Nederland – Vlaanderen

REINIGEN VAN MONUMENTALE GEVELS

Rotterdam 2022

WETENSCHAPPELIJK-TECHNISCHE GROEP VOOR AANBEVELINGEN INZAKE BOUWRENOVATIE EN MONUMENTENZORG

www.wta-nl-vl.org
info@wta-nl-vl.org
KvK: 40398619

REINIGEN VAN MONUMENTALE GEVELS

Rotterdam, 22 april 2022

Editor:
Nathalie Vernimme
Hau Kit Yu
Yves Vanhellemont
Michiel van Hunen

NEDERLAND
TU Delft – Faculteit Bouwkunde t.a.v. Wido Quist | Postbus 5043 | NL-2600 GA Delft
T: +31 (0)639251159 | E: w.j.quist@tudelft.nl
Bank: NL31ABNA0427726158

VLAANDEREN
Kristine Loonbeek
E: secretariaat@wta-nl-vl.org
Bank: BE52738027352709

PROGRAMMA

09.15 Ontvangst en registratie

09.45 Welkom en opening
Rob van Hees, voorzitter WTA Nederland-Vlaanderen
Nathalie Vernimme, Onroerend Erfgoed, dagvoorzitter

10.00 Eeuwig jong of toch natuurlijk verouderen?
Rob van Hees, TUDelft

10.30 Gevelvervuiling? Wat, waar, wanneer, waarom?
Yves Vanhellemont, WTCB

11.00 Koffie- en theepauze

11.15 Visievorming van het Agentschap Onroerend Erfgoed: gevelreiniging, balans tussen theorie en praktijk
Inge De Backer, Agentschap Onroerend Erfgoed

11.45 Uitreiking & Presentatie WTA NL-VL studieprijs 2021

12.15 Lunch

12.30 Algemene ledenvergadering (alleen voor leden WTA)

13.15 Demonstratie (laser)reinigingstechnieken door WTA-leden
Mogelijkheid voor een begeleide wandeling door het Museumpark

14.30 Een overzicht van gevelreinigingsmethodes
Michiel van Hunen, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

15.00 Koffie- en theepauze

15.20 Uitdagingen bij de gevelrestauratie van de Zwemschool, een interbellumschoolgebouw te Antwerpen
Anne Gorlé, Patine Architecten

15.50 Het ontstoren van de gevels van het Koninklijk Paleis Amsterdam
Hans Vlaardingerbroek, Bureau Vlaardingerbroek

16.20 Vragenronde en afsluiting

16.45 Drankje ten afscheid

VOORWOORD

Een gevel vormt in zekere zin het gezicht van een gebouw of constructie. In het geval van historische gebouwen is de gevel een beeldbepalend element waar vaak een belangrijke erfgoedwaarde aan toegeschreven wordt. Onder invloed van diverse factoren kan een gevel, door de tijd heen, een vervuilde aanblik bieden en kan de behoefte bij een eigenaar ontstaan om deze te reinigen.

Diverse vragen kunnen hierbij gesteld worden: Hoe en waarom vervuilen gevels? Wat is de specifieke oorzaak van de vervuiling in mijn geval? Is een reiniging vanuit technisch en vanuit monumentenoogpunt wenselijk of nodig? Welke methoden voor reiniging bestaan er en wat zijn stappen en randvoorwaarden bij het uitvoeren ervan? Het is immers belangrijk de juiste methode toe te passen, afhankelijk van de gevelmaterialen en de staat waarin deze zich bevinden. Hoe evalueer je tenslotte een reiniging en zijn vervolghandelingen nodig? De laatste WTA-studiedag over gevelreiniging ging door in 1996. Ondertussen zijn de geesten geëvolueerd naar een andere benadering, en heeft ook de wetenschap niet stilgezeten.

Deze WTA-Nederland-Vlaanderen studiedag vindt plaats in Rotterdam op 22 april 2022 in het Nieuwe Instituut. Het programma is gevarieerd. Er zijn 6 sprekers die onder meer ingaan op de filosofie van het waarom van gevelreiniging en het al dan niet ingrijpen bij vervuiling van een gevel. Ook komen de diverse oorzaken van verandering van het uiterlijk van een gevel aan bod, naast hoe de overheid verantwoordelijk voor erfgoed tegenover het reinigen van gevels van monumenten staat. Uiteraard wordt ook het uitgebreide gamma aan technieken dat er bestaat, overlopen, met aandacht voor welke techniek in welk geval het meest aangewezen is. Er zal bijzondere aandacht besteed worden aan innovaties in het vakgebied: tijdens de lunchpauze wordt bijvoorbeeld enkele reinigingstechnieken, waaronder met laser gedemonstreerd. Wat uiteraard ook niet zal ontbreken zijn sprekende praktijkgevallen uit Vlaanderen en Nederland om de verhalen te illustreren en ondersteunen.

Tijdens deze inhoudelijk goed gevulde studiedag zal ook de winnaar bekend gemaakt worden van de WTA Nederland-Vlaanderen Monumenten-studieprijs en zal deze een lezing geven over de gelauwerde bijdrage.

Deze studiedag werd voorbereid door het bestuur van WTA Nederland-Vlaanderen waarbij de drijvende kracht achter de uitwerking van het programma Yves Vanhellemont was, bijgestaan door Wouter Callebaut, Michiel Van Hunen, Hau Kit Yu, Rob Van Hees en Nathalie Vernimme. De lay-out van de syllabus werd verzorgd door Kristine Loonbeek.

Nathalie Vernimme
Dagvoorzitter
Rotterdam, 22 april 2022

INHOUDSOPGAVE

Rob van Hees	**Eeuwig jong of toch natuurlijk verouderen?**
Yves Vanhellemont	**Gevelvervuiling? Wat, waar, wanneer, waarom?**
Inge De Backer	**Visievorming van het Agentschap Onroerend Erfgoed: gevelreiniging, balans tussen theorie en praktijk**

WTA NL-VL studieprijs 2021

Michiel van Hunen	**Een overzicht van gevelreinigingsmethodes**
Anne Gorlé	**Uitdagingen bij de gevelrestauratie van de Zwemschool, een interbellumschoolgebouw te Antwerpen**
Hans Vlaardingerbroek	**Het ontstoren van de gevels van het Koninklijk Paleis Amsterdam**

EEUWIG JONG OF TOCH NATUURLIJK VEROUDEREN?

Rob van Hees [1,2], Silvia Naldini [1]
(1) TU Delft
(2) R-Kwadraat MonumentenAdvies

Abstract

Hoge leeftijd en veroudering worden in het algemeen als negatief ervaren. Maar voor monumenten is een hoge leeftijd juist vaak positief. Zonder een zekere leeftijd kan er zelfs bijna geen sprake zijn van een monumentale status. Veroudering is het werk van de tijd, die in sommige gevallen overigens ook wel wordt geapprecieerd: kunstwerken als schilderijen werden soms zelfs kunstmatig verouderd.
In deze paper gaan we in op de betekenis van veroudering in en voor monumentale gebouwen en op de wenselijkheid of onwenselijkheid van een 'facelift' zoals te bereiken door middel van reinigen. Soms wordt bij ingrepen in monumenten gestreefd naar een bijna eeuwig leven; tegelijkertijd zijn daar vanuit restauratie-ethisch oogpunt ook de nodige vraagtekens bij te zetten. Dit leidt tot een dilemma waarbij het soms moeilijk is een standpunt te bepalen.
Er worden enkele cases besproken, als voorbeeld waarbij ook de argumenten worden bediscussieerd, waarop de ingreep werd gebaseerd; hierbij wordt gezocht naar het tonen van een goede balans tussen zuiver preventieve conservering enerzijds en 'verjonging' anderzijds. Deze paper is een bewerkte versie van een eerder verschenen Engelstalig artikel[1].

Trefwoorden: monumenten, veroudering, vervuiling, patina, reiniging

1. Inleiding

Verouderen wordt vaak gezien als een enigszins beangstigend en ook negatief proces. Voor monumenten is veroudering in de traditionele zienswijze juist een positieve kwaliteit: patina wordt zeer gewaardeerd en zonder een zekere leeftijd is de kans voor een gebouw op het krijgen van een monumentenstatus vrij klein. Veroudering en patina zijn beide begrippen, die een belangrijke rol spelen in discussies rond conservering en restauratie. Een van de eerste vragen die in dit verband beantwoord dient te worden betreft de betekenis van deze woorden. Veroudering (van monumentale gebouwen) is een natuurlijk proces, dat kan resulteren in verschillende vormen van aantasting en soms ook in de vorming van een patina. Een definitie van verouderen is: 'het proces van oud worden of van het ontwikkelen van uiterlijk en kenmerken van een hoge leeftijd' (the process of growing old or developing the appearance and characteristics of old age) [1].
Patina kan worden beschouwd als het resultaat van een chemische transformatie van het materiaaloppervlak. In algemene zin verwijst patina naar de verandering aan het oppervlak van een object, die het gevolg is van natuurlijke veroudering [2]. Het Monumenten Diagnose & Conserverings Systeem MDCS [3] zegt van patina op natuursteen: 'Patina is de chemisch omgezette oppervlaktelaag van de steen waardoor de kleur veranderd is. Patina is dun, compact en hecht goed aan het onderliggende materiaal. Anders dan in het geval van vlekken, betreft patina in principe het hele oppervlak. Bij het zwarte patina op Bentheimer zandsteen is meestal sprake van een mengvorm van omzetting (van metalen uit het materiaal) en deposities van buitenaf.'

[1] Rob van Hees, Silvia Naldini, 'Forever young or ageing naturally?', Proceedings of the Intern. Conference on Ageing of Materials & Structures, Delft 26 – 28 May 2014, The Netherlands, (paper in electronic form, book of abstracts pp. 59-60)

Het al dan niet verwijderen van een patina vereist grondige overweging, omdat het kan leiden tot het verloren gaan van de sporen van de tijd. Veroudering kan versneld worden door degradatieprocessen zoals zoutkristallisatie of vorst-dooicycli, die de samenhang van materialen negatief kan beïnvloeden. Een aan veroudering gerelateerd schadeproces kan zich overigens ook ontwikkelen binnen het historische materiaal of constructie, zonder duidelijke omgevings- of klimaatinvloeden. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer als gevolg van kruip de constructieve integriteit c.q. de draagkracht van een constructie wordt aangetast. Dergelijke aantastingsprocessen zijn ongewenst, kunnen gevaarlijk zijn en dienen wanneer tijdig onderkend, aangepakt te worden.
Het is interessant op te merken dat er situaties bestaan, vooral in de kunst, waarin een 'verouderd' uiterlijk als gewenst werd beschouwd en patina kunstmatig gecreëerd werd. Voor schilderijen, is de discussie bekend rond de procedures en technieken, waarvan men aanneemt dat ze werden gebruikt door de oude meesters om hun kleuren een zekere homogeniteit te verschaffen. Dit al is bekend vanuit de klassieke literatuur, waar de zogenaamde 'attramentum van Apelle', beschreven wordt door Plinius [4].
Stenen beelden en gevels kunnen van een verflaag zijn voorzien, waarmee bij een eventuele reiniging rekening moet worden gehouden. In geval van geschilderd metselwerk zal de kleur ook veranderen ten gevolge van veroudering; dit laat zien dat verschillende materialen verschillend zullen verouderen.
Hierna worden enkele voorbeelden van 'veroudering' in brede zin besproken met de bedoeling de betekenis van veroudering te bediscussiëren, waarbij bepaalde waarden naar voren zullen komen, waaraan kan worden gerefereerd wanneer het dilemma rond 'veroudering toelaten' of 'ingrijpen' zich voordoet. En hetzelfde geldt voor de vraag hoever de interventie moet/kan gaan.
We zullen beginnen met een ruïne, een extreem voorbeeld van veroudering, en eindigen met de problemen rond de mate en het voorziene resultaat van reinigings- en restauratieve acties.
Hoe problemen rond restauratie te benaderen is een complexe zaak. In zijn 'Teoria del Restauro', gepubliceerd in 1963, nam Cesare Brandi, directeur van ICR (Central Institute of Restoration), dat in 1939 in Rome werd opgericht, de meeste toen voorkomende problemen onder de loep. Veel van die problemen staan overigens ook vandaag de dag nog steeds centraal. Het is dan ook interessant enkele van Brandi's principes aan te halen bij de discussies van de cases en te bezien in hoeverre ze een rol kunnen spelen bij de huidige zoektocht naar een evenwicht bij de keuze tussen tussen toelaten van veroudering en vernieuwen.

De kasteelruïne van Asten

Bij een ruïne gaat het om een object dat getuigt van menselijke geschiedenis, zelfs wanneer de oorspronkelijke vorm niet meer herkend kan worden. In het geval van het kasteel van Asten [5], resteert slechts een ruïne, waarin overigens wel de interventies, uitgevoerd in verschillende tijdfasen, zichtbaar zijn. Het kasteel dateert van ca. 1430 en is in de loop van de tijd op verschillende momenten aangepast. De laatste aanpassing betrof de - vooral aan de fantasie ontsproten - ingrepen van baron Clemens van Hövell tot Westerflier uit de eerste helft van de 20^{e} eeuw. De huidige restauratieve benadering is om elke toevoeging aan het oorspronkelijk concept, zelfs de meest recente, te behouden. Dit laatste, omdat ook deze zeer goed als zodanig herkenbaar is en een toegevoegde historische waarde representeert.
De stichting die het gebouw beheert, heeft besloten de ruïne te laten zoals die is en daarbij de ingrepen te beperken tot het hoogstnoodzakelijke, zoals hervoegen, wanneer echt nodig. Deze benadering kan worden omschreven als behoud in de huidige staat. Het ligt zelfs in de bedoeling de vegetatie, die de ruïne bedekt, zoveel mogelijk te behouden en enkel in te grijpen wanneer het risico zou bestaan dat de vegetatie tot instorting zou kunnen leiden.
Het is niet nodig, of zelfs niet gewenst om de oorspronkelijke architectonische vorm te reconstrueren. Daarentegen vindt men het juist van belang alle verschillende componenten te

handhaven als uitdrukking van verschillende technieken en verschillend soort vakmanschap, behorend tot verschillende historische perioden.
Van de handvormbaksteen tot het beton, van de kalkmortel tot de verschillende cementmortels, alle materialen en technieken zijn individuele expressies van perioden in de historie en ze hebben ieder voor zich de tijd op een andere wijze doorstaan.
De oranje-gekleurde baksteen, oorspronkelijk bedoeld voor binnentoepassing maar tegenwoordig blootgesteld aan het buitenklimaat, heeft anders dan de donkerder baksteen duidelijk te lijden onder die blootstelling. Het metselwerk van de 15^{e} eeuwse constructie verkeert nog steeds in een goede staat van conservering, hoewel enig onderhoud in de vorm van hervoegen zou bijdragen aan het voorkomen van regenwaterpenetratie in het metselwerk. Meer dan te streven naar de oorspronkelijke vorm en daarmee de esthetische waarde van het kasteel, kan het behoud van zijn erfgoedwaarde worden bereikt door preventieve conservering, d.w.z. door het handhaven van de status quo [6]. Ook de landelijke omgeving en de natuur, waarin het kasteel ligt, dragen bij aan dat wat nodig is voor een volledige appreciatie van het kasteel als ruïne. Hieruit kan bovendien weer een (nieuwe) esthetische waarde voortkomen…

Figuur 1: Aan de ruïne van het kasteel kan de invloed van de tijd worden afgelezen, evenals historische gebeurtenissen, zoals de inslag van een granaat in 1944

De hier geschetste benadering, die niet direct tot doel heeft een ‘eeuwige’ levensduur te bewerkstelligen, is zeker interessant; deze zou in zekere zin ‘romantisch’ genoemd kunnen worden. Misschien zou de benadering anders zijn geweest wanneer het niet om een kasteelruïne, maar om een Romeinse opgraving zou gaan. De vraag zou dan waarschijnlijk zijn hoe die te behouden en met name de geschiedenis, die door de ruïne wordt vertegenwoordigd. Een oplossing zou dan zelfs kunnen zijn het toepassen van een constructie om de opgraving te beschermen tegen het buitenklimaat, zoals bijvoorbeeld bij de Romeinse thermen in Heerlen. De ruïne zou dan worden gescheiden van zijn natuurlijke omgeving en geplaatst worden in een nieuwe, kunstmatige. Het voorbeeld van een ruïne is extreem; meestal worden we geconfronteerd met problemen, die te maken hebben met de esthetische en historische waarde van een monument dat in grote lijnen nog intact is, hoewel de oorspronkelijke vorm veranderd is door allerlei ingrepen. Behoud van het monument, inclusief de sporen van het verloop van de tijd is een zaak van zorgvuldige analyse van elk geval op zich. Alleen een grondige studie van het monument en de daarin liggende boodschap kan een leidraad vormen voor een goede ingreep.

