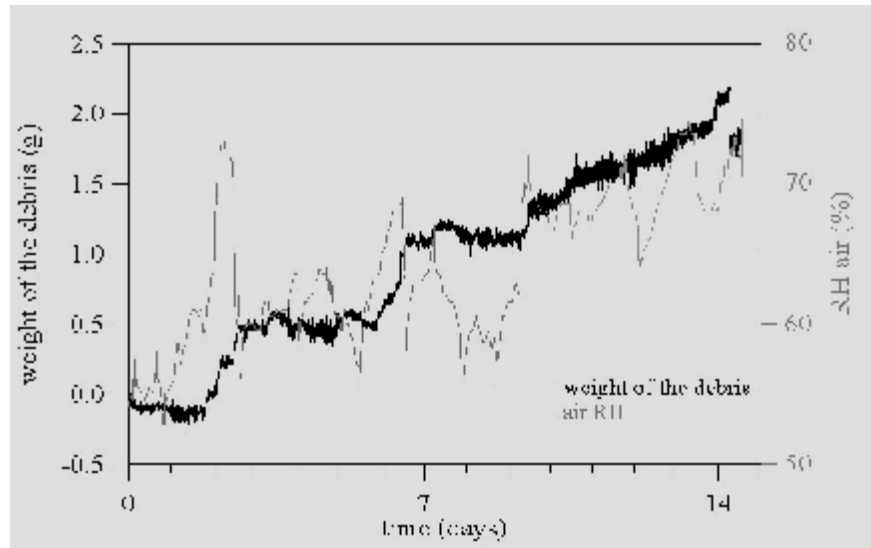


Fig. 13: Parallel monitoring of the damage (debris) and RH of the air: most of the debris is falling in the high RH periods

On some scales sampled from the plaster at the height of 350 cm on the south wall, ESEM observations, using BSE and EDAX detectors, were carried out to study the type and location of the salts and the shape of the crystals. The plaster showed, as expected, to be rich in halite (Figure 14). The halite crystals growing on the outer surface of the scales, in contact with air, have often needle like shapes, far from the equilibrium cubic crystals (Figure 15a). The salt observed on the interior surface of the scales is more often crystallized as a layer. The salt seems to grow preferentially at the binder/mullite interface (Figure 15b).

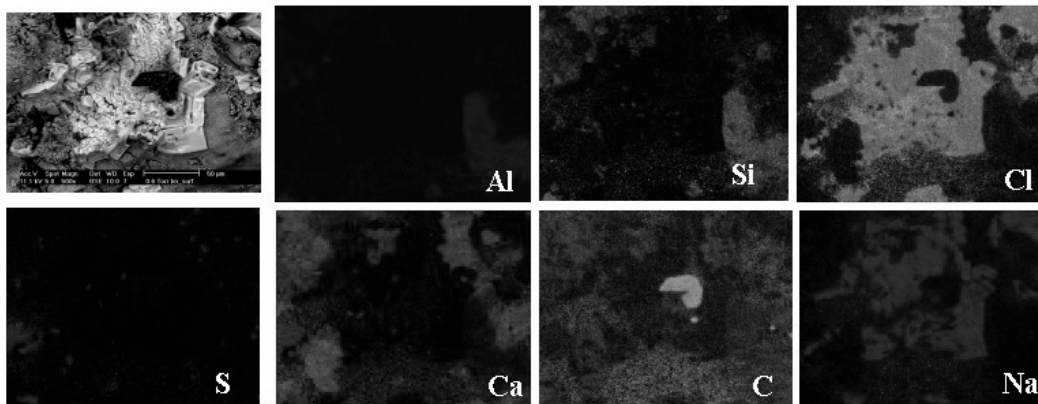


Fig. 14: ESEM (BSE mode) picture of the surface of a plaster scale. EDAX images (for element Al, Si, Cl, S, Ca, C and Na) showing the presence of NaCl

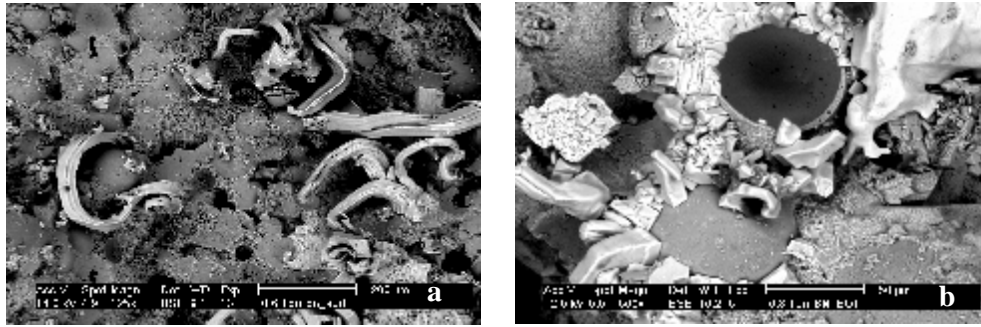


Fig. 15: ESEM picture of plaster scales sampled from the wall: sodium chloride crystals growing on outer (a) and inner surface of the scales (b)

7. Conclusions and discussion

The research described in the present paper shows that several factors may threaten the performance of restoration plaster:

- § the moisture load of the substrate: the presence of rising damp, together with the high total porosity of the substrate, leads to a permanently high moisture content. The lack of any intervention against rising damp before the application of the plaster is one of the reasons of the unsatisfactory performance obtained.
- § the salt load of the substrate: the salt load in the investigated case study is extraordinary high and it is still increasing due to the rising damp transporting salty water from the ground to the wall.
- § the properties of the substrate/plaster combination: the substrate has a high total porosity, mainly constituted by coarse pores. The fine porous plaster can therefore easily extract, by capillary suction, the salt solution from the substrate. The very slow moisture transport of the restoration plaster causes the crystallization of the salt mainly inside the plaster (near the surface). This results in a serious damage consisting in scaling and spalling.
- § the environmental conditions: serious damage may be caused by the mere presence of RH changes, even in absence of any other moisture source. In the presence of very hygroscopic salts and an indoor climate, like in the case described in this paper, the RH of equilibrium can be easily crossed, producing repeated crystallization-dissolution cycles and therefore damage. The damage becomes visible when the NaCl dissolves and the material particles, until then kept together by the cementing effect of the salt [6], fall apart.

Dealing with the damage development could either consist of a strict control of the indoor climate or of interventions in the material and in the source of liquid water. In the context of this research project the interventions considered are limited to the material and the liquid water.

In order to slow down the development of the damage, stopping the rising damp, constituting a relevant source of moisture and sea salts for the lower parts of the wall, should be considered. As far as the plaster is concerned, in the current situation the hygroscopic effect due to RH changes is clearly increased by the presence of the salt near the surface. A salt accumulating plaster, keeping the salt far from the surface, may offer a better solution as it will slow down the hygroscopic moisture uptake and therefore work better in this situation where the RH changes are the main cause of the damage at the higher levels of the wall.

8. Acknowledgements

The authors wish to thank the technician Gerrit van der Ende for his help in the set up of the monitoring apparatus and the EU financing the research within the EU Projects ASSET (EVK-CT 2000-00023) and COMPASS (EVK-CT 2001-0047). The IR spectroscopy was performed at the Institute Eduardo Torroja, Madrid, Spain.

