

Diestiaan ijzerzandsteen

Van Demergotiek tot restauratieproblematiek



Vlaanderen
is duurzaam

OMGAAN MET DIESTIAAN IJZERZANDSTEENGEBRUIK

Diest, Begijnhof, vrijdag 19 september 2014

Voorwoord

In het Hageland komen talrijke NO-ZW-georiënteerde heuvels voor die versteende ijzerzandsteenbanken bevatten. Deze ijzerzandsteen behoort tot de Formatie van Diest en wordt gekenmerkt door een grote diversiteit aan samenstelling, kwaliteit en duurzaamheid.

De Diestiaan ijzerzandsteen werd in het Hageland in talrijke monumentale bouwwerken gebruikt, onder meer in de Maagdentoren te Zichem, de Molen te Betekom, de Sint-Sulpitius en Dionysiuskerk en de St-Catharinakerk te Diest, de St-Willibrorduskerk te Meldert, om er maar enkele te noemen, wat leidde tot een typische bouwstijl in de late middeleeuwen: de Demergotiek.

Steeds meer worden deze monumenten, geconfronteerd met een belangrijk oppervlaktemateriaalverlies enerzijds en de technische moeilijkheid tot de realisatie van een conserverende behandeling in geval van sterke verzanding anderzijds waaruit de noodzaak tot vervanging volgt. Wat het aspect 'vervanging' betreft wordt dit erfgoed bovendien geconfronteerd met de problematiek van beperkt beschikbare reserves waardoor vaak beroep dient gedaan op alternatieve ijzerzandsteensoorten waarvan de aard en de esthetiek afwijkt van de authentieke bouwsteen.

Tijdens deze studiedag wordt dieper ingegaan op de Diestiaan ijzerzandsteen als natuurlijke rijkdom van het Hageland, en dit vanuit de visie van de Vlaamse overheid alsook het belang ervan voor de streekidentiteit, recreatie en toerisme in de regio. Tevens wordt het historisch gebruik, al dan niet gemotiveerd, van deze lokale natuursteen uiteengezet alsook zijn voorkomen en ontginning. Aan de hand van een aantal monumentale cases, waaronder de Maagdentoren te Zichem, worden de technische en mechanische kenmerken en problematieken van de Diestiaan ijzerzandsteen verduidelijkt, alsook deze van de nog aanwezige reserves.

We willen aan de hand van dit initiatief een bijdrage leveren ter bewustwording van het belang van een geïntegreerde heropwaardering van deze ijzersterke troef voor het Hageland.

Auteurs en organiserende instanties

Hilde De Clercq
Evelien Janssens
Stefan Smets
Griet Verhaert

Koninklijk Instituut voor het
Kunstpatrimonium
Regionaal landschap Noord-
Hageland
Vlaamse overheid, ALBON



Diest, detail muur Vestenstraat

Inhoud

5 IJZERZANDSTEEN,
EEN NATUURLIJKE
RIJKDOM VAN HET
HAGELAND

Griet Verhaert en Jan Van Roo

13 BETEKENISVOL
OMGAAN
MET RESERVES
DIESTIAAN IJZER-
ZANDSTEEN

Hilde Thibaut en Karel Robijns

19 VOORKOMEN
EN ONTGINNING
VAN DIESTIAAN
IJZERZANDSTEEN

Michiel Duser en Marleen
De Ceukelaire

27 GEOLOGISCHE
EN BOUW-
TECHNISCHE
KENMERKEN VAN
DE DIESTIAAN IJZER-
ZANDSTEEN

Roald Hayen, Laurent Fontaine,
Tanaquil Berto en Hilde
De Clercq

33 HISTORISCH
GEBRUIK VAN
DIESTIAAN IJZER-
ZANDSTEEN IN
HET HAGELAND

Thomas Van Driessche

39 IJZERZANDSTEEN,
EEN IJZERSTERKE
TROEF VOOR
NOORD-HAGE-
LAND

Stefan Smets

47 STRUCTUREEL
GEDRAG VAN
MONUMENTEN IN
DIESTIAAN IJZER-
ZANDSTEEN

Els Verstrynghe, Dionys
Van Gemert en Sven Ignoul

53 INZOOMEN IN
DE DIESTIAAN
IJZERZANDSTEEN-
STRUCTUUR MET
X-STRALEN TOMO-
GRAFIE

Veerle Cnudde, Jan Dewanckele,
Tim De Kock, Marijn Boone, Hilde
De Clercq en Luc Van Hoorebeke

IJZERZANDSTEEN, EEN NATUURLIJKE RIJKDOM VAN HET HAGELAND

Griet Verhaert¹@ en Jan Van Roo¹

SAMENVATTING

Verskillende initiatieven voor een breed en beleidsoverschrijdend overleg om de behoefte en het mogelijke aanbod aan Diestiaan ijzerzandsteen in kaart te brengen trachten een kader te scheppen om de valorisatie van Diestiaan ijzerzandsteen voor restauraties mogelijk te maken.

Beloftvolle locaties waar ijzerzandsteen geologisch voorkomt werden op kaart gezet. Op 5 locaties in het Hageland werden boringen uitgevoerd om het voorkomen en de heterogeniteit van de ijzerzandsteen in de Hagelandse heuvels te achterhalen. Op deze boorkernen werd vervolgens een geologisch en bouwtechnisch onderzoek uitgevoerd om de kennis over de eigenschappen van de Diestiaan ijzerzandsteen te vergroten.

SLEUTELWOORDEN

Diestiaan ijzerzandsteen
Geologie
Natuurlijke rijkdom
Materiaaleigenschappen
Vlaamse natuursteen

1 Vlaamse overheid, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, ALBON, Dienst Natuurlijke Rijkdommen, Koning Albert-II-laan 20 bus 20, 1000 Brussel.
@ griet.verhaert@lne.vlaanderen.be

Inleiding

De Diestiaan ijzerzandsteen geeft het Hageland een streekeigen geologisch karakter. De talrijke Hagelandse heuvelruggen zijn namelijk opgebouwd uit roestbruine, ijzerrijke zanden van de Formatie van Diest. Na het aaneenkitten van bepaalde zandlagen tot harde zandsteenbanken werden deze heuvels meer bestand tegen erosie waardoor ze nu als langgerekte noordoost-zuidwest gerichte heuvels het glooiende landschap vorm geven. Op deze heuvelruggen en langs holle wegen in het Hageland zijn de Diestiaan ijzerzandsteenbanken duidelijk waarneembaar (Figuur 1).

Het geologisch voorkomen van deze ijzerzandsteenbanken in het Hageland heeft ook een duidelijke invloed gehad op het bouwkundig erfgoed van de streek. Als één van de natuurlijke rijkdommen van het Hageland werd de Diestiaan ijzerzandsteen namelijk over een lange periode ontgonnen voor de bouw van talrijke monumenten en gebouwen.

De valorisatie van deze ijzerzandsteen sinds de middeleeuwen en vooral tijdens de hoogperiode van de “Demergotiek” heeft het Hageland een uniek patrimonium opgeleverd gerelateerd met de lokale geologie.

Probleemstelling

Om het bouwkundig erfgoed van het Hageland te kunnen bewaren, zijn er verscheidene monumenten aan restauratie toe. Bij deze restauraties wordt er zoveel mogelijk getracht om de bestaande bouwstenen te conserveren. Maar wegens een sterke verweringsgraad van de ijzerzandsteen is vervanging vaak de enige mogelijkheid (Thibaut en Robijns, deze uitgave). Om de authenticiteit van het Hageland optimaal te bewaren is het gebruik van de streekeigen Diestiaan ijzerzandsteen daarbij het meest aangewezen.

Sinds tientallen jaren is er echter geen actieve groeve meer waar Diestiaan ijzerzandsteen wordt ontgonnen. Ook de kennis over waar bouwtechnisch geschikte

reserves aan Diestiaan ijzerzandsteen te vinden zijn bleek anno 2008 zeer gering. De ijzerzandsteenlagen komen namelijk zeer heterogeen voor in de heuvels en de kwaliteit van de gesteentebanken varieert ook sterk in één en dezelfde ontsluiting.

Waar ijzerzandsteen aangetroffen wordt is, wegens het heterogene karakter van de ijzerzandsteen, de valoriseerbare reserve moeilijk te kwantificeren. Om de inzetbaarheid als bouw materiaal te evalueren is kennis nodig over de bouwtechnische materiaaleigenschappen van de Diestiaan ijzerzandsteen.

Bovendien is het niet evident om deze ijzerzandsteen ook daadwerkelijk te gaan ontginnen op geologisch beloftevolle locaties. Diverse locaties liggen namelijk in beschermde natuurgebieden of residentiële verkavelingen. Dus zelfs indien er een geschikte locatie kan aangeduid worden, is het openen van een tijdelijke groeve voor de ontginning van Vlaamse natuursteen voor restauratiedoeleinden op korte termijn niet vanzelfsprekend.



Fig. 1 : Geologisch voorkomen van de Diestiaan ijzerzandsteen in het Hageland in holle wegen en op de steile heuvelflanken.

Eigen foto's

Doelstelling vanuit het beleidsveld natuurlijke rijkdommen

Vanuit de bevoegdheid inzake natuurlijke rijkdommen wil de afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen (ALBON) van de Vlaamse overheid de kennis over de geologische aanwezigheid van bouwtechnisch geschikte ijzerzandsteen vergroten. Initiatieven werden gelanceerd om de geologische verbreiding van de

ijzerzandsteenbanken beter in kaart te brengen en om daarenboven de kwaliteit van de ijzerzandsteen beter te kunnen inschatten.

ALBON wil samen met het beleidsdomein Onroerend erfgoed een kader scheppen dat de valorisatie van Vlaamse natuursteen mogelijk maakt om het

cultuur-historische patrimonium in stand te houden.

Door beleidsoverschrijdend overleg met het Agentschap Wegen en Verkeer wordt er ook gezocht naar opportuniteiten waarbij ijzerzandsteen die vrijkomt bij openbare werken zo optimaal mogelijk kan benut worden.

Bepaling van de behoefte aan ijzerzandsteen

Sinds april 2008 startte ALBON een beleidsoverschrijdend overleg op met de administraties bevoegd voor het beleidsdomein Onroerend Erfgoed om de behoefte en het mogelijke aanbod aan Vlaamse natuursteen in kaart te brengen. Dit overleg heeft als doel om van gedachten te wisselen en tot actiepunten over te gaan.

De behoefte aan Diestiaan ijzerzandsteen voor restauraties is het meest acuut en werd door het Agentschap Onroerend Erfgoed ingeschat als een jaarlijkse, gemiddelde nood van 20 tot 40 m³ per jaar.

Het Agentschap voerde ook archiefonderzoek uit naar de oude steengroeven in Rotselaar, Gelrode en Diest. Indien men ijzerzandsteen wil valoriseren, eventueel door oude steengroeven in het Hageland te heropenen, is het namelijk nuttig om te weten waar deze groeven zich bevonden, hoe ze door

de eeuwen heen geëxploiteerd werden en voor welke gebouwen de steen uit deze groeven gebruikt werd (Van Driessche, deze uitgave).

Opportunities valoriseren ter invulling van de behoefte

De acute behoefte aan restauratiemateriaal kan deels ingelost worden met natuursteen die vrijkomt in het kader van openbare werken. Bij dergelijke werken in het voorkomingsgebied van de Diestiaan ijzerzandsteen kunnen immers hoeveelheden ijzerzandsteen vrijkomen die een belangrijke bron van restauratiemateriaal zijn op voorwaarde dat ze oordeelkundig als blokken worden uitgezaagd i.p.v. ze te verbrijzelen. Het beleid inzake Vlaamse natuursteen wordt dus ook mee ondersteund door het beleidsdomein Mobiliteit en Openbare Werken. Het Agentschap Wegen en Verkeer heeft haar Investeringsprogramma in 2011 kenbaar gemaakt zodat

ALBON een screening kon maken van de geplande werken in combinatie met de potentiële voorkomingsgebieden. Uit deze analyse werden twee beloftevolle locaties geselecteerd, zijnde de Roeselberg te Herent en de Langenberg te Diest. Deze locaties werden bijgevolg opgenomen in het door ALBON uitbestede onderzoeksprogramma.

Synergie met andere initiatieven

ALBON vindt het belangrijk dat kennis over de Diestiaan ijzerzandsteen gedeeld en verspreid wordt. Daarom werd in 2013 een Klankbordgroep IJzerzandsteen opgericht. Deze klankbordgroep bestaat naast de organisatoren ALBON, het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium en de Belgische Geologische Dienst uit experts van de KULeuven, UGent, WTCB, het Regionaal Landschap Noord-Hageland, het Agentschap Onroerend Erfgoed en de Afdeling Geotechniek van de Vlaamse overheid. Twee maal

per jaar komt de klankbordgroep samen om kennis aangaande het onderzoek naar het voorkomen en de kenmerken van Diestiaan ijzerzandsteen uit te wisselen en om win-winsituaties te creëren tussen verschillende initiatieven.

De studiedag Diestiaan IJzerzandsteen op 19 september 2014 heeft als doel om andere stakeholders in te lichten over de huidige stand van zaken van de opgedane kennis van de laatste jaren. ALBON wil deze gelegenheid ook aangrijpen om een overleg aan te gaan met de stakeholders om bijkomende opportuniteiten voor de valorisatie van ijzerzandsteen te ontdekken en eventuele bijkomende knelpunten die de valorisatie van de Diestiaan ijzerzandsteen bemoeilijken te identificeren.

Exploratie naar ijzerzandsteenvoorkomens

Aangezien bij de start van het overleg anno 2008 de toenmalige informatie niet toeliet om reserves van bouwtechnisch geschikte Diestiaan ijzerzandsteen te identificeren werden een aantal acties ondernomen en projecten uitbesteed door ALBON.

VITO voerde in 2009 een studie uit naar het natuurlijk voorkomen en de karakteristieken van Diestiaan ijzerzandsteen in het Hageland. Dit onderzoek gebeurde in samenwerking met de Katholieke Universiteit Leuven, de Belgische Geologische Dienst, Natuurpunt en het Regionaal Landschap Noord-Hageland. Het project resulteerde in de publicatie van het rapport “Natuurlijk voorkomen en karakteristieken van inheemse natuursteen in Vlaanderen – Diestiaan ijzer-

zandsteen in het Hageland” (Dreesen et al., 2010). In deze studie werd een inventaris gemaakt van de geologische archiefdata m.b.t. het voorkomen van Diestiaan ijzerzandsteen in oude groeven en ontsluitingen. De ligging ervan werd vervolgens getoetst aan de diverse bestemmingen van het gewestplan. Historische ontginningslocaties die gelegen zijn in sterk beperkende zones (beschermd landschap, vogelrichtlijngebied, habitatrichtlijngebied en VEN-gebied) werden door VITO niet weerhouden. De overige 42 locaties, die als potentiële sites voor verdere verkenning in aanmerking kwamen, werden verder geëvalueerd. Topografische elementen, zoals holle wegen en steile randen, werden aan de Gis-laag toegevoegd. De kaart met de prospectiezones in figuur 2 geeft een eerste beeld van beloftevolle locaties waar ijzerzandsteen kan voorkomen.

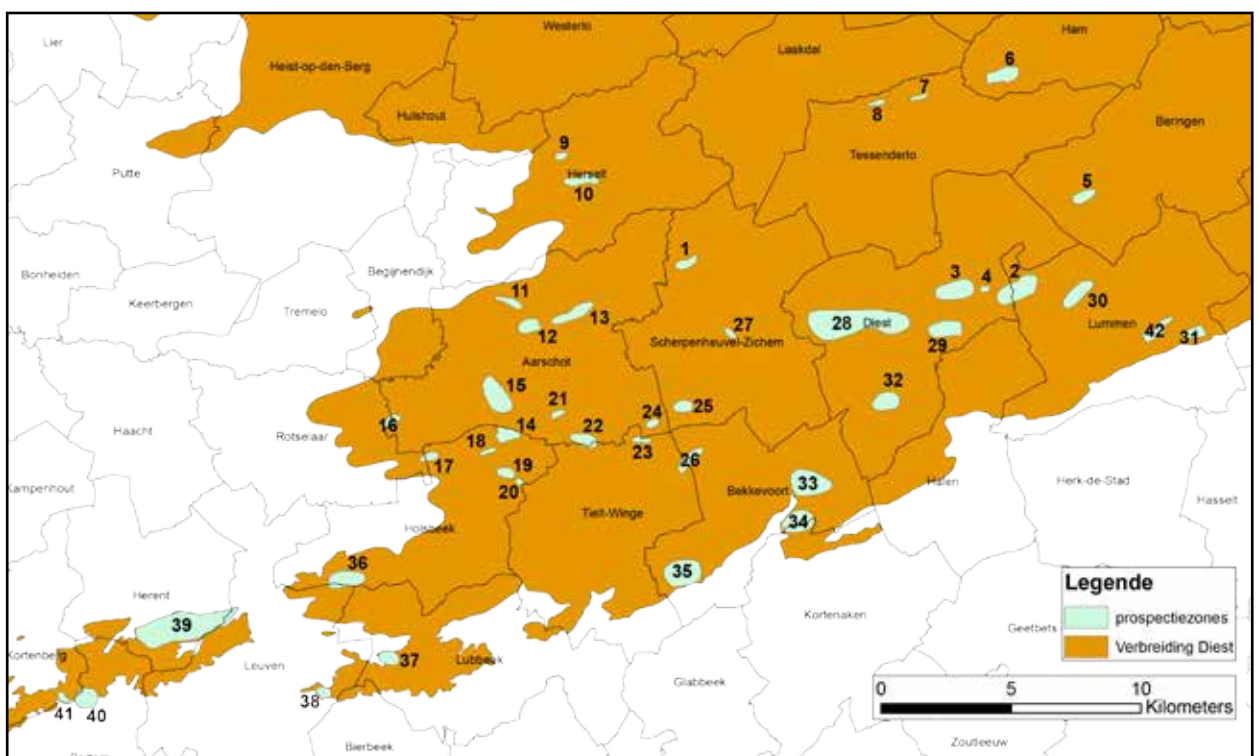


Fig. 2: Ligging van de 42 potentiële prospectiezones met weergave van de verbreiding van de Formatie van Diest (naar Dreesen et al., 2010).

Om de verbreiding van de ijzerzandsteenbanken in kaart te brengen op deze 42 locaties en om de bouwtechnische kwaliteit ervan te beoordelen was gedetailleerder onderzoek nodig. De 42 geselecteerde gebieden zijn echter te groot voor een nauwkeurige evaluatie. Dus moesten er eerst keuzes gemaakt worden over welke locaties verder onderzocht zouden worden.

Daarnaast waren ook de materiaaltechnische parameters van de Diestiaan ijzerzandsteen onvoldoende gekend om op een snelle manier bouwtechnisch geschikte ijzerzandsteen te herkennen.

Daarom werd beslist om op basis van enkele typelocaties een geologisch en bouwtechnisch onderzoek uit te voeren op de

ijzerzandsteen. Belangrijk hierbij is om de studie uit te voeren op in situ materiaal dat nog niet blootgesteld werd aan vertering en andere invloeden. Er werd dan ook geopteerd om gekernde boringen te laten uitvoeren zodat de verdere studie kon uitgevoerd worden op deze boorkernen. De geschiktheid van een locatie was hierbij niet enkel een kwestie van de geologie maar een combinatie hiervan met de landbestemming, eigendom en toegankelijkheid om te kunnen boren.

Aangezien een aantal van de meest beloftevolle locaties in natuurgebied liggen werd overleg gepleegd met het Agentschap Natuur en Bos om deze locaties te screenen. Zo werden twee prioritaire locaties gekozen waar

boringen konden uitgevoerd worden en die een gunstig geologisch potentieel hadden, namelijk de Beninksberg te Wezemaal en het Gasthuisbos te Pellenberg.

Uit het archiefonderzoek van het Agentschap Onroerend Erfgoed werd de Middelberg te Rotselaar weerhouden als de locatie waar vroeger de meest kwalitatief hoogstaande ijzerzandsteen werd ontgonnen in verschillende groeves.

Zoals eerder beschreven werden de Langenberg te Diest en Roeselberg te Herent door de samenwerking met het Agentschap Wegen en Verkeer geselecteerd.

Uiteindelijk selecteerde ALBON vijf locaties om gekernde boringen uit te voeren (Figuur 3).