De Campanile van San Marco in Venetie

Zoals al eerder genoemd, kunnen bepaalde schademechanismen de veroudering dramatisch versterken. De hierna behandelde case van constructieve kruip wordt beschreven als een voorbeeld van veroudering, die uiteindelijk leidt tot verlies van de oorspronkelijke vorm van het object. De campanile (klokketoren) van San Marco werd gebouwd tussen 1156 en 1173. Vergelijken we de plotselinge instorting van de campanile op 14 juli 1902 met meer recente vergelijkbare rampen, zoals die van de toren van Pavia, waar is vastgesteld dat kruip de voornaamste oorzaak van de schade was, dan kan worden vermoed dat hetzelfde fenomeen bij de campanile van San Marco kan zijn opgetreden. Kruip is een schademechanisme gerelateerd aan veroudering.
In Venetie werd binnen enkele jaren na de instorting besloten de toren te reconstrueren. Er werd een nieuwe toren gebouwd, met dezelfde maten en materialen als de oorspronkelijke ('zoals hij was' en 'waar hij was') in 1912.
De orde van grootte van kruip in historisch metselwerk kan aanzienlijk zijn en daarmee een serieus probleem vormen [7]. Kruip onder invloed van drukspanning als gevolg van het eigen gewicht, leidt tot diepe, soms doorgaande verticale scheuren. Dit type schade is typisch voor slanke constructieve onderdelen, zoals kolommen of pijlers in natuur- of baksteen en zware hoge constructies zoals gemetselde torens. Het kan zich ontwikkelen over een lange tijdsperiode, maar soms ook in relatief korte tijd ontstaan, afhankelijk van de brosheid van het materiaal; een en ander is het gevolg van het kruipgedrag van het materiaal, wanneer dat belast wordt tot boven de elastische grens. De scheuren kunnen zich heel geleidelijk verder ontwikkelen, soms gedurende tientallen of zelfs honderden jaren, maar uiteindelijk kan plotselinge instorting optreden, wanneer het verschijnsel niet wordt gestopt.

Figuur 2: San Marco's klokkentoren; verondersteld gedrag tijdens de instorting (bron: vecchie immagini di venezia – archivio filippi)

Figuur 3: San Marco, Venetië, gezicht op de kerk met gereconstrueerde klokkentoren

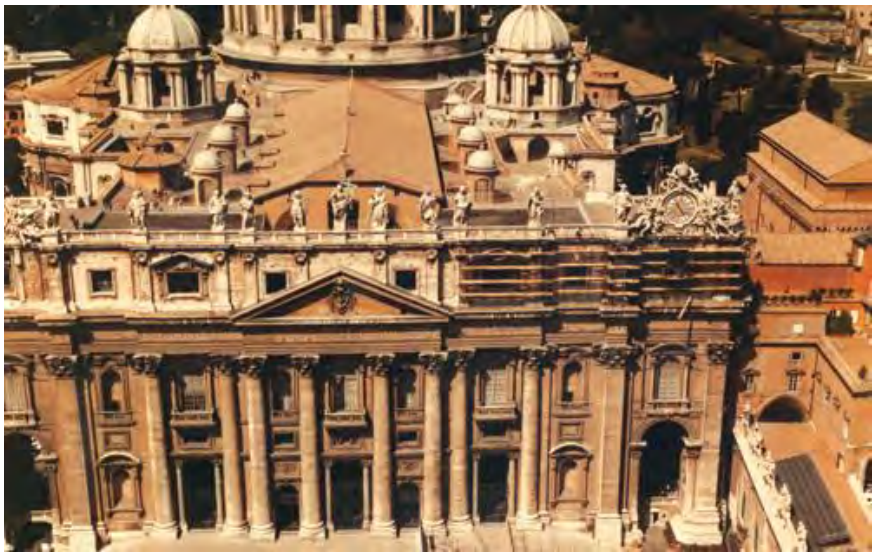
De campanile van San Marco kan worden beschouwd als een fundamenteel onderdeel van deze historische plaats, het San Marco plein. Het verlies van deze toren, betekende daarom dat er zeker iets vergelijkbaars voor in de plaats zou moeten komen. Ook Brandi ziet deze reconstructie als een manier om de historische eenheid te herstellen. Tegelijkertijd stelt hij echter dat datgene wat er was en verloren is gegaan, niet weer tot leven kan worden gewekt: een kopie beschouwt hij dan ook als een historische en esthetische vervalsing. In het algemeen acht hij een kopie alleen acceptabel voor didactische doeleinden.
Het essentiële ontbrekende element in Venetië, was inderdaad een verticaal lichaam. De nieuwe toren is echter te veel een exacte kopie en daarmee een, in de ogen van Brandi, niet acceptabele 'her-schepping'.
Nu op een afstand van meer dan een eeuw, kan worden aangevoerd dat de tijd tussen de instorting en de wederoprichting zo kort was en de schok voor de lokale gemeenschap zo groot dat van daaruit toch wel begrip kan worden opgebracht voor deze reconstructie.

Reiniging en kleur van de gevel: de St. Pieter in Rome en het Koninklijk Paleis in Amsterdam

De vraag hoever te gaan bij een restauratie stond centraal in de volgende twee gevallen van reiniging en restauratie. Het belang van deze twee gebouwen en hun representatieve functie vormen het kader voor de breed gevoerde discussie.

St. Pieter Rome
In het kader van de activiteiten rond het (kerkelijk) Jubileumjaar 2000, waarin Rome en haar gebouwen een belangrijke rol speelden, werd ook de gevel van de St. Pieter gerestaureerd. Hierbij werd de gevel niet alleen gereinigd, maar ook opnieuw geschilderd, en wel in de originele pastelkleuren zoals die oorspronkelijk door de architect van die gevel, Maderno waren gekozen. Maderno's ontwerp van de oostgevel hield verband met zijn verlengde schip, waarmee hij afweek van Michelangelo's ontwerp (Grieks kruis). Hij creëerde een barokke gevel, waarbij de kleurstelling het effect van diepte moest versterken, waardoor de witte

kolommen (optisch) verder naar voren sprongen en het oppervlak daarachter in kleurnuances van bruin tot oker, verder terug ligt.
Het dilemma was nu wat te doen met de kleur van de gevel, die in de loop van de tijd rood-okerkleurig was geworden (fig. 4).



Figuur 4: Gevel van de St Pieter, voor de restauratie, 1985 (bron: http://www.kofc.org)

Omdat het om een dergelijk belangrijk en symbolisch gebouw ging, verdeelde de restauratie zowel wetenschappers als publiek in twee kampen.
Een argument was dat al te veel Romeinse gevels gedurende de laatste decennia in kleur waren teruggebracht van de typische Romeinse rood-oker kleur, die op vele Romeinse gebouwen aanwezig is als teken van de tand des tijds, naar de originele lichte pastelkleur. Bovendien, zo vonden de tegenstanders van de originele kleuren, zou de kleur van de gevel moeten passen in die van de omgevende gebouwen. En verder is het een feit dat mensen moeite hebben om veranderingen te accepteren.
Ook werd aangevoerd dat teruggaan in de tijd zowel historisch als esthetisch onjuist zou zijn.
Echter, een belangrijk argument van de voorstanders om bij de recente restauratie terug te gaan naar de oorspronkelijke kleuren was niet zozeer om het verouderingsproces ongedaan te maken als wel om de eenheid en betekenis van de oorspronkelijke creatie terug te vinden.
Uiteindelijk werd voor deze ingreep gekozen, waarbij sprake is geweest van een proces, waarbij alle mogelijke argumenten pro en contra aan de orde kwamen en zo goed mogelijk werden gewogen.
Belangrijk in dit geval lijkt het streven naar ‘leesbaarheid’ van het monument (fig. 5).

Figuur 5: Gevel van de St. Pieter na de interventie (April 2000)

Koninklijk Paleis Amsterdam

Voor de restauratie van het Koninklijk Paleis op de Dam in Amsterdam, vanaf ongeveer 2006, was de RGD (Rijksgebouwendienst, tegenwoordig onderdeel van het Rijkvastgoedbedrijf) de verantwoordelijke instantie.

De RGD streefde naar restauratie, met respect voor de sporen van de tijd [8]. Een belangrijke vraag in het geval van het paleis was hoe om te gaan met de op de natuursteen aanwezige patina en verkleuringen.

De gevel is opgebouwd uit Bentheimer en Obernkirchener zandsteen en er is ook een fronton met reliëfs in marmer. Het Koninklijk Paleis, oorspronkelijk (1648) gebouwd als stadhuis voor Amsterdam is een prominent gebouw, zowel voor Amsterdam als voor Nederland. Al in de 17^{e} eeuw getuigde de dichter Vondel van zijn oprechte bewondering voor het meesterwerk van architect Jacob van Campen, door het te omschrijven als het 'achtste wereldwonder'. Tegenwoordig is dit het belangrijkste Koninklijk Paleis van Nederland, reden waarom de restauratie zowel door publiek als specialisten met argusogen werd bekeken.

Over het aanzien van de gevel: beide zandsteensoorten hadden veroudering ondergaan, resulterend in een patina en lokale vlekvorming van verschillende intensiteit, waardoor een nogal ongelijkmatig beeld was ontstaan.

Het marmeren reliëf was grotendeels zwart geworden, waardoor de zichtbaarheid van details vanaf straatniveau geheel teniet was gedaan en appreciatie van het kunstwerk de facto onmogelijk geworden (fig. 6).

De indruk van de gevel als geheel kon worden omschreven als enigszins verwaarloosd, zeker in de context van de omgevende gebouwen, hoewel ook hier de meningen verschilden.

De voornaamste vraag was of en hoe de gevel te reinigen. Overigens is het onduidelijk gebleven of en zo ja hoe Van Campen de steenblokken wellicht meer homogeen had willen laten lijken: geschilderd, zoals vaak gebeurde ten tijde van de bouw van het stadhuis, of wellicht geolied….

Voor wat betreft het reinigen was een moeilijkheid dat het twee verschillende soorten zandsteen en daarnaast, voor wat betreft het fronton, marmer betrof, met bovendien nog elk hun eigen vorm van verwering en veroudering. Ook hadden de zandsteenblokken een oppervlakte-afwerking met een steenhouwersslag, die omwille van de erfgoedwaarde behouden moest worden. Er werden dan ook proeven uitgevoerd met verschillende reinigingstechnieken.

Figuur 6: Koninklijk Paleis te Amsterdam. Voorgevel en omgevende gebouwen (foto 2006 – voor de restauratie)

Figuur 7: Voorgevel Koninklijk Paleis Amsterdam, na restauratie (februari 2014)

Uiteindelijk werd besloten de ingreep tot een minimum te beperken en patina en vervuiling niet volledig te verwijderen, omdat dan zeker de textuur zou worden aangetast en de steenhouwersslag waarschijnlijk verloren zou gaan. Bovendien zou de gevel kunstmatig jong hebben geleken. Het werd zelfs noodzakelijk geacht om lokaal enige (donkere) kleur en daarmee eigenlijk een kunstmatige veroudering toe te passen om zo de esthetische eenheid terug te brengen. Leidend principe daarbij was dat iedere ingreep reversibel diende te zijn. In beperkte mate werden beschadigde stenen gerepareerd met een steenreparatiemortel en werd verdwenen voegwerk vervangen. Er werd gestreefd naar een duidelijk contrast en

bijgevolg aanzienlijk verschil in aanpak tussen de zandstenen gevel en het marmeren fronton, dat overigens tot in de 18e eeuw regelmatig werd geschilderd met kalkverf. Vergelijking van de situatie van figuur 6 en 7 maken dit verschil in aanpak duidelijk.
Om de reliëfs van het voornaamste fronton weer zichtbaar te maken, werden ze gereinigd en ook deels behandeld met een steenversteviger, waarbij een zorgvuldige documentatie van de staat van het materiaal voor en na de ingrepen plaatsvond.
Samenvattend kan worden gesteld dat bij de restauratie van het paleis het idee van 'ontstoren' werd geïntroduceerd. Patina en vervuiling aanwezig laten zoals aangetroffen, werd niet acceptabel geacht; echter een te lichte steenkleur zou storend zijn geweest. Daarom werden patina en vervuiling van de gevel in beperkte mate verwijderd en op die manier de sporen van zijn respectabele leeftijd gerespecteerd. Tegelijk werden stenen die 'te' licht van kleur waren, bijvoorbeeld omdat het om lokale, latere vervanging ging, een beetje donkerder gemaakt. Op die manier werd het geheel van de gevel beter 'leesbaar', maar bleef die tegelijkertijd nog steeds 'op leeftijd' en meer homogeen van aanzien dan tevoren.
Het meest uitgesproken was de reiniging van de reliëfs van het fronton, dat daardoor nu weer 'als nieuw' lijkt. Hierbij was echter niet het 'terug naar het origineel' maar de 'leesbaarheid' voor het publiek de voornaamste drijfveer.
Het hele proces kan in elk geval worden omschreven als een goed-beargumenteerde en gedocumenteerde restauratie [9].
Ieder geval is anders, maar er kan wel worden gesteld dat bij een weloverwogen benadering in het algemeen niet dient te worden gestreefd naar het teruggaan naar het moment van het ontstaan van het object, daarbij de tijd die ons scheidt van 'toen' eenvoudigweg wegpoetsend. Tegelijkertijd, dienen de eenheid en de betekenis van het monument niet te worden vergeten. Een voorbeeld als de gevel van de St. Pieter kan wellicht gevoeld worden als verjongen, maar tegelijk brengt de kleurstelling de diepte terug en daarmee ook een visie op de architectuur die in haar tijd nieuw was.
Al in 1978, onderschreef Brandi de noodzaak de gevel van de St. Petronius in Bologna te reinigen [10] en dat niet alleen vanwege schade aan de materialen, maar vooral omdat de vervuilingslaag de appreciatie van de twee hoofdkleuren van de onderliggende steen verhinderde; de gevel was namelijk in de loop der jaren volledig monochroom geworden.

2. Discussie en conclusies

Veroudering en levensduur zijn nauw gerelateerd aan gebouwen en bouwmaterialen. Wanneer een gebouw zijn functie niet meer kan vervullen of zijn esthetische kwaliteiten niet langer bezit, komt het einde van zijn levensduur in zicht. Voor monumenten ligt dit anders. We willen ze behouden en streven soms zelfs naar een eeuwige levensduur [11].
De vraag is dan vervolgens, of het monument zijn leeftijd mag tonen. Het antwoord op deze vraag is niet eenvoudig en er zijn vele nuances afhankelijk van de omstandigheden. Het antwoord kan eigenlijk ook niet ja of nee zijn; het is niet zwart-wit! Aangezien alle gebouwen en bouwmaterialen verouderen, doen monumenten dat ook. Het verschil is evenwel dat bij een 'gewoon' gebouw het relatief eenvoudig is te beslissen over onderhoud en een eventuele 'face-lift' of in het meest extreme geval tot sloop, waarbij de belangrijkste stem meestal die van de eigenaar is.
Bij monumenten zijn er meer mensen of instanties die meepraten over de meest passende benadering, waarbij er eigenlijk geen vaststaande regel bestaat. Alleen sloop is normaal gesproken uitgesloten. Het tegengestelde, d.w.z. reconstructie of een complete 'herschepping', is evenwel soms mogelijk; hoewel niet zonder slag of stoot, zoals uiteengezet rond het geval van de Campanile van San Marco.
'Blijf van mijn rimpels af, het heeft me jaren gekost om ze te krijgen' is een bekende uitspraak van de Italiaanse actrice Anna Magnani. Gracieus verouderen [12] was lange tijd de houding van de Nederlandse en andere Europese erfgoed instanties, met betrekking tot de veroudering van monumenten.

Geleidelijk is er sprake van een iets veranderde houding, nu het besef is gegroeid, dat een monument niet zomaar vergelijkbaar is met het menselijk lichaam. De belangrijkste restauratie van het begin van de 21e eeuw in Nederland, die van het Koninklijk Paleis in Amsterdam, introduceerde nieuwe concepten zoals 'ontstoren', waarbij lichte gevelgedeelten iets donkerder en donkere delen iets lichter werden gemaakt. Hierdoor bleven sporen van de respectabele leeftijd bewaard, en werd tegelijkertijd de gevel als geheel meer gebalanceerd gemaakt en daarmee esthetisch plezieriger voor de beschouwer.
Uitgesprokener nog was de reiniging van het marmeren fronton, waarbij zichtbaarheid en daarmee 'leesbaarheid' de prioriteit vormde. Dit onderdeel ziet er nu 'als nieuw' uit. Waarmee ook is aangetoond dat zelfs binnen een en dezelfde restauratie verschillende delen een andere benadering kunnen vereisen. Een dergelijke keuze dient gebaseerd te zijn op een gekwalificeerde en bijzonder goed onderbouwde beoordeling en afweging. Zoals Brandi al zei: er bestaat geen universeel toepasbare oplossing.