9. References

- [1] AA.VV, Kunst-reisboek voor Nederland. van Kampen & Zoon n.v., Amsterdam, 1965
- [2] R.P.J. van Hees, B. Lubelli, L. Pel, H. Huinink, C. Groot, M. de Rooij, Transport and crystallization of salts in masonry and plasters, Proceedings of the 13th International Brick and Block Masonry Conference, Amsterdam, 2004, p.711-726
- [3] Arnold A., Rising damp and saline materials. Proceedings of the 4th Int. Congress on Deterioration and Preservation of Stone Objects, University of Louisville, KY, USA, 1982, p.11-28
- [4] Steiger M., Zeunert A., Crystallization properties of salt mixtures: comparison of experimental results and model calculations. Proceedings of the 8th Int. Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Berlin, 1996, p.535-544
- [5] RILEM Recommendation CPC 11.3 *Absorption of water by immersion under vacuum*, in "Materials and Structures", Vol.12, No.69, 1979
- [6] Goudie A., *Further experimental investigation of rock weathering by salt and other mechanical processes*, Zeitschrift fur Geomorfologie N.F., 1974, Suppl. Bd.21: 1-12

MONUMENTEN EN WATER: GRAFMONUMENT EMILE VERHAEREN

Kris Brosens & Sven Ignoul, Triconsult N.V.
Dionys Van Gemert, K.U.Leuven
Lode De Clercq, Studiebureau Lode De Clercq

Abstract

Het grafmonument voor de schrijver Emile Verhaeren (1855-1916) werd opgericht in 1927 in een bocht van de tijrivier Schelde in St. Amands. De vormgeving met een betonnen talud was origineel geconcipteerd om bij elke tijbeweging met Scheldewater bespoeld te worden. Door een hele reeks overstromingsbeveiligingswerken is het tijregime van de Schelde echter sterk gewijzigd waardoor nu het ganse monument en het omringende park regelmatig volledig overspoeld worden. Daarom zijn alternatieven bestudeerd om het monument tegen deze overstromingen te beveiligen.

1. Inleiding en probleemstelling

Het grafmonument van Emile Verhaeren bevindt zich in de gemeente St. Amands en is gebouwd in een bocht op de rechter Scheldeoever, 100m ten noorden van de kade en de kerk, figuur 1.

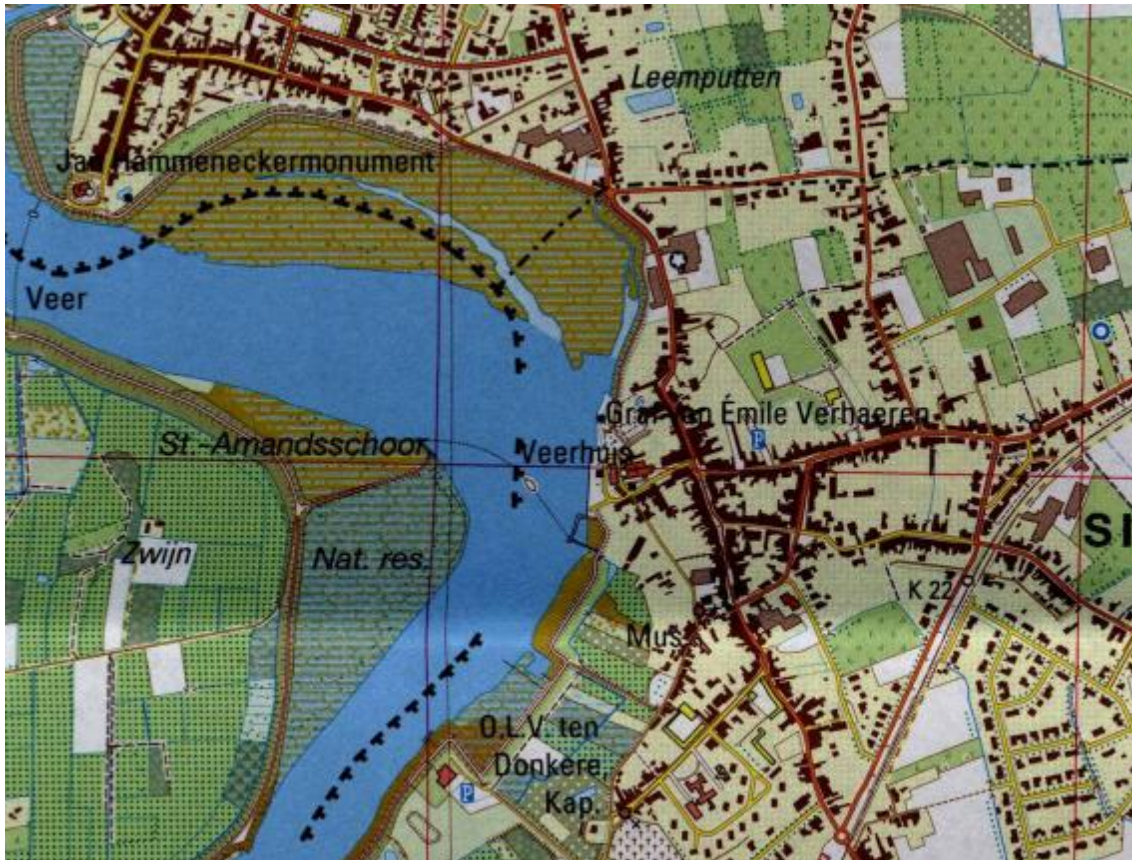


Fig.1: Situering grafmonument Emile Verhaeren

Het monument werd gebouwd op de toenmalige Scheldedijk en vervulde daardoor een zekere bakenfunctie. Het monument was zeer zichtbaar in het landschap aanwezig en gaf een prachtig uitzicht op de Schelde, figuur 2.



Fig. 2: Het monument als bakenfunctie

Het monument werd ontworpen door architect Van Der Swaelmen en bestaat uit drie delen, figuur 3. Vooraan bevindt zich een betonnen platform opgebouwd als een holle doos rustend op een betonnen talud, dat bij hoogwater overspoeld wordt. Op dit platform werd een sarcofaag in blauwe hardsteen geplaatst. Het voorste gedeelte is in principe niet toegankelijk voor bezoekers. Het middengedeelte bestaat uit een betonnen toegangstrap die toegang geeft op het achterste gedeelte: een halfronde nis met banken.



Fig. 3: Schematische voorstelling van het monument

De toegangsweg, geflankeerd door twee betonnen zitbanken maakt tevens integraal deel uit van het monument, figuur 4.



Fig. 4: De toegangsweg naar het monument (foto jaren 1970)

In de jaren 1952-1955 onderging het monument een eerste restauratie en enkele aanpassingswerken tengevolge van schade door gebrekkig onderhoud en de invloed van de regelmatige overstromingen.

In 1955 werd tevens Verhaeren's echtgenote Marthe Massin (1860-1931) bijgezet in de (aangepaste) sarcofaag. Achter het monument werd een parkje ter harer gedachtenis ingericht (Marthe Massintuin). Door de stijging van het waterpeil in de Schelde drong zich ook een dijkverhoging op. Zo werd het peil van de kade van St. Amands en ook de toegangsweg naar het monument (en de betonnen zitbanken) in 1952 met 80 cm verhoogd. Door deze werken werd de dominantie van het monument in het landschap aanzienlijk verminderd, figuren 5 en 6. Zo verminderde het aantal treden van de toegangstrap tot het grafmonument van 14 treden (figuur 5) tot 6 treden (figuur 6). Reeds toen werd de optie om het monument te verhogen bestudeerd (maar niet uitgevoerd).



Fig. 5: Het grafmonument vóór de verhoging van de toegangsweg (1952)



Fig. 6: Het grafmonument na de verhoging van de toegangsweg (1955)

In 1966 werd de kade van St. Amands opnieuw verhoogd, ditmaal met ca 73 cm. Ook de toegangstrap tot de ganse site diende hierdoor aangepast te worden: in plaats van een stijgende trap werd een dalende trap aangelegd, figuur 7.



Fig. 7: Verhoging van de kade in 1966

In 1977 werd de waterkering van de Schelde vervolledigd (sigmaplan) door achter het monument een grondrijk aan te leggen, figuur 8. Hierdoor wordt het zicht op het monument vanop landzijde nogmaals drastisch beperkt.



Fig. 8: Aanleg van een grondrijk achter het monument (1977)

Door het stijgende hoogwaterpeil van de Schelde wordt het betonnen platform (opgebouwd als een holle doos) steeds frequenter overstroomd. Momenteel loopt het monument zelfs bij iedere hoogwaterstand vol water, waardoor de structuur sterk onderhevig is aan verwerking. In 1991 bezweek zelfs één van de wanden onder de druk van het stromende water, figuur 9. De schade werd voorlopig hersteld waarbij tevens een afwateringsbuis voorzien werd.