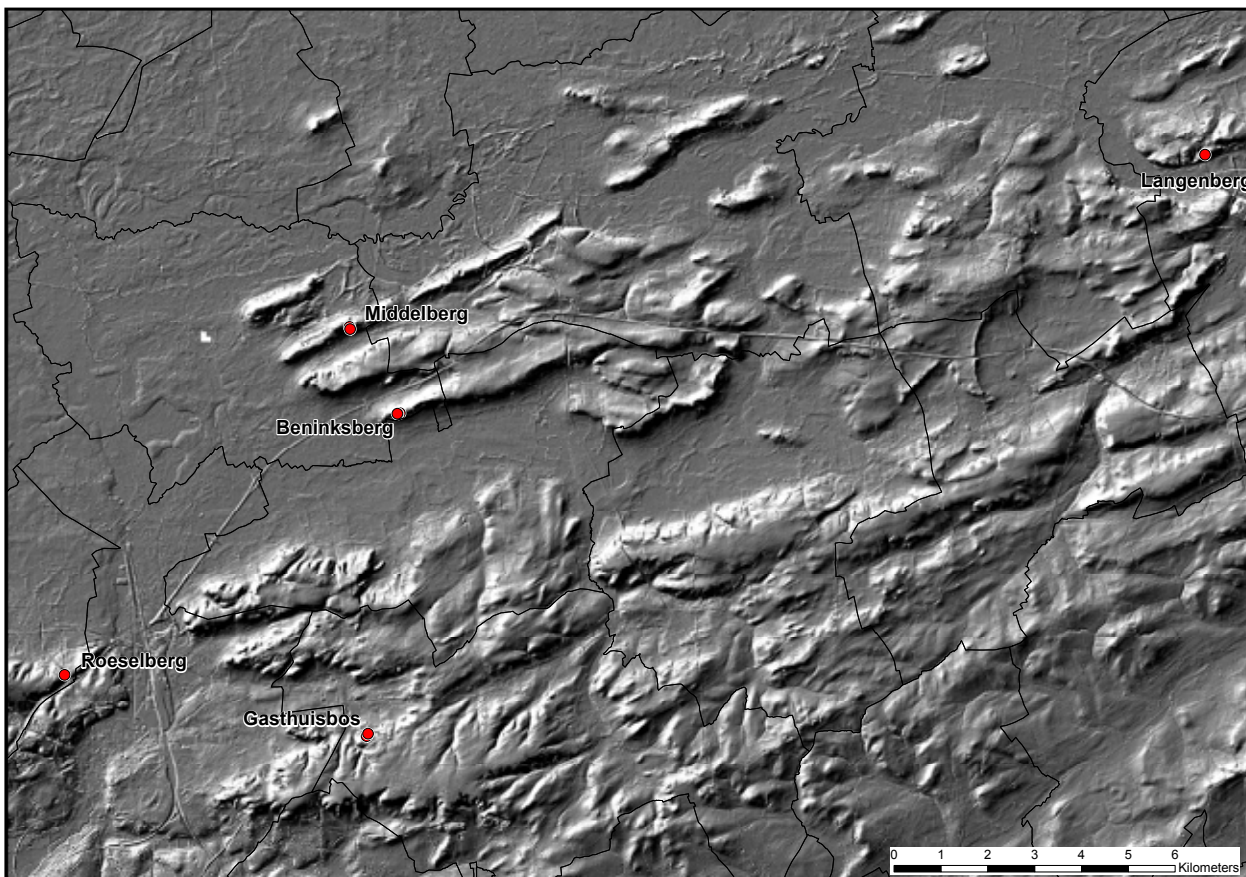


Fig. 3: Locatiekaart met plaatsaanduiding van de boorlocaties van project VLA10-4.1.



Fig. 4a: Boorcampagne VLA10-4.1 uitgevoerd door SMET GWT. Eigen foto



Fig. 4b: Overzicht van (een deel van) de boorkernen van het Gasthuisbos te Pellenberg. Eigen foto



Fig. 4c: Detail boorkern 9 van de Langenberg te Diest. Foto KIK

In totaal werden in 2011 acht gekernde boringen tot een diepte van maximum 20 meter uitgevoerd op de Roeselberg te Herent, de Middelberg te Rotselaar, de Beninksberg te Wezemaal en het Gasthuisbos te Pellenberg (Figuur 4, Project VLA10-4.1 en Van Campenhout, 2011). De boorkernen werden gedetailleerd beschreven door de Belgische Geologische Dienst. De boorbeschrijvingen van boringen VLA10-4.1-B1 tot en met VLA10-4.1-B8 zijn raadpleegbaar in de Databank Ondergrond Vlaanderen (<https://dov.vlaanderen.be>).

Op de Langenberg te Diest werden er door het Agentschap Wegen en Verkeer 15 boorkernen van ongeveer 1 meter ter beschikking gesteld voor deze studie (Figuur 5).

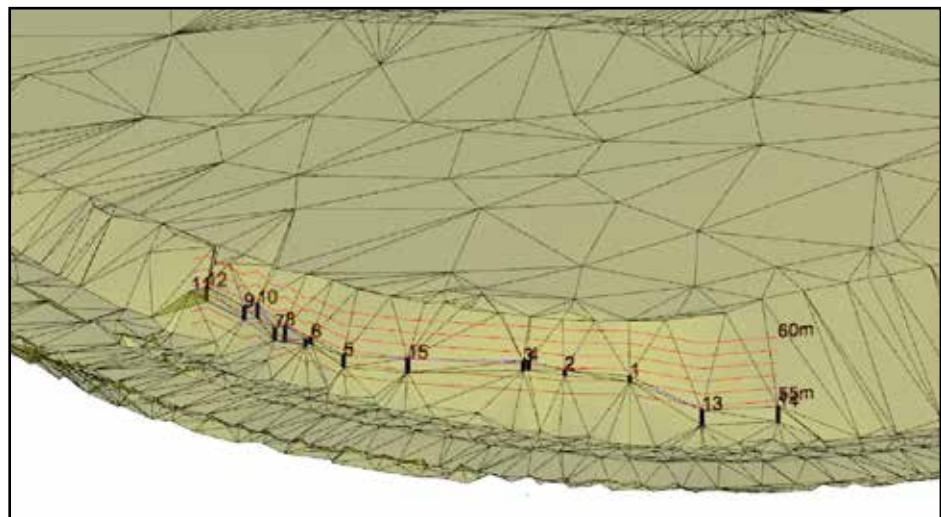


Fig. 5: 3D-weergave van de Langenberg te Diest met plaatsaanduiding van de kernboringen.

Geologisch en materiaaltechnisch onderzoek van de Diestiaan ijzerzandsteen

Op de boorkernen van de vijf locaties werd in 2012 en 2013 een onderzoek uitgevoerd naar de geologische ontstaansgeschiedenis en de bouwtechnische kwaliteiten van de Diestiaan ijzerzandsteen. Het onderzoek werd uitgevoerd door het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium en het WTCB in opdracht van ALBON.

Het project resulteerde in een gedetailleerde petrografische, bouw fysieke en bouwmechanische beschrijving van de Diestiaan ijzerzandsteen (project VLA11-4.1, Hayen et al., 2013, 2014, deze uitgave). Een technische fiche van de Diestiaan ijzerzandsteen kon hierbij opgesteld worden.

Uit dit onderzoek wordt eens te meer geconcludeerd dat de ijzerzandsteenlagen op relatief korte afstand een zeer onregelmatig verloop hebben. Eénzelfde laag vertoont ook grote verschillen in materiaalkenmerken. Deze twee gegevens blijven de inschatting van reserves op een locatie moeilijk maken.

Maar ondanks de heterogeniteit van de ijzerzandsteen, zowel wat betreft de geologische verbreding als wat betreft de materiaalkenmerken, heeft de studie aangetoond dat voor eender welke toepassing er op de onderzochte locaties ijzerzandsteen kon gevonden worden die aan de gestelde materiaaltechnische eisen voldoet.

Blik op de toekomst

De verschillende initiatieven voor het opstarten van een breed overleg over de behoefte en het aanbod aan Diestiaan ijzerzandsteen hebben door de onderlinge samenwerkingen geleid tot een goede synergie waardoor er verschillende acties en projecten konden gerealiseerd worden tijdens de afgelopen jaren.

In navolging van de eerdere beleidsdomeinoverschrijdende samenwerkingen tussen Leefmilieu, Natuur, Onroerend Erfgoed en Openbare werken zal er verder gewerkt worden om ook de valorisatie van andere Vlaamse natuurstenen voor restauraties mogelijk te maken.

ALBON zal met het Agentschap Onroerend Erfgoed verder de knelpunten in kaart brengen die de inzet van Vlaamse natuursteen verhinderen en acties ter bevordering ervan ondernemen.

Voor het invullen van de behoefte aan Diestiaan ijzerzandsteen volgt ALBON twee sporen:

- het optimaal benutten van ijzerzandsteen uit opportuniteiten (infrastructuurwerken, afbraakwerken, ...)
- een kader scheppen voor het tijdelijk openen van een groeve voor restauratiedoeleinden.

Samen met het Agentschap Wegen en Verkeer wordt de locatie, kwaliteit en kwantiteit verder bestudeerd van Vlaamse natuursteen die kan gevaloriseerd worden bij grote infrastructuurwerken.

Indien op basis van voorbereidend onderzoek door ALBON en het Agentschap Onroerend Erfgoed blijkt dat er een noodzaak is om gericht natuursteengroeven te openen zal hiervoor

overleg opgestart worden met de afdeling bevoegd voor de ruimtelijke planning en het Agentschap Natuur en Bos.

Deze initiatieven zijn ook opgenomen in het voorontwerp van het tweede Algemeen Oppervlaktedelfstoffenplan dat op 23 mei 2014 door de Vlaamse Regering principieel werd vastgesteld.

Ook het overleg met andere stakeholders zal voortgezet worden om de geïntegreerde herwaardering van de ijzerzandsteen voor het Hageland te ondersteunen.

Referenties

- » Dreesen, R., de Ceukelaire, M., De Koninck, R., 2010. *Natuurlijk voorkomen en karakteristieken van inheemse natuursteen in Vlaanderen – Diestiaan ijzerzandsteen in het Hageland. Uitgevoerd door VITO in opdracht van de Vlaamse overheid, Departement LNE – ALBON*, 122 pp.
- » Hayen R., Fontaine L., Berto T. en De Clercq H., 2013. *Geologische en bouwtechnische kenmerken van de Diestiaan ijzerzandsteen met als doel de inzet ervan in restauraties van historische gebouwen. Project VLA11-4.1, uitgevoerd door het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium en het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf in opdracht van de Vlaamse overheid, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, ALBON*, 426 pp.
- » Hayen, R., Fontaine, L., De Clercq, H., De Ceukelaire, M., Van Driessche, T., 2014. *Diestiaan ijzerzandsteen: de erfgoedsteen van het Hageland. Geological Survey of Belgium Professional Paper 2014/1 N. 316: 87-102.*
- » Hayen, R., Fontaine, L., Berto, T., De Clercq, H., 2014. *Geologische en bouwtechnische kenmerken van de Diestiaan ijzerzandsteen met als doel de inzet ervan in restauraties van historische gebouwen – Resultaten onderzoeksproject VLA11-4.1. deze uitgave.*

- » **Project VLA10-4.1: Uitvoeren van gekernde boringen in het voorkomensgebied van de Diestiaan ijzerzandsteen in het Hageland. Uitgevoerd door SMET G.W.T. in opdracht van de Vlaamse overheid, Departement LNE – ALBON, 34 pp.**
- » **Thibaut, H. en Robijns, K., 2014. Betekenisvol omgaan met reserves Diestiaan ijzerzandsteen – beleidsinbreng. deze uitgave.**
- » **Van Driessche, T., 2014. Historisch gebruik van Diestiaan ijzerzandsteen in het Hageland. deze uitgave.**
- » **Van Campenhout, P., 2011. Verslag werfopvolging van project VLA10-4.1, 39 pp.**
- » **Voorontwerp Tweede Algemeen Oppervlakedelfstoffenplan. 2014. Principieel vastgesteld op 23 mei 2014, 246 pp.**

BETEKENISVOL OMGAAN MET RESERVES DIESTIAAN IJZERZANDSTEEN

BELEIDSINBRENG

Hilde Thibaut¹[@] en Karel Robijns¹

Samenvatting

Vanuit het beleidsdomein Onroerend Erfgoed wordt er aangedrongen op een respectvol omgaan met ons historisch erfgoed. Ook bij het omgaan met ijzerzandsteen in monumenten is dit steeds meer het uitgangspunt. Met het oog op het behoud van authenticiteit wordt geadviseerd om zo veel mogelijk stenen te behouden en te consolideren. Bovendien blijft de beschikbaarheid van ijzerzandsteen, en zeker van Diestiaan ijzerzandsteen, een probleem. Analyse van een aantal recent gerealiseerde restauraties en van ingediende restauratiebestekken waar ijzerzandsteen aan de orde is, wijst uit dat in vrijwel alle gevallen een combinatie van verschillende restauratietechnieken wordt geadviseerd door de voorstudies. Deze methodes vereisen een hoge expertise en een goede opvolging van de werf. Een degelijke voorbereiding van het restauratiedossier resulteert meestal in een kleinere vraag naar nieuw te leveren steen op de werf.

Sleutelwoorden

Ijzerzandsteen
Maagdentoren
Case studies

¹ Agentschap Onroerend Erfgoed
[@] hilde.thibaut@rwo.vlaanderen.be

Het Charter van Venetië dat dateert van 1964 heeft geen bindend karakter maar blijft nog steeds richtinggevend voor erfgoedzorgers bij hun huidige werk.

Restauratie moet volgens dit charter gebaseerd zijn op “eerbied voor het oude materiaal”. Indien traditionele technische middelen niet toereikend blijken, kunnen ook moderne conserve-

rings- en constructiemethoden waarvan de doeltreffendheid wetenschappelijk is aangetoond en door de ervaring is verzekerd, ingezet worden. Deze zienswijze die een halve eeuw geleden werd voorgesteld door ICOMOS (de internationale non-gouvernementele organisatie met betrekking tot bescherming, behoud en beheer van monumenten en

erfgoedsites), blijft bruikbaar en richtinggevend. De Conventie van Granada (de overeenkomst inzake het behoud van het architectonisch erfgoed in Europa) is daarentegen wel bindend voor de Vlaamse overheid, maar bevat geen richtinggevend directieven rond hoe we moeten omgaan met historische materialen in monumenten.

In het verleden werd gemakkelijk gekozen om de sterk verweerde stenen te vervangen door nieuwe. Hiervoor werd dan overgeschakeld van de originele, streekeigen steensoorten naar andere, veelal Franse steensoorten. Redenen hiervoor zijn onder meer de gewoonte van de architect die het bestek opstelt, de vertrouwdheid van aannemers met bepaalde Franse steensoorten, de beschikbaarheid, de garantie op een vlotte levering, prijsoverwegingen en misschien ook de aanwezigheid van steenleveranciers die bepaalde steensoorten promoten. Het agentschap Onroerend Erfgoed opteert bij de eventuele vervanging van verweerde stenen om deze zoveel mogelijk te vervangen door de originele steensoort, tenzij voor functionele elementen, zoals bijvoorbeeld lijstwerk of lekdorpels. Gobertange en Balegemse steen worden nu nog ontgonnen als bijproduct van zandwinning en zijn nog voldoende beschikbaar: de vraag op de markt krikt het aanbod op. Vervanging van ijzerzandsteen is echter niet evident: er is geen

groeve meer die nieuwe steen kan aanleveren.

Enkele aannemers hebben een stock ijzerzandsteen ter beschikking in hun depot en kunnen de huidige noden aan nieuwe ijzerzandsteen voorlopig nog opvangen. De herkomst van hun steenvorraden is soms onduidelijk, en de kwaliteit niet altijd even goed. Er is blijkbaar meer Brusseliaan ijzerzandsteen dan Diestiaan ter beschikking en de stocks worden vermoedelijk aangevuld door ijzerzandsteen die gerecupereerd wordt bij afbraakwerken.

Het agentschap Onroerend Erfgoed is voorstander om opnieuw een groeve te openen waar Diestiaan ijzerzandsteen kan worden gedolven voor gebruik in restauratiewerken. Mogelijk kan er gewerkt worden zoals in de groeve in Gobertange. Slechts enkele weken per jaar wordt hier gegraven waarbij voldoende steen wordt opgehaald om een jaar mee verder te kunnen. In dit kader steunen we de initiatieven van ALBON om na te gaan waar nog bruikbare ijzerzandsteen in de bodem zit. Als een goede loca-

tie gevonden is, dan volstaat het, in principe, om een vergunning aan te vragen (de kans bestaat dat de site in natuurgebied of woongebied ligt) en een exploitant te vinden om tot exploitatie over te gaan. Gezien het belang van de problematiek, lijken deze problemen niet onoverkomelijk.

Als alternatief kan ijzerzandsteen worden hergebruikt die is vrijgekomen bij afbraakwerken en bij grote graafwerken van wegenwerken of uitgravingen voor kelders. Nu wordt deze vrijgekomen steen vaak vermalen. Hiertoe werden reeds contacten gelegd met het agentschap Wegen en Verkeer, in functie van hun geplande werken in de noordoostkant van Vlaams-Brabant.

Om zo'n steendepot van gedolven stenen te realiseren moet een beheerder en verdeler van de stock worden gezocht en aangeduid.

Op korte termijn blijft de beschikbaarheid van ijzerzandsteen, en zeker van Diestiaan, een probleem.



Kortrijk-Dutsel, Sint-Catharinakerk.
Westtransept na fase 1 van de restauratie vervanging van de zeer sterk verweerde ijzerzandsteen.
Foto Hilde Thibaut



Diest, Sint-Catharinakerk.
Bepaalde invulling met nieuwe ijzerzandsteen.
Foto Cecile Boes

Om die reden en met het oog op behoud van authenticiteit bij de restauratie van historische gebouwen adviseren erfgoedconsulenten nu meer en meer om, indien mogelijk, de verweerde steen te behouden en te consolideren, bij voorkeur na een gedegen wetenschappelijk vooronderzoek. Verschillende technieken zijn mogelijk:

- Behandelen van de bestaande stenen met steenverstevigende middelen .
- Aanvullen van ontbrekende delen van de stenen met herstel-mortels.
- Uithalen van de verweerde steen, wegnemen van het verweerde deel en terugplaatsen van de steen.
- Uithalen en omdraaien van de stenen.

- Heraanbrengen van een/de historische gevelafwerklaag om de verdere degradatie af te kunnen remmen. Deze optie kan enkel gekozen worden indien hiertoe voldoende bouwhistorische motieven bestaan. In specifieke gevallen zou deze optie kunnen worden gecombineerd met de keuze van een andere vervangsteen.

Gezien de sterke verweringsgraad van veel ijzerzandsteen zal vervanging van de ijzerzandsteen ook noodzakelijk blijven.

Analyse van een aantal recent gerealiseerde restauraties en van ingediende restauratiebestekken waar ijzerzandsteen aan de orde is, wijst uit dat in vrijwel alle gevallen een combinatie van deze technieken wordt geadviseerd door de voorstudies. Deze methodes vereisen een hoge

expertise en een goede opvolging van de werf door architecten, aannemers en erfgoedconsulenten.

Volgende elementen blijken belangrijk voor de opmaak van een sluitend restauratiedossier: een gedetailleerde opmeting, analyse van de schadefenomenen en pathologie, onderzoek naar de verweringsdiepte en de mogelijkheid tot verharding van de stenen, samenstelling van parement en kernmetselwerk, onderzoek naar afwerkingslagen, proefrestauratie.

Een degelijke voorbereiding van het restauratiedossier resulteert meestal in een kleinere vraag naar nieuw te leveren steen op de werf. Dit wordt tijdens de lezing geïllustreerd in verschillende cases.

Maagdentoren

Omdat de Vlaamse overheid eigenaar is van de Maagdentoren te Zichem worden de vooronderzoeken, de genomen restauratie-opties en de nieuwe invulling van dit monument hier meer in detail besproken.

Historiek

De Maagdentoren werd beschermd als monument bij Koninklijk Besluit van 21.09.1962.

De toren is eigendom van de Vlaamse overheid na overdracht van de federale overheid in 1999. De grond rondom de toren is sinds 2009 eigendom van de stad Scherpenheuvel-Zichem.

Op 1 juni 2006 is de toren gedeeltelijk ingestort. In de maanden daarop volgend werden door de Tijdelijke Vereniging Maagdentoren onder leiding van architect Karel Breda een stutstructuur in de bres van de torenromp geplaatst en werden kabels rond de toren gespannen om verdere instorting te voorkomen. Deze

werken werden uitgevoerd door de NV Monument.

Na de eerste instandhoudingswerken werd op basis van een nieuwe beperkte offerte-aanvraag het ontwerpteam Tijdelijke Handelsvennootschap Maagdentoren onder leiding van ir.-architect Marc Vanderauwera aangesteld om de Maagdentoren te stabiliseren en te consolideren en om de toren bezoekbaar te maken.

Vooronderzoeken

Ter voorbereiding van de restauratie waren volgende onderzoeken noodzakelijk: geo-elektrische metingen voor het onderzoek van de stabiliteit, monitoring van de scheurevolutie, materiaal-technisch onderzoek van het parement in Diestiaan ijzerzandsteen, onderzoek van de afwerkingslagen in het interieur.

Uit het vooronderzoek naar de stabiliteit bleek een zeer hoog holtepercentage (15 tot 30% met uitschieters tot 40%) van de muur.

Het parement van de Maagdentoren vertoont het uitgesproken schadepatroon dat typisch is voor Diestiaan ijzerzandsteen. De ijzerzandsteen is zeer poreus en onderhevig aan roestige korstvorming. Deze korst komt los van de onderliggende steen die zeer verzand is en verder verweert. Metselbijen zoeken vaak poreuze, weinig aan elkaar gekitte, verweerde ijzerzandsteen op om er hun nestgangen in uit te graven. Hierdoor wordt het parement verder aangetast.

In het materiaal-technisch onderzoek van de buitenschil werden ondermeer de effecten van diverse steenverstevigende behandelingen onderzocht. Hieruit kon worden geconcludeerd dat het aanbrengen van een product op basis van ethylsilicaat slechts lokaal zinvol is, en bijgevolg niet zal toegepast worden op de Maagdentoren (De Clercq et al., 2009).