3. Literatuur

[1] http://www.thefreedictionary.com/ageing, bezocht februari 2022.
[2] http://www.cartage.org.lb/en/themes/arts/scultpureplastic/UnderstandingSculpture/Patina/WhatisPatina/WhatisPatina.htm, bezocht dec. 2014.
[3] https://mdcs.monumentenkennis.nl/damageatlas/110/category, bezocht februari 2022.
[4] Plinius, *Naturalis Historia,* XXXV, 41-43.
[5] http://kasteelasten.nl/historie/ (bezocht 21-01-2014).
[6] Brandi C. (1977, 1963), *Teoria del restauro*, Torino, Einaudi, p. 30-37.
[7] van Hees R.P.J., Binda L., Papayanni I. & Toumbakari E. (2007), Damage assessment as a step towards compatible repair mortars, in: C. Groot, G. Ashall & J. Hughes eds, Characterisation of Old Mortars with Respect to their Repair – RILEM report 28, pp.105-150, isbn: 978-2-912143-56-3.
[8] Bommel van B. (2008), *De gevels van het Koninklijk Paleis Amsterdam*, P.C.E., 4, 13, SDU Publ. Sept. 2008.
[9] Bommel van B. (2013), *Terugblik op een geslaagd project. De restauratie van het Koninklijk Paleis Amsterdam*, KNOB, 1, pp. 12-23.
[10] Brandi C. (1979), *Intorno a due restauri eccezionali: la facciata di San Petronio e la "Santa Cecilia" di Rafaello, '*Bologna incontri', X, 1979, n.10, pp. 24-27.
[11] Herdis A. Heinemann, Rob P.J. van Hees, Timo G. Nijland, Hielkje Zijlstra, (2010), The challenge of a perpetual service life: conservation of concrete heritage, in: K. van Breugel, Guang Ye, Yong Yuan eds., Proceedings of 2nd International Symposium on Service Life Design for Infrastructures, pp. 1067 – 1074, RILEM Publications SARL.
[12] Symposium 'Growing old gracefully' (Gracieus verouderen), RDMZ, Nov. 1999.

GEVELVERVUILING? WAT, WAAR, WANNEER, WAAROM?

Yves Vanhellemont
Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB)

Abstract

Bij het reinigen van gevels wordt er al wel eens geredeneerd dat één of hoogstens enkele methodes universeel toepasbaar zijn op gevels. Dat klopt natuurlijk niet. Gevelreiniging hoort een ingreep 'op maat' te zijn van het type gevel, de gevelmaterialen, hun bewaringstoestand, wat je als bouwheer daarmee wil bereiken, én het type vervuiling dat je aantreft. Dat laatste aspect zal leren of er echt een technische noodzaak is om de vervuiling weg te halen. Misschien is die vervuiling wel een symptoom voor iets wat grondig mis is met het gebouw? Of misschien is er wel geen dwingende technische reden om die vervuiling weg te halen, maar is het dan toch een louter esthetische kwestie? Maar vooral: het bepalen van het type vervuiling zal uiteindelijk leiden tot een keuze voor de reinigingsmethode die het vuil optimaal verwijdert, en het gevelmateriaal optimaal intact houdt. In deze bijdrage geven we een overzicht van hetgeen je op gevels kan aantreffen, en welke conclusies we daaruit moeten trekken.

1. Inleiding – patina versus vervuiling

Inspectie van een gevel, het bepalen van wat we percipiëren als 'vervuiling', én uitmaken waarom die 'vervuiling' dààr zit, is belangrijk om de volgende restauratie-stappen te bepalen: wat gaan we doen, moét en kàn de vervuiling verwijderd worden? Hoe gaan we dan reinigen, en wat we kunnen ondernemen om die vervuiling in de toekomst te vermijden?
Voor de duidelijkheid: met de term 'vervuiling' wordt alles aangeduid wat je op een gevel kan vinden, wat daar eigenlijk in normale omstandigheden niet op hoort te zitten. 'Patina' is dan weer een oppervlaktewijziging in de steen die heel natuurlijk is, en in gewone 'gezonde' omstandigheden niet te vermijden is.
Erg duidelijk is dat onderscheid natuurlijk niet. Zo is mosgroei op bepaalde gevels ook heel natuurlijk, mossen kunnen er op perfect normale manier op groeien, ook als het gebouw bouwtechnisch helemaal in orde is. En toch beschouwen we mossen over het algemeen als een type vervuiling, iets dat je beter verwijdert.
Zo is gipskorstvorming geen patina, alhoewel het een nogal vaak voorkomend fenomeen is. Het is ook in eerste instantie geen 'afzetting' op een bestaand materiaal, maar het gaat om een scheikundige omzetting kalkhoudend materiaal, onder invloed van vocht en zwaveloxiden in de lucht. Die laatste kan je bezwaarlijk als 'natuurlijk' beschouwen, ze ontstaan door het verbranden van allerhande zwavelhoudende fossiele brandstoffen. Gipskorsten kunnen evenwel erg dik worden (in het bijzonder als er geen rechtstreekse beregening van een gevel is), en dan kunnen ze de vochthuishouding van een gevel nadelig beïnvloeden. Het wegnemen ervan is dan wel aangewezen, maar helemaal niet eenvoudig. Het feit dat er gipskorsten zijn, moet evenwel al een belletje doen rinkelen: het is een teken dat het materiaal aan het aftakelen is.
Een voorbeeld van écht patina is de lichtgrijze kleur van blauwe hardsteen, die een gevolg is van de reactie van koolstofdioxide en (regen-)water op het oppervlak van de steen. Dit resulteert in een lichte herkristallisatie van calciet: calciet wordt omgezet in calciet, evenwel onder een andere vorm en een iets andere plaats. Dat is zonder enige twijfel patina, het is een onvermijdelijk (en totaal ongevaarlijk) gevolg van heel normale natuurlijke omstandigheden (CO_2 en regen). Op dezelfde manier is de verkleuring van diverse steensoorten door oxidatie van allerhande mineralen in de steen ook te beschouwen als patina, omdat ze een louter gevolg zijn van (bijvoorbeeld) zuurstof en regenwater.

Als de patina na de reiniging weg is, dan kan men over het algemeen wel besluiten dat de reiniging wat te ver is gegaan. Patina keert gelukkig nagenoeg steeds terug, dus het is in zo'n gevallen niet zozeer de verloren gegane patina die we moeten betreuren. Betreurenswaardig is dan wel het materiaal dat bij het reinigen is verloren gegaan, dat groeit natuurlijk niet meer aan.

Figuur 1: Twee voorbeelden van patina. Links: de geelbruinige structuur op het oppervlak van een steen van Pouillenay. Dergelijke steen is na te intense reiniging vaak spierwit, omdat de verkleuring zeer oppervlakkig is. Ze komt evenwel relatief snel terug, eens ze verwijderd werd.
Rechts: blauwe steen, waar afhankelijk van de reiniging een eerder blauwige tint (patina verwijderd) of grijzige tint overblijft (patina intact).

Een vraag daarbij is natuurlijk wat er moet gebeuren met natuurlijke oppervlakteveranderingen die helemaal niet gewenst zijn. Een voorbeeld is het verlies aan glans van gepolijste kalksteenplaten die als gevelbekleding gebruikt werden en worden. Zo werden platen van travertijn vaak toegepast als gevelbekleding tijdens het Interbellum, maar ook in de decennia die volgden na de Tweede Wereldoorlog. Dergelijke platen hadden oorspronkelijk een glans, maar door deze 'patinering' (= een flinterdun calciethuidje dat zich vormt, analoog aan hetgeen we bij blauwe steen zien) wordt het oppervlak mat. Soms wil men deze patina helemaal niet, en gaat men over tot het herpolijsten van de platen.
In hetgeen volgt wordt een overzicht gegeven van de enorme veelheid aan vervuilingstypes [1-8], waarbij eveneens mogelijkheden tot onderzoek worden weergegeven. Bij raadplegen van diverse bronnen is er niet steeds eensgezindheid over wat men als gevelvervuiling definieert. Zo zal volgens de KOMO richtlijn BRL 2826-08 aanwezigheid van hygroscopisch zout ook als een vorm van vervuiling bekeken worden. Dat klopt ook, aangezien zouten een 'vreemde substantie' op en in het gevelmateriaal zijn, die aanleiding tot esthetische én materiaalproblemen geven. Wij behandelen enkel uitbloei als vervuiling, omdat we hygroscopisch zout eerder als een vochtgerelateerd fenomeen beschouwen. Maar uiteindelijk is dit onderscheid enkel een kwestie van definities.
De norm EN 17488 [9] geeft een systematisch overzicht van methodes om onderzoek uit te voeren op gevelmaterialen en vervuiling, in functie van een eventuele reiniging. Sporadisch zullen we deze methodes vermelden, maar gelukkig kan er al heel veel informatie bekomen worden door goed te kijken, en eventueel het toepassen van een huis-, tuin- en keukenproefje.

Roet en stof
'Stof' is een containerbegrip, waaronder we (in deze context) alle types gevelvervuiling verstaan die inert zijn, en afgezet kunnen worden op gevels. Fijn zand, stof door allerlei industriële processen, door slijtage, pollen, woestijnstof, … maken deel uit van dit 'stof'. Je vindt het vooral op geveldelen die beschermd zijn tegen afspoeling door de regen.
Roet is een bijzonder vorm van stof, en vormt het dominante type gevelvervuiling in stedelijke context. De onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen of hout (verkeer, verwarming, industrie, brand, …) zorgt voor het ontstaan van fijn verdeeld amorf koolstof, vervuild met

andere verbindingen, zoals polycyclische aromatische koolwaterstoffen (tevens het hoofdbestanddeel van teer). Ze worden veelal vrij homogeen afgezet op gevels, maar vertonen na verloop van tijd typische patronen, die verbonden zijn met de beregening en de afspoeling van gevels en hun gevelreliëf, waarbij meer afgespoelde geveldelen properder blijken te worden, en de vervuiling zich opnieuw afzet op lagergelegen geveldelen.

Figuur 2: Verschillende verschijningsvormen van roet in stedelijke context. Typisch is een homogene afzetting, die dan wel aflooppatronen vertoont, samenhangend met de architectuur en de oppervlakte-textuur van de steen. Soms zie je dat het roet zich uiteindelijk op de onderste geveldelen gaat concentreren. Op het voorbeeld linksboven gaat de roetafzetting gepaard met de aanwezigheid van een gipskorst en de daarbij horende aftakeling van de steen. Op de andere foto's is blauwe steen de ondergrond. Een kalksteen die evenwel weinig tot geen last van ernstige gipsvorming heeft, onder meer wegens zijn grote compactheid en weinig neiging tot absorptie van vocht. Bij die gevallen is de roetvervuiling dus enkel oppervlakkig, en is er van verwering van de steen nagenoeg geen sprake.

Dergelijke vervuiling kan ook schadelijke bestanddelen bevatten, zoals lood, afkomstig van bijvoorbeeld industriële processen, branden of loodhoudende brandstoffen. Deze elementen kunnen met diverse methodes geïdentificeerd worden, waaronder bijvoorbeeld SEM-EDX (Energy Dispersive X-ray spectroscopy, met een Scanning Electron Micropscope). Momenteel bestaan er draagbare XRF-toestellen die in situ de verhoogde aanwezigheid van elementen (waaronder lood, koper, titaan, fosfor, zwavel, …) kunnen detecteren (XRF = X-Ray Fluorescence).
Roet is eveneens verantwoordelijk voor de zwarte kleur van gipskorsten. Het verband tussen beide is niet verwonderlijk, omdat ze beide in belangrijke mate het gevolg zijn van de verbranding van zwavelhoudende brandstoffen, zoals, reeds sinds eind van de 18^{e} eeuw, het gebruik van steenkool als huisverwarming – hoogzwavelige steenkool, die goedkoper was,

kon aanzienlijke hoeveelheden, tot 7%, zwavel bevatten. Ook stookolie kon vrij zwavelrijk zijn. De vorming van gipskorsten, en het blootstaan aan roetvervuiling, het gebeurde dus veelal samen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat men ze vaak samen aantreft op gevels, als zwarte gipskorsten.
Een moeilijke situatie, aangezien de aanwezigheid van een gipskorst automatisch wil zeggen dat de ondergrond deels verweerd is, en derhalve minder resistent tegen reiniging. De aanwezigheid van roet (zonder gipskorst) op zich houdt niet meteen een risico in, maar helaas is de aanwezigheid van roet op een kalkhoudende ondergrond vaak een indicator van (beginnende) verwering.
Het probleem van zure regen en gipskorstvorming schijnt gelukkig stilaan te verminderen. In 2010 noteerde men reeds, voor West-Europa, een vermindering van zwaveloxide-emissies van 75% ten opzichte van 1980 [10]. Hetgeen niet wegneemt dat er momenteel nog steeds een loodzware erfenis van zwarte gipskorsten op onze kalkstenen monumenten hangt, wachtend op een restauratie.

Uitbloei

Met 'uitbloei' wordt steeds een kristallisatie van een zout bedoeld, aan het oppervlak van een gevel. Dat kan variëren van wateroplosbaar tot erg onoplosbare zouten.
Uitbloeiingen van wateroplosbare zouten zijn zeker het bekendst. Oplosbare zouten kunnen van nature voorkomen in gevels, of kunnen door en externe (vocht-)bronnen aangevoerd worden (zeewater, opstijgend grondvocht, infiltraties via met organisch afval bevuilde daken, …). Ze kunnen ook door menselijke activiteiten in gevels terechtkomen (dooizouten, industriële activiteiten, opslag van voedsel, vroegere behandelingen met kalium- of natriumsiliconaten of waterglas [11]). Ze verschijnen als uitbloei als er sprake is van droging van een materiaal. Afhankelijk van de drogingsomstandigheden en de materiaaleigenschappen, treden ze op als een uitbloei (een uitbloei in de poriën in het materiaal, en derhalve dus niet zichtbaar) of als uitbloei (een kristallisatie aan het oppervlak van het materiaal, zichtbaar).
Alhoewel uitbloei technisch gezien minder problematisch is als crypto-uitbloei, heeft het uiteraard wel een veel grotere esthetische impact. Beide types uitbloei komen veelal samen voor. En ze zijn vaak een teken van een (al dan niet reeds opgelost) vochtprobleem. We benadrukken dat ook in droge muren uitbloei kan ontstaan (en trouwens ook weer 'verdwijnen', afhankelijk van het weer en de bezonning/beregening)
Uitbloei van wateroplosbare zouten wordt logischerwijs bij voorkeur met een droge methode gereinigd. Anders lossen de zouten op, die dan weer in de muur kunnen dringen, en dat is vanzelfsprekend geen duurzame oplossing. Zo'n reiniging is trouwens geen garantie is dat de uitbloei daarmee verdwijnt, aangezien het reservoir aan zouten in het metselwerk nagenoeg ongemoeid blijft bij een gevelreiniging.
Desalniettemin zal een dergelijke reiniging doorgaans succesvol en duurzaam zijn, voor zover de gevel niet meer overmatig bevochtigd wordt. Als er een vochtprobleem is, dan is de reiniging van uitbloei van oplosbare zouten een tijdelijke oplossing. Er kan dan geen garantie worden gegeven dat de uitbloei niet opnieuw, na een vochtige periode, zal verschijnen. Sowieso is het een goede zaak dat zoutuitbloei verwijderd wordt. Want dat is dan al een hoeveelheid zout die niet meer in de muur kan dringen en dus ook geen kwaad meer kan.
Zouten die onoplosbaar zijn in water kunnen een gevolg zijn van bepaalde scheikundige behandelingen, zoals reinigingen met zuren op basis van fluoriden. Bekendst in deze categorie zijn vooral de kalkuitbloeiingen, die meestal het resultaat zijn van het uitspoelen van CaO of $Ca(OH)_2$ uit mortels. Van zodra deze worden blootgesteld aan de lucht, carbonateren ze en worden aldus omgezet worden in calciet. Een hardnekkige verbinding, ze spoelt helemaal niet meer weg, en is esthetisch erg storend. Kalkuitbloei kan herkend worden door bijvoorbeeld een druppeltje verdund zoutzuur op de laag aan te brengen. Een onmiddellijk bruisend effect zegt dan genoeg. Bij twijfel kan steeds een XRD-analyse (X-Ray Diffraction) op de uitbloei uitgevoerd worden, een eenvoudige methode om de samenstelling van een uitbloei te bepalen (ook uiteraard toepasbaar op oplosbare zouten).

Figuur 3: Uitbloei. Links kalkuitbloei, overduidelijk samenhangend met het (nieuwe) voegwerk, wellicht door een uitloging na een regenbui. Rechts uitbloei van oplosbaar zout, bij uitdroging van een voorheen vochtige gevel.

Dergelijke kalkuitbloei manifesteert zich vooral als lopers, stalactieten of zelfs volledige vlekken, soms meerdere millimeters dik, veelal komende vanuit voegwerk. Ze zijn het symptoom van een eenmalige benatting (in het geval van recente nog niet-gecarbonateerde mortels, zoals bijvoorbeeld bij pas heropgevoegd metselwerk) tot zeer langdurige blootstelling aan vocht van metselwerk of betonnen constructies, waar ook diepergelegen niet-gecarbonateerd materiaal aanwezig is dat CaO of $Ca(OH)_2$ bevat. Een ingreep tegen vochtinfiltratie alvorens te reinigen kan dan aangewezen zijn.
Als het bij een dunne sluierachtige afzetting blijft, is het geen groot technisch probleem. Esthetisch is zelfs zo'n dunne afzetting erg storend. Als de afzettingen dikker worden, en ze bevinden zich op een vorstgevoelig materiaal, dan kan het toch aangewezen zijn om ze weg te halen, zeker als er risico is op vochtopstapeling achter de afgezette laag. Dat weghalen is geen sinecure, en gebeurt veelal met zuren. Er dient bijzonder opgelet te worden bij die gevallen waar de kalkuitbloei zich op een kalksteen bevindt: deze steen zal dan immers ook worden aangetast door het zuur.