Fig. 9: Bezwijken van een wand onder de druk van het binnenstromende water (1991)

In 1993 wordt het monument uiteindelijk beschermd en worden er door de huidige eigenaar, de afdeling Zeeschelde van de administratie Waterwegen en Zeewezen, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, plannen gemaakt voor een duurzame rehabilitatie van het monument. In 2003 werd hiervoor door de auteurs een haalbaarheidsstudie voorgelegd. De haalbaarheidsstudie omvat een (bouw)historische studie van de site, beschrijft de culturele waarde van de figuur van Emile Verhaeren en gaat na hoe het monument eventueel kan

opgewaarderd worden in het huidige landschap met al zijn randvoorwaarden. Hierna worden de belangrijkste bevindingen van dit onderzoek aangehaald en besproken.

2. Evolutie tijregime en voorstellen tot herwaardering van het monument

Zoals reeds in de inleiding vermeld is het waterpeil van de Schelde door allerlei ingrepen sinds 1900 aanzienlijk gestegen. Figuur 10 toont het gemiddelde hoogwaterpeil (GHW) van de Zeeschelde op 5 locaties (Vlissingen, Prosperpolder, Antwerpen, Dendermonde en Melle) van 1900 tot 2000 (gegevens ir. E. Taverniers - MVG - AWZ - afdeling Maritieme Toegang).

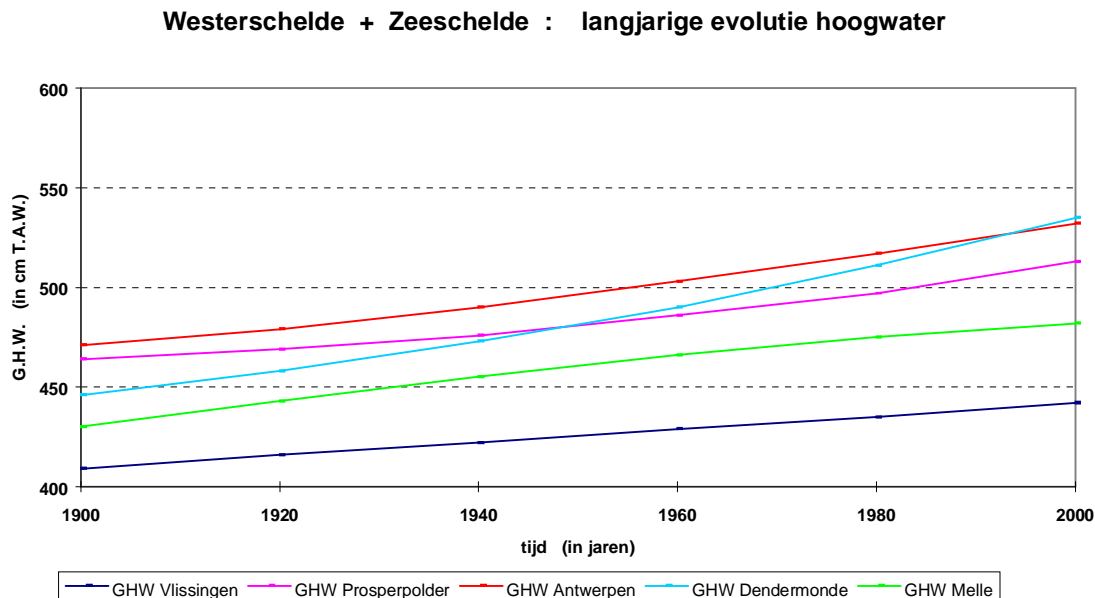


Fig. 10: Evolutie van het gemiddelde hoogwaterpeil van de Zeeschelde tussen 1900 en 2000

Uit deze figuur is af te leiden dat vooral het waterpeil van de Schelde landinwaarts (stroomopwaarts) van Antwerpen sterk is gestegen: zo steeg in Dendermonde het GHW met bijna 1 m. Figuur 11 toont de evolutie van de verschillende waterpeilen in de loop der tijd ter hoogte van het monument.

In 1927, tijdens de bouw van het monument bedroeg de gemiddelde hoogwaterstand 4.67 m TAW en de gemiddelde laagwaterstand 1.05 m TAW. Dit betekent dat de betonnen sokkel bij hoogwater voor ongeveer 2/3 overstroomde en bij laagwater quasi volledig zichtbaar werd (tot op de puttenfundering). In 2000 was het gemiddelde hoogwater reeds gestegen tot 5.63 m TAW.

Zoals reeds vermeld heeft deze stijging van het waterpeil tot gevolg dat het betonnen platform (holle doos) momenteel bij iedere hoogwaterstand volloopt met water. Bovendien komt het steeds regelmatig voor dat ook de toegangsweg met de betonnen zitbanken overstroomt (bvb. bij springtij), figuur 12.

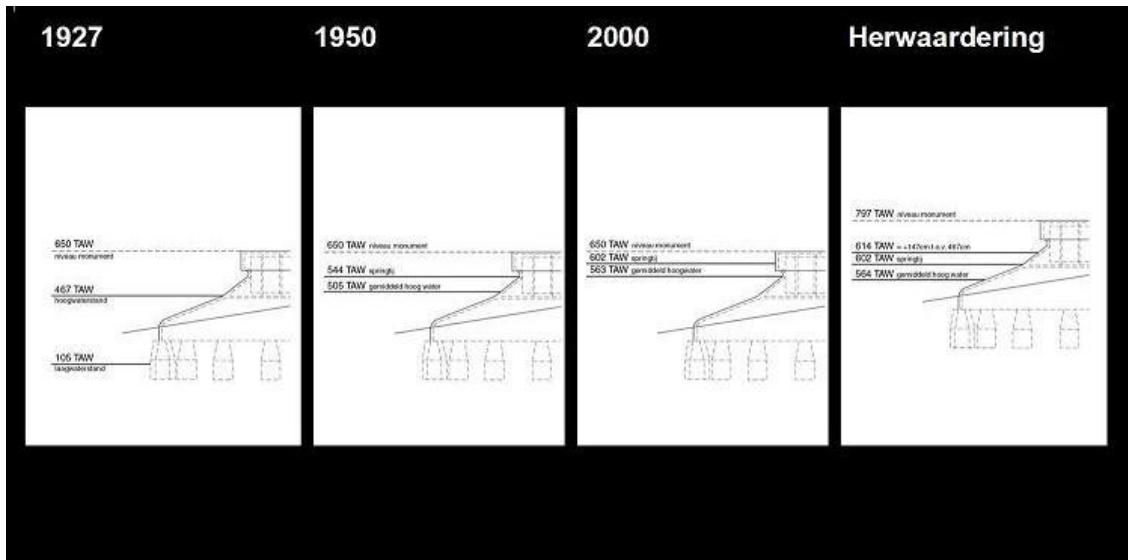


Fig. 11: Evolutie van het waterpeil ter hoogte van het monument



Fig. 12: Overstroming van de toegangsweg naar het grafmonument

Om het monument te behoeden voor verdere waterschade door steeds toenemende overstromingen werden enkele alternatieven voor het verhogen van het niveau van het monument voorgesteld. Uit een analyse van de te verwachten waterpeilen waarbij ook het niveau van het springtij wordt betrokken, werd een nieuwe te realiseren hoogte van het monument van 7.97 m TAW vooropgesteld. Dit betekent dat het niveau van het monument met 1.47 m dient verhoogd te worden. Ook het niveau van het toegangspad en de betonnen zitbanken dient andermaal te worden verhoogd.

Momenteel bedraagt het niveau van de kade en de landdijk 8.00 m TAW. Dit betekent dat zelfs met de nieuwe hoogte van het monument de oorspronkelijke bakenfunctie (monument dat boven het landschap uitsteekt) niet hersteld wordt. Om hieraan tegemoet te komen, kan eventueel een volledige herinrichting van de site overwogen worden, figuur 13.