Vervolgens werd de ontwikkeling van een geschikte herstellmortel onderzocht (De Clercq et al., 2011). Een geschikte herstellmortel, die geen kleurverschil geeft en die niet harder is dan de steen of de mortel was immers niet voorhanden. De reeds gebruikte Brusseliaan ijzerzandsteen als vervangsteen, of de reeds toegepaste bestaande herstellmortels geven een sterk kleurverschil met de Diestiaan ijzerzandsteen. Deze productontwikkeling gebeurde in overleg met mogelijke fabrikanten, die dit verder zetten voor toepassing in andere monumenten.



Zichem, Maagdentoren.
Kenmerkende verwerking van Diestiaan ijzerzandsteen.
Foto Hilde Thibaut

Restauratie

Op basis van de vooronderzoeken en op basis van de erfgoedwaarden van het monument werden verschillende uiteenlopende opties afgewogen gaande van het opgeven en verder laten vervallen van de toren, het behouden van de huidige stutstructuur, tot het gedeeltelijk of geheel herstel van de stabiliteit van de toren en van het parement.

De Maagdentoren is reeds lang een ruïne, zowel door aantasting van de tand des tijds, als door de gedeeltelijke instortingen in het verleden. De ruïne heeft echter nog steeds zijn historische en architectuurhistorische waarden en authenticiteit behouden. De ruïne van de Maagdentoren bezit ook nog steeds een grote archi-

tecturale kracht. Daarom werd geopteerd voor behoud van de toren. De Maagdentoren wordt geconsolideerd als ruïne, waarbij de erfgoedwaarde en de authenticiteit zoveel mogelijk onaangetaast blijven.

Daartoe werd de volledige torenwand geïnjecteerd met stabiliserende injectiemortel. Het ruïneuze karakter van het natuursteenparement blijft grotendeels behouden. Hierbij wordt zoveel mogelijk gestreefd naar een continu afwateringspatroon. Als bescherming van het interieur tegen regen en duiven ontwierp het studieteam een nieuwe bakstenen wand in Kolombasteen en een metalen dak boven de torenwand. Tevens wordt de toren toegankelijk gemaakt voor het

publiek via een nieuwe trapconstructie in beton. De trapconstructie wordt gebouwd in de bres in de torenromp volgens de constructieve logica van de toren. Deze constructie draagt ook bij tot de stabiliteit van de toren. Bezoekers kunnen zo de verschillende ruimtes van de toren ervaren. Helemaal bovenaan zullen ze van op een uitkijkplatform kunnen genieten van het uitzicht over de omgeving.

De werken worden in twee opeenvolgende fasen uitgevoerd.

Fase 1 is net afgerond en omvat het grootste deel van de werken, nl. fixatie van de gewelfschilderingen, structurele injectie van de torenwand, stabilisatie van de gewelven en invulling van de



Zichem, Maagdentoren vóór 2006.
Foto Karel Robijns



Zichem, Maagdentoren 2014. Nieuw gevelmetselwerk met Kolombasteen in de instortingszone.
Foto Hilde Thibaut

instortingszone met een trap-
partij en een nieuwe schei-
dingsmuur in kolombasteen. Deze
werken werden uitgevoerd door
de NV Monument.

Fase 2 is net opgestart en omvat
het eigenlijke herstel van het
buitenparement, creatie van een
toegangstrap van de gelijkvloerse
verdieping naar de nieuwe trap-
penconstructie en constructie
van het dakplatform en de om-
gevingsaanleg. Deze werken wor-
den uitgevoerd door de tijdelijke
vereniging Denys-Building.

Voor het gevelparement van de
Maagdentoren werd gekozen om
de ijzerzandsteen maximaal te
behouden en zo weinig moge-
lijk te vervangen. Het ruïneus
karakter van het gevelparement
zal grotendeels behouden blijven.
Er wordt wel naar gestreefd om
een continu afwateringspatroon
te creëren en vochtschade te
vermijden.

Hiervoor worden:

- sterk verweerde stenen met
grote holtes vervangen door
ijzerzandsteen,
- grote holtes ingevuld met
baksteen dichtbij en conform de
oude herstellingen,
- specifieke stenen licht bijge-
kapt,
- lokaal sleuven en kleinere ga-
ten aangewerkt met mortel.

Een noodzakelijk hulpmiddel voor
deze keuze is een steengerechte
opmeting met bijbehorende
foto's waarop de gekozen optie
per steen of per zone duide-
lijk wordt aangegeven. Tijdens
de uitvoering van de werken is
uiteraard regelmatige opvolging
en bijsturing noodzakelijk. Het
resultaat kunnen we over enkele
maanden evalueren.

Dankwoord

Veel dank aan de collega's Cecile
Boes, Vicky Wuyts en Stef Aerts
voor de constructieve samen-
werking en de uitwisseling van
informatie over de restauratie-
dossiers.

Referentielijst

- » *Charter van Venetië, 1964.*
- » *Conventie van Granada, bekrach-
tigd door België op 8 juni 1992 en
in België in werking getreden op 8
november 1993.*
- » *T.V. Studiegroep Maagdentoren:
Breda, K., N.V. Triconsult, Studie-
bureau Lode De Clercq dossier
dringende instandhoudingswerken
voor de Maagdentoren, 2006.*
- » *De Clercq, H., Hayen, R. & Duser,
M., 2009, Zichem, Maagdentoren.
Materiaal-technisch onderzoek van
de buitenschil.*
- » *De Clercq, H., Hayen, R. Zichem,
Maagdentoren. Materiaal-technisch
onderzoek naar een aangepaste
mortel voor gevelmetselwerk in
Diestiaan ijzerzandsteen - Eindrap-
port, 2011.*
- » *THV Maagdentoren: Vanderau-
wera, M., De Smet Vermeulen
Architecten bvba, Ingenieursbu-
reau Norbert Provoost bvba, Van
Dijck, L., bestek restauratie van de
Maagdentoren, 2011.*

VOORKOMEN EN ONTGINNING VAN DIESTIAAN IJZERZAND- STEEN

Michiel Duser¹@ en Marleen De Ceukelaire¹

Diestiaan ijzerzandsteen, de historische bouwsteen van het Hageland, verbindt natuur met cultuur. Deze steen dankt sinds 1839 zijn verwijzing naar de stad Diest aan André Dumont sr, de grondlegger van de Belgische geologische tijdsschaal en kaart. Monument en landschap zijn dank zij deze unieke natuursteen onlosmakelijk met elkaar verbonden (Bos & Gullentops, 1990), maar de Diestiaan ijzerzandsteen is soms zwak en kwetsbaar, wat deze band op termijn bedreigt en daarom noopt tot interventie. Het is moeilijk te aanvaarden dat de op de Hagelandse heuvels alomtegenwoordige ijzerzandsteen een eindige, reeds opgebruikte grondstof zou zijn en dat de band tussen monument en landschap daarmee ten dode is opgeschreven. Wij moeten echter vaststellen dat de hedendaagse omgang met de natuurlijke grondstoffen niet meer kan putten uit de grondige kennis van de eigen omgeving en de ervaring in het gebruik ervan die tussen de generaties werd doorgegeven. Om het erfgoed dat vorige generaties hebben nagelaten duurzaam te beheren en eventueel een eigentijdse invulling te geven is fundamentele kennisopbouw vereist, zowel naar de natuurwetenschappelijke eigenschappen van ijzerzandsteen als naar de cultuurhistorische toepassingen ervan. Ook in onderzoek blijven natuur en cultuur dus verbonden. De eerste vraag die zich stelt is waarom het Hageland met ijzerzandsteen is verbonden, en in hoeverre de Hagelandse ijzerzandsteen uniek is. De tweede vraag betreft zijn geodiversiteit, de kenmerken die verwijzen naar ontstaan en evolutie van de ijzerzandsteen. Die kunnen vooral worden waargenomen in het bouwkundig patrimonium, wat als een staalkaart van de natuurlijke voorkomens kan worden beschouwd. Het effect van de tijd op gedrag en patina van natuursteen wordt evenzeer het best aangetoond door de studie van eeuwenoude monumenten.

Sleutelwoorden

Hageland
Bouwsteen

¹ Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen – Belgische Geologische Dienst
@ michiel.duser@natuurwetenschappen.be

Het Hageland vormt een natuurlijk landschap in het noordoosten van Vlaams-Brabant, gekenmerkt door langgerekte ZW-NO gerichte heuvelruggen. Dit landschap dankt zijn ontstaan aan de afzetting van het Zand van Diest, een donkergroen zeezand dat over geheel noordoostelijk België voorkomt en bovendien een diep ingesneden rivierdal heeft opgevuld tussen Kortenberg en Leuven, richting Westerlo tot Beringen. De rivier liep recht in de richting van de Roerdalslenk, een seismisch actieve zakkingszone in het Belgisch-Nederlands-Duitse grensgebied; de rivierinsnijding bedroeg wel 100 m. Door zeespiegelstijging verdrong het rivierdal en werd ca. 10 miljoen jaar geleden snel opgevuld met van west naar oost voortschrijdende zandbanken (Vandenbergh et al., 2014). Het meest opvallende kenmerk van dit zand is de grote hoeveelheid van het donkergroene mineraal glauconiet, dat in het slib op de zeebodem werd gevormd maar in geval van het Hagelands zand als recyclageproduct samen met het gebruikelijke bleekgele kwarts door erosie en transport vanuit de omgeving werd aangevoerd. In het Zand van Diest, en zo ook in de Diestiaan ijzerzandsteen kan 15% tot 60% van de korrels uit glauconiet bestaan. De verplaatsing van het zand ging zodanig snel dat er weinig kolonisatie van de zeebodem was door organismen, en er dus geen fossielen worden aangetroffen, wel levenssporen (bioturbaties) van in het sediment beschutting zoekende gravende organismen, vermoedelijk garnaalachtigen, die kluwen van allemaal gelijke graafgangen hebben nagelaten, goed herkenbaar op frisse groevewanden of uitgeprepareerd op oude natuursteenparementen. De steile



Fig. 1: Holsbeek, gebruik van ijzerschollen als kassei aan het kasteel van Horst.

hellingen van de onderzeese zandbanken zijn goed bewaard en zowat overal terug te vinden, telkens als er een uitgraving in het Zand van Diest gebeurt. Het zandbankenmodel van de Vlaamse kust als analoog voorbeeld voor de Hagelandse heuvels dat decennia lang is meegegaan (Gullentops, 1957) is daarmee verlaten. De heuvelruggen zijn weliswaar beschermd tegen erosie door verijzering (limonitisatie) van de toplagen, maar zij vormen geen exhumatie van een vooraf bestaand onderzees landschap.

Deze 'Hagelandse Golf' is door kanteling van het land (zinking van Nederland, opheffing van Ardennen – Eifel) in reliëf komen te staan, door blootstelling aan hellingserosie en door afvoer van het zand door het huidige rivierstelsel. Het opgeheven land was onderhevig aan bodemvorming. De donkergroene korrels in het zand, bestaande uit het ijzerhoudende kleimineraal glauconiet dat enkel stabiel is onder reducerende omstandigheden, vallen dan uit elkaar tot elementaire kleideeltjes en ijzer(hydr)oxiden. Die worden door neerzijgend zuurstofrijk percolatiewater meegevoerd tot aan de grondwatertafel, waar de bodem geheel verzadigd is, waar de waterbeweging zo sterk vertraagt dat het ijzer(hydr)oxide neerslaat rond de zandkorrels in de grondwaterspiegel. Deze neerslag vormt een cement dat de zandkorrels met elkaar verbindt en zand tot zandsteen omvormt. Afhankelijk van klimaat en tijdsduur, en ook wel van de samenstelling van het zand kunnen zich hematiet (ijzeroxide),

goethiet (ijzerhydroxide) of limoniet (waterhoudend ijzerhydroxide) cementen vormen. Hoe hoger het ijzergehalte hoe steviger, hoe meer hydroxyl of water in het ijzermineraal hoe zwakker het cement.

Verijzering grijpt vanaf het landoppervlak in op een zandpakket dat uit hellende lagen bestaat, ontstaan als stroomribbels, van elkaar gescheiden door onopvallende kleirijke laagjes. Deze vormen hellende doorlatendheidsbarrières voor insijpend water en concentreren de neerslag van ijzer(hydr)oxides. De verstening kan dus onmogelijk leiden tot uitgestrekte horizontale steenbanken met homogene samenstelling. Heterogeniteit in samenstelling en kwaliteit is een wezenlijk kenmerk van alle oppervlakkig gevormde steenbanken, dit in tegenstelling met de op grote diepte door bergvorming versteende lagen, zoals in de Ardennen, die meer homogeen en betrouwbaar van kwaliteit zijn, maar ook eentoniger van uitzicht.

De oudste cementen, die mogelijk reeds kort na het terugtrekken van de Diestiaanzee en nog voor de vorming van het huidige reliëf, dus miljoenen jaren geleden, op enige diepte (tot 10-20 m) onder het landoppervlak zijn neergeslagen, hebben geleid tot de **ijzerschollen**, doorgaans dunne maar schier onverweerbare laagjes ijzersteen, waarbij de poriënruimte tussen de zandkorrels geheel in beslag is genomen door goed uitgekristalliseerde hematiet (bruikbaar als kassei zoals in de oprit naar de waterburcht van Horst – figuur 1) of

goethiet (zoals in de Romaanse toren van de Sint-Catharinakerk van Kortrijk-Dutsel of de wijn-gaardmuur van Nieuwrode, waar ze gemengd met grauwe schollen voorkomen).

Veelvuldiger voorkomend is de limonietische ijzerzandsteen vol ringen of banden van compacte donkerbruine metaalglanzende goethiet, bekend als **grauwe schollen** (figuur 2). Het zandertussen is minder versteend en kan dus gemakkelijk uitvallen, maar dat hindert niet want de stevigheid wordt geboden door de goethietbanden. Gesloten concreties met los zand in de holle kern vormen aldus 'klapperstenen'. Er zijn ook spectaculaire voorbeelden van bijna 'lege' ijzerzandstenen met een geraamte van goethietringen die ondanks hun vermagerd uitzicht toch duurzaam zijn (bijv. Sint-Pieterskerk Pellenberg). De goegemeente heeft het moeilijk dergelijke voorbeelden van natuurlijk

vernuft te tolereren en vervangt al te snel karaktervolle stenen door nietszeggende alternatieven. Grauwe schollen zijn duurzaam; het natuurlijk voorkomen is uitgebreid want het omvat alle versteende horizonten, vanaf het verschijnen van roestkleurige niveaus in boringen tot de door vorstwerking kapot gesprongen bovenkant van de steenbanken. In holle wegen worden ze gekenmerkt door harde uitstekende richels. Omwille van de onregelmatige vorm van de verstening hadden de grauwe schollen geen commerciële waarde en zijn ze enkel lokaal gebruikt. Bij gebruik in monumenten, maar vaker nog in vernaculaire architectuur, geven ze het bouwwerk een rustieke uitstraling. De bron van de gebruikte natuursteen moet in de onmiddellijke omgeving worden gezocht.

Het meest gebruikt als bouwsteen is echter de '**grauwe arduin**', een ijzerzandsteen met

gelijkmatig limonietcement, niet zo hard en duurzaam, maar wel gemakkelijk verzaagbaar tot regelmatige formaten en daarom interessant voor de bouw van grote monumenten. Waar de ijzerschollen vooral op de vlakke heuveltoppen voorkomen zijn dikkere ijzerzandsteenbanken die de grauwe arduin opleveren - al dan niet met ondergeschikte goethietbandjes - vooral ontsloten op de steilste heuvelflanken.

Vooraf in holle wegen of oude ontginningszones zijn ijzerzandsteenbanken nog goed waar te nemen (figuur 3). Alhoewel ijzerzandsteen dikwijls over een metersdik pakket voorkomt blijken bruikbare lagen toch beperkter omdat er vaak hellende onversteende zandlaagjes en/of kleiige tussenlaagjes voorkomen. Dit beperkt de mogelijkheden van gemechaniseerde steenverwerking, zoals een proef met een metersdik ijzerzandsteenblok van de Kepkensberg te Tessenderlo



Fig. 2: Scherpenheuvel (Schoonderbuken), gebruik van grauwe schollen ijzerzandsteen.



Fig. 3: Kortenbergh, ijzerzandsteenbanken op de Eikelenberg als getuige van vroegere ontginning.

heeft aangetoond. Grootschalige ontginning zou bovendien worden geconfronteerd met het 'murw' worden van de steen (Gullentops, 1996), een fenomeen dat de meeste zachte steensoorten kenmerkt. Een gevolg is dat appreciatie van de ijzerzandsteen nogal sterk kon verschillen en dat vroegere ontginningen doorgaans slecht gedocumenteerd zijn en weinig informatie opleveren aangaande mogelijke steenreserves. Goede terreinkennis bij natuur- en erfgoedonderzoekers en indicaties zoals verstoringen van topografie en bodem leveren echter voldoende aanwijzingen voor het bestaan van tientallen vroegere ontginningsplaatsen (Dreesen et al., 2010).

De bijzonderste kenmerken van Diestiaan ijzerzandsteen zijn de warme roestbruine kleur van het limoniet, die ongeëvenaard is, zelfs kan variëren met de lichtinval, en de sterk wisselende, soms bedenkelijke technische eigenschappen die aan datzelfde limoniet te wijten zijn. Natuurstenen moeten worden genomen zoals ze zijn; zwakke en poreuze stenen blijken betere klimaatsregelaars en zelfs duurzamer te zijn dan meer compacte stenen. Dat neemt niet weg dat de toestand van meerdere monumenten in Diestiaan ijzerzandsteen verontrustend is. Zelfversnellende schadefenomenen bij waterinfiltratie, langzame 'kruip', maar ook onachtzame omgang met nog goede stenen maken dat veel erfgoed onherroepelijk verloren gaat. Vermenging van steensoorten is een sluipende bedreiging voor de authenticiteit van het bestaande erfgoed.

Ijzerzandsteen is wel niet zo algemeen voorkomend als kalksteen, maar toch zijn er behoorlijk wat andere ijzerzandsteen-

soorten, waarvan de Diestiaan ijzerzandsteen goed kan worden onderscheiden (Dusar et al., 2009):

- Brusseliaan ijzerzandsteen komt voor in het Dijlebekken stroomopwaarts van Leuven en onderscheidt zich van de Diestiaan ijzerzandsteen door de meer homogene textuur met scherpe glinsterende zandkorrels en afwezigheid van glauconiet (goed met de loep waarneembaar), en bovenal door de meer dofbruine

kleur met soms paarsige schijn. Brusseliaan ijzerzandsteen is beter verkit door goethiet en door de band duurzamer dan zijn Diestiaanse equivalent en is dan ook vaak aangewend als vervangsteen. De buitengevel van het Poortgebouw van de Abdij Averbode is grotendeels (maar niet exclusief) gerestaureerd met Brusseliaan ijzerzandsteen en staat in schril kleurcontrast met het oorspronkelijke materiaal (figuur 4).



Fig. 4: Kleurverschil tussen Diestiaan (donkere) en Brusseliaan (lichtere) ijzerzandsteen in het poortgebouw van de abdij van Averbode.

- Tongeriaan ijzerzandsteen is niet alleen bekend van Tongeren maar ook van de regio tussen Leuven en Tienen. De ijzerzandsteenblokken in de Sint-Hilariuskerk van Bierbeek zijn er een goed voorbeeld van. Tongeriaan ijzerzandsteen is beduidend fijnkorreliger (een doorslaggevend argument voor herkenning), licht glauconiethoudend, vaak met rood en groene schijn en komt niet in grote hoeveelheden of in dikke banken voor. Hier is het integendeel Diestiaan ijzerzandsteen die is aangewend als vervangsteen.

- Bergsteen is de streekeigen bouwsteen van de Vlaamse Ardennen en het Westvlaamse Heuvelland. Hij werd stratigrafisch met de Diestiaan ijzerzandsteen gelijkgeschakeld maar zou veel ouder zijn (Houthuys, 2014), ook van verstening. Bergsteen is donker, grofkorrelig, soms met verweerde silex-rolkeien (Puddingsteen van Ronse), zonder glauconiet, met hoger gewicht door de sterke cementatie en opvulling van de poriënruimte met hematiet en goethiet. Bergsteen is moeilijk te bewerken maar minder verweerbaar en dus minder bedreigd.

- Poederliaan ijzerzandsteen komt beperkt voor in de heuvelrug tussen Herentals en Kasterlee en is beperkt in vernaculaire bouw aangewend. Poederliaan ijzerzandsteen is fijnkorrelig, glauconiethoudend, onregelmatig verijzerd met harde brosse limonietbanden, en nog gedeeltelijk groen gebleven.

- Berggrind ijzerzandsteen is een harde roodbruine ijzerzandsteen die zeer sporadisch in Noord Limburg voorkomt. Dit is geen ijzerzandsteenvorming in een glauconiethoudend zand maar in een tijdens een warme tussenijstijd roodverkleurd grind

dat onsloten is op de steilrand van het Kempisch Plateau.

- Siderietische ijzerzandsteen is geen ijzerzandsteen van de heuvels maar wordt daarentegen in de valleien aangetroffen, met name in de Netevallei tussen Olmen en Geel. Siderietische ijzerzandsteen ontstaat door neerslag van ijzercarbonaat (sideriet) in de poriën van het Zand van Diest onder de grondwaterspiegel. Door oxidatie gaat het sideriet omzetten naar goethiet, maar blijft als rhomboëdrische kristalgeesten onder de microscoop herkenbaar. Dit is een compacte en ogenschijnlijk duurzame variant van Diestiaan ijzerzandsteen, die weinig bekend is, maar die aangetroffen wordt in de vorm van grote wat grijzere maatstenen in de Sint-Lambertuskerk van Westerlo.