Vlekken
Met 'vlekken' bedoelen we allerhande vervuiling die niet enkel aan het oppervlak van de steen, maar ook in de poriën zit. Een erg vervelend gegeven, want een volledige verwijdering wordt plots een stuk moeilijker. Veelal moet er op één of andere manier een product aangebracht worden die de vlek oplost of aantast, waarna alles moet afgevoerd worden (door afspoelen, of door aanbrenging van compressen die de restproducten absorberen). Het toepassen van mechanische reinigingsmethodes voor het verwijderen van vlekken, resulteert met grote waarschijnlijkheid in belangrijk materiaalverlies: voor het verwijderen van de vlek dient dan immers ook het steenmateriaal zelf te worden verwijderd.
Graffiti is een bekend voorbeeld van een vlek. Eentje die vaak verwijderd moet worden omdat het esthetisch er storend is, en soms zelfs een aanzet is voor andere graffitispuiters om nog meer graffiti aan te brengen. Ook omwille van technische redenen kan verwijdering een noodzaak zijn: zo'n verflaag vormt vaak een rem op de droging van de ondergrond is. Als de graffiti op een betonnen muur zit, of bijvoorbeeld een compact duurzaam materiaal als blauwe steen, dan is er materiaaltechnisch niet zo heel veel aan de hand. Maar als de graffiti groot is, en hij zit op een metselwerk muur, dan kan het toch aangewezen zijn om de graffiti weg te halen. Vochtaccumulatie achter de graffiti kan dan immers op termijn leiden tot schade. Om

het te verwijderen kunnen bijvoorbeeld allerhande graffitiverwijderaars (afbijtmiddelen) toegepast worden. Niet zo'n eenvoudige taak, want verschillende verven vereisen ook wel verschillende producten. Verschillende producten uitproberen is de boodschap. In theorie kan een analyse van de graffiti uitgevoerd worden (bijvoorbeeld door een FT-IR analyse, waarbij het opmeten van het absorptiespectrum van de graffiti kan aangeven welk bindmiddel er in de graffiti zit. Aldus kan men vervolgens een oordeelkundige keuze voor een reinigingsproduct maken. Maar meestal gaat men direct voor testen met verschillende producten, en dat werkt doorgaans prima. En het is zeer zeker een snellere testwijze als er veel verschillende graffiti op, de gevel zitten.

Figuur 4: Graffiti, in dit geval aangebracht met zogenaamde 'onuitwisbare stiften'. Zo onuitwisbaar zijn ze niet, maar het is best moeilijk om het te verwijderen.

<u>Oliën en vetten</u> komen op de meest diverse manier in muren, bijvoorbeeld door toepassing van verkeerde kitten op natuursteen. Maar dat is zeker niet de enige manier. We weten perfect hoe ze verwijderd moeten worden, namelijk met vetoplossende middelen, of sterke organische solventen, bij voorkeur in combinatie met compressen. Het probleem is evenwel dat vlekken vaak erg diep zitten. Een reiniging zal eerder oppervlakkig resultaat hebben, maar vormt niet noodzakelijk een duurzame oplossing. Vaak wordt er geonstateerd dat de vlek na termijn opnieuw verschijnt (oliën die vanuit de diepte weer naar de oppervlakte migreren).
<u>Metaaloxiden</u> (of algemener 'verbindingen') van koper, ijzer, lood, … veroorzaken allerhande types van vlekken in materialen. Felgroene tot blauwe verkleuringen wijzen op koperverbindingen (afkomstig van koperen, bronzen of messing elementen), geel of bruin wijst op ijzeroxiden, en oranjerode vlekken zouden van lood afkomstig kunnen zijn. De vlek op zich zal de steen niet beschadigen, maar het is belangrijk om na te gaan wat de vlek veroorzaakt heeft: ze kunnen wel een symptoom zijn van een overmatige benatting en dus een vochtprobleem, wat op termijn tot grotere schade kan leiden (bijvoorbeeld roestvlekken door corroderende ankers). Het is daarentegen ook perfect mogelijk dat het om een verkleuring gaat die veroorzaakt wordt door normale beregening.
Het verwijderen van die vlekken is meestal wel mogelijk zonder dat de steen wordt aangetast, met behulp van producten waarin bijvoorbeeld ammoniak, oxaalzuren (typisch voor ijzeroxidevlekken) of dergelijke verwerkt zit (afhankelijk van het soort vlek). Veelal wordt er tegen de vlek niet opgetreden (uiteraard wel tegen eventuele vochtproblemen aan de basis van de vlek). Men beschouwt die verkleuringen dan als 'eigen' aan de constructie (~patina) zodat ze zelfs niet meer als storend worden beschouwd.

Figuur 5: De karakteristieke groenblauwe verkleuring bij beregening van koperhoudende materialen waarvan het aflopende water in onderliggende steen kan dringen.

Een laatste belangrijke categorie vlekken zijn de verkleuringen die in bepaalde kalkstenen ontstaan door inwerking van alkalisch water op de organische componenten in de steen: ze verkleuren dan geel tot bruinzwart (zogenaamde vlekken type II, zie [12]). De vlek op zich is onschadelijk, maar ze duidt wel op een onderliggend vochtprobleem, een probleem waarbij infiltrerend vocht via een CaO- of $Ca(OH)_2$-houdend materiaal migreert (zoals beton of ongecarbonateerde mortels in dikke metselwerkpakketten).
Je ziet ze soms wel bij vloertegels die met een té alkalische mortel werden geplaatst, maar ook in gevelmaterialen van gebouwen die te kampen hebben gehad met infiltraties. De aanwezigheid van dergelijke vlekken moet dan in eerste instantie toch leiden tot een inspectie van de afdichtingen, aangezien het voorkomen van die vlekken een symptoom van lekken zijn.
Niet elke kalksteen heeft er evenveel last van, veel soorten zijn hier compleet immuun voor, maar bekende voorbeelden van bruinverkleurende stenen zijn Portlandsteen, marmer van Carrara, steen van Seget, of Combe Brune.
Het ondubbelzinnig identificeren van dergelijke vlekken is niet evident. Doorgaans gebeurt dit door te kijken waar de vlek zich voordoet, door na te gaan of er daar een kans is tot infiltraties (met de opmerking dat in erg massieve constructies de bron van een infiltratie ver kan liggen van de plaats van een vlekvorming) en door het typeren van het gedrag van de steen zelf (uitvoeren van de Venuatproef om de vlekgevoeligheid voor dit soort vlek na te gaan op de steen in kwestie).
Gelukkig is dit soort vlek relatief eenvoudig aan te pakken met water, eventueel water en zeep, of een specifieke enzymatische oplossing voor de moeilijker gevallen.

Figuur 6: Bruinverkleuring in Portlandsteen (de steenplaten achter de kolommen), vermoedelijk door vroegere infiltraties via het platte dak boven de galerij).

Biologische vervuiling

Ook dit is een enorm breed type van gevelvervuiling.

Een eerste erg belangrijke categorie hierin zijn de uitwerpselen van (vooral) vogels. Naast een gezondheidsrisico vormen ze ook een potentieel gevaar voor bepaalde organisch materialen: het enzymemengsel pancreatine (aanwezig in uitwerpselen), tast lakken en verven aan, en is daarom de nachtmerrie van autolakproducenten. Maar 'gewone' verven en lakken in gebouwen kunnen er evenzeer onder lijden. Een eerste reden om snel komaf te maken met dit soort vervuiling.

Steen heeft gelukkig geen last van dit enzyme. Het belangrijkste probleem zijn evenwel de zouten die een gevolg zijn van uitwerpselen. Zaak is dus om ze zoveel mogelijk te vermijden, en om ze niet te lang te laten zitten. Reinigen moet met een droge methode gebeuren, bijvoorbeeld mechanisch, maar ook droogijsstralen zou hier een goede oplossing kunnen zijn.

Een heel wat onschuldiger biologisch overblijfsel zijn hechtwortels/-voetjes van allerhande klimplanten, zoals klimop of wingerd, nadat deze verwijderd werden. Hun aanwezigheid op zich is geen probleem, maar ze vormen vaak wel een erg moeilijk behandelbaar esthetisch probleem. Een probleem dat zich ten andere (op een beregende façade weliswaar) zelf oplost, met een voldoende dosis geduld (reken maar op enkele tot tientallen jaren). Harde reinigingen (water onder druk of abrasieve methodes) zijn te vermijden, maar ook hier blijkt droogijsstralen een eerder positief gegeven te zijn. Niet perfect, maar beter dan andere methodes, met minder risico's.

De gekendste biologische vervuiling is de ontwikkeling van algen, mossen en korstmossen, die de meeste mensen wel op het oog kunnen herkennen. Minder bekend zijn de cyanobacteriën, die bijzonder algemeen zijn, vaak samen voorkomen met hogergenoemde organismen, maar vaak ook niet. In die gevallen worden ze dikwijls verward met roetvervuiling, omdat ze beide zwart zijn. Nochtans zijn roet en cyanobacteriën meestal goed van mekaar te onderscheiden: waar roet zich eerder als een zwarte waas homogeen op gevels afzet (waarna deze wel gedeeltelijk kan wegspoelen) zien we de cyanobacteriën zich vooral ontwikkelen op vochtige plaatsen. Zo zal je bvb. geen bacteriën aantreffen onder goed overstekende vensterdorpels, balkons, dekstenen, …. een plaats waar je wél roet kan aantreffen. Die vochtige plaatsen zijn ook de plaatsen waar je algen en allerhande mossen zal aantreffen. Zo vind je ze bijvoorbeeld ook vaker op noordelijk gerichte gevels, omdat daar minder droging

door de zon plaatsvindt, en je er ook vaker condensatie op de gevel kan aantreffen. Heel tref je cyanobacteriën samen aan met mossen of algen, maar zeker niet altijd.
Het onderscheid tussen roet en cyanobacteriën is erg belangrijk, want je reinigt ze op totaal andere manier. In het algemeen is de identificering van een vervuiling als biologisch belangrijk, want dit soort vervuiling is reinigbaar met methodes die de steen totaal intact laten (hetgeen zeker niet steeds het geval is voor de gekendere roetvervuiling). Straalmethodes zijn af te raden op dit soort biologische vervuiling, in het bijzonder als die vochtig is. Zelfs de meest dunne biofilm wordt veerkrachtig als hij vochtig wordt, en dan is het gebruik van een straaltechniek niet meer aanvaardbaar.
Of er echt een noodzaak is om biologische vervuiling te verwijderen, dat is voer voor discussie. De aanwezigheid van deze vervuiling duidt in elk geval wel op een aanwezigheid van vocht, zonder daarbij te stellen dat dat vocht ook echt een probleem is, of vermijdbaar.
Maar bacteriën, mossen en korstmossen kunnen in bepaalde gevallen ook echt problematisch zijn: ze beïnvloeden de vochthuishouding van de ondergrond, ondermeer omdat ze drogingsremmende substanties vormen, die bij gevoelige ondergronden beter verwijderd zouden worden. Dat is bijna een evidentie bij mossen en korstmossen, maar gelijkaardige fenomenen worden eveneens vastgesteld bij eerder dunne biofilms van cyanobacteriën [13]. Ze kunnen trouwens zure bestanddelen afscheiden die kalkhoudende ondergronden aantasten [14]. Desalniettemin wordt in het bijzonder korstmos vaak gezien als een eerder normale afzetting die men beter laat zitten. Op compacte ongevoelige materialen is dat ook aanvaardbaar.

Figuur 7: Propere zones onder de bliksemafleider of bronzen ornamenten tonen duidelijk aan dat de zwarte vervuiling biologisch van aard is. Ook het gegeven dat de voegen properder zijn dan de stenen, wijzen in die richting.

De identificatie van biologische vervuiling is relatief eenvoudig als het gaat om algen, mossen en korstmossen: de meesten mensen hebben er wel een idee van hoe deze eruitzien, zonder dat men daarbij dan specifieke soorten (en de daarmee samenhangende groeiomstandigheden en bestrijdingsmethodes kunnen identificeren).

Cyanobacteriën zijn al een stuk minder eenvoudig te identificeren met het blote ook. Dé lakmoesproef is de aanwezigheid van koperhoudende elementen, zoals bliksemafleiders, of bronzen decoraties): als de zwarte vervuiling daar lokaal weg is, dan kan je er zeker van zijn dat de vervuiling biologisch is. Een andere belangrijke aanwijzing is de heterogene vervuiling: roet zet zich homogeen af, bacteriën ontwikkelen zich vaak totaal anders op mortels en op stenen. Zo kan men soms zien dat stenen zwarte vervuild zijn, en de voegen niet. Zo'n vervuilingspatroon is erg onwaarschijnlijk bij roet. Bij twijfel kunnen er altijd labo-analyses gebeuren.
Het is belangrijk om aan te geven dat bepaalde behandelingen de groei van dergelijke organismes kan bevorderen. Bijvoorbeeld na reiniging met fosforhoudende zuren [8], aanbrenging van bepaalde types bescherming tegen graffiti. In specifieke gevallen kan ook de aanbrenging van een waterwerende oppervlaktebehandeling een stimulans zijn voor vergroening van een gevel.

Allerlei 'behandelingen'
Strikt genomen gaat het niet meer om natuurlijke vervuiling, maar ook in de volgende gevallen kan het wenselijk zijn dat er een bepaalde 'vervuiling' wordt weggenomen:

- Chemisch reinigen, en in het bijzonder reiniging met zuren. Afhankelijk van het zuur en de samenstelling van de gevel veranderen zij oppervlakkig de scheikundige samenstelling van de gevel, en afhankelijk van het zuur zijn dit oplosbare of onoplosbare verbindingen. Fluorhoudende zuren, de zuren die het vaakst worden gebruikt voor gevelreiniging, vormen onoplosbare verbindingen (fluorzouten) die op louter technisch vlak zeker geen probleem vormen. Esthetisch zijn er erg problematisch. Bij aanwezigheid van dergelijke onoplosbare afzettingen kan men terugvallen op een SEM-EDX-meting, die de aanwezigheid van fluor ondubbelzinnig kan aantonen
- Coatings (verf, antigraffiti, vernissen, teer). Dergelijke afwerklagen dienen vaak verwijderd te worden, eventueel als voorbereiding op nieuwe schilderwerken. Het wegnemen van verf kan noodzakelijk blijken indien de coating de vochthuishouding van de ondergrond verstoort, hetgeen soms bijvoorbeeld het geval is bij bepaalde behandelingen tegen graffiti. Tevens kan de aanwezigheid van oude verven problematisch blijken indien ze overschilderd moet worden, bijvoorbeeld wanneer niet geweten is welke de oude verf precies is. Verwijdering van verven gebeurt ook gewoon omwille van esthetische redenen, om de gevelmaterialen terug zichtbaar te maken. Het moet gezegd dat dat laatste niet steeds even eenvoudig is, men dient in veel gevallen te leven met het achterblijven van talrijke restjes.
- We vermelden dat bepaalde wassen of oliën (vooral lijnolie, maar bijvoorbeeld ook walnootolie) ook doelbewust toegepast werden (en worden) als behandeling van natuursteen. Verdund met terpentijn bekomt men een dunvloeibaar oliemengsel, dat relatief eenvoudig in de poriën van steen doordringt, met als doel om de steen vlekbestendiger te maken, om de kleur van de steen te intensifiëren en om het materiaal te doen glanzen. Dergelijke behandeling is in eerste instantie niet als vervuiling te beschouwen, maar kan op termijn op een ongewenste manier van uitzicht veranderen, door vergeling. Het wegnemen van dit soort oude oliën is niet eenvoudig, omdat ze ook een sterke weerstand hebben tegen heel wat courante organische oplosmiddelen.
- De aanwezigheid van een waterwerende oppervlaktebehandeling [15] heeft, op het vlak van gevelreiniging, doorgaans een gunstig effect: vervuiling hecht minder snel, en kan derhalve met minder ingrijpende reinigingen verwijderd worden. Vermeldenswaard is het vroegere gebruik van waterwerende producten op basis van siliconaten, hetgeen momenteel in onbruik is. De reden is de vorming van kalium- of natriumcarbonaten; oplosbare zouten die materiaalschade kunnen veroorzaken, of ook esthetische schade (uitbloei)
- Steenverharding, in het bijzonder behandelingen met producten uit de familie van de ethylsilicaten, zijn in principe behandelingen die het uitzicht van materialen niet wijzigen. Er zijn evenwel gevallen bekend waar ongunstige omstandigheden geleid hebben tot

vlekvorming. Deze vlekken vormen geen materiaaltechnisch risico, maar ze zijn hardnekkig (en eigenlijk helemaal niet meer verwijderbaar). Het is ook best mogelijk dat deze behandeling, op een vervuilde gevel, het vuil gefixeerd heeft. Dat is een probleem voor reiniging, in dergelijke gevallen moet er veel harder gereinigd worden om het gewenste resultaat te bekomen (hetzelfde gebeurt trouwens ook indien een vervuilde gevel gehydrofobeerd werd – dat maakt reiniging nadien een stuk moeilijker).