Fig. 13: Mogelijke herinrichting van de site

Hierbij wordt de huidige grondrijk (geel op figuur 13), die het grafmonument scheidt van de Marthe Massintuin, weggenomen en vervangen door een waterkering op 8.00 m TAW (oranje op figuur 13) die rond de site loopt. Hierdoor wordt de Marthe Massintuin opnieuw verbonden met de rest van de site en wordt de bakenfunctie van het grafmonument in ere hersteld.

3. Vooronderzoek

Om de technische mogelijkheden voor het verhogen van het grafmonument te kunnen evalueren dienen de nodige gegevens voorhanden te zijn. Bij aanvang van het onderzoek was immers enkel een schematisch uitvoeringsplan van architect Van Der Swaelmen ter beschikking, figuur 14.

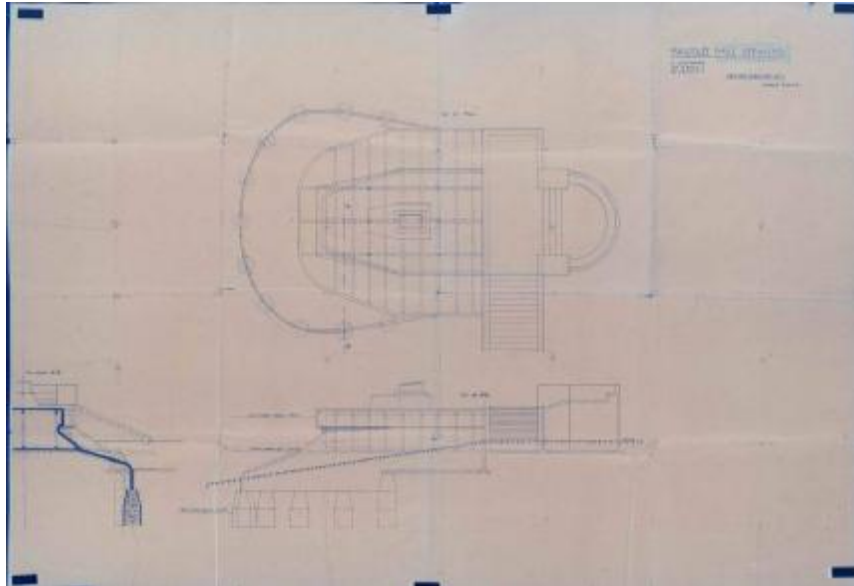


Fig. 14: Schematisch uitvoeringsplan (1926), architect Van Der Swaelmen

Bij het vooronderzoek werden volgende aspecten verder onderzocht:

- Funderingsonderzoek
- Scheurmetingen
- Betononderzoek.

3.1. Funderingsonderzoek

Ter bepaling van de funderingsopbouw en -aanzet werden in totaal 3 putten gegraven. De positie van de putten wordt gegeven in figuur 15.

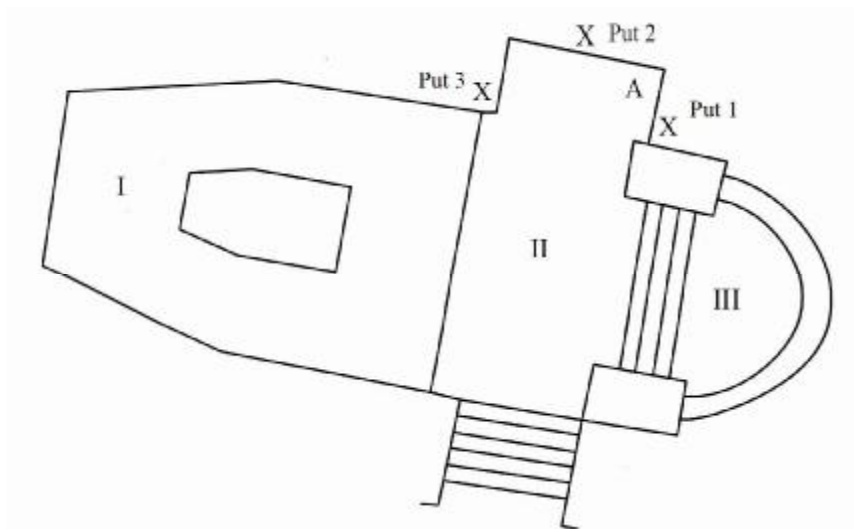


Fig. 15: Positie van de onderzoekspitten

De locatie van de drie putten werd zodanig bepaald dat van de drie delen van het monument informatie betreffende de fundering kon bekomen worden. De putten werden gegraven tot

op het niveau van het grondwater. Vervolgens werd met een 1.4 m lange boorstaaf getracht de onderzijde van de fundering te bepalen.

Bij delen II en III kon geen vertanding van de fundering waargenomen worden (verticale fundering, putten P1 en P2). De fundering van deel I (put P3) loopt schuin door richting Schelde.

Tijdens het graven van de putten kon opgemerkt dat er vanuit het monument water lekte. Dit werd bevestigd door het doorboren van de wand van het monument, figuur 16. Dit betekent dat het monument geen massief betonnen structuur betreft, maar een holle doos, gedeeltelijk gevuld met water. Het waterniveau in het monument volgt met een kleine vertraging het niveau van de Schelde.



Fig. 16: Bij hoogwater vult het monument zich met water

Uit het uitgevoerde funderingsonderzoek konden geen afwijkingen met het plan van arch. Van Der Swaelmen vastgesteld worden, figuur 14.

3.2. Scheurmetingen

Het monument vertoont in deel I enkele structurele scheuren. Deze scheuren doen zich voor ter hoogte van de verandering van de aanzetdiepte van de onderliggende fundering. De scheuren hebben een maximale scheurwijdte van enkele millimeters. Teneinde na te gaan of er een verandering van scheuropening optreedt naargelang het getij (hoogwater versus laagwater), werden er drie demec meetbasissen (lengte meetbasis = 4" = 101.6 mm) geïnstalleerd. Deze meetbasissen laten toe de evolutie van de scheuropening met een demecmeter te volgen met een nauwkeurigheid van ca 0.05 mm. De opgetreden structurele scheuren evenals de geplaatste meetbasissen (genummerd van S1 t.e.m. S3) worden aangeduid op het originele plan van arch. Van Der Swaelmen, figuur 17.

De meetbasissen werden geplaatst op donderdag 6 november 2003, waarna de scheuren werden opgemeten op verschillende tijdstippen. De referentiemeting werd uitgevoerd zodra de lijm waarmee de meetpunten geplaatst werden, uitgehard was. Op dit tijdstip (9:50u) was het laagtij. Vervolgens werden de metingen op regelmatige tijdstippen herhaald. Het hoogste tij deed zich voor rond 15:20 u. De resultaten van de opmetingen worden grafisch weergegeven in figuur 18.