- IJzeroer of moerasijzererts is een steen die vooral bekend is van de valleibodems van Demer en Gete, langs de noordelijke rand van het Hageland. Het is geen ijzerzandsteen: er is geen skelet van zandkorrels. IJzeroer bestaat uit compacte millimeter grote knolletjes van goethiet, ferrihydriet en sideriet ijzerhoudende mineralen, die onder bacteriologische invloed neerslaan wanneer een kwel van gereduceerd ijzerrijk water de oxidatiezone op de grondwaterspiegel bereikt. IJzeroer is intens donkerbruin met zwarte metaalglans en zeer grofkorrelig van textuur, wat onderscheid met Diestiaan ijzerzandsteen zeer gemakkelijk toelaat. Enkel ruwe behouwing is mogelijk. Moeilijke bewerking en grote chemische stabiliteit maken dat deze steen vooral voor funderingen en ondermuren werd gebruikt, bijv. de Pallieterhoeve te Booischoot of de ruïne van de Sint-Michielskerk te Westmeerbeek.

- Carrstone is een roestbuine tot groenbruine ijzerzandsteen uit Norfolk (UK) die als alternatief voor Diestiaan ijzerzandsteen wordt voorgesteld (Dreesen et al., 2010). Carrstone is een zeer grofkorrelige zandsteen met goethietcement maar nog poreus gebleven, zonder glauconiet, van oorsprong met ijzeroölieten, van Onder Krijt ouderdom en ontstaan uit een rivierafzetting. De ontstaansgeschiedenis is daarmee erg verschillend. Carrstone kan duurzaam zijn - de oudste gebouwen in deze steen opgetrokken gaan al 1000 jaar mee - maar vertoont wat heterogeniteit in samenstelling, kleur, verweringsgevoeligheid. Opletten blijft dus de boodschap bij gebruik van deze steen. De eerste toepassing is de restauratie van de Begijnhofkerk van Diest.

« L'étude du comportement des pierres dans les monuments ne doit pas se faire dans l'esprit du génie civil où les caractéristiques techniques sont déterminantes, mais dans l'esprit architectural où des facteurs tels que la facilité de la taille et la patine sont prédominants » (Camerman, 1961).

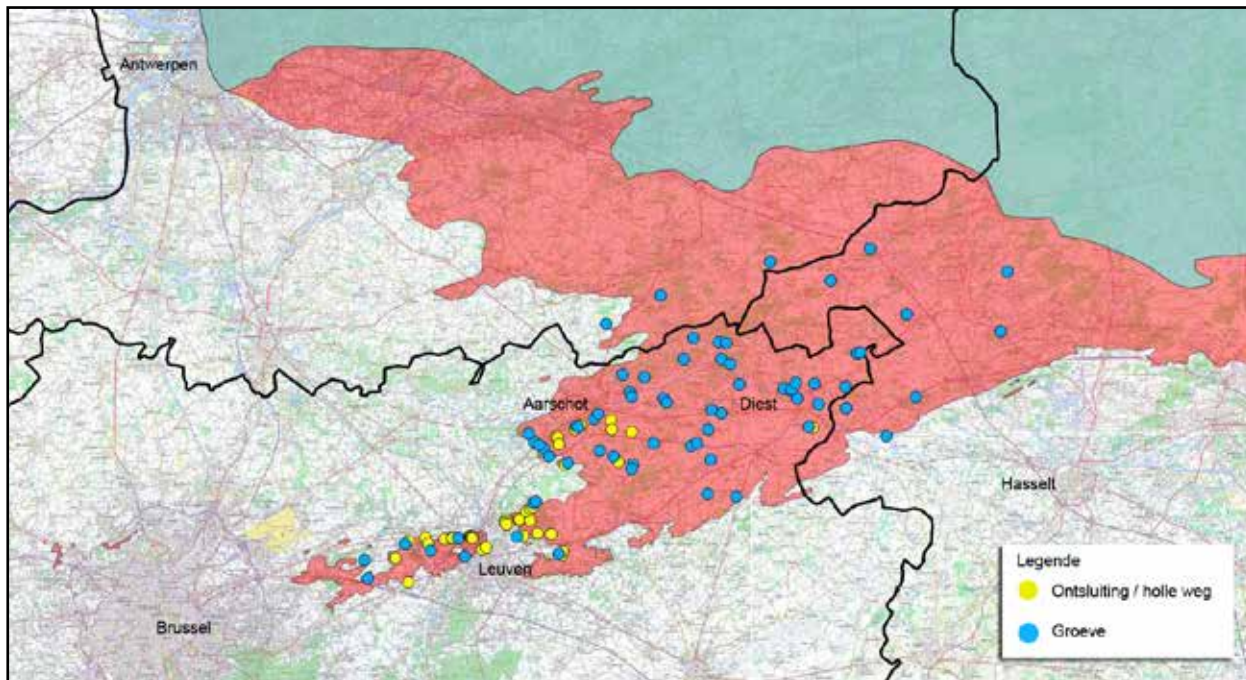
Al bij al blijken er zowel in de natuurlijke voorkomens als in monumenten beduidende verschillen op te treden in hardheid en duurzaamheid van ijzerzandsteen, waarbij beide factoren niet op eenvormige wijze variëren: zo is er geen verklaring waarom specifiek de Middelberg van Rotselaar lange tijd leverancier was van de beste kwaliteit. De hardheid wordt bepaald door de kristalliniteit en de hoeveelheid ijzerhoudend cement, de duurzaamheid door de poriënverdeling en het kleigehalte dat als inhibitor tegen verstening optreedt (De Clercq et al., 2009). De mooiste ijzerzandsteen is daarom niet steeds de meest

duurzame; dit is een patstelling waarmee we tegenwoordig worden geconfronteerd (Hayen et al., 2013). Enkel voortgezet en systematisch onderzoek naar duurzaamheidscriteria voor ijzerzandsteen in ontsluitingen en monumenten kan daar mogelijk een antwoord op bieden. Zolang blijven we nog een stap achter op de vorige generaties die ons een aantal emblematische monumenten hebben nagelaten maar evengoed bescheiden landelijke bouwwerken, elk met hun eigen aangepast ijzerzandsteenpalet.

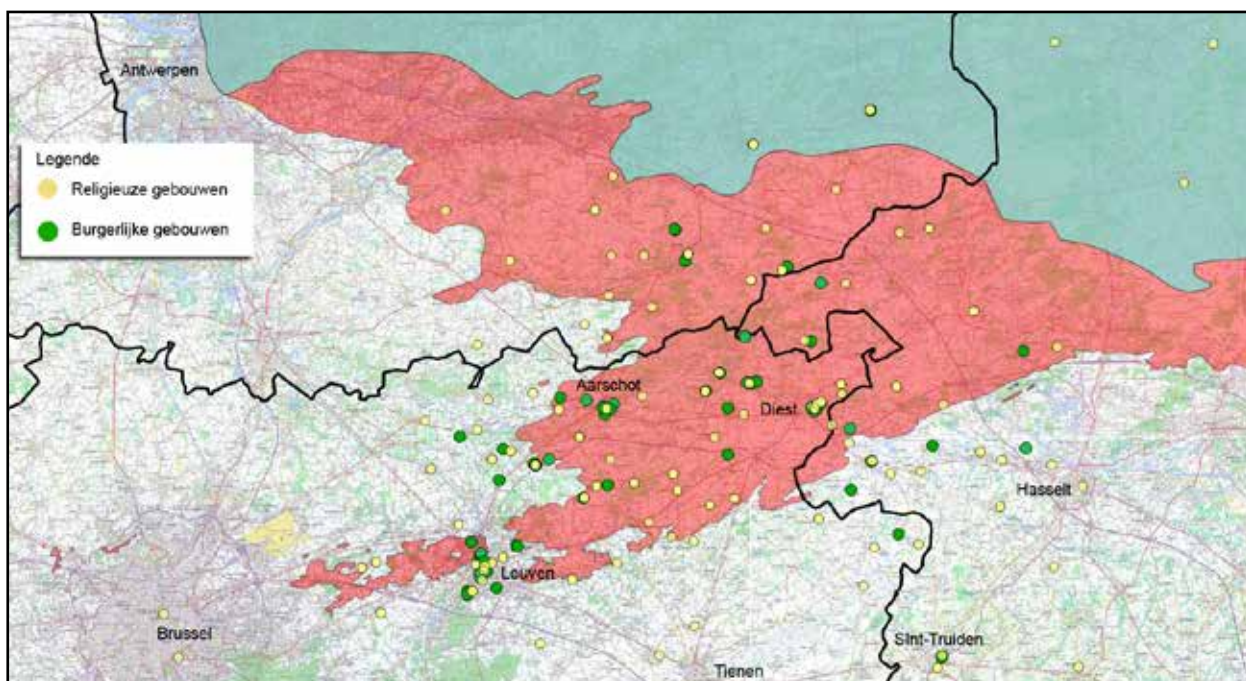
Referenties

- » Bos, K. & Gullentops, F., 1990. *Ijzerzandsteen als bouwsteen in en rond het Hageland*. *Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie* 99: 131-151.
- » Camerman, C., 1961. *Les pierres naturelles de construction*. *Annales des Travaux Publics de Belgique* N° 4 – 1960/61 : 325-372.
- » De Clercq, H.; Hayen, R. & Dusar, M. (red.), 2009. *Zichem, Maagdentoren. Materiaal-technisch onderzoek van de buitenschil*. KIKIRPA, D 2005.08759: 140 p.
- » Dreesen, R.; De Ceukelaire, M. & De Koninck, R., 2010. *Natuurlijk voorkomen en karakteristieken van inheemse natuursteen in Vlaanderen - Diestiaan ijzerzandsteen in het Hageland*. VITO 2010/SCT/R/006: 122 p.
- » Dumont, A., 1839. *Rapport sur les travaux de la Carte Géologique pendant l'année 1839*. *Bulletin de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique* 6 (2): 464-485.
- » Dusar, M.; Dreesen, R. & De Nae-
yer, A., 2009. *Natuursteen in Vlaanderen, versteend verleden*. Kluwer, *Renovatie & restauratie*. 562 p.
- » Gullentops, F., 1957. *L'origine des collines du Hageland*. *Bulletin de la Société belge de Géologie* 66: 81-85.
- » Gullentops, F., 1996. *Ijzerzandsteen*. In: F. Gullentops & L. Wouters, eds., *Delfstoffen in Vlaanderen*. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie: 88-89.
- » Hayen, R.; Vanhellemont, Y. & De Clercq, H. (red.), 2013. *Geologische en bouwtechnische kenmerken van de Diestiaan ijzerzandsteen met als doel de inzet ervan in restauraties van historische gebouwen*. Hoofdrapport. Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK) & Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), D : 2012.11586, 414 p.
- » Houthuys, R., 2014. *A reinterpretation of the Neogene emersion of central Belgium based on the sedimentary environment of the Diest Formation and the origin of the drainage pattern*. *Geologica Belgica* 17/3-4: 211-235.
- » Vandenberghe, N.; Harris, W.B.; Wampler, J.M.; Houthuys, R.; Louwye, S.; Adriaens, R.; Vos, K.; Lanckacker, T.; Matthijs, J.; Deckers, J.; Verhaegen, J.; Laga, P.; Westerkhoff, W. & Munsterman, D., 2014. *The implications of K-Ar glauconite dating of the Diest Formation on the paleogeography of the Upper Miocene in Belgium*. *Geologica Belgica* 17/2: 161-174.

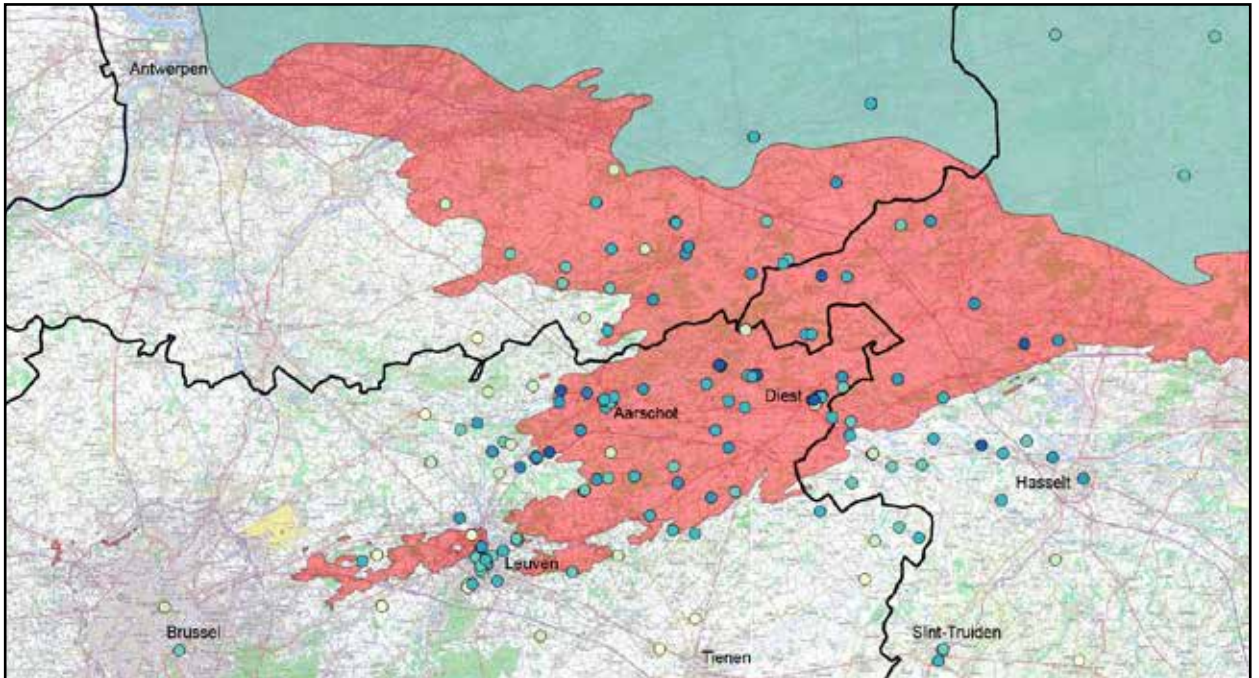
Bijlage: IJzerzandsteen in het Hageland



Kaart 1: Ligging van de Diestiaan ijzerzandsteengroeven en ontsluitingen / hollewegen.



Kaart 2: Gebruik ijzerzandsteen in religieuze/burgelijke gebouwen.



Kaart 3: Gebruik van ijzerzandsteen in gebouwen en monumenten. Hoe donkerder de kleur, hoe meer ijzerzandsteen in het gebouw aanwezig is.

GEOLOGISCHE EN BOUWTECHNISCHE KENMERKEN VAN DE DIESTIAAN IJERZANDSTEEN MET ALS DOEL DE INZET ERVAN IN RESTAURATIES VAN HISTORISCHE GEBOUWEN

RESULTATEN ONDERZOEKSPROJECT VLA11-4.1

Roald Hayen¹*, Laurent Fontaine¹, Tanaquil Berto¹ en Hilde De Clercq¹

SAMENVATTING

Ijzerzandsteen is een zeer heterogeen bouw materiaal dat gevoelig is aan verwerking. De hedendaagse restauratie van de karakteristieke architectuur in ijzerzandsteen wordt echter geconfronteerd met diverse problemen: natuursteenherstelling is omwille van de donkere kleur minder evident en vaak niet duurzaam, beschikbare natuursteenreserves zijn zeer beperkt en er zijn geen actieve steengroeves. Een maximale conservering van het authentieke materiaal dient daarom vaak vooropgesteld.

Een gebrekkige materiaalkennis beperkt echter veelal de restauratieopties en de interpretatie van het gedrag van dit bouw materiaal, zij het reeds aangebracht in het monument of eventueel te ontginnen uit de bodem. Daarom werd een materiaaltechnisch onderzoek uitgevoerd op ijzerzandsteen, gelicht uit gesteentelagen in vijf sites, om de wisselende kenmerken van deze natuursteen beter te interpreteren vanuit zijn geologische diversiteit, teneinde de inzetbaarheid als bouw materiaal te kunnen evalueren. Bovendien werd bestudeerd in hoeverre een mogelijke steenverstevigende behandeling door middel van ethylsilicaat (TEOS) tot een verbetering van zijn duurzaamheid zou kunnen leiden.

SLEUTELWOORDEN

Diestiaan ijzerzandsteen
Materiaaltechnisch onderzoek
Mineralogische opbouw
Druksterkte
Porositeit
Vorstbestendigheid
(steen)Versteviging.

¹ Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium, Jubelpark 1, 1000 Brussel
* Roald.Hayen@kikirpa.be

Inleiding

Om de geologische en de bouwtechnische kenmerken van ijzerzandsteen in kaart te brengen werd een reeks boringen uitgevoerd op 4 sites: de Roeselberg te Herent, het Gasthuisbos te Pellenberg, de Beninksberg te Wezemaal en de Middelberg te Rotselaar. Daarnaast werd materiaal bekomen afkomstig van de Langenberg te Diest.

Het onderzoek van de ijzerzandsteen uit deze boorkernen

had tot doel de mineralogische kenmerken en de bouwtechnische kwaliteit, meer bepaald de porositeit, de densiteit, de mechanische sterkte en de vorstbestendigheid te evalueren alsook hun onderlinge verbanden. Beide projecten werden uitgevoerd in opdracht van de afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen (ALBON) van de Vlaamse overheid. De resultaten van het onderzoeks-

geheel (Hayen et al., 2013) zijn beschikbaar op de website van het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie van de Vlaamse Overheid (<http://www.lne.be/themas/natuurlijke-rijdommen/publicaties>) en werden voorgesteld op de 5de Vlaams-Nederlandse Natuursteendag (Hayen et al., 2014). Dit abstract beperkt zich tot een samenvatting van het uitgevoerde onderzoek.

Selectie van de proefstukken

De geschiktheidsklasse als bouwsteen werd initieel op empirische wijze bepaald door het betikken van het proefstuk met een hamer. Vervolgens werd een eerste visuele selectie van de beschikbare ijzerzandsteenfragmenten uitgevoerd gevolgd door de bepaling van de snelheid van ultrasone geluidsgolven doorheen de natuursteen. De geluidssnelheid wordt immers bepaald door de dichtheid en de opbouw van de natuursteen en zijn bestanddelen en wordt daarom vaak gebruikt voor een niet-destructieve kwaliteitsbeoordeling.

De geluidssnelheid in ijzerzandsteen varieerde daarbij tussen ca. 400 m/s voor een weinig geconsolideerd ijzerzand tot meer dan 3500 m/s voor de best geconsolideerde ijzerzandsteen.

Petrografische studie van ijzerzandsteen

Diestiaan ijzerzandsteen is een donkerbruine ijzerhoudende zandsteen, bestaande uit een mengeling van zandkorrels (kwarts- en glauconietkorrels) en een ijzerhoudend bindmiddel dat voor de samenhang van de zandkorrels zorgt (het limonietcement).

De kenmerken van de zandkorrels werden beschreven aan de hand van de korrelgrootte, de sorteringsgraad, de verhouding kwarts tot glauconiet en de verweringsgraad van het glauconiet.

De petrografische studie maakt het mogelijk om een algemene beoordeling te geven van de consolidatiegraad van ijzerzandsteen volgens een indeling in 3 categorieën: zwak, matig en goed geconsolideerde zandsteen.

Een goede consolidatie van de ijzerzandsteen is het gevolg van een continue neerslag van het cement rondom de zandkorrels en een globaal hoog cementgehalte (van 10 tot meer dan 20%). Zwak geconsolideerde zandsteen wordt daarentegen gekenmerkt door een globaal laag cementgehalte (doorgaans minder dan 5% tot maximaal 10%), bestaande uit geïsoleerde eilanden van cementneerslag. Omdat het cement de poriënruimte opvult, daalt de macroporositeit (poriën groter dan ca. 100 µm) bij toenemend cementgehalte en bijgevolg toenemende consolidatiegraad. Zowel de totale macroporositeit, de gemiddelde grootte van de macroporiën alsook de connectiviteit tussen de macroporiën nemen daardoor af met toenemende consolidatiegraad.

Uit de petrografische studie kan worden afgeleid dat een in situ empirische beoordeling van de

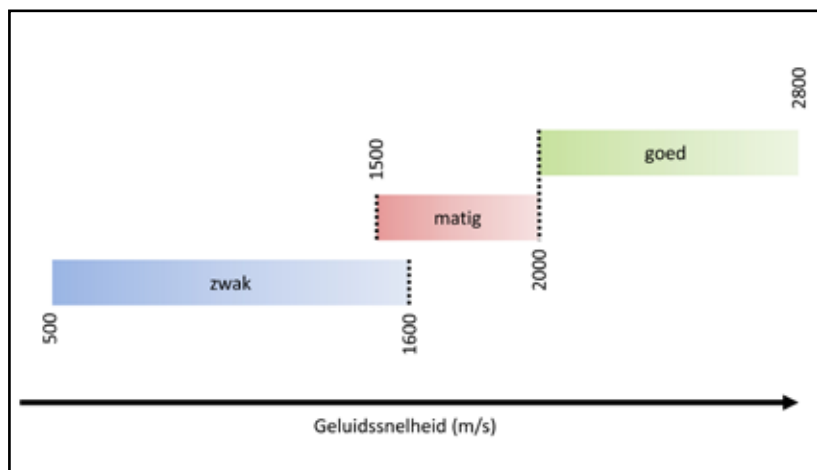


Fig. 1: Klasse-indeling voor de consolidatiegraad bepaald op basis van microscopische cementanalyse en overeenkomstige geluidssnelheidsintervallen.

geschiktheidsklasse als bouwsteen een ruwe doch redelijk betrouwbare indicatie van de consolidatiegraad geeft. Helemaal sluitend is deze beoordeling echter niet, onder meer omdat de empirische beoordeling doorgaans wordt uitgevoerd op een brokstuk in zijn geheel, terwijl de heterogeniteit van de ijzerzandsteen tot lokaal grote verschillen in consolidatiegraad kan leiden. Ook de vergelijking van de consolidatiegraad met de geluidssnelheid levert eenzelfde tendens op, zonder volledig exclusief te zijn in de beoordeling van de consolidatiegraad. Toch kan een klasse-indeling voor de consolidatiegraad op basis van de geluidssnelheid voorgesteld worden (Figuur 1).