De invloed van porositeit, capillariteit en oppervlaktespanning

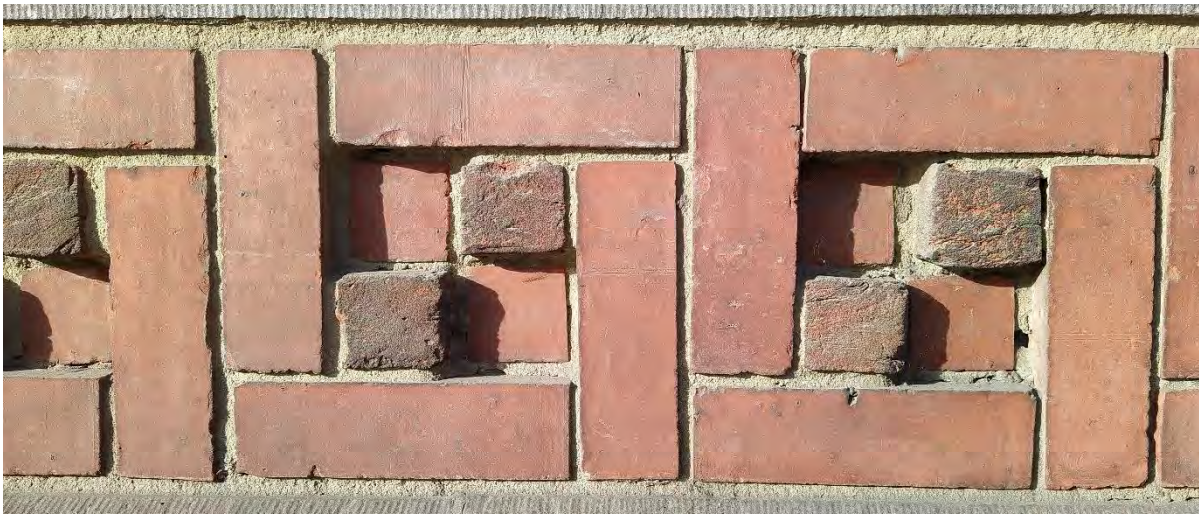
Gevelmaterialen die poreuzer zijn, en een grotere capillaire wateropname vertonen, vervuilen doorgaans ook sterker, waarbij de vervuiling vaak hardnekkiger is en dieper indringt, in het bijzonder indien de vuilafzetting gecombineerd wordt met blootstelling aan vocht (‘natte vuilafzetting’). Compactere, weinig absorberende, materialen vervuilen oppervlakkiger, en zijn veelal eenvoudiger te reinigen met minder invasieve reinigingsmethodes.

Figuur 8: Afspoeling van vervuiling onder ramen zonder uitstekende vensterdorpels

Waterwerende oppervlaktebehandelingen, voorzover het verantwoord is om ze toe te passen op een gevel, hebben een gunstige invloed op de gevelvervuiling en de onderhoudbaarheid van de gevel. Hetzelfde geldt voor oleofobe gevelbehandelingsproducten. Gevelverven kunnen hetzelfde effect hebben. Er dient hierbij benadrukt te worden dat een beetje vervuiling

op een geschilderd (en dus erg homogene) gevel, op termijn vaak storender kan overkomen dan gewone vervuiling op een niet-geverfde (en dus heterogene) gevel. Om aan te denken als je een gevel wil verven omdat dat zo netjes staat.
Waterwerende of oleofobe behandelingen, of erg hydrofobe gevelverven, hebben als effect dat eventuele aflopers van water erg fijn worden. Op zich is dat geen probleem, maar het kan wel resulteren in een vervuilingspatroon dat erg opvallend en zelfs onesthetisch is.
Compacte gevelmaterialen, of materialen die waterwerend zijn, vertonen veelal minder biologische vervuiling. Dat is evenwel geen algemene regel. In bijzondere gevallen, zoals bij gebouwen die in een vochtige omgeving staan, in de schaduw, op het platteland, tussen het groen, naast waterpartijen, … is het mogelijk dat dit soort oppervlakken net sterker vergroenen.
Gevels zijn vaak opgebouwd uit verschillende materialen. Geveldelen opgebouwd uit compacte, weinig absorberende materialen (zoals Belgische blauwe hardsteen, keramische tegels, platen graniet, …), belasten de onderliggende geveldelen vaak met meer aflopend regenwater. Dit kan leiden tot een intensere verwering van die geveldelen, maar tevens tot een groter reinigend effect, waardoor die geveldelen vaak minder tot helemaal niet vervuild zijn. Een gelijkaardig effect zie je onder ramen met vensterdorpels die in het gevelvlak liggen: bouwtechnisch is dat niet echt optimaal, maar de gevel eronder is er vaak minder vuil (en vaak ook meer verweerd…)

Oppervlaktetextuur en -ruwheid
Vervuiling kan zich sterker vasthaken aan een materiaal naarmate het ruwer wordt. Ruwe geveloppervlakken vervuilen sneller, en dat is logisch: door een hogere haakweerstand zal vuil zich beter kunnen hechten, en wordt het minder snel door de regen afgespoeld. Ruwe oppervlakken zullen daarom ook moeilijker gereinigd kunnen worden. Gelukkig kan men het zich vaak gemakkelijker veroorloven om op ruwe materialen een iets hardere reinigingsmethode toe te passen. Op ruwe materialen is de kans van een bijkomende opruwing eerder beperkt.
Geveltexturen, zoals behouwingen, beïnvloeden het vervuilingspatroon, soms op een bijzonder onesthetische manier, hetgeen sterker wordt naarmate het oppervlaktereliëf van een gevel toeneemt en het reliëf de afspoeling van een gevel door het regenwater bemoeilijkt.



Figuur 9: Bakstenen met verschillende ruwheden maar met precies dezelfde blootstelling aan vervuiling en regen. De verschillen in intensiteit van de vervuiling zijn sprekend.

Blootstelling aan regen – afspoeling
Regen kan een belangrijke invloed hebben op gevelvervuiling. Zo kan zure regen materialen sterker aantasten, hetgeen ervoor kan zorgen dat gevelvervuiling zich sterker aan de gevel zal hechten. Tevens kan een sterkere blootstelling aan vocht biologische vervuiling bevorderen.
Aan de andere kant kan regen een reinigende functie hebben. Bij voldoende regenintensiteit is regenwater in staat om gevels, of delen ervan, schoon te spoelen.

Geveldetailleringen
Elementen zoals kroonlijsten, waterlijsten, vensterdorpels, balkons, luifels, dakgoten en baldakijnen dragen bij tot het beschermen van gevels tegen regenwater, en zorgen aldus voor een inhomogene beregening en derhalve inhomogene vervuiling van de gevel.
Onder dergelijke beschermde geveldelen ziet men vaak meer vervuiling, aangezien deze niet weggespoeld kan worden. Aan de andere kant is de vervuiling in die zones vaak minder hardnekkig, omdat het gaat om droog en slechts licht afgezet vuil. Vaak zijn de gevelmaterialen in die zones ook minder verweerd. Het reinigen van die geveldelen kan daarom met eenvoudiger en minder invasieve methodes gebeuren. Zo is het bijvoorbeeld aan te raden om beelden onder baldakijnen in de eerste plaats met borstel of perslucht te reinigen, waardoor vaak veel vervuiling weggenomen kan worden.

2. Besluit

Gevels vertonen de meest uiteenlopende ‘oppervlakteveranderingen’, gaande van onschuldige en normale wijzigingen (‘patina’) tot allerhande types vervuilingen of wijzigingen van natuurlijke aard, maar evenzeer veroorzaakt door menselijk handelen. Een inzicht in de aard van gevelvervuiling is noodzakelijk, om uit te kunnen maken of het probleem louter esthetisch is, of de vervuiling schade kan veroorzaken, of dat de vervuiling een symptoom is van een dieperliggend probleem. Aldus zal reiniging van een gevel vaak een louter esthetische ingreep zijn, maar zal het vaak ook een ingreep zijn die ingebed moet liggen in een breder pakket van restauratieve ingrepen op een gebouw.
Een inzicht in de aard van de gevelvervuiling is ook belangrijk om een oplossing ‘op maat’ te kunnen voorstellen. De idee van ‘één reinigingsmethode die universeel op alle gevels en alle types vervuiling ingezet kan worden’, is niet houdbaar en zal vaak leiden tot frustraties, over onvoldoende reiniging, tot beschadigde gevels. Integendeel, een goed inzicht in de vervuiling zal leiden tot de toepassing van een gevelreinigingsmethode die in staat is om de vervuiling te verwijderen, maar met een minimale aantasting van het gevelmateriaal en zijn patina.
De manier waarop een vervuiling geïdentificeerd kan worden, is erg divers. Een algemene analyse van het gebouw, types materialen en de blootstelling ervan, kan veel leren over de aard van de vervuiling. Bij twijfel is er een rist eenvoudige hulpmiddelen die toegepast kunnen worden (zie bvb [8]). Tenslotte kunnen bij blijvende twijfel ook allerlei analytische laboratoriummethodes worden toegepast. We merken op dat de identificatie van de vervuiling slechts één stap is naar het maken van de keuze voor gevelreiniging: factoren zoals de gevelmaterialen en hun afwerking, de bewaringstoestand van de gevelmaterialen, het verwachtingspatroon van de bouwheer en eventuele milieu-eisen voor de reiniging, samen met andere randvoorwaarden (bvb. ‘opruwen’ van de gevel is al dan niet acceptabel) maken de puzzel compleet.

3. Referenties

[1] https://www.icomos.org/publications/monuments_and_sites/15/pdf/Monuments and Sites 15 ISCS Glossary Stone.pdf;
[2] https://mdcs.monumentenkennis.nl/damageatlas.
[3] https://www.monumentenwacht.be/publicaties/gevelafwerking.
[4] https://www.monumentenwacht.be/publicaties/maastrichtersteen-of-mergel-onderhouden.
[5] https://www.monumentenwacht.be/publicaties/onderhoud-en-herstel-van-voegen-in-historisch-metselwerk.
[6] R. De Bruyn, A. Pien, Technische Voorlichting 197, Gevelreiniging, WTCB, 1995 (deze wordt momenteel herzien, naar verwachting wordt een nieuwe versie gepubliceerd in 2023).
[7] R. De Bruyn, A. Pien, Y. Vanhellemont, Gids voor de restauratie van metselwerk, deel 3: gevelreiniging, WTCB, 2004.
[8] Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-procescertificaat voor reiniging van gevels van steenachtige materialen, BRL 2826-08, SKG-IKOB Certificatie, 2021.
[9] EN 17488:2019 – Conservation of Cultural Heritage – Procedure for the analytical evaluation to select cleaning methods for porous inorganic materials used in cultural heritage (ook geïmplementaard in de Belgische en Nederlandse normalisatie).
[10] E. Buijsman et al., Zure regen. Een analyse van dertig jaar verzuringsproblematiek in Nederland, uitgeverij RIVM, 2010.
[11] S. Herinckx, Y. Vanhellemont, Technische Voorlichting 252, Vocht in gebouwen – bijzonderheden van opstijgend grondvocht, WTCB, 2014.
[12] F. de Barquin, D. Nicaise, V. Bams, Technische Voorlichting 228, Natuursteen, WTCB, 2006 (enkel online raadpleegbaar).
[13] L. Schroër, T. De Cock, S.Godts, N. Boon, V. Cnudde, The effect of cyanobacterial biofilms on water transport and retention of natural building stones, Earth surface processes and landforms, 3/3/2022, pag. 1-16.
[14] J. Van Herreweghe, K. Dinne, Enzymgebaseerde reiniging van biologisch vervuilde bouwdelen, WTCB-contact 2016/2, pag. 16-17.
[15] R. De Bruyn, A. Pien, Technische Voorlichting 224, Waterwerende oppervlaktebehandeling, WTCB, 2002.

VISIEVORMING VAN HET AGENTSCHAP ONROEREND ERFGOED: GEVELREINIGING BALANS TUSSEN THEORIE EN PRAKTIJK

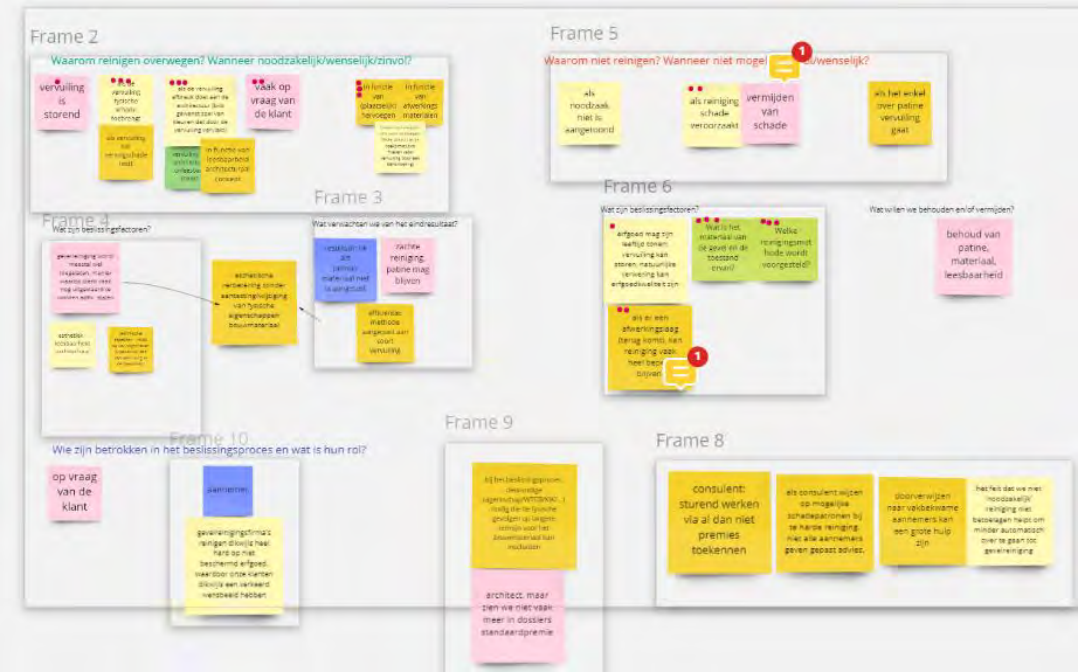
Inge Debacker
Agentschap Onroerend Erfgoed

1. Nood aan kennisuitwisseling en afstemming visies

Het Agentschap Onroerend Erfgoed heeft een dertigtal erfgoedconsulenten bouwkunde in dienst. Zij begeleiden bouwheren bij toelatingsaanvragen, omgevingsvergunningen en aanvragen voor financiële ondersteuning van werken aan beschermd erfgoed. Zij volgen de uitvoering van de werken op. Gevelreiniging bij beschermd bouwkundig erfgoed is dan ook een terugkomend thema in hun dagelijkse job.
Op vraag van de erfgoedconsulenten werd in 2021 een intern themaoverleg 'gevelreiniging' georganiseerd. Het doel van het overleg was enerzijds een inhoudelijke opfrissing van de gangbare methoden en afspraken betreffende het onderwerp bij de individuele consulenten en anderzijds het uitwisselen van ervaringen en het afstemmen van de visie van het agentschap ten aanzien van het thema. Op dit overleg werden ook collega's van de afdeling Onderzoek en Beschermen en van het team Beleid uitgenodigd. Het overleg was tevens opengesteld voor de Onroerenderfgoedgemeenten (OE-gemeenten).[i]

2. Themaoverleg gevelreiniging

Omwille van corona nam het themaoverleg gevelreiniging digitaal plaats. Er werden twee voormiddagen voorzien. Tijdens de eerste voormiddag kwamen drie lezingen aan bod: één lezing vanuit een technische invalshoek gebracht door Yves Vanhellemont (WTCB), een tweede lezing over gevelreiniging in een globale aanpak van gevelconservatie in Italië gebracht door Laura Rosales (restauratiearchitecte in Italië) en een derde lezing over een praktijkvoorbeeld in Vlaanderen (gebracht door de erfgoedconsulent Cyril Carton). Na elke lezing was er ruimte voor vragen. Naast het opfrissen van de inhoudelijke kennis, had deze eerste voormiddag als doel stof tot nadenken te geven in aanloop van de volgende meer interactieve bijeenkomst.
De tweede voormiddag was opgevat als een workshop in de vorm van een 'digitaal wereldcafé'. De werkvorm 'wereldcafé' is ideaal om met een grotere groep een bepaald onderwerp uit te diepen. Tijdens een 'wereldcafé' wordt een onderwerp opgedeeld in thema's die in kleinere groepjes besproken worden. Een facilitator begeleidt telkens één thema. De groepjes behandelen achtereenvolgens de verschillende thema's en werken verder op de inzichten van het vorige groepje. De drie thema's omtrent gevelreiniging waren: Wanneer is een gevelreiniging noodzakelijk en gewenst en wie zijn de actoren? Wat heb je nodig en hoe kies je een gepaste gevelreiniging? Welke aandachtspunten zijn er bij de uitvoering van een gevelreiniging en de werfopvolging?
De groep van erfgoedconsulenten bouwkunde, collega's Onderzoek & Beschermen, collega's beleid en medewerkers van een OE-gemeente werden opgedeeld in 6 groepen van 6 à 8 deelnemers. Onder begeleiding van een facilitator en met behulp van een digitaal whiteboard werden de drie thema's besproken. Het doel van deze workshop was ervaringen uit te wisselen en hierdoor de praktijk op elkaar af te stemmen.
Op basis van de informatie die naar boven kwam tijdens het wereldcafé wordt momenteel een tekst uitgeschreven. In eerste instantie is het de bedoeling dat de consulenten deze tekst gebruiken ter ondersteuning tijdens de uitvoering van hun hun werk. In een tweede fase zal deze tekst ook beschikbaar gesteld worden via onze website.