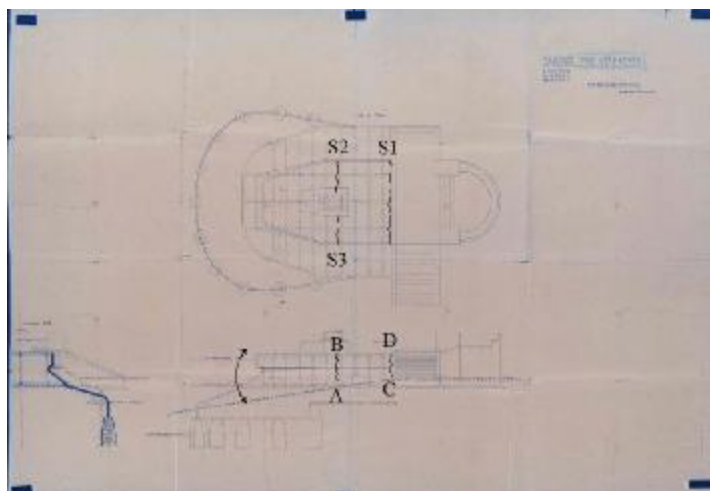


Fig. 17: Scheurvorming in grafmonument

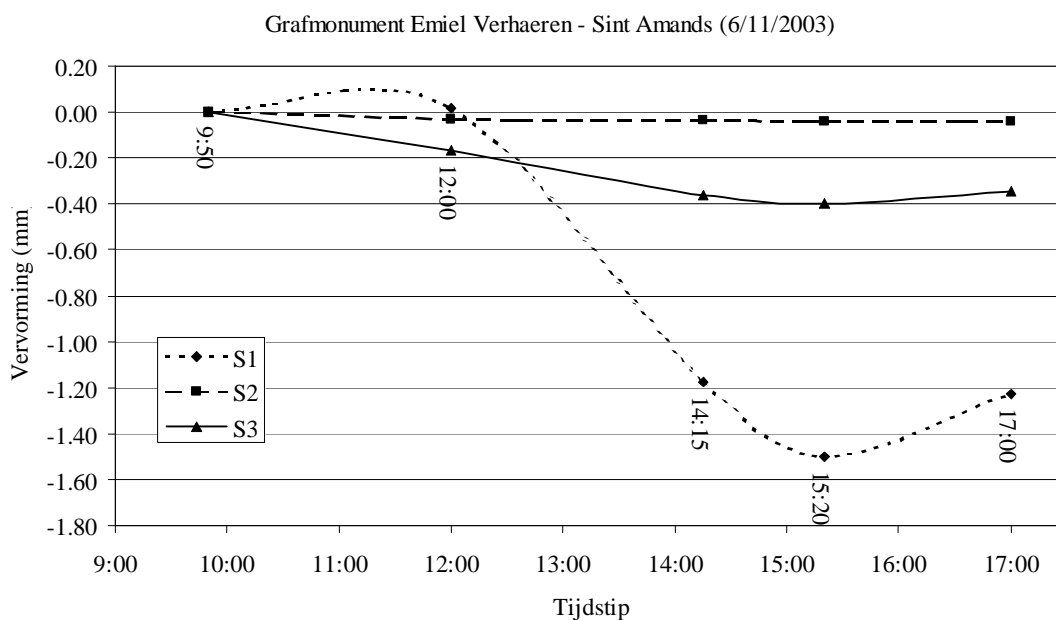


Fig. 18: Grafische weergave van de scheurmetingen (6/11/2003)

Uit de resultaten volgt dat de scheuropening afneemt naarmate de waterhoogte toeneemt. Vooral bij S1 is deze trend zeer uitgesproken. De vervormingen bij S2 en S3 zijn veel kleiner. Bovendien is het zo dat de zone rond meetbasis S3 tijdens de dag relatief veel opgewarmd werd door de zon. De meetbasissen werden geplaatst na een nacht met nachtvorst. Op het ogenblik van het plaatsen van de meetbasissen bedroeg de temperatuur van de lucht ca 5 °C. Gezien de grote massa van het betonnen monument was de temperatuur van het monument op dat ogenblik nog wat lager. Tijdens de dag was er onafgebroken zonnenschijn met in de namiddag een maximum temperatuur van ca 17 °C in de schaduw. De temperatuur van het monument aan de zonzijde was op dat ogenblik nog een stuk hoger. Dit betekent dat het monument ook een aanzienlijke thermische uitzetting heeft ondergaan, dewelke toevallig samenviel met het opkomen van het water.

De meetbasissen S1 en S2 bevonden zich de volledige dag in de schaduw, zodat bij deze meetbasissen de thermische invloed veel kleiner was. De meetbasis S2 (gelegen in de schaduw) vertoonde quasi geen vervormingen in de loop van de dag. Hieruit valt af te leiden dat bij deze scheur geen invloed van het getij merkbaar is en dat de vervormingen opgemeten bij de meetbasis S3 (gelegen in de zon, maar over dezelfde scheur als S2) dan ook volledig te wijten zijn aan de thermische werking van het monument.

Niettegenstaande de meetbasis S1 gelegen was in de schaduw vertoonde deze meetbasis veruit de grootste vervormingen. Deze vervormingen zijn niet veroorzaakt door de thermische werking, maar door de werking van het getij. Door het opkomen van het water wordt het monument, dat een holle doos is, opgestuwd. Hierbij scharniert het voorste gedeelte van het monument (deel I) rond het punt C ten opzichte van het achterste gedeelte van het monument (delen II en III). Bij het afnemen van het waterpeil zal het monument terug naar beneden verplaatsen (scharnierend rond punt C) en zullen de scheuropeningen weer toenemen. Gezien de korte tijdspanne van de opmetingen kon echter geen volledig eb/vloed cyclus opgemeten worden.

De scharniering rond het punt C en niet rond het punt A duidt op het feit dat deel I een afzonderlijk deel vormt ten opzichte van de andere delen.

3.3. Betononderzoek

Ten behoeve van het betononderzoek werden in totaal 5 kernen geboord. Uit deze kernboringen werden geen afwijkingen met betrekking tot de geometrie ten opzichte van het oorspronkelijke plan van Van Der Swaelmen vastgesteld.

Het beton van het grafmonument heeft een hoge sterkte en een relatief hoge dichtheid. Het beton van de bank daarentegen heeft een veel lagere sterkte. Reeds visueel was te merken dat dit beton zeer open en brokkelig was. De lage dichtheid van het beton bevestigt dit. Voor dit beton werden ook fijnere granulaten gebruikt.

De interne structuur van het grafmonument werd onderzocht door endoscopiemetingen, uitgevoerd doorheen de verschillende boorgaten. Hierbij kon vastgesteld worden dat de binnenzijde van het monument bij deel I opgebouwd is met balken en kolommen. Een beeld van de interne structuur ter hoogte van boorkern K1 wordt gegeven in figuur 19. Er werden geen afwijkingen ten opzichte van het originele plan van arch. Van Der Swaelmen vastgesteld.

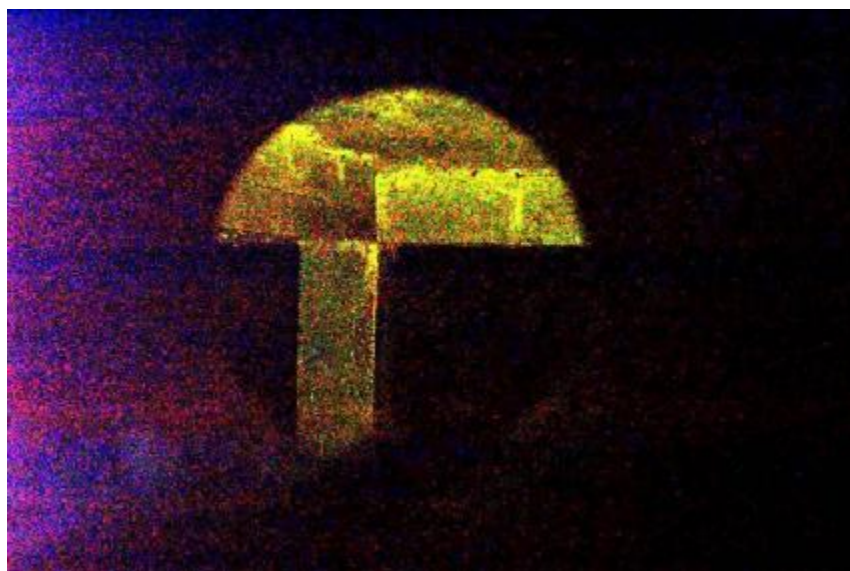


Fig. 19: Interne structuur van deel I

Uit de endoscopiemetingen werd tevens afgeleid dat er bij de delen II en III de interne structuur niet opgebouwd is met balken en kolommen. Deze delen betreffen dus holle dozen zonder interne versterkingen.