Materiaaltechnische kenmerken

Poriënstructuur

De totale porositeit van ijzerzandsteen varieert van 22.0 tot 44.9 vol%, met een gemiddelde waarde van 31.1 ± 4.8 vol%. Hoewel ijzerzandsteen een eerder inhomogeen materiaal is, samengesteld uit diverse bestanddelen (kwarts- en glauconietkorrels, limonietcement) in een onderling variërende verhouding en met elk een verschillende dichtheid, werd toch een goede correlatie vastgesteld tussen de schijnbare volumieke massa en de totale watertoegankelijke porositeit. De correlatie tussen de gemiddelde geluidssnelheid en de totale watertoegankelijke porositeit is niet uitstekend, maar toch significant. Naarmate de porositeit daalt, neemt de gemiddelde geluidssnelheid toe.

Naast de totale watertoegankelijke porositeit werd ook de poriënverdeling bestudeerd. Deze wordt verder in huidig abstract niet uiteengezet.

Druksterkte

De druksterkte werd bepaald op een gerichte selectie bestaande uit zowel weinig als sterk geconsolideerde ijzerzandsteenfragmenten. Zoals verwacht zijn de resultaten sterk uiteenlopend (van 2.1 tot 37.2 MPa). Deze waarden zijn behoorlijk laag in vergelijking met de deze van overige typerende middeleeuwse bouwstenen als Gobertange, Lede- of Doornikse steen, gemiddeld respectievelijk ca. 107, 82.6 en 112.7 MPa (Dusar et al., 2009).

De vraag rijst evenwel of een hoge druksterkte in het geval van monumentale bouwwerken noodzakelijk is. De draagstructuur van dergelijke bouwwerken, specifieke elementen als kolommen, gewelfbogen en bijvoorbeeld luchtbogen buiten beschouwing gelaten, wordt immers over het algemeen gekenmerkt door zeer grote dwarsdoorsneden. Hierdoor is, zelfs rekening houdende met de vaak grote hoogte van dergelijke gebouwen, de uiteindelijke druk per oppervlakte-eenheid in het metselwerk doorgaans zeer laag. Een druksterkte van ca. 10 MPa lijkt voor de meeste toepassingen in opgaand metselwerk voldoende. Daaruit blijkt dat duurzame constructies in ijzerzandsteen tot de mogelijkheid behoren. Het gebruik van minder kwaliteitsvolle ijzerzandsteen kan evenwel tot dramatische gevolgen leiden, zoals is gebleken in het geval van de Maagdrentoren te Zichem en de Sint-Willibrorduskerk te Meldert.

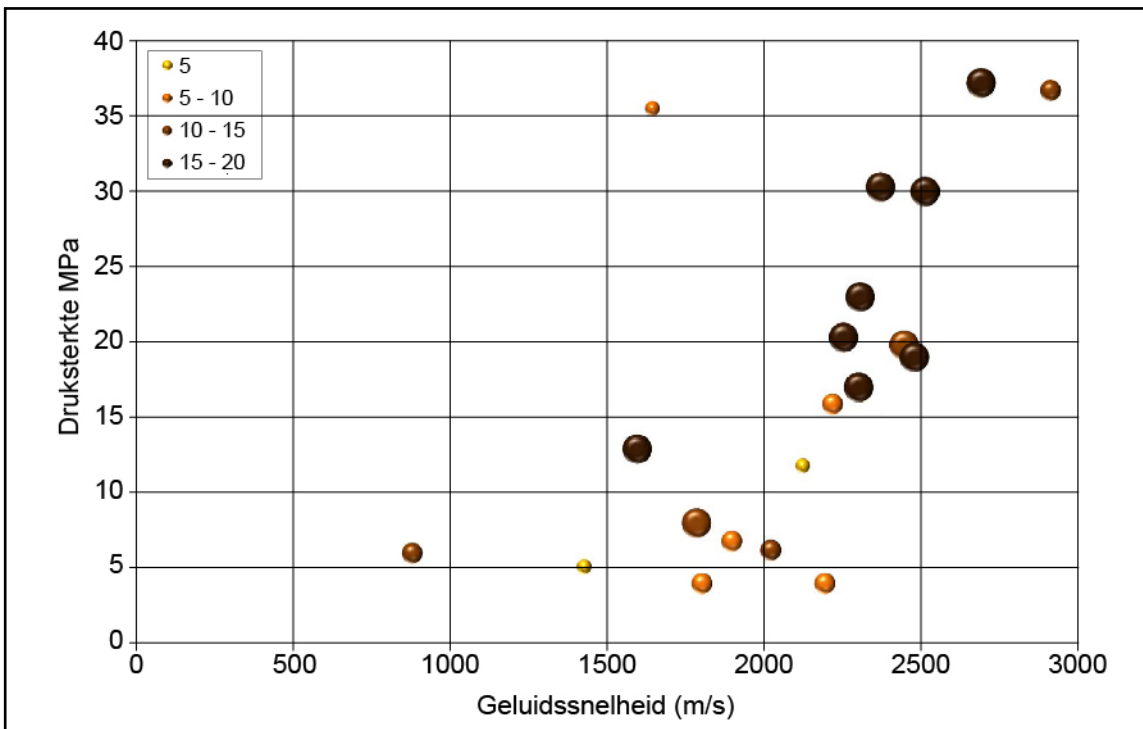


Fig. 2: Vergelijking tussen de gemiddelde geluidssnelheid (m/s), de druksterkte (MPa) en de petrografische kenmerken (de kleur verwijst naar het gehalte aan limonietcement; de grootte naar de verdeling van de limonietneerslag, m.n. klein = geïsoleerde neerslag, medium = discontinue neerslag en groot = continue neerslag).

Betreffende een mogelijk verband tussen de druksterkte en overige materiaaleigenschappen, wordt een zekere trend tot toename in druksterkte voor een hogere dichtheid bekomen. Daarnaast kon een verband gelegd worden tussen de petrografische kenmerken en de druksterkte: een positieve correlatie is doorgaans merkbaar tussen de consolidatiegraad en de druksterkte van ijzerzandsteen (Figuur 2). Een goed geconsolideerde ijzerzandsteen levert een hoge druksterkte op.

Vorstbestendigheid

De vorstbestendigheid van ijzerzandsteen werd experimenteel bepaald volgens de nieuwe Europese norm (EN 12371) waarin tevens minimale prestatiecriteria

zijn opgenomen in functie van de toepassing van het bouw materiaal.

De proefresultaten zijn zeer gevarieerd. Hoewel een groot deel van de geteste proefstukken een redelijke tot zeer goede vorstbestendigheid vertoont, komt voor elk type consolidatiegraad vorstgevoelig materiaal voor. Het is daarom ook niet mogelijk om enige correlatie aan te tonen tussen de vorstbestendigheid en de overige materiaalkenmerken. Een goede vorstbestendigheid is dus geen algemeen kenmerk van ijzerzandsteen.

Steenverstevigende behandeling

Op basis van de hardheidsmetingen, uitgevoerd door middel van het Drilling Resistance Measurement System (DRMS) (Vicentini

et al., 2012; De Clercq & Dusar, 2011, De Clercq et al., in druk), werden de verschillende stalen van ijzerzandsteen in 6 klassen onderverdeeld: laag, laag tot matig, matig, matig tot hoog, hoog en heterogeen. Het merendeel van de fragmenten behoort tot de klasse "laag" (ruim de helft van het aantal stalen) of "heterogeen" (ongeveer een kwart). Stalen gekenmerkt door een lage hardheid zijn hierbij doorgaans zwak tot matig geconsolideerd. Ijzerzandsteen met een gemiddeld hogere consolidatiegraad wordt globaal gekenmerkt door een onregelmatige hardheid.

In het kader van een mogelijke versterking van ijzerzandsteen, werd het effect van een behandeling met een oplossing van ethylsilicaat (TEOS) geëvalueerd.

Een (mogelijk) steenverstevigend effect wordt waargenomen voor ongeveer de helft van de behandelde stalen waarbij de diepte van het verstevigend effect varieert van 1 tot 12 mm. De gemiddelde diepte van de verstevigde zone bedraagt echter slechts 4 mm.

Conclusie

Dit onderzoek resulteerde in een gedetailleerde petrografische, bouwfysische en bouwmechanische beschrijving van de Diestiaan ijzerzandsteen op basis van materiaal gelicht in 5 typelocaties in het Hageland.

De petrografische studie van de ijzerzandsteen heeft de verschillende samenstellende bestanddelen in kaart gebracht, waaruit een consolidatiegraad voor de natuursteen kon worden afgeleid. Deze consolidatiegraad kan op een redelijk betrouwbare wijze geschat worden op basis van geluidssnelheidsmetingen, weliswaar uitgevoerd onder gecontroleerde omstandigheden.

De consolidatiegraad kon in verband gebracht worden met de druksterkte. Betreffende dit laatste heeft deze studie tevens aangetoond dat voor eender welke toepassing, zij het binnen of buiten, zij het mechanisch zwaar belast of niet, er op elk van de 5 sites wel ijzerzandsteen kon gevonden worden die aan de gestelde materiaaltechnische eisen voldoet.

Wat de vorstbestendigheid betreft, vertoont de ijzerzandsteen echter wisselende resultaten, waarbij de vorstbestendigheid niet in verband kon gebracht worden met de overige materiaalkenmerken. Mogelijk is er een verband tussen de vorstgevoelig-

heid van ijzerzandsteen en zijn poriënstructuur, hetgeen in de huidige onderzoeksopdracht niet kon worden nagegaan.

Een behandeling van ijzerzandsteen door middel van een oplossing op basis van ethylsilicaat leidde slechts in de helft van de gevallen tot een verstevigend effect. Eensluitende criteria die bepalend zijn voor het verstevigend effect konden tot heden niet worden geïdentificeerd.

Referentielijst

» *De Clercq, H., & Duser, M., 2011. Materiaaltechnische studie van de buitenschil van een middeleeuws monument in ijzerzandsteen: de Maagdentoren in Zichem, Handboek Onderhoud Renovatie Restauratie, Kluwer, V.4, pp. 1-28*

» *De Clercq, H., Fontaine, L., Hayen, R., & Godts, S., in press. Mechanical properties of bricks of the Coudenberg archaeological site in view of a proper conservation strategy Cons & Management of Archaeological Sites.*

» *Hayen R., Fontaine L., Berto T. en De Clercq H., 2013. Geologische en bouwtechnische kenmerken van de Diestiaan ijzerzandsteen met als doel de inzet ervan in restauraties van historische gebouwen. Project VLA11-4.1, uitgevoerd door het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium en het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf in opdracht van de Vlaamse overheid, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, ALBON, 426 p.*

» *Duser, M., Dreesen, R., & De Naeyer, A., 2009. Natuursteen in Vlaanderen, versteend verleden, Kluwer, Mechelen, 562 p.*

» *Hayen, R., Fontaine, L., De Clercq, H., De Ceukelaire, M. & Van Driessche, T., 2014. Diestiaan ijzerzandsteen: de erfgoedsteen van het Hageland, 5de Vlaams-Nederlandse Natuursteendag (eds. De Clercq, H.,*

& Quist, W.), Geological Survey of Belgium, Professional Paper 2014/1, No 316, pp. 87-102

» *Vicentini, C., Jovanovic, M., & De Clercq, H., 2012. Influence of Extreme Moisture and Salt Load on the Consolidation Properties of TEOS – Part II : Strengthening Effect and Salt Profiles, Restoration of Buildings and Monuments, Vol. 18, No 2, pp. 71-80*

Technische fiche ijzerzandsteen

Referentiebenaming	Diestiaan-ijzerzandsteen
Commerciële benaming	/
Type natuursteen	glauconietrijke ijzerzandsteen
Andere benamingen	/
Vindplaats	heuvels van het Hageland en hun uitlopers naar de Zuiderkempem en de Brabantse leemstreek
Variëteiten	/
Groeve	niet beschikbaar
Geologische ouderdom	Laat Mioceen

Macroscopische beschrijving

Roestbruine, meestal middelkorrelige, glauconietrijke zandsteen met ijzerhoudend bindmiddel (limoniet).

Microscopische beschrijving

De mineralogische samenstelling van de zandfractie wordt sterk overheerst door kwarts- en glauconietkorrels. Het glauconietgehalte bedraagt tussen 25 en 50% van de zandfractie. Graafgangen van zeewormen

(bioturbaties) kunnen lokaal een sterk afwijkende kwarts/glauconiet verhouding vertonen. De korrelgrootte kan variëren van fijn tot grof maar vooral middel-grove zandkorrels komen voor. De sorteringsgraad is over het algemeen matig tot goed. De kwartskorrels zijn subhoekig tot afgerond. De glauconietkorrels kunnen zowel relatief fris (groen), matig verweerd (bruin) als sterk verweerd (zwart) zijn, en dit zelfs op centimeter schaal.

Limonietcement zorgt voor de samenhang van de zandkorrels. Volgens de cementatiegraad vervult het cement zowel de rol van contact- als van poriëncement. Het aandeel aan macroporiën in de grootte-orde van 100 µm daalt met toenemend cementgehalte.

Technische kenmerken

Kenmerk	Norm	Eenheden	Aantal proefstukken	Proefresultaten*			
				gem.	σ	E-	E+
Schijnbare volumieke massa	EN 1936	kg/m ³	57	2070	179	1670	2410
Porositeit	EN 1936	vol%	57	31.1	4.8	22.0	44.9
Druksterkte	EN 1926	N/mm ²	37	14.0	9.9	2.1	37.2
Vorstbestendigheid	EN 12371		18	variabel van niet tot zeer vorstbestendig			

* gem. = gemiddelde, σ = standaardafwijking, E- = minimaal te verwachten waarde en E+ = maximaal te verwachten waarde

HISTORISCH GEBRUIK VAN DIESTIAAN IJZERZANDSTEEN IN HET HAGELAND

Thomas Van Driessche¹ @

Samenvatting

Tijdens de volle middeleeuwen (11^{de} - 13^{de} eeuw) en de late middeleeuwen (14^{de} - 15^{de} eeuw) werd ijzerzandsteen in het Hageland op grote schaal gebruikt als bouwsteen. In de nieuwe tijden (16^{de} - 18^{de} eeuw) verminderde het gebruik van ijzerzandsteen. De lokale steen werd in deze periode hoofdzakelijk toegepast aan utiliteitsgebouwen en constructies die blootgesteld waren aan stromend water, zoals watermolens, bruggen, sluizen, enz. In de 19^{de} eeuw en de eerste helft van de 20^{ste} eeuw werd ijzerzandsteen alleen nog gewonnen voor restauratiedoeleinden.

Sleutelwoorden

Diestiaan ijzerzandsteen
Steengroeven
Gotische architectuur in de
Demerstreek
Monumentenzorg

¹ Erfgoedonderzoeker agentschap Onroerend Erfgoed, Brussel
@ thomas.vandriessche@rwo.vlaanderen.be



Fig. 1: Kortrijk-Dutsel, de toren van de Sint-Catharinakerk (11^{de}-12^{de} eeuw).

IJzerzandsteen of **grauwe steen**, zoals deze steensoort in het Hageland genoemd werd, werd reeds door de Romeinen gebruikt als bouwsteen. Tussen 1979 en 1983 werd in Bierbeek de kelder van een Gallo-Romeinse villa uit de 2^{de} eeuw blootgelegd die volledig bestond uit regelmatig gekapte ijzerzandsteenblokken. Het ging vermoedelijk om Brusseliaan of Tongeriaan ijzerzandsteen.

In het Hageland zijn vooralsnog geen gebouwen of constructies uit de vroege middeleeuwen (ca. 500-1000) bekend waaraan ijzerzandsteen is toegepast. Vanaf de 11^{de} eeuw, maar mogelijk al iets vroeger, begon men in het Hageland en het westen van de huidige provincie Limburg ijzerschollen en ruw gekapte ijzerzandsteen te gebruiken voor de bouw van kerken. Een van de oudste bewaard gebleven gebouwen waaraan ijzerzandsteen werd toegepast, is de vroeg-romaanse toren van de Sint-Catharinakerk in Kortrijk-Dutsel (11^{de} - 12^{de} eeuw) (fig. 1).

IJzerzandsteen werd vanaf de 11^{de} eeuw ook gebruikt voor de bouw van donjons. Bij archeologisch onderzoek van de Tafelrondmote op de Warande in Diest kwamen de funderingen van een middeleeuwse burchtoren aan het licht die mogelijk dateert uit het laatste kwart van de 11^{de} eeuw. De muren van deze vierkante toren waren ca. 2,60 m dik en bestonden volledig uit ijzerzandsteen. De ruimte tussen de muren aan de buiten- en binnenzijde was opgevuld met een mortel van kalk, vermengd met ijzerschollen (kistwerk).

Vanaf de 13^{de} eeuw hadden de kerken in het Hageland doorgaans een parement van regelmatig gehouwen stenen of **ordunen**, zowel aan de binnenzijde als aan de buitenzijde. Voor het kernmetselwerk bleef men echter ijzerschollen gebruiken, vermengd met mortel. Deze bouwwijze bleef tot ver in de 14^{de} eeuw in gebruik.

Vanaf de 13^{de} eeuw begon men in het Hageland steeds meer natuursteen uit naburige regio's in te voeren, met name witte steen (Gobertangesteent, Brusseliaanse steen en Ledesteent). De geïmporteerde natuursteen was echter beduidend duurder dan de lokale ijzerzandsteen vanwege de hoge transportkosten. IJzerzandsteen werd niet uitgevoerd naar de naburige regio's. De afstand tussen de groeve en de bouwplaats bedroeg zelden meer dan 30 kilometer. IJzerzandsteen is nooit het voorwerp van een interregionale steenhandel geweest, zoals Ledesteent en blauwe hardsteent.

De gotische kerken in de Demerstreek werden vroeger vaak aangeduid met de term 'Demergotiek'. Deze term werd in 1935 bedacht door Stan Leurs (1893-1973), hoogleraar kunstge-

schiedenis aan de Rijksuniversiteit Gent. Leurs beschouwde de 'Demergotiek' als een variant van de 'Brabantse gotiek'. Belangrijke kenmerken van de 'Demergotiek' waren volgens hem zuilen en halfzuilen zonder kapitelen en de regelmatige afwisseling van ijzerzandsteen en kalkzandsteen in het metselwerk ('speklagen'). De term 'Demergotiek' wordt tegenwoordig niet meer gebruikt door kunst- en architectuurhistorici. Hij suggereert immers dat er in de Demerstreek een aparte architectuurschool bestaan zou hebben, wat zeker niet het geval was. Dit neemt echter niet weg dat de specifieke eigenschappen van ijzerzandsteen een invloed kunnen hebben gehad op de uitvoering van bepaalde architecturale details.

Uit de archiefbronnen blijkt dat er in de late middeleeuwen ijzerzandsteengroeven waren in Leuven, Rotselaar, Wezemaal, Langdorp, Zichem, Diest, Zelem en Schaffen. Hoogstwaarschijnlijk werd er ook op andere plaatsen ijzerzandsteen gewonnen. Veel archiefbronnen zijn echter in de loop der tijden verloren gegaan.

IJzerzandsteen werd in de late middeleeuwen niet alleen gebruikt voor de bouw van kerken en kapellen maar ook voor de bouw van stadsmuren, stadspoorten, watermolens, brugpijlers en kademuren. Rijke stedelingen gebruikten ijzerzandsteen daarenboven voor hun woonhuizen. In Diest kan men nog enkele stadswoningen uit de periode 1450-1550 aantreffen waarvan de onderbouw en de gewelfde kelders uit ijzerzandsteen bestaan, soms gecombineerd met baksteen voor de gewelven, zoals huis 'De Roskam' aan de Allerheiligenberg en huis 'De Fortuyn' op de hoek van de Guido Gezellestraat en de Felix Moonsstraat. De bovenbouw



Fig. 3: Aarschot, de Onze-Lieve-Vrouwekerk.

van deze huizen bestond uit vakwerk.