Figuur 1: Whiteboard met ideeën van een van de groepjes tijdens de workshop

3. Kadertekst Gevelreiniging

Deze tekst behandelt volgende onderwerpen: de redenen om een gevel te reinigen, risico's van gevelreiniging, reinigingstesten en vooronderzoeken, informatiebronnen over gevelreinigingstechnieken, communicatie tussen bouwheer, architect, aannemer en erfgoedconsulent, risicobarometer.

3.1. Reden om te reinigen

Een gevelreiniging is niet zonder risico. Een onoordeelkundige reiniging kan onomkeerbare schade berokkenen. Een gevel reinigen louter om de gevel 'proper te zetten' raadt het agentschap Onroerend Erfgoed af. Geeft de vervuiling gevolgschade of is de vervuiling het gevolg van een ander probleem? Dan kan een gevelreiniging een maatregel zijn in een meer globale aanpak. Een diagnose stellen van de situatie is een eerste belangrijke stap.

3.2. Risico's van een gevelreiniging

Bij een gevelreiniging verwijder je de vervuiling, maar riskeer je patina en materiaal te verwijderen. De patina van de gevel is de natuurlijke veroudering van het gevelmateriaal. De patina maakt deel uit van de erfgoedwaarde en is vaak een natuurlijke beschermlaag, die best behouden blijft.
De aard en conditie van het materiaal, het type en de graad van vervuiling en het gewenste resultaat bepalen de methode en graad van reiniging. Een onaangepaste reinigingsmethode kan materiële schade aan de gevel berokkenen. Een gevelreiniging kan putjes, barsten, en materiaalverlies veroorzaken, zodanig dat het gevelmateriaal meer kwetsbaar is voor weers- en omgevingsinvloeden dan vóór de reiniging. Een onaangepaste reinigingsmethode kan ook schade aanbrengen aan de erfgoedwaarde en leesbaarheid van de gevel. Een foutieve reiniging kan bijvoorbeeld profileringen vervagen, afwerkingslagen verwijderen of kleuren uitspoelen. Een te ver doorgedreven reiniging kan de beleving en de authenticiteitswaarde van het erfgoed aantasten.

Figuur 2: Whiteboard met risico's

3.3. Reinigingstesten en vooronderzoeken

Het kiezen van de meest geschikte gevelreinigingstechniek is primordiaal. Reinigingstesten en vooronderzoeken helpen deze keuze te maken. Wat is nu juist het verschil tussen een reinigingstest en een vooronderzoek?
Wat kan je verwachten van reinigingstesten? Op basis van een reinigingstest(en) kan je bepalen welke methode het best het vuil wegneemt. Met een reinigingstest kan je evalueren in welke mate de gekozen reinigingstechniek de ondergrond beschadigt, of de patina aangetast wordt, en of deze beschadiging aanvaardbaar is. Het kan in bepaalde gevallen nuttig zijn om éénzelfde techniek op meerdere plaatsen op een gevel te testen. Gevels vervuilen zelden homogeen. Het is mogelijk dat afhankelijk van de plaats op de gevel een andere techniek nodig is (zelfs bij eenzelfde type materiaal).
Op basis van de reinigingstest(en) kunnen de uitvoeringsparameters verfijnd worden: bv. samenstelling straalmiddel, druk, afstand van straalmond tot gevel, samenstelling reinigingspasta, tijdsduur intrekken product…. Daarom is het belangrijk om de reinigingstesten te evalueren en de resultaten te documenteren. Heb je op basis van een test een techniek met zijn uitvoeringsparameters gekozen? Bewaar en bescherm dan deze referentietest, zodat je tijdens de werken en achteraf het resultaat kunt vergelijken en beoordelen.
In bepaalde situaties volstaat het plaatsen van een aantal reinigingstesten niet en is een vooronderzoek nodig. Een vooronderzoek biedt een antwoordt op verschillende vragen. Met welk type ondergrond hebben we te maken, en wat is de staat ervan? Wat is de impact van de vervuiling op de ondergrond en is er risico op gevolgschade? Wat zijn de meest geschikte reinigingstechnieken en wat is hun impact op het materiaal? Wat is de impact van de reiniging op mogelijke behandelingen van het materiaal? Met welk type vervuiling hebben we te maken en wat is de oorzaak ? Op basis van een visuele inspectie kan je niet altijd het type vervuiling bepalen. Zo bijvoorbeeld kan je een vervuiling door roet verwarren met een vervuiling door bacteriën of is het niet duidelijk welk type verf werd gebruikt. Vaak kan je één en ander afleiden uit de context (stedelijke omgeving, groene omgeving, aanwezigheid van industrie) en uit de vervuilingspatronen. Soms kan een testreiniging met een product uitsluitsel geven. Is er

bijvoorbeeld een gunstig resultaat met een quaternair ammonium, dan weet je dat de vervuiling biologisch is.
Een visueel onderzoek ter plaatse levert vaak al veel informatie. Diepgaander onderzoek zoals microscopisch onderzoek (op stalen), petrografie, hardheidsmetingen, elektronenmicroscopie, een biologische analyse van de verontreiniging, een XRD-analyse op uitbloei, een FT-IR analyse op verf … biedt antwoorden op complexere vraagstellingen. Vooronderzoek geeft meestal snel resultaat en hoeft niet duur te zijn. Is er toch een prijskaartje verbonden aan het vooronderzoek dan kan je bij het agentschap Onroerend Erfgoed een onderzoekspremie aanvragen. Meer informatie vind je op de website van het agentschap (https://www.onroerenderfgoed.be/onderzoekspremie).

3.4. Gevelreinigingstechnieken. Waar vind je meer informatie?

Reinigingstechnieken kan je indelen in 3 hoofdcategorieën: reiniging op basis van water (waterverstuiving, verzadigde stoom, water onder druk), chemische reiniging (biocides, zuren en basen), mechanische reiniging (borstelen, schuren, stralen). Daarnaast zijn er - naast deze klassieke reinigingsmethoden - de laatste jaren ook nieuwe technieken ontwikkeld: laserreiniging, reinigingspasta's, reinigen met enzymes of bacteriën of droogijsstralen. Vaak worden ook combinaties van methodes toegepast.

Informatie over diagnose en type vervuiling:

Schadeatlas MDCS (monumentenkennis.nl)

Algemene informatie over gevelreiniging:

2015 OE / WTCB / FCB Opleiding restauratievakman: module gevelreiniging

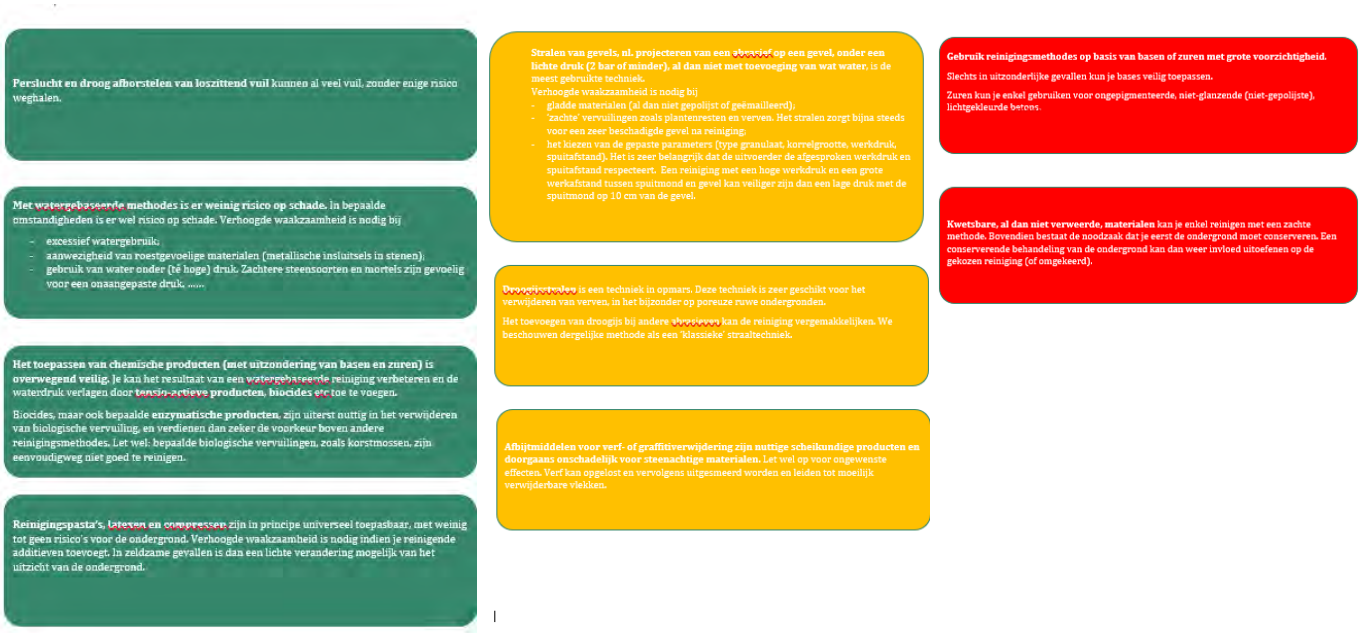
Technische informatie over reinigingstechnieken:

NBN EN 17138: 2019 Behoud van cultureel erfgoed – Methoden en materialen voor het reinigen van poreuze anorganische materialen
NBN EN 16782:2016 Behoud van Cultureel Erfgoed – Reiniging van poreuze anorganische materialen – Laserreinigingstechnieken voor Cultureel Erfgoed
1995 WTCB Gevelreiniging
2004 WTCB Gids voor de restauratie van metselwerk. Deel 3 gevelreiniging

Technische ondersteuning WTCB: Alle vragen dienen ingediend te worden via een aanvraag tot technisch advies (via de website). Indien er reeds een aannemer betrokken is in het project, dan dient deze de aanvraag in te dienen (ook indien er gevelwerken in het verleden werden uitgevoerd, minder dan 10 jaar geleden, moet de betrokken aannemer de aanvraag indienen). Anders kan een vraag ook worden gesteld door een andere bouwprofessioneel (producent of architect) of door een erfgoedconsulent, of de beheerder van het gebouw (voorzover deze geen particulier is).

4. Risicobarometer gevelreiniging

Bepaalde technieken en situaties houden meer risico's in dan andere. Op vraag van de erfgoedconsulenten bouwkunde wordt momenteel een zogenaamde risicobarometer opgemaakt. Aan de hand van kleuren wordt aangegeven welke technieken en/of omstandigheden veilig zijn of meer waakzaamheid vereisen.



Figuur 3: Principe van de risicobarometer voor de reiniging van gevels van monumenten

5. Spieken bij de buren?

Informatie vanuit het Brussels Gewest:

2019 Homegrade Brussel Brochure Gevels in zichtbare materialen. Reinigen en restaureren

Informatie vanuit Nederland:

2001 RDMZ Brochure Reinigen van gevels

2019 ERM Uitvoeringsrichtlijn Gevelreiniging van gevels van steenachtige materialen

[i] Een onroerenderfgoedgemeente is een gemeente die een eigen beleid uitbouwt voor het aanwezige onroerend erfgoed op haar grondgebied, complementair aan het Vlaamse beleid. Tegelijk neemt een erkende onroerenderfgoedgemeente welbepaalde bevoegdheden en taken over in het kader van het uitvoeren van het Onroerenderfgoeddecreet van 12 juli 2013.

DE VEERKRACHT VAN HET VLAAMS ERFGOED IN CONFRONTATIE MET DE KLIMAATVERANDERINGEN
De bedreiging van wind-driven rain in Groot-Antwerpen als casestudy in de zoektocht naar gepaste categorisatie van erfgoed

Sien Van Nieuwenhuyse Ir.-Arch.,
Erfgoedstudies, Faculteit Ontwerpwetenschappen, Universiteit Antwerpen

Abstract

De klimaatverandering vormt een uitdaging voor het erfgoedbeleid. Waar voordien de focus grotendeels lag op conservatie en restauratie, dient zich nu een nieuw perspectief aan, dat van adaptatie en risicomanagement. Er is al veel kennis beschikbaar over de relatie tussen erfgoed en de klimaatverandering, maar door allerhande redenen wordt die wereldwijd tot op vandaag relatief weinig opgenomen in het beleid en de dagelijkse werking binnen erfgoed.
Het doel van het onderzoek is bijdragen aan een geïntegreerd klimaatbeleid. Hiervoor wordt een belangrijke bedreiging ten gevolge van de klimaatverandering voor Vlaanderen geanalyseerd. Verder streeft dit onderzoek naar de ontwikkeling van een methode voor de categorisering van erfgoed in functie van het klimaatbeleid, die kan bijdragen aan een preventief onderhoudsbeleid.
De informatie voor dit onderzoek werd voornamelijk verzameld aan de hand van literatuurstudies en werd stelselmatig toegepast op de casestudy. Ten eerste werd een gevarenanalyse uitgevoerd voor de regio Vlaanderen, nadien volgde een kwetsbaarheidsanalyse van de casestudy. Hierbij lag de focus op het gevaar van 'wind-driven rain' (WDR) op het residentieel erfgoed in de regio Groot-Antwerpen. Deze kwetsbaarheidsanalyse startte met een onderzoek naar WDR waarbij de blootstelling in Antwerpen gekwantificeerd werd aan de hand van berekeningen en de schade die dit met zich meebrengt onderzocht werd in een literatuurstudie. Vervolgens focuste een literatuurstudie op methodes om erfgoed zo objectief mogelijk met elkaar te vergelijken. Dit categorisatieonderzoek resulteerde in een afwegingsmodel voor deze specifieke case. Tot slot werd het model toegepast op de casestudy om de kwetsbaarheid na te gaan en te reflecteren over het model zelf.
De resultaten tonen aan dat het mogelijk is om de gevaren in Vlaanderen te analyseren, aangezien er voldoende data ter beschikking zijn. Toch moeten veel data nog herwerkt worden voordat ze bruikbaar zijn voor erfgoedtoepassingen. Verder suggereert deze thesis dat modellen kunnen ontwikkeld worden om erfgoed te categoriseren in functie van de klimaatverandering en om richtlijnen op te stellen voor een preventief onderhoudsbeleid. Hierbij is het belangrijk op te merken dat dit een complex proces is en nog veel wijzigingen dienen te gebeuren alvorens dit praktisch toepasbaar is.

1. Inleiding

Het klimaat is in verandering. De temperaturen stijgen, weerslagpatronen veranderen etc. Dit komt door natuurlijke processen maar onze toenemende uitstoot van broeikasgassen versterken deze natuurlijke evolutie. De veranderende klimaatpatronen kunnen op verschillende manieren impact hebben op gebouwen. Graduele veranderingen en extreme weerevenementen kunnen soms uiterst diverse gevolgen hebben. De aanpassingen aan deze gevolgen is een grote uitdaging voor ons onroerend erfgoed en het beleid ervan. Bovendien stelt dit onze hedendaagse benadering tot het gebouwd erfgoed in vraag. Het benadrukt het belang van risicomanagement en adaptatie bij onze omgang met erfgoed.
Er wordt reeds onderzoek gevoerd naar de klimaatveranderingen, de impact op het erfgoed en de aanpassingen die hiervoor nodig zijn in het beleid. Enerzijds nemen toonaangevende

beleids- en adviesorganen, zoals het IPCC van de Verenigde Naties, initiatief om onderzoek te voeren of te verzamelen. Anderzijds zit de academische wereld ook niet stil. Toch moet hierbij een belangrijke kanttekening gemaakt worden. Er schuilt een grote uitdaging in de informatie-uitwisseling tussen die verschillende niveaus. Overheden focussen op allesomvattende informatie, terwijl het academisch niveau onderzoek voert naar specifieke aspecten. Er zijn relatief weinig manieren beschikbaar om die twee niveaus te verbinden en deze kennis om te zetten in de praktijk. Binnen dit onderzoek werden beide niveaus bestudeerd en werden manieren onderzocht om een interessante informatie-uitwisseling mogelijk te maken.
Het onderzoek in het kader van deze thesis focuste op een tweeledige vraag. Enerzijds werd de kwetsbaarheid onderzocht voor de klimaatverandering van het diverse bouwkundig erfgoed in Vlaanderen. Het begrip kwetsbaarheid werd gedefinieerd voor dit onderzoek als de aanleg van een gebouw om op een bepaalde locatie getroffen te worden door een gevaar, of anders gezegd de combinatie van gevoeligheid, blootstelling en waarde. Het aspect 'waarde' werd toegevoegd aan het begrip voor dit onderzoek gezien de erfgoedcontext. Anderzijds werd de veerkracht van het onroerend erfgoed onderzocht en manieren waarop het erfgoedbeleid hierop kan inspelen. Daarbij is de methode voor het aanwenden van de voorhandige info, zoals eerder vermeld, significant.