4. Alternatieven

Op basis van de bouwhistorische studie en de uitgevoerde vooronderzoeken werden principieel 3 opties voor het verhogen van het grafmonument voorgesteld. Deze opties zullen door de betrokken partijen geëvalueerd worden waarna de gekozen optie volledig zal uitgewerkt worden.

4.1. Optie 1

De eerste optie bestaat erin om het grafmonument niet alleen te verhogen maar ook te verplaatsen, figuren 20 en 21.

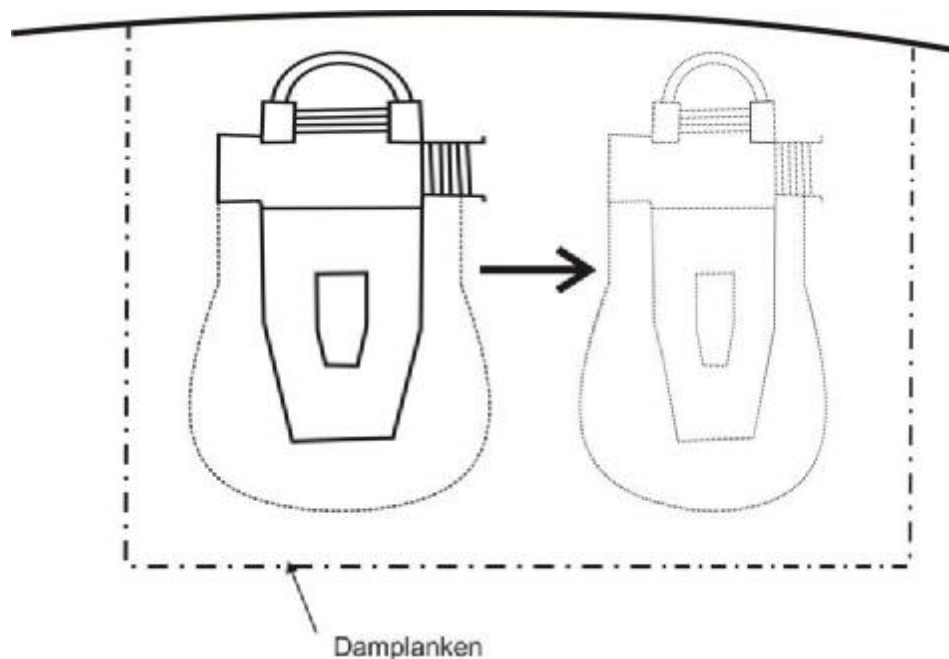


Fig. 20: Bovenaanzicht optie 1

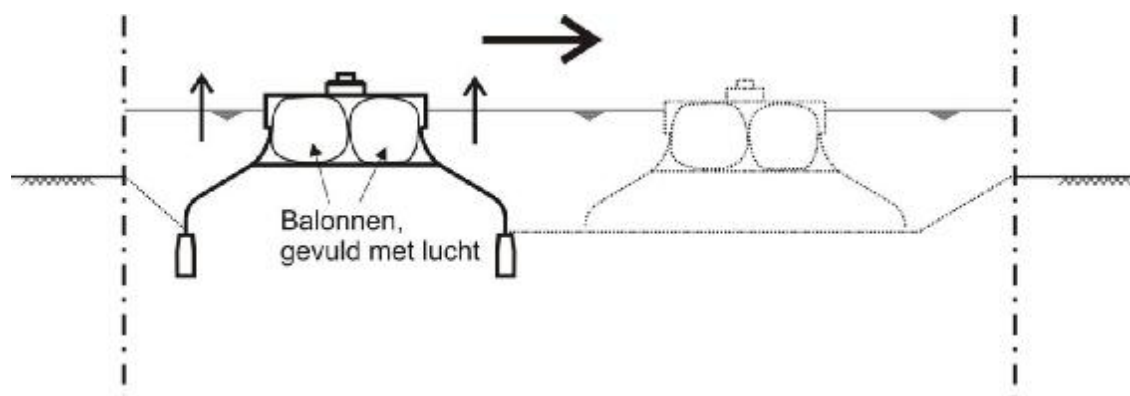


Fig. 21: Dwarsdoorsnede optie 1

Rond het grafmonument is het aangewezen een gedeelte van de Schelde droog te leggen teneinde de fundamente van de nieuwe locatie voor het monument te kunnen plaatsen. Vervolgens wordt het monument losgemaakt van zijn bestaande funderingen en drijvend gemaakt door het inbrengen van met lucht gevulde ballonnen in het monument. Na het opnieuw onder water zetten van het monument, kan het monument naar zijn nieuwe locatie gesleept worden.

Het nadeel van deze optie is dat ook de onmiddellijke omgeving van de site integraal deel uitmaakt van het monument. Na het verplaatsen van het grafmonument zal deze samenhang grondig verstoord zijn, wat afbreuk zou doen aan de historische waarde van de site. Ook het gedeeltelijk droogleggen van de Schelde is geen eenvoudige en ook een dure ingreep.

4.2. Optie 2

Optie 2 bestaat erin het monument te verhogen door het op zijn huidige locatie op te vijzelen, figuur 22. Hiervoor zal het noodzakelijk zijn om het monument op een bepaalde plaats los te maken van zijn onderstructuur (doorzagen). Vervolgens worden doorheen het grafmonument metalen liggers aangebracht op dewelke de vijzelkrachten worden uitgeoefend. Hierbij wordt er afgedrukt op een fundering van micropalen. Wanneer het grafmonument op de gewenste hoogte gebracht is, wordt het geheel opnieuw geconsolideerd waarbij gebruik gemaakt wordt van een nieuwe fundering op micropalen.

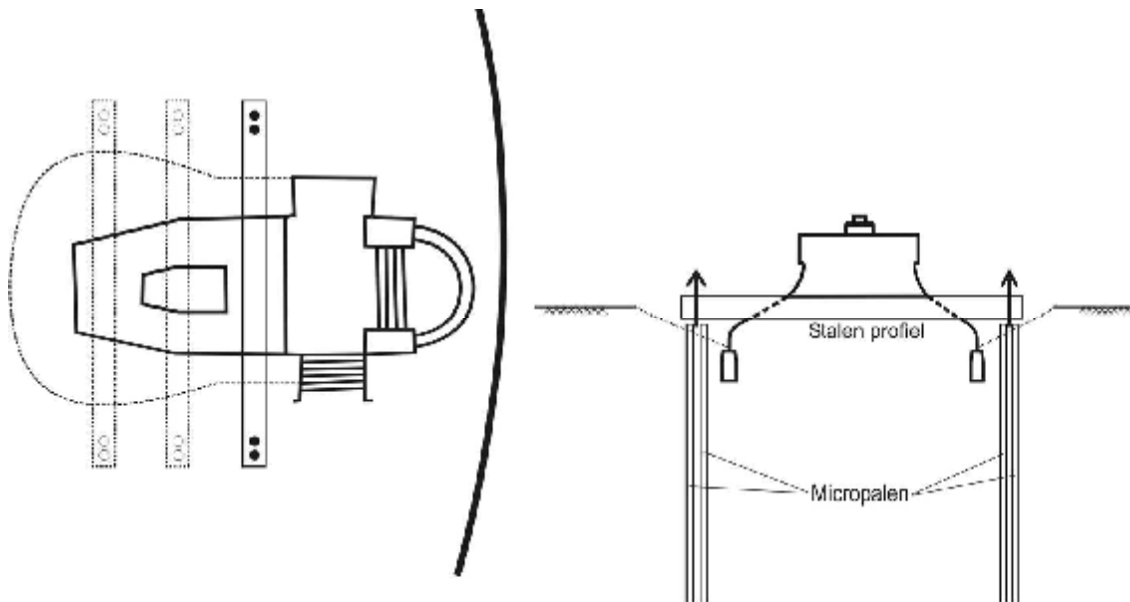


Fig. 22: Optie 2

Het voordeel van deze optie is dat het grafmonument op dezelfde locatie blijft liggen waardoor de integratie met het omliggende landschap behouden blijft. Deze optie heeft het nadeel dat er relatief grote openingen in de zijwanden van het monument dienen gemaakt te worden ter hoogte van de doorgangen van de metalen liggers. Ook dient nog nagegaan te worden of het grafmonument in staat is om de krachten die optreden tijdens de vijzelooperatie op te nemen.