IJzerzandsteen uit Rotselaar (in de archiefbronnen 'Rotselaarsteen' genaamd) stond hoger aangeschreven dan ijzerzandsteen uit andere winningsgebieden. De steengroeven van Rotselaar behoorden in de 15^{de} eeuw toe aan de heren van Rotselaar, die ze verpachtten aan groevemeesters. Deze groevemeesters

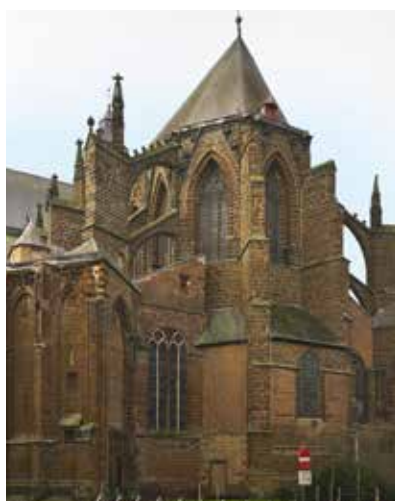


Fig. 2: Diest, het koor van de Sint-Sulpitiuskerk.

waren zowel steenhouwers als steenhandelaars. De ijzerzandsteen werd bij de groeve in de juiste vorm gehouwen en kant en klaar op het bouwterrein afgeleverd. De groevemeesters van Rotselaar leverden onder meer steenhouwwerk (zuilen, bogen, gewelfribben, traptreden, enz.) voor de Sint-Sulpitiuskerk in Diest (fig. 2). Aan de abdij van Tongerlo leverden ze gewone bouwstenen en traptreden. Aan de stad Leuven leverden ze bouwstenen voor kademuren.

Vanaf ca. 1480 maakten de steengroeven in Langdorp een sterke opgang. Steven van den Putte alias van Langdorp leverde omstreeks 1510 ijzerzandsteen voor drie in opbouw zijnde gotische kerktorens (Diest, Geel en Testelt). Naast gewone bouwstenen leverde hij ook steenhouwwerk.

Tot 1480 gebruikten de kerkmeesters van de Sint-Sulpitiuskerk in Diest uitsluitend Rotselaarsteen en Gobertangesteenteen voor het steenhouwwerk van hun kerk. De steengroeven in Diest

en omstreken leverden alleen gewone bouwstenen en scholten voor funderingen. Hoewel de kerkmeesters vanaf 1480 ook bouwstenen en steenhouwwerk bestelden bij de steenhouwers van Langdorp, bleven ze tot in de jaren 1520 insisteren op het gebruik van Rotselaarsteen voor maaswerk en roosgaten.

Vanaf het eind van de 15^{de} eeuw begon het gebruik van ijzerzandsteen achteruit te gaan. De late gotiek in het Hageland had een uitgesproken voorkeur voor witte steen. In Diest kreeg de Sint-Sulpitiuskerk tussen 1504 en 1538 een nieuwe toren die aan de buitenzijde volledig bekleed was met witte steen (Gobertangesteenteen), terwijl het portaal en de trappen werden uitgevoerd in blauwe hardsteen. IJzerzandsteen werd alleen nog gebruikt voor de bekleding van het interieur. In Aarschot werd het bovenste deel van de toren van de O.-L.-V.-kerk in kalkzandsteen uitgevoerd, terwijl het onderste deel nog uit speklagen van ijzerzandsteen en kalkzandsteen opgetrokken was (fig. 3).

In Wezemaal kreeg de Sint-Martinuskerk in het laatste kwart van de 15^{de} eeuw een toren van witte steen, hoewel het schip uit ijzerzandsteen bestond. Alleen in de landelijke parochie Testelt werd nog een kerktoren uit ijzerzandsteen opgetrokken (1511). Ook in de profane architectuur ging het gebruik van ijzerzandsteen achteruit. De adel in het Hageland bouwde nu hoofdzakelijk in baksteen. Het gebruik van natuursteen bleef beperkt tot hoekkettingen, raam- en deurkozijnen, banden en lijsten. Kapitaalkrachtige bouwheren zoals de hertog van Aarschot en de graaf van Nassau gaven hierbij de voorkeur aan witte steen, minder kapitaalkrachtige bouwheren

namen genoeg met de lokale ijzerzandsteen.

Over de oorzaken van deze achteruitgang lopen de meningen uiteen. Volgens sommige auteurs zou de achteruitgang te wijten zijn aan een gebrek aan ijzerzandsteen van goede kwaliteit. De beste ijzerzandsteen zou reeds in de middeleeuwen ontgonnen zijn. Door de kwaliteitsproblemen zouden bouwheren en aannemers zich van de lokale ijzerzandsteen hebben afgewend. Tegen deze hypothese pleit echter dat ijzerzandsteen tot aan het eind van het ancien régime in gebruik bleef voor utiliteitsgebouwen zoals watermolens. Voor deze specifieke toepassing was er blijkbaar geen gebrek aan goede

ijzerzandsteen. Dit doet vermoeden dat de achteruitgang van ijzerzandsteen niet alleen te wijten was aan een kwaliteitsprobleem maar dat ook esthetische overwegingen een rol speelden, waarover verder meer.

Na het uitbreken van de Tachtigjarige Oorlog (1568-1648) ging de bouwactiviteit in het Hageland sterk achteruit, ten gevolge van de algemene onveiligheid en de economische recessie. Dit had een weerslag op de natuursteenexploitatie. In Rotselaar lag de exploitatie van de steengroeven stil van 1578 tot aan het Twaalfjarig Bestand (1609-1621). Ook in Langdorp werd er in die periode zo goed als geen ijzerzandsteen meer gewonnen.



Fig. 4: Aarschot, de 's-Hertogenmolens. De onderbouw en de pijlers bestaan nog gedeeltelijk uit ijzerzandsteen.

In Rotselaar werd de steengroeve op de Middelberg vanaf 1615 weer verpacht. De baronie Rotselaar was ondertussen in het bezit gekomen van de hertogen van Arenberg. In de jaren 1650 hadden grote ontginningscampagnes plaats op de Middelberg. Met toestemming van de hertog haalden de jezuïeten van Leuven grote steenblokken uit de groeve voor de bouw van hun nieuwe kerk in Leuven (de huidige Sint-Michielskerk). De stad Leuven pachtte de groeve tussen 1658 en 1660 om stenen te winnen voor herstelwerkzaamheden aan de kaaimuren en watermolens in de stad. Van 1660 tot 1665 werd de groeve rechtstreeks geëxploiteerd door de hertogelijke administratie die er stenen liet kappen voor de herbouw van de watermolen van Rotselaar. Na 1666 werd de groeve niet meer verpacht bij gebrek aan kandidaat-pachters. De hertogelijke administratie exploiteerde de groeve alleen nog voor eigen gebruik, vooral voor herstelwerkzaamheden aan de hertogelijke watermolens in Rotselaar en Aarschot (fig. 4).

Bij de grote ontginningscampagnes in de jaren 1650 en 1660 waren verschillende ploegen betrokken. Een ploeg groevarbeiders kapte de stenen los in de groeve onder toezicht van een werkmeester, terwijl karlieden aarde, stenen en puin met paard en kar uit de groeve voerden. Buiten de groeve werden de stenen gekapt door een ploeg steenhouwers o.l.v. een meester-steenhouwer. Vervolgens werden de stenen door voerlieden met grotere wagens, gespannen met twee of drie paarden, naar de bouwplaats gevoerd. Daar werden de stenen verder afgewerkt. De steenhouwers en groevarbeiders werden bijgestaan door een plaatselijke smid die hun beitels scherpte

en zo nodig nieuwe werktuigen maakte. Een lokale brouwer leverde regelmatig bier voor de werklieden. De rentmeester van de hertog stond in voor de algemene coördinatie.

Bij de exploitatie van de steengroeve in Rotselaar kwamen grote hoeveelheden 'quade stenen' vrij, die ongeschikt waren als bouw materiaal. Deze 'quade stenen' werden met paard en kar uit de groeve gevoerd omdat ze de groevarbeiders hinderden. IJzerzandsteen is geen homogene steen. De kwaliteit ervan varieerde van winningsgebied tot winningsgebied, van groeve tot groeve en zelfs van laag tot laag binnen een zelfde groeve. Vandaar dat de exploitanten van de steengroeven en de bouwheren strenge kwaliteitscriteria hanteerden.

In de 17^{de} eeuw werd ook ijzerzandsteen gewonnen in Langdorp, Testelt en in de omgeving van Diest. De natuursteenexploitatie was er onregelmatig en kleinschalig. De steengroeven in Langdorp leverden onder meer ijzerzandsteen voor de zijkapellen van de basiliek in Scherpenheuvel en voor de nieuwe abdijkerk in Averbode.

In 1750-1752 leverden de steengroeven in Rotselaar ijzerzandsteen voor de bouw van sluizen en duikers langs de Leuvense Vaart, een nieuw kanaal dat Leuven verbond met de Zenne. De stad Leuven had in 1750 een octrooi gekregen van Maria Theresia voor het graven van dit kanaal. Met name de Leuvense brouwers waren vragende partij voor het kanaal, waarvan ze grote economische voordelen verwachtten. Er werden drie sluizen gebouwd: in Kampenhout, Mechelen en aan het Zennegat in Battel. Er werden ook verschil-

lende duikers onder het kanaal aangelegd en er werden zeven bruggen gebouwd. Voor al deze constructies waren bouwstenen van groot formaat nodig. De stad Leuven wendde zich hiervoor tot de hertog van Arenberg, wiens steengroeven in Rotselaar zulke stenen konden leveren. De aanleg van de Leuvense Vaart gaf aanleiding tot het openen van twee nieuwe steengroeven op de Middelberg in Rotselaar.

In 1753 werd de Leuvense Vaart ingewijd maar enkele jaren later deden zich verschillende problemen voor waardoor het kanaal onbevaarbaar werd. De stad Leuven riep daarom de hulp in van de Oostenrijkse regering in Brussel, die omvangrijke herstelwerkzaamheden liet uitvoeren. De sluis in Mechelen werd vervangen door twee nieuwe sluizen (in Boortmeerbeek en Battel) en er werd een bijkomende sluis gebouwd in Tildonk. De hertog van Arenberg stelde ook voor deze bouwcampagne zijn steengroeven in Rotselaar ter beschikking. Tussen 1760 en 1763 werd er in Rotselaar opnieuw op grote schaal ijzerzandsteen gewonnen voor de bouw van de nieuwe sluizen langs de Leuvense Vaart.

Afgezien van deze grote ontginningscampagnes was de exploitatie van ijzerzandsteen in het Hageland veeleer onregelmatig en kleinschalig. In tegenstelling met de steengroeven in de streek van Gobertange en Brussel werden de steengroeven in het Hageland niet op een permanente, commerciële basis geëxploiteerd.

In de eerste helft van de 19^{de} eeuw raakte ijzerzandsteen als bouwsteen in onbruik. Openbare besturen en aannemers van openbare werken gebruikten de lokale grauwe steen niet langer voor sluizen, kaaimuren en brug-



Fig. 5: Geel, het Van Disselhuis, gebouwd in 1901-1902 door aannemer-architect August Leurs.

pijlers, het marktsegment waarin ijzerzandsteen zich het langst gehandhaafd had. De blauwe hardsteen uit Henegouwen verwerf nu ook in dit marktsegment een dominante marktpositie. Deze steensoort was al sinds de 16^{de} eeuw verkrijgbaar in het Hageland maar wegens de hoge transportkosten was hij zo duur dat hij lange tijd geen bedreiging voor de lokale ijzerzandsteen vormde. Met de komst van de spoorwegen kwam hier verandering in.

Vanaf het midden van de 19^{de} eeuw werd ijzerzandsteen alleen nog gewonnen voor de restauratie van historische gebouwen waaraan ijzerzandsteen was toegepast, zoals de Onze-Lieve-Vrouwekerk in Aarschot, de Sint-Sulpitiuskerk in Diest, de Maagdentoren in Zichem en de Sint-Amanskerk in Geel.

In Kelbergen, een gehucht van Schaffen, ontstond in het laatste kwart van de 19^{de} eeuw een commercieel geëxploiteerde steengroeve, die in gebruik bleef tot omstreeks 1950. 'Het Steenkot', zoals de groeve in de volksmond genoemd werd, leverde vooral ijzerzandsteen voor restauratieprojecten. Verschillende

restauratiearchitecten waren echter teleurgesteld over de kwaliteit van de ijzerzandsteen van Kelbergen. Voor gedetailleerd steenhoutwerk gaven ze daarom de voorkeur aan vervangende natuursteensoorten.

Ijzerzandsteen werd in het laatste kwart van de 19^{de} eeuw en de eerste helft van de 20^{ste} eeuw ook gebruikt als siersteen, zij het op beperkte schaal. Ijzerzandsteen is onder meer toegepast aan enkele herenhuizen in Geel, die ontworpen en gebouwd werden door de aannemer-architect August Leurs (1853-1916) (fig. 5). Ijzerzandsteen is ook toegepast aan het Monument voor de Weerstand in Diest (1946) (fig. 6).

Ijzerzandsteen wordt vandaag algemeen gewaardeerd om zijn warme, roestbruine kleur maar vroeger was dat allerm minst het geval. Van de 16^{de} tot de 19^{de} eeuw genoot de steen weinig aanzien. Ijzerzandsteen werd gewaardeerd om zijn technische eigenschappen voor specifieke toepassingen maar niet om zijn kleur. Pas aan het eind van de 19^{de} eeuw zou de esthetische appreciatie geleidelijk aan veranderen.

Wanneer ijzerzandsteen werd toegepast aan gebouwen, werd hij doorgaans van pleister- en verflagen voorzien. Dat was met name het geval met kerkinterieurs. Romaanse kerkjes die opgetrokken waren uit ijzerschollen, werden allicht ook aan de buitenzijde van een afwerkingslaag voorzien. Bij de grote gotische kerken in Aarschot en Diest bleef de architectuurpolychromie aan de buitenzijde echter beperkt tot de portalen, de vensters en de sculpturen.



Fig. 6: Diest, monument voor de Weerstand.

IJZERZANDSTEEN, EEN IJZERSTERKE TROEF VOOR NOORD-HAGELAND

HET BELANG VAN IJZERZANDSTEEN VOOR STREEK-
IDENTITEIT, RECREATIE EN TOERISME IN DE REGIO

Stefan Smets¹ @

Samenvatting

De ijzerzandsteen heeft zijn stempel gedrukt op het Hageland. Niet alleen het landschap maar ook de natuur en de mens ondervinden er invloed van, rechtstreeks maar ook onrechtstreeks. De steen zelf bepaalt de identiteit van Noord-Hageland. Als bouwsteen duikt hij overal op: in gewone muurtjes tot in statige gebouwen en kerken in Demergotiek. Verlaten groeves zijn getuigen van een eeuwenoud gebruik. Onrechtstreeks maakt Diestiaan perziken- en druiventeelt mogelijk en vindt men typische vegetaties terug op de heuvels. Door verschillende projecten versterkt Regionaal Landschap Noord-Hageland vzw de streekidentiteit. Daarnaast bestaan er diverse toeristische producten om deze identiteit in de verf te zetten en kenbaar te maken bij bezoekers.

Sleutelwoorden

Hageland
Gebruik en gebouwen
Ijzerzandsteen
Rivieren
Druiven- en perzikteelt
Streekidentiteit
Recreatie en toerisme

¹ Regionaal Landschap Noord-Hageland vzw
@ stefan.smets@rlnh.be

Inleiding

Bij de naam Hageland denkt men spontaan aan 'hagen' en dus een streek waarvan het landschap bepaald zou kunnen zijn door hun aanwezigheid, een soort 'coulisselandschap'. De naam verwijst echter naar de betekenis 'dichte kreupelbossen'. Vandaag vindt men daar in het landschap enkel nog relictten van. In de loop van de 19^{de} eeuw ging heel wat bos voor de bijl om landbouwgrond te creëren. Waar men misschien minder snel aan denkt, maar wat wel meteen opvalt als men het Hageland binnenrijdt, zijn de heuvels die zich grofweg van het westen naar het oosten uitstrekken. Deze heuvels zijn ontstaan in het Laat-Mioceen. De

zeespiegel steeg en heel Vlaanderen kwam onder water te liggen, zo ook het Hageland. De zgn. Diestiaanzee trok zich op relatief korte tijd terug waardoor de zandbanken plots bloot kwamen te liggen. Het zand van de Diestiaanzee bevat een hoog percentage aan glauconiet, een mineraal dat voor een stuk uit ijzer bestaat. Na het terugtrekken van de Diestiaanzee reageerde het ijzer met zuurstof uit de lucht en oxideerde tot limoniet. De 'roest' die zo ontstond deed het zand aaneenkitten tot ijzerzandsteen. De ijzerzandstenen boden meer weerstand aan de latere erosie en vormden de huidige Hagelandse heuvels. Omdat ze getuigen van de Diestiaanzee worden ze ook getuigenheuvels genoemd.

Invloed ijzerzandsteen

Het spreekt voor zich dat deze heuvels en ondergrond niet alleen een invloed uitoefenden op het landschap en de natuur maar ook op het leven van de inwoners.

Ecologie

Ecologisch gezien herbergen de ijzerzandsteenheuvels een typische natuurlijke rijkdom. Ze zijn weinig doordringbaar voor water en door de afwisseling tussen nat en droog, schaduw en zon zorgt dit voor een microklimaat met een aantal unieke biotopen. Heel wat planten en dieren vinden er een waardevol leefgebied zoals de hazelworm, levendbarende hagedis, struikheide en brem.



Groeve Wijngaardberg.
Foto Stefan Smets

Vlinders als de Spaanse vlag en melkdrupje vinden er ideale plekjes om zich op te warmen. Een aantal gebieden worden beheerd door ANB en Natuurpunt en zijn opengesteld voor het publiek.

Riviervalleien

In de valleien tussen de Diest-iaanheuvelds vind je beken en rivieren terug, zoals de Winge, Motte, Demer,... De Demer speelde een niet te miskennen rol voor de valleibewoners. Tot in de vorige eeuw werden over deze rivier nog goederen in schepen getransporteerd, waaronder ijzerzandsteen. Overblijfselen van dit gebruik vindt men nog terug in 'amers', voormalige aanlegplaatsen voor schepen. Het is een verbastering van 'aanmeer'. Voor de grote Demerwerken tussen 1975 en 1995 kon je die effectief waarnemen door de aanwezigheid van arduinen, ronde palen. Tal van plaatsnamen verwijzen naar de amers: denk maar aan de Amerstraat in Aarschot, of de Kaai in Diest, Rosemeir-amer in Rillaar, Amerbeemd in Betekom...

Een minder aantrekkelijke kant van de Demer liet zich in het verleden kennen door overstromingen. Momenteel wordt met het Strategisch Project Demer gestreefd naar een nieuwe inrichting van de Demervallei waarin functies zoals landbouw, wonen, recreatie en waterberging met elkaar verweven worden.

Op de waterlopen werden ook watermolens gebouwd, vaak in ijzerzandsteen.

Mens

–Bouwkunde

Ook de ijzerzandsteen heeft zijn invloed gehad op het leven van de mensen uit de streek, en nu nog. De roestbruine steen is alomtegenwoordig in het Hageland, van kerken en woonhuizen, van



Sint-Pieterskerk, Testelt.

Foto Stefan Smets

tuinmuurtjes tot watermolens, van ijskelders tot waterputten... De stenen werden op verschillende manieren 'ontgonnen'.

Bij het bewerken van het land zaten ze duchtig in de weg en werden de stenen aan de kant gegooid. Mensen gebruikten deze harde 'schollen' als gratis bouwsteen in muurtjes en bij het bouwen van huizen. In de zijgevels zie je vaak een zaagtandmotief met baksteen aan de hoeken. De dure baksteen diende voor de stevigheid, terwijl de ijzerzandsteen een besparing betekende.

In echte groeves werd ijzerzandsteen in grote blokken gedolven, die verder verzaagd werden tot een bruikbare bouwsteen. Dit soort stenen werd gebruikt voor kerken, grotere gebouwen, torens,...

Het gebruik van deze steen gaat terug tot aan de Romeinen (kelders) en beleefde zijn hoogtepunt in de Demergotiek omstreeks de 13^{de} eeuw. In de barok kwam het gebruik van gobertange in opmars. Deze grijze, bleke steen werd vaak gecombineerd met de ijzerzandsteen. Vanaf de 19^{de} eeuw en vooral de 20^{ste} eeuw waren de meeste gebouwen in ijzerzandsteen aan restauratie toe. Een aantal groeves werden daartoe heropend, maar vol-

stonden niet om aan de behoefte te voldoen. Men nam vaak zijn toevlucht tot ijzerzandsteen van een andere herkomst, bv. Brusseliaan. Het gevolg is dat dit esthetisch niet altijd geslaagd is wegens kleurverschil of verschil in textuur.

–Landbouw

De Diestiaanheuvelds spelen een belangrijke rol in bepaalde landbouwteelten. In het Hageland is fruitteelt (appel, peer, pruim) een belangrijke bron van inkomsten, maar vooral de druiven en perziken profiteren van de ijzerzandsteen. De combinatie van het microklimaat van de zuidelijk gerichte hellingen met de warmteabsorberende capaciteiten van de ijzerzandsteen is ideaal voor de teelt van druiven en perziken. Druiven worden o.a. geteeld in Tielt-Winge, Sint-Pieters-Rode en Wezemaal. Gelrode is dan weer de draaischijf van de perziken-teelt.

Druiven kunnen gedijen omdat de steen de warmte van de zon opslorpt zodat het ook 's avonds aangenaam zacht blijft. Daardoor kunnen de druiven nog wat narijpen. De complexe bodem van ijzerzandsteen, leem, klei, mergel en zand geeft de wijn haar complexiteit.