2. Kwetsbaarheidsanalyse in relatie tot wind-driven rain

In dit onderzoek werd de bedreiging van wind-driven rain beschouwd. Wind-driven rain (WDR) is regen die een horizontale snelheidscomponent krijgt door de wind en door schuin neer te dalen. Dit is de grootste vochtbron en oorzaak van schade op de meeste gevels, zowel op lange termijn als op korte termijn [1]. Bovendien is de impact van dit fenomeen sterk afhankelijk van de lokale omgeving, de geometrie, het materiaalgebruik en de detaillering van een gebouw. Dit maakt het een interessant gevaar om de kwetsbaarheid van divers erfgoed te vergelijken. Bijgevolg is het een relevante bedreiging om te onderzoeken binnen het kader van de scriptie.
In eerste instantie werden berekeningen uitgevoerd om de verandering in te schatten van de WDR-hoeveelheid die ons te wachten staat. De berekeningen die ik voor dit onderzoek uitvoerde toonden aan dat er geen grote veranderingen zijn aan jaarlijkse blootstelling aan WDR-evenementen. Er is wel een duidelijk verschil tussen seizoenen en oriëntaties. Men verwacht dat er een polariserend effect zal zijn tussen de winter en zomer, met respectievelijk een grote stijging en daling in WDR-hoeveelheid. De resultaten van dit onderzoek bevestigden echter niet deze veronderstellingen. Verder verwacht men ook dat de huidige dominante windrichtingen het meeste effect van deze veranderingen zullen ondervinden. Dit werd wel bevestigd met de berekeningen.
Bij deze berekeningen kwamen een aantal bemerkingen aan het licht. Ten eerste is de weerdata, gebaseerd op verschillende emissiescenario's, niet per se rechtstreeks inzetbaar. Zo is bijvoorbeeld de stijgende temperatuur niet meteen problematisch, maar een toename aan vorst-dooicycli kan dit wel zijn. Dit wil zeggen dat veel berekeningen, aannames en inschattingen moeten gemaakt worden om de juiste data te bekomen. De beschikbare rekenmodellen zijn bovendien niet onomstreden. Ten tweede kan men de vraag stellen of de verandering in weerpatronen significant genoeg is zodat hier extra schade aan de gebouwen uit voorkomt. Onderzoek wijst uit dat dit waarschijnlijk het geval is, maar er zijn nog te veel onbekende parameters om hier uitsluitsel over te geven.
De gevolgschade van WDR werd onderzocht in een beperkte literatuurstudie. Enerzijds werd de inslag van WDR op de gevel onderzocht, door onder andere de stedelijke geometrie. Anderzijds werden onderzoeken opgenomen die de reactie van de gevel op de WDR in kaart brengen. Tijdens het voeren van het onderzoek werd het duidelijk dat ook hier nog veel data ontbreekt of de toepasbaarheid ervan in de praktijk onzeker is. Verder wordt de kwestie nog complexer wanneer men de subjectiviteit omtrent de gevolgschade in rekening neemt. Waar ligt de (esthetische) grens voor de degenen die het erfgoed beleven? Deze problematiek wordt

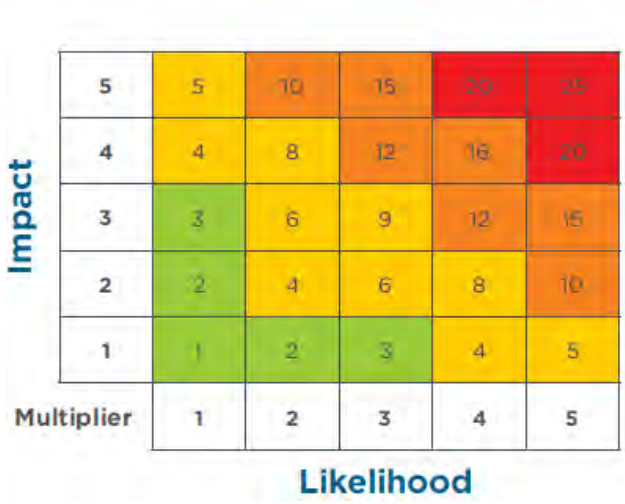
reeds onderzocht in de academische wereld om ‘schadefuncties’ te bekomen die de visuele ervaring koppelen aan het schadefenomeen.
De verwachte veranderingen en de impact van WDR werden onderzocht respectievelijk in de berekeningen en de literatuurstudie. Deze informatie kan ingezet worden om een categorisatiemodel te ontwikkelen dat de kwetsbaarheid van verschillende gebouwen voor WDR met elkaar te vergelijken. Zoals eerder aangegeven is deze informatie echter niet eenduidig. Er komt heel wat onzekerheid, onvolledigheid en subjectiviteit aan te pas. Dit vormt een extra uitdaging voor het categorisatiemodel dat moet kunnen omgaan met deze problematiek. Het is belangrijk te vermelden dat deze complexiteit omtrent de beschikbare informatie waarschijnlijk voor ieder gevaar aanwezig is.

3. Categorisatieonderzoek

De inspiratie voor het categorisatiemodel werd gezocht bij zowel academische als gouvernementele methodes. Deze hebben verschillende implicaties die de toepasbaarheid voor dit onderzoek beïnvloeden. Er werd steeds onderzocht hoe de verschillende onderdelen of stappen van de categorisatiemethode zich verhouden tot de drie deelaspecten van risico (gevoeligheid, blootstelling en gevaar) of kwetsbaarheid (gevoeligheid, blootstelling en adaptieve capaciteit).

3.1. Onderzoeksmethodes ontwikkeld op overheidsniveau

Het is nuttig inzicht te verwerven in de methodes die vandaag reeds door overheden (in het buitenland) gebruikt worden om een inschatting te maken van de impact van klimaatverandering op erfgoed. Deze werden gemaakt op maat van de doorsnee erfgoedwerker en gelinkt aan het bestaande erfgoedbeleid. De methodes bieden weinig informatie voor de interpretatie van wetenschappelijke data naar een afwegingsmodel, maar geven inzicht in het grotere geheel. Het geeft een kader voor de afweging van de kwetsbaarheid van een gebouw en past binnen het concept van risicomanagement. Hiervoor zijn de internationale norm ISO 31000 [2] en de IPCC-rapporten [3,4] de leidraad.
Er kunnen een aantal interessante inzichten gehaald worden uit de verschillende methodes. Ten eerste kunnen ratings bepaald worden voor ieder aspect van risico (gevoeligheid, blootstelling en gevaar), waarbij bijvoorbeeld ‘1’ een lage kwetsbaarheid voorstelt en ‘5’ een hoge. Deze methode laat toe om onzekere, onvolledige of subjectieve informatie op te nemen doordat de rating met verschillende betekenissen kan ingevuld worden. Bovendien kunnen verschillende soorten informatie op uniforme wijze met elkaar vergeleken worden. Bijvoorbeeld de esthetische impact, die eerder subjectief is, kan in hetzelfde model opgenomen worden als de geometrie van de omgeving, die afhankelijk is van de locatie.
Ten tweede is het gebleken dat de intuïtie en (visuele) duidelijkheid van een categorisatiemodel belangrijk is. Dit kan door verschillende ‘deelscores’ te definiëren om verschillende aspecten van gebouwen te vergelijken, zoals de omgeving en het ontwerp van het gebouw. Deze kunnen ook voorgesteld worden in matrixvorm waarbij kleurcodes de kwetsbaarheid of het risico duidelijk communiceren.



Figuur 1: Matrix van de risicoscores, bekomen door de vermenigvuldiging van de impactscores met de waarschijnlijkheid scores. De matrix biedt een visuele voorstelling van de grenzen van de verschillende risicocategorieën. Model ontwikkeld door Historic Environment Scotland [5].

Risk Level	Score	Risk Level Description
Very High	4	Unacceptable level of risk exposure that requires immediate mitigating action. Action at SMT.
High	3	Unacceptable level of risk which requires controls to be put in place to reduce exposure. Action in Directorate / Consider SMT.
Medium	2	Acceptable level of risk subject to regular passive monitoring. Action in Directorate.
Low	1	Acceptable level of risk subject to regular passive monitoring. Action in Team.

Figuur 2: Risicoratings gerelateerd aan de kleurenscore van de risicomatrix [6].

Verder kwam ook een belangrijke valkuil aan het licht, namelijk de subjectiviteit die van pas komt tijdens het toepassen van de modellen. Dit maakt de modellen erg afhankelijk van de erfgoeddeskundige die ze hanteert. Het is van belang de modellen breder te onderbouwen met informatie die voorhanden is om tot een grotere objectiviteit te komen.

3.2. Onderzoeksmethodes ontwikkeld in de academische wereld

De tweede stap in het onderzoek focust op de academische methodes die gehanteerd worden om verschillende onzekere kwalitatieve en kwantitatieve gegevens met elkaar te kunnen vergelijken. Dit kan bijdragen aan een grotere diepgang en objectivering van het kwetsbaarheidsaspect van de overheidsmethodes. Hiervoor wordt gekeken naar Multi-Criteria Analyses (MCA) binnen de erfgoedsector, ook wel Multi-Criteria Decision Making (MCDM) genoemd. MCA wordt toegepast om een beter geïnformeerde beslissing te nemen doordat men verschillende opties gestructureerd kan vergelijken. Het wordt in de erfgoedsector aangewend om herbestemmingen te vergelijken, architecturale evaluatie, selectie van aanbesteders etc.[7].
Het was niet het doel om MCA-modellen toe te passen en met elkaar te gaan vergelijken voor het gevaar WDR. Het is namelijk een studieveld op zich, waarbij regelmatig complexe

wiskundige principes worden toegepast. Er werden verschillende methodes onderzocht, waarna een aantal papers zijn geselecteerd die interessant kunnen zijn voor dit onderzoek.
Uit deze studie kunnen een aantal interessante inzichten gehaald worden. Niet alle inzichten worden hier aangehaald omwille van de complexiteit ervan die buiten de scope van dit artikel ligt.
Ten eerste verdwijnt de intuïtieve omgang met het model wanneer de complexiteit ervan te groot wordt. Verder vereisen veel academische methodes veel complexe informatie die niet zomaar beschikbaar is voor ieder gebouw. Dit kan onder andere gaan over bepaalde vooronderzoeken of het inventariseren van bestaande schadepatronen. Binnen de academische wereld werd al de reflectie gemaakt dat dit de toepasbaarheid in de praktijk beperkt. Een belangrijke les die hieruit getrokken kan worden is dat een categorisatiemodel het best kan uitgaan van informatie die beschikbaar is of afgeleid kan worden van de beschikbare informatie.
Ten tweede kan het interessant zijn om variabelen van het te onderzoeken onderwerp te bundelen volgens verschillende aspecten van kwetsbaarheid. De academische methodes gaan hierin verder dan de gouvernementele methodes, waardoor de interrelatie tussen verschillende aspecten en het relatieve belang ervan duidelijk zijn.
Verder is de introductie van specifieke variabelen nuttig om een zinvol debat op te zetten met experten. Het categorisatiemodel is hierdoor niet enkel een afwegingsmodel voor de gebouwen maar dient ook als discussietool, waardoor de onderbouwde meningen van experten kunnen opgenomen worden.

3.3. Categorisatiemodel voor de impact van WDR op bouwkundig erfgoed (in Groot-Antwerpen)

De kennis over categorisatiemodellen en het gevaar van WDR werd vervolgens ingezet om een categorisatiemodel te ontwikkelen voor de impact van WDR op bouwkundig erfgoed. In een latere fase werd dit ingezet en geëvalueerd voor Groot-Antwerpen. Dit hoofdstuk beschrijft de bouwstenen en de opbouw van het model. Het categorisatiemodel zelf werd als bijlage toegevoegd.

De bouwstenen van het categorisatiemodel
In eerste instantie worden **'academische' parameters** onderzocht die de kwetsbaarheid voor WDR bepalen. Dit zijn parameters die voortkomen uit het literatuuronderzoek of een norm. Zo kan je bijvoorbeeld stellen dat de kwetsbaarheid door de 'stedelijke geometrie' afhangt van de ruwheid van het terrein (1) en de hoogte boven de grond (2) op basis van een Europese norm voor de berekening van WDR [8]. Uiteraard zijn deze academische parameters niet steeds één-op-één beschikbaar voor ieder gebouw. Bijgevolg wordt ernaar gestreefd om alternatieve parameters te bepalen die beschikbaar zijn vanuit de inventaris, het geoportaal van het Agentschap Onroerend Erfgoed of Google Maps. Er is geen sitebezoek nodig om een inschatting te maken van een site. Zo werd de eerste 'academische' parameter, ruwheid van het terrein, geherdefinieerd als de typologie van het landschap. De tweede parameter werd herzien als het aantal verdiepingen van een gebouw. Deze worden gedefinieerd als **beschrijvende parameters**.
Vervolgens worden verschillende situaties afgeleid uit de beschikbare bronnen die een verschillende kwetsbaarheid kennen. Dit wordt benoemd als **attributen**. In het eerder genoemd voorbeeld definieert de norm drie specifieke omgevingscategorieën voor de 'stedelijke' geometrie, die afhankelijk zijn van de 'academische' parameters (1 en 2). Deze attributen worden vervolgens geïnterpreteerd voor de beschrijvende parameters, naar data die beschikbaar is. Dit gaat bijvoorbeeld voor de eerste parameter (typologie van het landschap) over het onderscheid tussen A) het platteland, B) de voorstedelijke regio of industriële gebieden en bossen en C) de stedelijke regio.
Zoals eerder vermeld beschrijft ieder attribuut een verschillende situatie met een verschillende kwetsbaarheid voor een parameter. Vanuit de beschikbare bronnen kunnen de attributen van

minst kwetsbaar naar meest kwetsbaar gerangschikt worden. Dan kan een **rating** tussen 10 en 100 toegekend worden aan ieder attribuut waarbij geldt dat een hogere rating een grotere kwetsbaarheid inhoudt. De ratings van de attributen van het aangehaalde voorbeeld werden lineair verdeeld tussen 10 en 100 (namelijk 10 – 55 – 100). Indien bij andere parameters van oordeel was dat bepaalde situaties een veel grotere kwetsbaarheid in zich hebben dan anderen, werd hiervoor een andere verdeling bepaald (vb. 10 – 70 – 100).
Het model wordt verder verfijnd door een **'gewicht'** toe te kennen aan iedere parameter, om het relatieve belang van de parameters in rekening te brengen. Dit gebeurt naar analogie met de academische categorisatiemodellen, waarbij de mening van experten ingezet wordt om tot een accurater model te komen. Binnen de tijdspanne van deze thesis werd ervoor gekozen om zelf gewichten toe te kennen.
Samengevat kan men stellen dat het categorisatiemodel opgebouwd wordt uit beschrijvende parameters die online beschikbaar zijn. Iedere parameter beschikt over verschillende attributen die uiteenlopende situaties beschrijven. Deze situaties hebben elk een andere kwetsbaarheid voor WDR. Het **totaal gewicht** van ieder attribuut volgt uit het product van de rating van het attribuut en het gewicht van de parameter.

De opbouw van het model
De bovenstaande bouwstenen worden ingezet om tot een helder en communicatief model te komen. Hiervoor worden de beschrijvende parameters gegroepeerd per aspect van kwetsbaarheid, naar voorbeeld van de academische modellen die eerder beschreven werden. Zoals eerder gezegd werd kwetsbaarheid gedefinieerd voor dit onderzoek als een combinatie van blootstelling, gevoeligheid en waarde. In eerste instantie wordt het aspect 'waarde' nog niet beschouwd.
- **Blootstelling** is de mate waarin een gebouw blootgesteld is aan een gevaar. Voor het gevaar WDR valt dit samen met het concept 'inslag' dat onderzocht werd in de literatuurstudie van de gevolgschade van WDR. 'Inslag' kan verklaard worden als de hoeveelheid WDR die op de gevel terecht komt door onder andere de stedelijke geometrie.
- **Gevoeligheid** is de aanleg van een gebouw om negatieve gevolgen te ondervinden van een gevaar. Voor WDR valt dit samen met het concept 'respons' dat onderzocht werd. 'Respons' is de wijze waarop een gebouw reageert na de inslag van WDR.

Om de gegroepeerde parameters per deelaspect van kwetsbaarheid goed te kunnen vergelijken wordt de som van alle 'totale ratings' via een aantal stappen omgezet naar een eenvoudige **KwetsbaarheidsIndex per deelaspect**. Deze index is een getal van 0 tot 4, waarbij 0 het minst kwetsbaar is en 4 het meest. Dit getal wordt bekomen door de 'totale ratings' om te zetten naar een percentage ten opzicht van de maximale som. Hierbij vallen de percentages tussen 0 en 20% onder categorie 0, tussen 20 en 40% onder categorie 1 enz.

Tabel 1: Interpretatie van KI(inslag) en KI(respons)

KI(inslag) of KI(respons)	**<20%**	**<40%**	**<50%**	**<80%**	**<100%**
label	0	1	2	3	4

De **KwetsbaarheidsIndex (KI)** voor WDR wordt bepaald door het product van de twee deelscores van de KwetsbaarheidsIndex van inslag (KI (inslag)) en van respons (KI(respons)). Deze index valt onder een categorie die gaat van 'verwaarloosbare kwetsbaarheid' tot 'extreme kwetsbaarheid'. Dit wordt duidelijk gecommuniceerd door er een kleurencode aan toe te kennen.