4.3. Optie 3

Optie 3 is een verfijning van optie 2 waarbij voor deze optie de vijzelwerken worden uitgevoerd vanuit de structuur zelf, figuur 23.

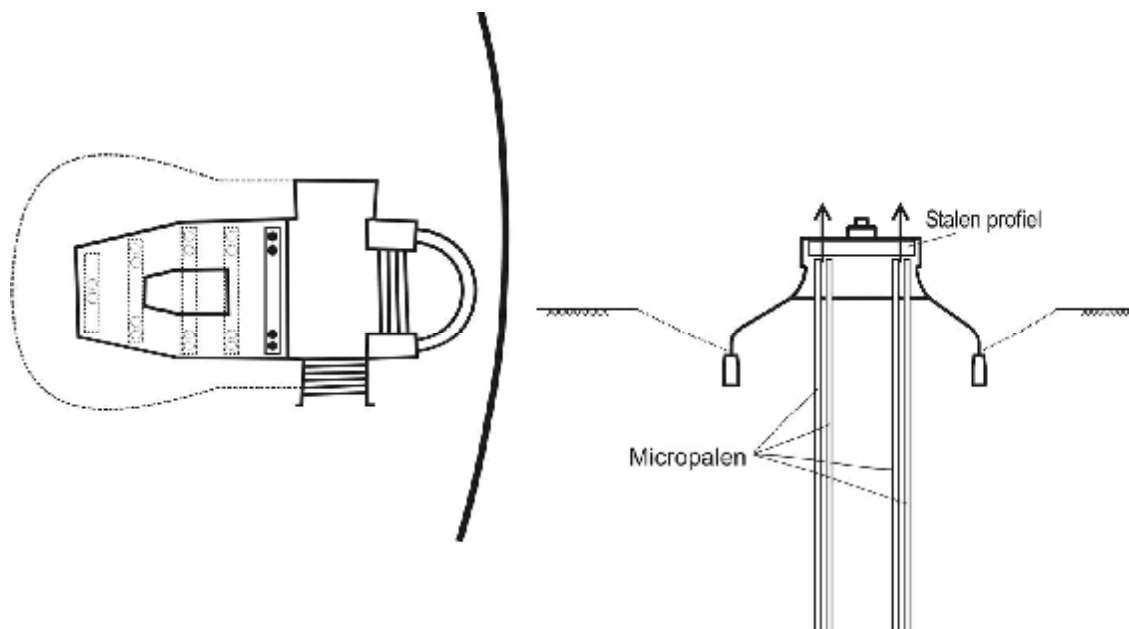


Fig. 23: Optie 3

Bij deze optie zal de schade aan het monument minimaal zijn. Optie 3 is technisch wel de moeilijkste om uit te voeren. Er dient gewerkt te worden in een kleine ruimte die bij hoogwater steeds (gedeeltelijk) onder water loopt. Vanuit deze beperkte ruimte dienen de micropalen voor het opnemen van de vijzelkrachten en de micropalen voor de nieuwe fundering aangemaakt te worden. Tevens dienen de nodige metalen balken voor het verdelen van de vijzelkrachten en het eventuele versterken van het grafmonument voorzien te worden.

5. Besluiten

Uit de voorgestelde case study blijkt dat het grafmonument voor de schrijver Emile Verhaeren gelegen in St. Amands een onlosmakelijke eenheid vertoont met het omliggende landschap en de naastliggende tijrivier de Schelde. Het monument oefent hierdoor een bakenfunctie naar zijn omgeving uit, waarbij de nabijheid van het water integraal deel uitmaakt van het monument.

Door het steeds toenemende hoogwaterpeil van de Schelde zijn er echter in de loop der tijd verschillende problemen opgedoken. De site wordt regelmatig overspoeld waardoor het monument aangetast wordt in zijn historische waarde. Ook heeft de werking van het water zijn invloed op de duurzaamheid van de structuur en de gebruikte materialen. Door verschillende overstromingsbeveiligingsmaatregelen in het verleden (verhogen kade, aanleg van dijken) is ook het omliggende landschap sterk verminkt.

Omwille van deze redenen werd dan ook besloten het monument voor de toekomstige generaties te vrijwaren rekening houdend met de te verwachten evolutie van het waterpeil in de Schelde. De te nemen maatregelen dienen hierbij zodanig te worden geconcipeerd dat het monument zijn historisch karakter behoudt waarbij bijzondere aandacht dient te gaan

naar de integratie van het grafmonument met het omliggende landschap. In een uitgebreid technisch vooronderzoek wordt de toestand van het grafmonument nagegaan en worden de nodige gegevens verzameld voor het ontwerpen van een scenario voor een eventuele verhoging van het monument. Tot slot worden hiervoor principieel 3 opties aangegeven.

6. Referenties

- [1] Brosens K. en Van Gemert D., *Grafmonument Emile Verhaeren – Materiaalonderzoek*, Intern rapport D/00333/03 dd. 25/11/2003, Triconsult N.V.
- [2] *Haalbaarheidsstudie naar de herwaardering van het graf van Emile Verhaeren te St. Amands*, Deelopdracht 1, Nota bij de plenaire vergadering van 4/12/2003, Opdrachtgever: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Zeeschelde, Uitgevoerd door: Stramien cvba, Studiebureau Lode De Clercq, Triconsult N.V., Laboratorium Reyntjens K.U.Leuven.
- [3] Taverniers E., *Evolutie van het getij in het Zeescheldebekken*, Studiedienst & Hydrometrie, Afdeling Maritieme Schelde (LIN – AWZ).
- [4] Van Der Swaelmen, *Mausolée Emile Verhaeren*, Historisch uitvoeringsplan.
- [5] Verbruggen C., Klinck B. en Van der Putten N., *Geomorfologisch onderzoek van de site van het E. Verhaeren-grafmonument te St. Amands*, 2003.
- [6] *Verslag over de resultaten van de diepsonderingen uitgevoerd in verband met een stabiliteitsonderzoek voor een eventuele vernieuwing van de fundering van het graf van Emile Verhaeren langs de Zeeschelde R.O. te St. Amands*, Verslag 9779-92/23, Bestuur Geotechniek, Administratie Ondersteunende studies en opdrachten, LIN–MVG.

ADRESSENLIJST SPREKERS

Architect Walter J. Slock
Adjunct van de directeur
Modelrestauraties
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed – VIOE
Cel Studie van de Ontsluiting
Gebr. Van Eyckstraat 2-6
B-9000 GENT
Tel. +32 (0)9-2654610
Fax +32 (0)9-2654600
walter.slock@lin.vlaanderen.be

Jan De Block
Stad Gent
Dienst Gebouwen
Stadhuis
Botermarkt 1
B-9000 GENT
Tel. +32 (0)9-2665881
Fax +32 (0)9-2665849
jan.deblock@gent.be

Prof.dr.ir. Dionys Van Gemert
K.U.Leuven
Departement Burgerlijke Bouwkunde
Kasteelpark Arenberg 40
B-3001 HEVERLEE
Tel. +32 (0)16-321671
Fax +32 (0)16-321976
donys.vangemert@bwk.kuleuven.ac.be

Ir. Yves Vanhellemont
WTCB - CSTC
Avenue Pierre Holoffe 21
B-1342 LIMELETTE
Tel. +32 (0)2-6657711
Fax +32 (0)2-6530729
yves.vanhellemont@bbri.be

Ir. Sven Ignoul
Triconsult N.V.
Industriepark 1241/B1
B-3545 HALEN
Tel. +32 (0)13-523661
Fax +32 (0)13-523664
sven.ignoul@triconsult.be

Dott. Barbara Lubelli
TNO Bouw
Van Mourik Broekmanweg 6
NL-2628 XE DELFT
Postbus 49
NL-2600 AA DELFT
Tel. +31 (0)15-2763170
Fax +31 (0)15-2763017
b.lubelli@bouw.tno.nl

Dr.ir. Kris Brosens
Triconsult N.V.
Industriepark 1241/B1
B-3545 HALEN
Tel. +32 (0)13-523661
Fax +32 (0)13-523664
kris.brosens@triconsult.be



De WTA stelt zich voor

Wetenschappelijk – Technische Groep voor Aanbevelingen inzake Bouwrenovatie en Monumentenzorg.