Een gemiddelde wijngaard heeft 1800 tot 2000 uren zon nodig per jaar. Vroegrijpe witte druiven hebben echter voldoende aan 1100 uren. In ons land schijnt de zon gemiddeld 1500 uren per jaar, daarom rijpen er vooral witte druivensoorten in het Hageland. De gemiddelde jaartemperatuur van 11°C en het extra duwtje dat de ijzerzandsteen geeft, maakt van het Hageland al sinds de middeleeuwen één van de meest noordelijke wijngebieden van Europa. In de 12^{de} eeuw had Godfried I, Hertog van Brabant, een wijngaard in Leuven, en in de 13^{de} eeuw doken de eerste wijngaarden op in Aarschot, Diest en Hoegaarden. Op de Wijngaardberg in Wezemaal vindt men nog de restanten van 'de steenen muur'. Deze ijzerzandstenen muur werd in de 19^{de} eeuw op rug van de heuvel gebouwd,

ter bescherming van de gevoelige wijnranken op de helling tegen de gure noordenwind en als barricade tegen ongewenste dieren uit de hoger gelegen bossen. Sinds 1997 is Hagelandse wijn officieel erkend als 'kwaliteitswijn met gecontroleerde oorsprongsbenaming'.

Perziken werden rond 1900 de eerste keer geplant in Gelrode. De zoete vruchten vielen in de smaak, de vraag steeg en tot midden jaren 1960 was het Hageland dé perzikstreek bij uitstek. Enkele tegenvallende oogsten en de concurrentie met de Italiaanse en Franse perzikexport zorgden ervoor dat er sindsdien veel telers afhaakten. Ludo Rosseels uit Gelrode teelt en verkoopt als enige nog perziken op redelijk grote schaal. Daarnaast kweken gedreven liefhebbers oude variëteiten opnieuw op.

Streekidentiteit en toerisme

Streekidentiteit

Het Regionaal Landschap Noord-Hageland erkent de Diestiaan ijzerzandsteen als belangrijk element in de vorming van de streekidentiteit en als troef voor de regio. Het RLNH werkt daarom sinds enkele jaren rond de bekendmaking van deze troef in de regio en aan de heropleving van toepassingen, gebruik en mondelinge overlevering van streekgebonden verhalen.

– IJzerzandsteenstuurgroep

In 2007 richtte het RLNH een stuurgroep op met als centraal thema de restauratieproblemen met gebouwen in ijzerzandsteen. De vraag naar materiaal stijgt naarmate meer restaura-



Muur op de Wijngaardberg.
Foto Stefan Smets

ties zich opdringen terwijl alle groeves in de regio gesloten zijn. Deze werkgroep bestaat uit vertegenwoordigers van o.a. KBIN-BGD, ALBON, KIK, VITO, VIOE, K.U.Leuven, U.Gent, ANB... Volgende thema's werden besproken: het verder in kaart brengen van restauratiebehoefte, onderzoek naar de eigenschappen van ijzerzandsteen en de inventarisatie van potentiële ijzerzandsteengroeves voor mogelijk extra ontginning.

In de zoektocht naar bruikbare ijzerzandsteen werden na een proces van overleg en selectie in opdracht van ALBON in 2011 boringen gedaan op 4 locaties, nl. in het Gasthuisbos (Lubbeek), op de Roeselberg (Herent), Middelberg (Rotselaar) en Beninksberg (Rotselaar), met als uitbreiding de Langenberg in Diest. De stalen werden geanalyseerd door het KIK en WTCB. Zo blijkt de Langenberg een veelbelovende locatie te zijn.

–Herstel en de openstelling van groeven en het plaatsen van infoborden.

In het 'Schollenkot' in Tienbunderbos (Rillaar) werden vroeger schollen geraapt als goedkoop bouw materiaal. Later werd het echter een sluikestort dat in 2012 samen met Natuurpunt opgeruimd werd. Een infobord vertelt de passanten meer over ijzerzandsteen, de geschiedenis van de locatie en het gewenste toekomstbeeld. Andere groeves waar infoborden werden geplaatst zijn de Ossenberg (Tielt-Winge), de Eikelberg (Gelrode), de Wijngaardberg (Wezemaal) en het Steenkot (Kelbergen - Diest).

–Winteravonden

Tijdens de Winteravonden belichten we een natuur- of landschapsthema eigen aan het

regionaal landschap Noord-Hageland i.s.m. CVN Vlaams-Brabant vzw, stad Aarschot, ANB, provinciedomeinen 'Halve maan' en Natuurpunt bezoekerscentrum 'Huize Ernest Claes'. Bijvoorbeeld lesdagen rond ABC Demervallei en ijzerzandsteen voor de vorming 'streekgidsen Hageland' door CVO, een lezing over ijzerzandsteen...

–Fototentoonstelling

Met een nieuwe mobiele fototentoonstelling over het ontstaan en gebruik van ijzerzandsteen in de regio kan het RLNH nog meer mensen bereiken. Ze wordt o.a. opgesteld in de verschillende gemeentehuizen en op evenementen.

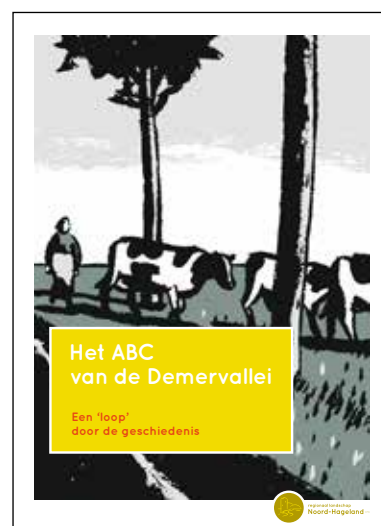
–Het 'ABC van de Demer'-project

Het 'ABC van de Demer'-project brengt de inwoners van de regio weer in contact met hun riviervallei om de band met het landschappelijk erfgoed terug aan te halen en maakt de sporen van vroeger landschapsgebruik voor de inwoners en bezoekers leesbaar. De Demervallei wemelt immers van landschapselementen die getuigen van het vroeger landgebruik: turfputten, vloeivelden, stuwen en sluisjes, amers en coupures, schansen en andere

militaire bouwsels, steenbakkerijen, broekbossen en watermolens wisselen elkaar af op een relatief kleine oppervlakte. De belangrijkste ingrediënten in dit project zijn participatie, streekkarakter, historisch ecologie, cultuurhistorie en mondelinge zowel als geschreven bronnen rond streekidentiteit vertalen naar het brede publiek. Op die manier hopen we niet alleen bij te dragen aan meer aandacht en draagvlak bij de inwoners voor deze authentieke cultuurlandschappen en de verhalen eromheen, met een verhoogde streekkennis als resultaat, maar ook aan een verhoogd gevoel van streekbewustzijn en -identiteit, met daaruit voortvloeiend streekenthousiasme. Streekidentiteit is wat mensen bindt met elkaar en met het landschap waarin ze leven.

–Brochures

Met onze brochures 'Ijzerzandsteen - een ijzersterke troef van Noord-Hageland' en 'Het ABC van de Demervallei - een 'loop' door de geschiedenis' informeren we respectievelijk over ijzerzandsteen en het landgebruik waarbij aan de hand van het alfabet typische streekeigenschappen aan bod komen.





Hoogstamboomgaard.
Foto Stefan Smets

Toerisme

– Toerisme en recreatie

Niet alleen ijzerzandsteen zelf is een toeristische troef voor Noord-Hageland maar ook de afgeleiden daarvan. De uitbouw van diverse toeristische producten kunnen het aantal bezoekers doen stijgen.

De fruitteelt bijvoorbeeld betekent niet alleen een bron van inkomsten uit de verkoop van fruit maar maakt het landschap in het voorjaar extra aantrekkelijk door de bloesems wat zeer interessant is vanuit toeristisch oogpunt. Vooral de zeldzamere hoogstamboomgaarden zijn ware pareltjes met een hoge ecologische waarde en vormen een bron van quasi verdwenen variëteiten. In navolging van Haspengouw ontdekken fietsers en wandelaars meer en meer Noord-Hageland. De brochure 'Bloesem- en Fruitgids' van Toerisme Vlaams-Brabant wijst mensen de weg naar het Hageland.

Ook de wijnbouw in het Hageland wordt als toeristisch product ontwikkeld. Verschillende van de wijnbedrijven kan men bezoeken, in combinatie met een bezoek aan de wijngaarden op de ijzerzandsteenheuvels. Toerisme

Vlaams-Brabant vzw ontwikkelde een brochure 'Wijngids Hageland', thematische recreatieroutes en informatieborden aan de wijngaarden die telkens naar de link met het landschap verwijzen.

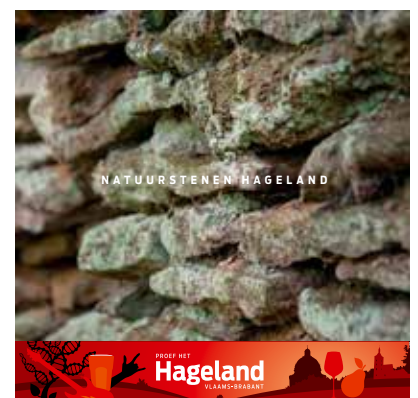
Naast bestaande wandel- en fietstochten is er het fietsknooppuntennetwerk, het wandelnetwerk Hagelandse Heuvels en het ruiternetwerk. Het alombekende knooppuntensysteem maakt het de bezoeker makkelijk om zelf zijn tocht uit te stippelen en deze op een eenvoudige manier te volgen door de duidelijke bewegwijzering. Op de website van Toerisme Vlaams-Brabant kan je bv. reeds uitgestippelde en thematische routes terugvinden.

Regionaal Landschap Noord-Hageland vzw stelde verschillende landschapswandelingen in de regio samen en bundelde die met Toerisme Vlaams-Brabant in een wandelbox. De wandelingen volgen hetzelfde knooppuntennetwerk.

In het Hageland zijn er heel wat logie- en recreatiemogelijkheden, al dan niet gelinkt aan ijzerzandsteen. Informatie hierover is ruim beschikbaar via toeristische kantoren, gemeenten, internet...

– Toeristische brochure 'Natuurstenen Hageland'

Om natuursteen en meer bepaald de ijzerzandsteen voor Noord-Hageland als vormer van streekidentiteit extra te benadrukken en te promoten als toeristische trekpleister werd in een LEADER-project de publicatie van een toeristische brochure over natuursteen in het Hageland gerealiseerd. Samen met Regionaal Landschap Noord- en Zuid-Hageland vzw bundelde Toerisme Vlaams-Brabant informatie over ijzerzandsteen uit Noord-Hageland enerzijds, en gobertange en Tiens kwartsiet uit Zuid-Hageland anderzijds in de brochure. Daaraan gekoppeld wordt een thematische fiets- en wandeltocht beschreven en vindt de lezer informatie over logies, activiteiten, verhalen en streekproducten die op een of andere manier met natuursteen verbonden zijn. Om in te spelen op de populariteit van geocaches werd er eveneens een ontwikkeld rond ijzerzandsteen. Alle info over de publicaties, routes... zijn terug te vinden op de websites van de betrokkenen.



Conclusie

De combinatie van al deze speerpunten maken van Noord-Hageland een regio met een sterke streekidentiteit. Een regio die eruit springt dankzij de unieke troef ijzerzandsteen, zowel rechtstreeks als onrechtstreeks. Het blijft echter belangrijk de bestaande elementen zoals gebouwen, perziken- en druiventeelt, heide... te behouden en waar nodig te versterken. Hiervoor blijven inspanningen nodig zoals restauratie, onderzoek naar consolidatietechnieken, kleinschalige ontginning, aangepast beheer, herwaardering oude fruitsoorten... Daarnaast kunnen sensibilisatie en toeristische initiatieven deze identiteit sterk in de verf zetten.

Dankwoord

Dank aan alle medewerkers van de stuurgroep ijzerzandsteen voor de vruchtbare samenwerking van de afgelopen jaren, en natuurlijk aan Hilde De Clercq en Griet Verhaert voor het samen organiseren van deze studiedag.

Referentielijst

Een greep uit geraadpleegde werken en interessante links

- » *RLNH vzw, Brochure 'Ijzerzandsteen - een ijzersterke troef van Noord-Hageland', bijdruk 2012*
- » *RLNH vzw, Brochure 'Het ABC van de Demervallei - een 'loop' door de geschiedenis', 2011*
- » www.toerismevlaamsbrabant.be
- » www.rlnh.be
- » www.rlzh.be
- » <http://www.fietsnet.be/route-planner/default.aspx>
- » <http://www.wandelknoop-punt.be/wandelnetwerk.aspx?kaart=hagelandse-heuvels>
- » *AVERMAETE, T., MINNEN, B en ERMEN, E. VAN, BOLLENS, W. De wijnmuur van Wezemaal, unieke getuige van een wijnbouwproject uit de vroege 19^{de} eeuw, in: Monumenten en Landschappen, jg. 18, 1999.*
- » *BOS, K. en GULLENTOPS, F., Ijzerzandsteen als bouwsteen in en rond het Hageland, in: Bulletin de la Société belge de géologie / Bulletin van de Belgische vereniging voor geologie, jg. 99, 1990, nr. 2, p. 131-151.*
- » *Bouwen met ijzerzandsteen in de Demerstreek, in: Brabantse bouwmeesters Verhalen uit de Late Middeleeuwen, Provincie Vlaams-Brabant - Dienst Cultuur, s.d., p. 40*
- » *GULLENTOPS, F., L'origine des collines du Hageland, in : Bulletin de la Société belge de géologie / Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie, Leuven, jg. 66, 1957, pp. 81-85*
- » *VANDERHASSELT, P., De geologische formatie van ijzerzandsteen te Gelrode, in: Kempen en Hageland, 1936, nr. 2 (mei), pp. 20-22 (integraal in: Oude Land van Aarschot, jg. 24, 1989, nr. 3, (maart), pp. 43-46)*

STRUCTUREEL GEDRAG VAN MONUMENTEN IN DIESTIAAN IJZERZANDSTEEN

CASE STUDIES

Els Verstryngel¹, Dionys Van Gemert² en Sven Ignoul³

Samenvatting

De bouwkundige kracht van ijzerzandsteen, en meer bepaald van Diestiaan ijzerzandsteen, schuilt enerzijds in zijn kleur, esthetiek en herkenbaarheid die een determinerende factor zijn voor de identiteit van het Hagelandse bouwkundig erfgoed. Anderzijds heeft de ontginning van ijzerzandsteen een belangrijke impact gehad op de lokale economie en export, waardoor de ijzerzandsteen-groeves zelf deel zijn gaan uitmaken van ons (deels verloren gegane) historisch erfgoed. De zwakte van ijzerzandsteen daarentegen is zijn relatief beperkte druksterkte en heterogene mechanische eigenschappen die aanleiding geven tot ingrijpende verweringspatronen.

In deze bijdrage wordt gefocust op het effect van deze relatief zwakke mechanische eigenschappen op de optredende schade-mechanismen in monumenten gebouwd in Diestiaan ijzerzandsteen. Hierbij wordt veelvuldig gerefereerd naar case studies. Verder worden mogelijke technieken aangegeven die een oplossing kunnen bieden. De structurele beoordeling en aanpak van een monument in ijzerzandsteen vergt steeds case-specifiek maatwerk. Het huidige gebrek aan actieve groeves en dus aan kwaliteitsvolle vervangsteen noodzaakt een zoektocht naar alternatieven voor onderhoud en restauratie van de talrijke monumenten in Diestiaan ijzerzandsteen.

Sleutelwoorden

Schademechanismen
Case studies
Structureel gedrag
Restauratietechnieken
Versterkingstechnieken

1 Prof., KU Leuven Faculteit Architectuur Campus Sint-Lucas (@LUCA), Brussel & Gent
2 Prof., KU Leuven Departement Burgerlijke Bouwkunde, Leuven
3 I. Triconsult NV, Lummen
@ els.verstryngel@bwk.kuleuven.be

Inleiding: monumenten in Diestiaan ijzerzandsteen

Diestiaan ijzerzandsteen is onafscheidelijk verbonden met het Hagelandse erfgoed dankzij het veelvuldige gebruik van deze opvallende steensoort in vrijwel alle emblematische monumenten uit de regio. Dit gebruik varieert van toepassingen in de vorm van funderingen, plinten, speklagen, hoekstenen en bogen tot volledige constructies in ijzerzandsteen.

Aangezien Diestiaan ijzerzandsteen een relatief zachte natuursteen is, met een zeer grote heterogeniteit en kwaliteitsvariatie, kon deze steensoort slechts in beperkte mate gebruikt worden voor sculpturen. Dit leidde tot een lokale, vereenvoudigde variant van de Gotiek, "Demergotiek" genaamd. Na het hoogtepunt van de economische en demografische expansie van het Hageland (14^{de}-16^{de} eeuw), geraakte ook de ontginning en het gebruik van

Diestiaan ijzerzandsteen in verval. Vele belangrijke gebouwen in Diestiaan ijzerzandsteen zijn verdwenen, zoals bijvoorbeeld het kasteel Keizersberg in Leuven, en van vele kerken werd het schip in de 18^{de} en 19^{de} eeuw vervangen of uitgebreid met gebruik van baksteenmetselwerk (Bos, 1989; Bos & Gullentops, 1990).



Onze-Lieve-Vrouwekerk te Aarschot. De laatste grote restauratie dateert van 1970 - 1980. (tijdelijke heropening van groeve "Eikelberg")

Foto Verheyden & Verstreken, 2014



De Lakenhallen in Diest, met gebruik van Diestiaan ijzerzandsteen in muren, steunberen en als speklagen. Veelvuldige aanpassingen en herstellingen in baksteenmetselwerk.

Foto Verheyden & Verstreken, 2014



Detail van de Sint-Sulpitiuskerk te Diest, vaak beschouwd als een van de hoogtepunten van de Demergotiek. Gebruik van ijzerzandsteen voor metselwerk, sculptuurwerk en in lichtbogen.

Eigen foto



De Sint-Eustachiuskerk in Zichem, met toren in Diestiaan ijzerzandsteen en extensies in baksteenmetselwerk.

Eigen foto

Schadefenomenen en pathologie aan de hand van case studies

Onderstaande indeling van schademechanismen in natuursteen is ontleend aan de "Illustrated glossary on stone deterioration patterns" gepubliceerd door ICOMOS International Scientific Committee for Stone (ICOMOS-IS-CS, 2008). Deze indeling werd ook gevolgd in de "schade-inventaris voor monumenten in ijzerzandsteen" die gemaakt werd door ir. Sara Verstreken en Laurent Verheyden in het kader van hun MSc Thesis (Verheyden & Verstreken, 2014).

De schademechanismen in natuursteen worden door ICOMOS ingedeeld in volgende pathologie-types:

- scheuren en vervormingen;
- onthechting, zoals afbladderen en delamineren;
- materiaalverlies, veroorzaakt door bijvoorbeeld erosie of mechanische impact;
- verkleuring en afzetting, bijvoorbeeld door korstvorming of zoutuitbloeiing;
- biologische kolonisatie.

Enkel de schademechanismen die vaak voorkomen in Diestiaan ijzerzandsteen en die een belangrijke impact hebben op de structurele integriteit van de bouwstenen, van het metselwerk of van de structuur in zijn geheel worden hier toegelicht.

Steenbijen veroorzaken perforaties, wat ingedeeld wordt onder materiaalverlies. De perforaties die zichtbaar zijn aan de oppervlakte zijn soms de tekens van een uitgebreid netwerk van gangen binnenin de steen. Vooral de zachtere ijzerzandstenen zijn hier gevoelig aan. Dit fenomeen vermindert dus de weerstand en interne cohesie van die ijzerzandsteenexemplaren die vaak reeds door verwerking aangetast zijn.

Bij het proces van **korstvorming** in ijzerzandsteen migreren bepaalde mineralen onder invloed van water naar het oppervlak waar een harde, zwarte korst ontstaat. De details van dit proces, o.a. de samenstelling

van de korst en de invloed van omgevingsfactoren en vervuiling, zijn nog niet volledig uitgeklaard. Wel staat vast dat na onthechting van deze korst een verzwakte zone achterblijft in het blootgestelde ijzerzandsteen. Dit verzwakte materiaal is zeer gevoelig aan **verwerking, erosie en vorstschade**.

Een beperkt aandeel van de gebruikte ijzerzandstenen vertoont een gelaagdheid, die het gevolg is van het afzettings- en sedimentatieproces en die aanleiding geeft tot differentiële verwerking van de zachte lagen (belasting loodrecht op de gelaagdheid) of onthechting van de opeenvolgende lagen (gelaagdheid evenwijdig met het muurvlak). In ijzerzandsteen proefstukken die ontnomen werden aan de Sint-Eustachiuskerk te Zichem werd bij experimenteel onderzoek geen gelaagdheid teruggevonden (Verstrynge, 2010).



Korstvorming en verwerking ter hoogte van Diestiaan ijzerzandsteen in de plint. Sint-Eustachiuskerk in Zichem. Eigen foto



Vorstschade aan zwakke ijzerzandstenen tussen hardere steen. Sint-Sulpitiuskerk in Diest. Foto D. Van Gemert



Scheurvorming onderaan de Sint-Willibrorduskerk in Meldert door kruipeffecten onder hoge belastingen. Foto Triconsult



Instorting van de toren van de Sint-Willibrorduskerk in Meldert in juli 2006.