Er bestaat in binnen - en buitenland, versnipperd over vele bedrijven en instellingen, researchafdelingen en adviesorganen, een uitgebreid aanbod van kennis op het gebied van bouwrenovatie en – instandhouding. Van die kennis zou de bouwrenovatie markt en daarmee ook de zorg voor de monumenten meer kunnen profiteren dan nu het geval is, en dat eens te meer daar het zwaartepunt van die zorg geleidelijk verschuift van de traditionele restauratie naar renovatie en onderhoud en bovendien de “jonge” monumenten met een geheel eigen conserveringsproblematiek, in de zorg worden betrokken.

Probleem is echter, dat dit grote kennisaanbod niet zo gemakkelijk is te overzien en zich bovendien steeds aanpast. Het adagium “ bouwen is traditie “ gaat steeds minder vaak op, en dat geldt evenzeer voor renovatie - en onderhoudstechnieken.

Kwaliteit, bruikbaarheid en actualiteit van kennis staan daarbij voorop. De Nederlands -Vlaamse afdeling van de WTA kan daarbij een belangrijke rol spelen. De WTA beijvert zich voor onderzoek en de praktische toepassing daarvan op het gebied van onderhoud aan gebouwen en monumentenzorg.

Daartoe worden bijeenkomsten van wetenschapsmensen en praktijkdeskundigen georganiseerd, waar een specifiek probleem inzake onderhoud van gebouwen en duurzaamheid van gebruikte bouwmaterialen en methoden zeer intensief wordt onderzocht en aan de bestaande ervaring met studiewerkgroepen op onder meer het terrein van

HOUTBESCHERMING, OPPERVLAKTETECHNOLOGIE, METSELWERK, NATUURSTEEN en STATISCHE /DYNAMISCHE BELASTINGEN VAN CONSTRUCTIES. Deze werkgroepen hebben tot doel kennis en ervaringen uit te wisselen.

Resultaten worden vertaald in een richtlijn voor werkwijzen en behandelingsmethoden.

Gezien de kwaliteit en de heterogene samenstelling van de werkgroepen, kunnen die richtlijnen, zogenaamde Merkblätter, beschouwd worden als objectief en normstellend

Advisering inzake restauratie en onderhoud. Zij worden in brede kring verspreid door middel van publicaties in de vakpers en in het WTA-tijdschrift “Restoration of buildings and monuments” gepubliceerd dat aan alle leden 6x per jaar wordt toegestuurd.

Leden van de WTA kunnen aldus, door een actieve vertegenwoordiging in werkgroepen bijdragen aan de totstandkoming van dergelijke normstellende advisering.



In beginsel staat het lidmaatschap open voor allen die vanuit hun functie of belangstelling bij de bouw, restauratie en het onderhoud van gebouwen betrokken zijn. Werkgroepen worden samengesteld op basis van deskundigheid en ervaring van de participanten. Deelname is altijd vakinhoudelijk. Leden hebben het recht voorstellen te doen voor de op- en inrichting van nieuwe werkgroepen en gebruik te maken van door de WTA geleverde faciliteiten zoals een vakbibliotheek en enig administratieve ondersteuning.

Het betreft daarbij niet alleen advisering, maar ook het harmoniseren van de verschillende internationale technische regelgevingen. Voor een goed functioneren van zowel de opbouw uitmaken. Hiertoe biedt de Nederlandse tak van de WTA een uitstekende mogelijkheid.

Wanneer u belangstelling heeft voor de WTA of één van de hiervoor genoemde vakgebieden of werkgroepen kunt u met de WTA Nederland -Vlaanderen in contact treden.

Kosten van het lidmaatschap bedragen: € 170,--
per jaar per persoon,
Eenmalig inschrijfgeld van: € 25,--
Een ondersteunend lidmaatschap voor bedrijven en instellingen kost minimaal
€ 170,-- tot € 610,-- per jaar, al naargelang het aantal werknemers.
Eenmalig inschrijfgeld vanaf: € 25,-- tot € 150,--

WTA Nederland - Vlaanderen

Correspondentieadres Nederland

Secretariaat WTA
P/a Prins Bernhardlaan 26
5684 CE Best
Tel. : 0499 – 375289 / 396062
Fax : 0499 – 375006
e-mail : info@wta-nl-vl.org
Internet : www.wta-nl-vl.org

Correspondentieadres België

Mevr. Kristine Loonbeek
P/a Katholieke Universiteit Leuven
Departement Burgerlijke Bouwkunde
Laboratorium REYNTJENS
Kasteelpark Arenberg 40
3001 Heverlee
Tel. : 016 32 16 54
Fax : 016 32 19 76
e-mail : Kristine.Loonbeek@bwk.kuleuven.ac.be

COLOFON

Concept en eindredactie
WTA Nederland - Vlaanderen

© WTA en Auteurs 2005

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorblad:
Zwart-Zusterklooster te Leuven, foto K.U.Leuven

Uitgever

WTA NEDERLAND - VLAANDEREN

© 2005 ISBN 90-76132-18-6



| Nummer | Lijst verschenen syllabi | Jaar | ISBN nummer |
|--------|--|------|---------------|
| 1 | Stad beeld | 1992 | |
| 2 | Nieuwe ontwikkelingen | 1993 | |
| 3 | Restaureren & Conserveren | 1994 | |
| 4 | Kleur bekennen | 1994 | |
| 5 | Hout | 1996 | |
| 6 | Gevelreinigen | 1996 | |
| 7 | Kalk | 1997 | 90-76132-01-1 |
| 8 | Metaal | 1997 | 90-76132-02-1 |
| 9 | Kwaliteit in de restauratie | 1998 | 90-76132-03-8 |
| 10 | Natuursteen deel 1 | 1998 | 90-76132-04-6 |
| 11 | Natuursteen deel 2 | 1999 | 90 76132-05-4 |
| 12 | Mortels in de restauratie | 1999 | 90-76132-06-2 |
| 13 | Pleisters voor restauratie en renovatie | 2000 | 90 76132-07-0 |
| 14 | Bereikbaarheid van monumenten | 2000 | 90-76132-08-9 |
| 15 | Schoon van binnen | 2001 | 90-76132-09-7 |
| 16 | Glas in lood | 2001 | 90-76132-10-0 |
| 17 | Scheuren in metselwerk en pleisters | 2002 | 90-76132-11-9 |
| 18 | Biodegradatie | 2002 | 90-76132-12-7 |
| 19a | Zouten in natuursteen- en baksteenmetselwerk | | |
| 19b | Surface and structural consolidation of masonry | 2003 | 90-76132-14-3 |
| 20 | Authenticity in the restoration of monuments | 2003 | 90-76132-13-5 |
| 21 | Kleur,Pigment en Verf in Restauratie | 2003 | 90-76132-15-1 |
| 22 | Graffiti op monumenten: een last of een lust | 2004 | 90-76132-16-x |
| 23 | Isolatie en klimaatbeheersing van monumenten (Hoe) is het mogelijk? | 2004 | 90-76132-17-8 |
| 24 | Monumenten en water | 2005 | 90-76132-18-6 |
| 25 | Monitoring en Diagnose | 2005 | 90-76132-9-4 |

**Kosten per uitgave : € 25,--
exclusief verzendkosten.**

Best, november 2005