Foto Triconsult

De relatief lage druksterkte van ijzerzandsteen kan aanleiding geven tot vervormingen, **scheurvorming en instabiliteit** door kruipeffecten. Kruip treedt op indien de relatieve drukspanning te hoog wordt. Deze relatieve drukspanning is de verhouding van de spanning veroorzaakt door belastingen (vb. eigengewicht van een constructie) en de druksterkte van het materiaal. Kruip treedt dus op bij hoge eigengewichten (vb. torens) en metselwerk met lage druksterktes. De kans op instabiliteit en/of instorting neemt toe indien bijkomende fenomenen de druksterkte verlagen, bijvoorbeeld door vochtopname, en/of indien de interne cohesie van het metselwerk aangetast wordt, bijvoorbeeld bij gebrek aan connectiviteit tussen kern en parament van meerschallig metselwerk (Verstrynghe, 2010; Verstrynghe, Adriaens, Elsen, & Van Balen, 2014; Vos, Ignoul, & Van Gemert, 2014).

Aanpak en oplossingen?

De aanwezigheid van het vraagteken in de titel "Oplossingen?" is geen toeval. Een aantal mogelijke technieken is voorhanden voor verhoging van de structurele integriteit, zowel op schaal van de bouwstenen als op schaal van het metselwerk en van de structuur. Zoals bij de meeste instandhoudings-, restauratie- en renovatieprojecten is een standaard oplossing niet mogelijk en is de beoordeling en aanpak van een monument in ijzerzandsteen steeds case-specifiek maatwerk, gesteund op een proces van anamnese – diagnose – therapie – controle (ICOMOS, 2003).

Mogelijke opties werden reeds aangegeven in het werk van K. Bos (Bos, 1989). Hierin werd een onderscheid gemaakt tussen behandelingstechnieken die kunnen toegepast worden zonder de bouwstenen te verwijderen en technieken die een vervanging of omkering van de stenen inhouden. Voorbeelden van de eerste zijn het gebruik van herstellomor-

tels, steenverharders en rectificatie door afkappen. Deze technieken zijn in een aantal gevallen geen goede opties gebleken en kunnen bij onzorgvuldige uitvoering zelfs leiden tot stabiliteitsproblemen.

Een evaluatie van de uitgevoerde restauratie op basis van het uitwendig uitzicht kan erg voorbarig uitvallen. Zo stelde K. Bos in 1989 omtrent de Sint-Willibrorduskerk in Meldert na de restauratiewerken in 1979:

"In more severe cases of surface erosion it may be necessary to chop off an outer layer of 2 to 3 cm all around the building. This system was used during the restoration works of the Saint Willibrordus church in Meldert. The results are very good..." (Bos, 1989).

De toren van de Sint Willibrorduskerk in Meldert is echter ingestort op 6 juli 2006. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat deze instorting ten gevolge van lang-

Deels ingestorte Maagdentoren in Zichem (juni 2006). De instorting gebeurde op een locatie waar het metselwerk lokaal verzwakt was door een verminderde sectie en gebrek aan interne cohesie. Waarschijnlijk heeft de blootstelling aan water de instabiliteit verhoogd.

Foto Triconsult



durige accumulatie van kruip-
fecten waarschijnlijk veroorzaakt
werd door een combinatie van
een aantal effecten: de beperkte
draagkracht van het ijzerzand-
steenmetselwerk in combinatie
met het gebrek aan inwendige
cohesie van het metselwerk en
de toename van spanningen on-
deraan de toren bij het openma-
ken van de toren voor een brede
inkompartij, waarbij het para-
ment niet overal teruggeplaatst
werd (Vos, Ignoul, & Van Gemert,
2014).

Opties voor verhoging van de
draagkracht of interne cohesie
zijn het uitvoeren van grout-
injecties met specifiek samen-
gestelde grouts of (tijdelijke)
insnoering van kolommen. Een
buitenafwerking zou de nega-
tieve invloed van vocht op de
draagkracht en de verwerking van
ijzerzandsteen kunnen vermin-
deren, maar heeft vaak een grote
esthetische impact (Verstrynge,
Schueremans, & Van Gemert,
2012).

Insnoering met koolstofvezel-
versterkte banden van de
kolommen onderaan de toren
van de Sint-Eustachiuskerk te
Zichem.

Foto Triconsult



Uitvoering van groutinjecties aan de Maagdentoren in Zichem ter per-
manente stabilisatie van het nog resterende deel van de toren.

Eigen foto

Het huidige gebrek aan actieve
groeves en dus aan kwaliteits-
volle vervangsteen noodzaakt
een zoektocht naar alternatie-
ven voor onderhoud en nodige
(structurele) restauraties van de
talrijke monumenten in Diestiaan
ijzerzandsteen.

Referentielijst

» Bos, K., 1989. *The Saint Peter's church of Langdorp, an example of early Gothic church architecture in the valley of the river Demer; A historical and architectural outline with an in-depth study of its typical building material: the ferruginous sandstone of Northern Belgium.* PhD Thesis. Centre for the Conservation of Historic Towns and Buildings, KU Leuven, Leuven.

» Bos, K., & Gullentops, F., 1990. *IJzerzandsteen als bouwsteen in en rond het Hageland.* Bulletin de la Société belge de géologie / Bulletin van de Belgische vereniging voor geologie, 99(2), 131-151.

» ICOMOS-ISCS, 2008. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns.* ICOMOS International Scientific Committee for Stone, www.icomos.org.

» ICOMOS, 2003. *ICOMOS Charter - Principles for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage.* www.icomos.org.

» Verheyden, L., & Verstreken, S., 2014. *Een schade-inventaris voor monumenten in ijzerzandsteen.* MSc Thesis. Civil Engineering Department, KU Leuven, Leuven.

» Verstrynge, E., 2010. *Long-term behaviour of monumental masonry constructions: modelling and probabilistic evaluation.* PhD Thesis. Civil Engineering Department, KU Leuven, Leuven.

» Verstrynge, E., Adriaens, R., Elsen, J., & Van Balen, K., 2014. *Multi-scale analysis on the influence of moisture on the mechanical behavior of ferruginous sandstone.* Construction and Building Materials, 54, 78-90.

» Verstrynge, E., Schueremans, L., & Van Gemert, D., 2012. *Creep and failure prediction of Diestian ferruginous sandstone: modelling and repair options.* Construction and Building Materials, 29, 149-157.

» Vos, P., Ignoul, S., & Van Gemert, D., 2014. *Heropbouw en restauratie van de Sint-Willibrorduskerk te Meldert.* Lumen Handboek Onderhoud, Renovatie en Restauratie (Vol. 9, Afl. 58): Kluwer.

INZOOMEN IN DE DIESTIAAN IJZERZANDSTEENSTRUCTUUR MET X-STRALENTOMOGRAFIE DE MAAGDENTOREN TE ZICHEM

Veerle Cnudde¹ @, Jan Dewanckele¹, Tim De Kock¹,
Marijn Boone¹, Hilde De Clercq² en Luc Van Hoorebeke³

Samenvatting

De voordracht baseert zich op het onderzoek uitgevoerd op de Diestiaan ijzerzandsteen afkomstig uit de Maagdentoren te Zichem, beschreven in de wetenschappelijke publicatie van Cnudde et al. (2011) en De Clercq et al. (2010). Door middel van X-stralen tomografie werd hierbij onderzoek verricht naar het gangenpatroon gecreëerd door metselbijen, alsook naar de structurele veranderingen die optreden in dit gesteente te wijten aan chemische en fysische verwerking. Om de 3D petrografie doorheen het gesteente te achterhalen werd X-stralento-mografie uitgevoerd op substalen in combinatie met traditionele onderzoekstechnieken waaronder optische microscopie en SEM-EDX. De 3D karakterisatie werd uitgevoerd met behulp van een hoge resolutie X-stralen CT scanner van het Centrum voor X-stralento-mografie van de UGent (www.ugct.ugent.be) in combinatie met de flexibele 3D analyse software Morpho+. Deze software laat toe om naast porositeit, diverse 3D parameters te bepalen waaronder de poriëngrootteverdeling, korrelgrootteverdeling, korrelvorm en -oppervlak. Door middel van de X-stralen tomografie beelden werden de porositeitswijziging in functie van de diepte bepaald, alsook de variatie in korrelgrootte verdeling aan de oppervlakte van de stalen ten opzichte van het centrale gedeelte.

Sleutelwoorden

Ijzerzandsteen
3D beeldvorming
X-stralento-mografie

1 Geologie en Bodemkunde - UGCT, Universiteit Gent, Krijgslaan 281/S8, 9000 Gent

2 Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK-IRPA), Jubelpark 1, 1000 Brussel.

3 Fysica en Sterrenkunde - UGCT, Universiteit Gent, Proeftuinstraat 86, 9000 Gent

@ veerle.cnudde@ugent.be

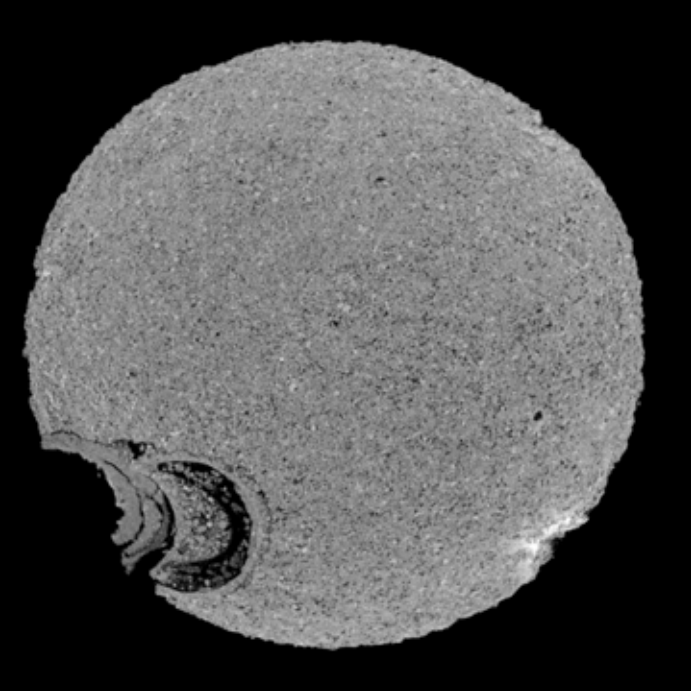


Fig. 1a: 2D Gereconstrueerde doorsnede doorheen Diestiaan ijzerzandsteen aangetast door metselbijen.

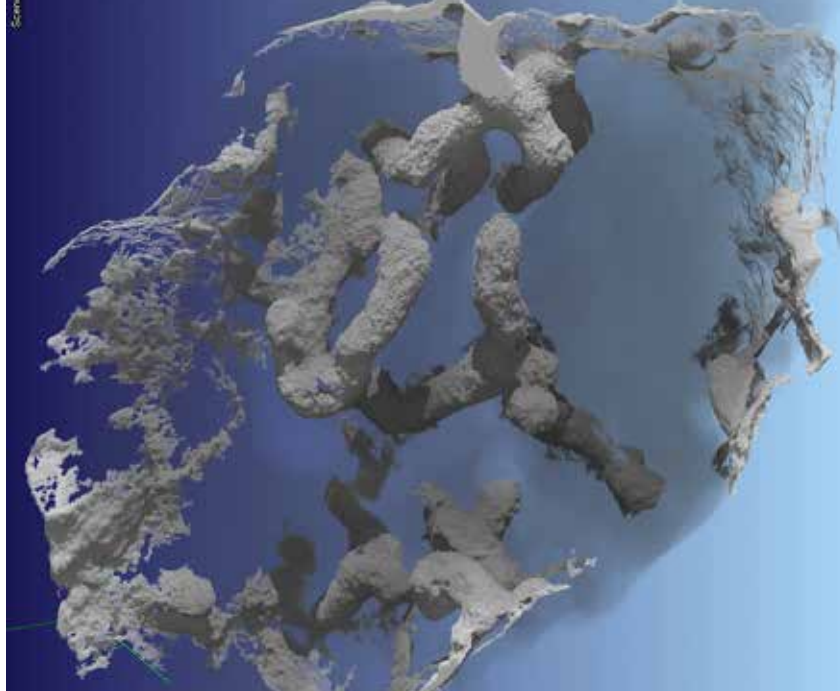


Fig. 1b: Virtuele 3D weergave van het complexe gangensysteem gegraven door metselbijen.

Diestiaan ijzerzandsteen is net als alle andere natuursteensoorten onderhevig aan diverse vormen van verwerking. Macroscopisch bleek dat de ijzerzandsteen uit de Maagdentoren te Zichem duidelijk aangetast werd door metselbijen (*Osmia cornuta*), die gangen graven in de steen. Aangezien van buitenaf duidelijk zichtbaar was dat deze steen gevoelig was voor aantasting door deze solitaire bijen, werd X-stralento-mografie toegepast om onder andere het gangenpatroon dat intern door de bijen werd gecreëerd te visualiseren (Fig. 1a en b), met aandacht voor o.a. de interne diameters en structuur van de graafgangen. Door middel van X-stralento-mografie kan men immers op een niet-destructieve wijze naar de interne structuren van een natuursteen kijken in 3 dimensies.

De bijen bleken preferentieel de minder compacte en zachtere delen ijzerzandsteen te benutten als nest voor hun eitjes. Uit de X-stralento-mografie beelden bleek

dat de metselbijen meestal tot een diepte van 4 à 5 cm gangen graven en hierbij preferentieel vroegere gangen hergebruikten en deze gedeeltelijk opvulden met fijne fragmenten ijzerzandsteen. Op basis van het complexe gangennetwerk dat deze bijen creëren in de natuursteen, is het duidelijk dat conservatie van deze steen, ook al blijkt die uitwendig beperkt aangetast, niet evident is.

Naast biologische aantasting is deze ijzerzandsteen tevens gevoelig aan chemische verwerking, waardoor onder andere een duidelijke korstvorming zichtbaar wordt, die gepaard gaat met een verkleuring aan het oppervlakte (Fig. 2).

Om de 3D petrografie doorheen het gesteente te achterhalen werd X-stralento-mografie (Cnudde & Boone, 2013) uitgevoerd op substalen (Fig. 3) in combinatie met traditionele onderzoekstechnieken waaronder optische microscopie en SEM-EDX. De 3D karakterisatie werd uitgevoerd

met behulp van een hoge resolutie X-stralen CT scanner van het Centrum voor X-stralento-mografie van de UGent (www.ugct.ugent.be) in combinatie met de flexibele 3D analyse software Morpho+ (Brabant et al., 2011). Deze software laat toe om naast porositeit, allerlei 3D parameters te bepalen waaronder de poriëngrootteverdeling, korrelgrootteverdeling, -vorm en -oppervlak.



Fig. 2: Diestiaan ijzerzandsteen met donkere oppervlakte korst en duidelijke oppervlakte verwerking (Cnudde et al., 2011).

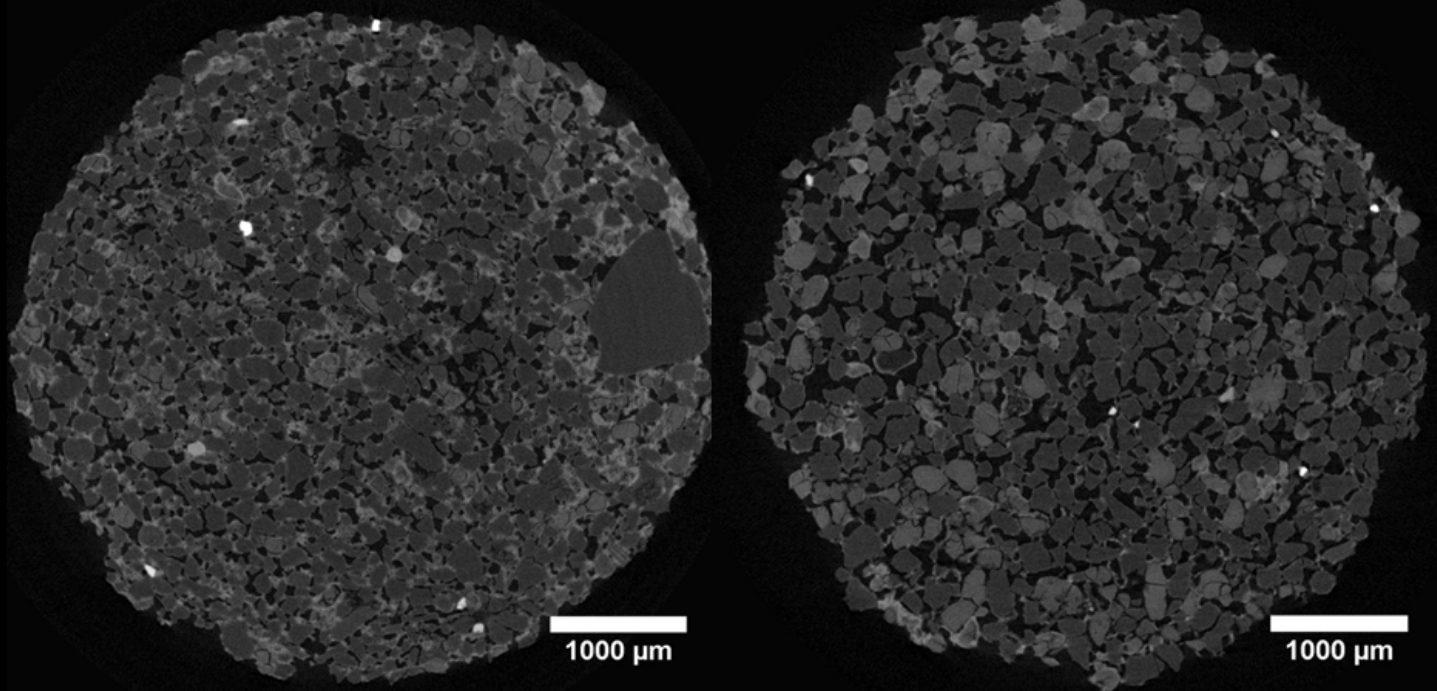


Fig. 3: Gereconstrueerde 2D doorsnede doorheen de oppervlaktekorst (links) en van het dieper gelegen gedeelte (rechts)

van een proefstuk Diestiaan ijzerzandsteen uit de Maagdentoren te Zichem (Cnudde et al., 2011).

X-stralentomografie leverde een complementaire dataset aan gegevens op die gecombineerd werd met de informatie bekomen met meer traditionele onderzoekstechnieken. Door zijn niet-destructieve karakter laat X-stralentomografie verder toe om dynamische processen, waaronder verwerking, in beeld te brengen en deze te volgen in functie van de tijd. Aan de hand van deze techniek werd de porositeitswijziging in functie van de diepte bepaald, alsook de variatie in korrelgrootte verdeling aan het oppervlakte van de stalen ten opzichte van het centrale gedeelte. Figuur 3 illustreert een gereconstrueerde 2D doorsnede doorheen de oppervlaktekorst (Fig. 3, links) en van een dieper gelegen gedeelte (Fig. 3, rechts) van een proefstuk Diestiaan ijzerzandsteen afkomstig van de Maagdentoren (Cnudde et al., 2011). Hierop is duidelijk zichtbaar dat de porositeit, het gehalte aan cement en de korrelstructuur van de oppervlaktekorst verschil-

lend zijn van deze van dieper liggend ijzerzandsteen gedeelte.

Uit het onderzoek bleek dat de Diestiaan ijzerzandsteen een dichtere oppervlaktekorst vormt door de mobilisatie van inwendige ijzer(hydr)oxides getransporteerd via het poriënnetwerk naar het oppervlak.

X-stralentomografie bleek een grote toegevoegde techniek te zijn voor de karakterisatie van de inwendige structuur van de Diestiaan ijzerzandsteen.

Dankwoord

Met dank aan het volledige UGCT team en de Belgische Geologische Dienst (Michiel Dusar).

Referentielijst

» Brabant, L., Vlassenbroeck, J., De Witte, Y., Cnudde, V., Boone, M., Dewanckele, J., Van Hoorebeke, L., 2011. 3D analysis of high resolu-

tion X-ray CT data with Morpho+. *Microscopy and Microanalysis* 17(2):252-263.

» Cnudde, V., Boone, M., 2013. High-resolution X-ray computed tomography in geosciences: a review of the current technology and applications. *Earth-science reviews*, 123. p. 1-17.

» Cnudde, V., Dewanckele, J., Boone, M., De Kock, T., Boone, M., Brabant, L., Dusar, M., De Ceukelaire, M., De Clercq, H., Hayen, R., Jacobs, P., 2011. High-resolution X-ray CT for 3D petrography of ferruginous sandstone for an investigation of building stone decay. *Microscopy Research and Technique*, 74 (11): 1006-1017.

» De Clercq H., Hayen R., Cnudde V., Boone M., Dusar M., 2010. The "Maagdentoren" of Zichem (Belgium): Damage assessment of Ferruginous Sandstone by X-Ray Tomography, *Proceedings of the 8th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin*, Patras, 31 May-2 June 2010, Volume II, pp 220-235, ISBN: 978-960-8369-66-5

Depotnummer

D/2014/3241/248

Lay-out

Vera Laforce

ALBON, Koning Albert II - laan 20 bus 20, 1000 Brussel

Omslagfoto's

Vooraan: Diest, Collegiale Sint-Sulpitius- en Dionysiuskerk

Achteraan: Diest, Onze-Lieve-Vrouwekerk

© Vera Laforce

Druk

Digitale drukkerij Vlaamse overheid

Verantwoordelijke uitgever

Jean-Pierre Heirman, Secretaris-generaal

Departement Leefmilieu, Natuur en Energie

Koning Albert II - laan 20, bus 8, 1000 Brussel



regionaal landschap
Noord-Hageland

www.rlnh.be



Vlaanderen
is duurzaam

www.lne.be



www.kikirpa.be