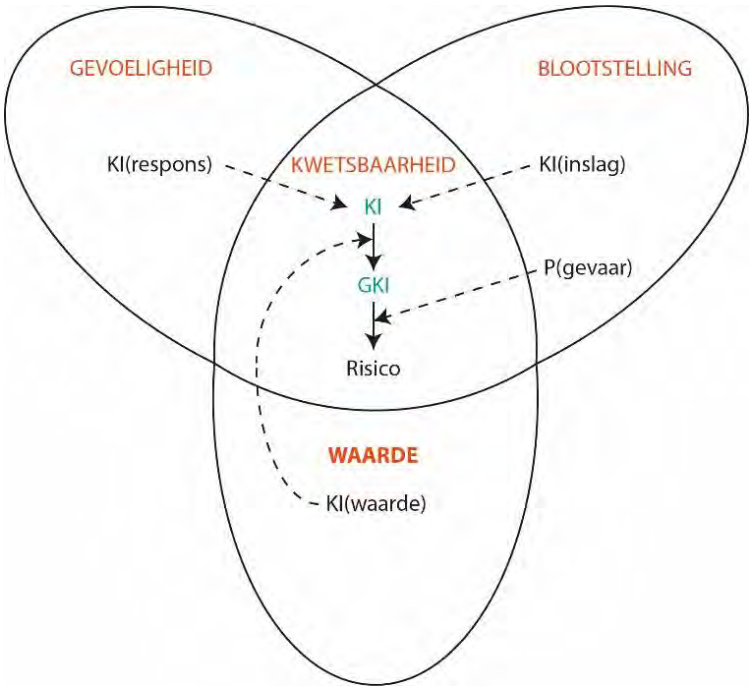
Tabel 2: Matrix voor de KwetsbaarheidsIndex (KI)

	KI(respons)				
KI(inslag)	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4
2	0	2	4	6	8
3	0	3	6	9	12
4	0	4	8	12	16

Tabel 3: De interpretatie van KI

waarde interval	**waarde kleur**	**waarde definitie**
0 tot 3		verwaarloosbare kwetsbaarheid
4 tot 7		kleine kwetsbaarheid
8 tot 11		grote kwetsbaarheid
12 tot 16		extreme kwetsbaarheid

Zoals eerder vermeld is kwetsbaarheid van een gebouw de combinatie van blootstelling, gevoeligheid en waarde van een gebouw. Het is interessant het derde aspect '**waarde'** apart te definiëren, naar voorbeeld van andere categorisatiemodellen. Hierbij is de logica dat een gebouw met een hogere waarde kwetsbaarder is dan hetzelfde gebouw met een lagere waarde. Deze deelindex laat ons toe de impact op erfgoedwaarden in te schatten. Bovendien is de definiëring van waarde niet steeds eenduidig waardoor het interessant kan zijn dit apart te beschouwen. Er wordt een KwetsbaarheidsIndex van waarde (KI(waarde)) bepaald, net zoals voor blootstelling en gevoeligheid.
Het product van de drie KwetsbaarheidsIndexen, namelijk KI(inslag), KI(respons) en KI(waarde), resulteert in de **Gewaardeerde Kwetsbaarheisdindex (GKI)**. Deze score valt wederom in verschillende categorieën, gaande van verwaarloosbare kwetsbaarheid tot extreme kwetsbaarheid, waaraan een kleurencode verbonden is.



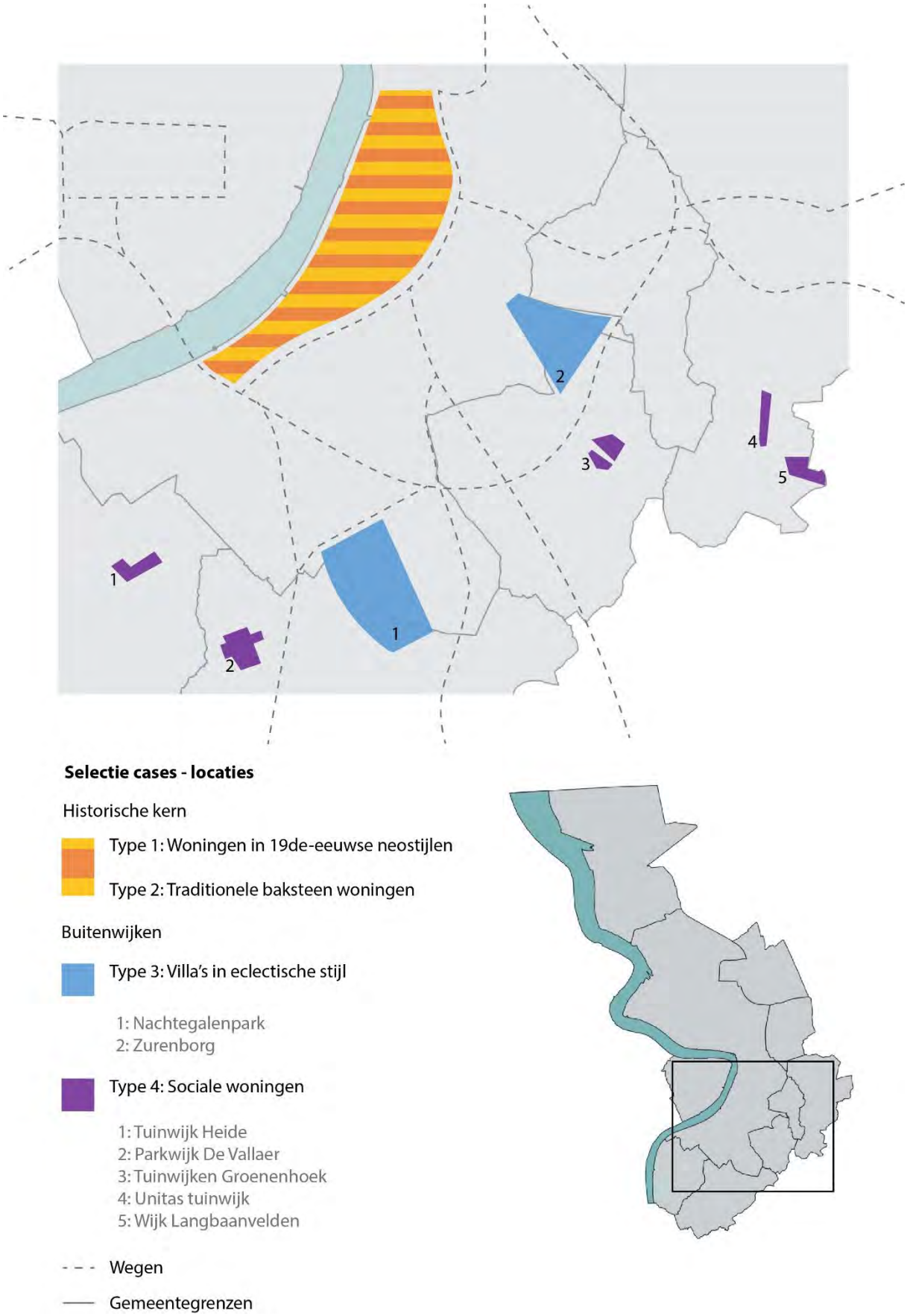
Figuur 3: De resultaten tonen eerst de KI's en GKI's van de cases. Nadien wordt de kans op het gevaar WDR, vandaag en in de toekomst, toegepast om het risico van de verandering ervan in te schatten. Dit wordt niet besproken in dit artikel.

4. Casestudy

Als laatste stap in het onderzoek werd het ontwikkelde categorisatiemodel toegepast op de regio Groot-Antwerpen. Dit heeft een tweeledig doel. Enerzijds kan men de functionaliteit van het model evalueren. Zijn de aannames die gemaakt werden omtrent het gewicht van parameters, de ratings, de selectie van de parameters enz. aanvaardbaar? Zijn er aspecten van WDR die uiterst belangrijk zijn en hier over het hoofd gezien worden? Anderzijds kan men een uitspraak doen over de gevoeligheid van verschillende categorieën woningen met een beschermingsstatuut.
De selectie van de cases gebeurde volgens een vooropgestelde methode. Er werden vier groepen cases geselecteerd, waarbij de gebouwen binnen een groep gelijkaardige kenmerken vertonen en waarbij tussen de groepen verschillen worden verwacht. Deze verschillen worden verondersteld vanuit de drie deelaspecten van kwetsbaarheid aan WDR, namelijk inslag, respons en waarde. Enerzijds varieerde de locatie, namelijk de buitenwijken of de historische kern, wat zou moeten resulteren in een verschil qua inslag. Anderzijds werd er bij de selectie van cases gestreefd naar twee 'typische' gebouwen per locatie, wat een verschil in respons zou moeten opleveren. Verder varieerde de waarde van de gebouwen binnen de vier types.

Tabel 4

Historische kern (binnen voormalige stadsomwallingen)	Buitenwijken (latere ontwikkelingen buiten de stadsomwallingen)
Type 1: Woningen in 19e-eeuwse neostijlen	Type 3: Vrijstaande villa's in eclectische stijl
Type 2: Traditionele baksteen woningen	Type 4: Sociale woningen



Figuur 4: Selectie cases – locaties [9]

5. Resultaten

5.1. De kwetsbaarheid van het diverse bouwkundig erfgoed in Vlaanderen voor de klimaatverandering

De casestudy toonde aan dat veel gebouwen in Groot-Antwerpen een grote kwetsbaarheid hebben voor WDR. Bovendien neemt de kans op verlies door WDR toe tegen het eind van deze eeuw. Verder kunnen conclusies getrokken worden voor de verschillende deelaspecten van kwetsbaarheid aan WDR, namelijk inslag, respons en waarde:

- Inslag: Men kan stellen dat een meer open omgeving een grotere kans geeft op een kwetsbaar gebouw. Een mogelijke richtlijn hierbij is de aanpassing van de openbare aanleg, die de inslag op een gebouw beperkt.
- Respons: De architecturale stijl bepaald niet per se de respons van een gebouw. De materiaal- en oppervlaktekarakteristieken en de staat van een gebouw blijken belangrijker. Bijgevolg zou de regelmaat van het onderhoud best afhangen van de eerder vernoemde eigenschappen.
- Waarde: Het valt op dat de kwetsbaarheid voor WDR lager is als de waarde van het gebouw hoger is. Gezien de definitie van waarde in het model kan men stellen dat niet-beschermd en recenter erfgoed over het algemeen meer onderhoud vergt. Hierbij is het belangrijk op te merken dat de definitie van waarde in dit onderzoek hier een belangrijk rol in speelt.

Tot slot is het van belang te vermelden dat de casestudy beperkt was waardoor verder onderzoek noodzakelijk is om deze conclusies te onderstrepen.

5.2. Reflecties over het huidige erfgoedbeleid en de weg naar veerkracht

Het onderzoek van deze thesis heeft aangetoond dat het mogelijk is om categorisatiemodellen te ontwikkelen die duidelijk kunnen communiceren en toch genoeg wetenschappelijk onderbouwd kunnen zijn. Deze modellen zouden kunnen bijdragen aan richtlijnen voor een preventief onderhoudsbeleid of kunnen ingezet worden als beleidstool. Men kan gebouwen vergelijken en de belangrijkste gevaren selecteren voor een regio of een gebouw. Bijgevolg zouden de financiële middelen voor onderhoud efficiënter ingezet kunnen worden. Uiteraard kan het model verder verbeterd en aangepast worden. In de thesis worden hiervoor een aantal voorstellen geformuleerd. Toch is het belangrijk op te merken dat er nog veel obstakels zijn bij iedere stap van het onderzoek, zoals de weerdata die niet rechtstreeks toepasbaar zijn voor verschillende schadefenomenen.

Het erfgoed in Vlaanderen bewees reeds zijn weerbaarheid doordat het vandaag nog steeds aanwezig is. Bovendien tonen recente voorbeelden aan dat erfgoed nog steeds veel emotie teweeg brengt bij de modale burger. Bijgevolg is het van belang dat we de verwachte klimaatverandering zien als kans om het erfgoedbeleid nog meer af te stemmen op de verwachtingen en noden van de maatschappij. De bovenstaande inzichten kunnen bijdragen aan een geïntegreerd klimaatbeleid en een veerkrachtig patrimonium.

6. Referenties

[1] Scott Allan Orr, et al., *Wind-driven rain and future risk to built heritage in the United Kingdom: Novel metrics for characterising rain spells.* Science of The Total Environment, 2018. 640-641: p. 1098-1111.

[2] Bureau voor Normalisatie, *ISO, Risicomanagement - Richtlijnen (ISO 31000:2018)*. 2018: Online.

[3] Christopher B. Field, et al., *Climate Change 2014: Impact, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II tot the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2014: Cambridge, United Kingdom and New York. p. 688.

[4] Christopher B. Field, et al., *Climate Change 2014: Impact, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and sectorial aspects. Contribution of Working Group II tot the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2014: Cambridge, United Kingdom and New York. p. 1150.
[5] Historic Environment Scotland, *A climate change risk assessment*. 2018: Online.
[6] Historic Environment Scotland, *A climate change risk assessment*. 2018: Online.
[7] Rohit R. Nadkarni and Bimal Puthuvayi, *A comprehensive literature review of Multi-Criteria Decision Making methods in heritage buildings.* Journal of Building Engineering, 2020. 32: p. 101814.
[8] Bureau voor normalisatie, *Hygro-thermische eigenschappen van gebouwen - Berekening en weergave van klimatologische gegevens - Deel 3: berekening van een slagregenindex voor verticale oppervlakken uit wind- en regengegevens per uur (ISO 15927-3:2009)*. 2009.
[9] Stad Antwerpen. *district*. 2021 21 mei 2021 [geraadpleegd op 22 mei 2021]; Beschikbaar via: https://portaal-stadantwerpen.opendata.arcgis.com/datasets/district?geometry=3.842%2C51.110%2C4.874%2C51.411.

Bijlage: het categorisatiemodel voor wind-driven rain

Tabel voor de definiëring van de KI(inslag)

Parameter (PP)	**attributen (AP)**	**totaal gewicht (W_tot)**	**labels historisch gebouw**
typologie van het landschap	platteland > grote transparantie landschapsbeeld	70	
	voorstedelijke regio of industriële gebieden en bossen > gemiddelde transparantie landschapsbeeld	38,5	
	stedelijke regio (meeste gebouwen meer dan 15 m hoog) > beperkte transparantie landschapsbeeld	7	
aantal verdiepingen (incl. dak)	3 of meer	10	
	2	5,5	
	1	1	
gebouwelementen	geen dakoversteek (min. 350 mm) of balkon (min. 350 mm)	40	
	dakoversteek (min. 350 mm) of balkon (min. 350 mm)	22	
	dakoversteek (min. 350 mm) en balkon (min. 350 mm)	4	
vrijstaande gevels	4 (vrijstaande bebouwing)	10	
	3 (halfopen bebouwing)	5,5	
	2 (aaneengesloten bebouwing)	1	
laatste constructieperiode	20ste eeuw	40	
	19e eeuw	28	
	18e eeuw of vroeger	4	
	Max. KI(inslag)	170	
	Totaal KI(inslag)		
	KI(inslag)/Max.KI(inslag) [%]		
	label KI(inslag) geïnterpreteerd		

Tabel voor de definiëring van de KI(respons)

Parameter (PP)	attributen (AP)	totaal gewicht (W_tot)	labels historisch gebouw
laatste constructieperiode	20ste eeuw 19e eeuw 18e eeuw	40 28 4	
eerste constructieperiode	19e eeuw of vroeger 20ste eeuw	10 5,5	
verschillende zichtbare gevelmaterialen	over de helft of volledig de gevel (vb. metselwerk) over een deel van de gevel (vb. boven de ramen en de deuren) geen (bijvoorbeeld volledig bepleisterde gevel, betongevel) of niet zichtbaar	70 38,5 7	
vrijstaande gevels	4 (vrijstaande bebouwing) 3 (halfopen bebouwing) 2 (aaneengesloten bebouwing)	10 5,5 1	
beschermingsstatuut	andere statuten beschermd	40 22	
	Max. KI (respons) Totaal KI(respons) KI(respons)/Max.KI(respons) [%] label KI(respons) geïnterpreteerd	170	

Tabel voor de definiëring van KI(waarde)

Parameter (PP)	attributen (AP)	totaal gewicht (W_tot)	labels historisch gebouw
beschermingsstatuut	Werelderfgoed beschermd geïnventariseerd of deel van een CHE-gebied geen beschermingsstatuut	50 35 20 5	
eerste constructieperiode	Late middeleeuwen (t.e.m. 15e eeuw) Nieuwe tijd (16e t.e.m. 18e eeuw) Nieuwste tijd (19e t.e.m. halverwege 20ste eeuw) Hedendaagse tijd (vanaf halverwege 20ste eeuw)	20 14 8 2	
	Max. KI(waarde) Totaal KI(waarde) KI(waarde)/Max.KI(waarde) [%] label KI(waarde) geïnterpreteerd	70	

Bijlage: de infofiches casestudy Groot-Antwerpen

bestandsnaam	neo1	neo2	neo3
id	48545 en 4051	105147 en 4722	6681 en 4644
beschermingsstatuut	Beschermd monument	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Beschermd monument
naam	De Maegd van Antwerpen	Neoclassicistisch burgerhuis	Neoclassicistisch burgerhuis met traditionele kern
locatie	Grote Markt 8 (Antwerpen)	Wolstraat 47 (Antwerpen)	Veemarkt 3 (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
deelgemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
stijl	neobarok	neoclassicisme	neoclassicisme, traditioneel
typologie	burgerhuizen	burgerhuizen	burgerhuizen
datering	vierde kwart 19de eeuw	tweede kwart 19de eeuw	eerste helft 17de eeuw, derde kwart 19de eeuw
eerste constructieperiode	vierde kwart 19de eeuw	tweede kwart 19de eeuw	eerste helft 17de eeuw
laatste constructieperiode	vierde kwart 19de eeuw	tweede kwart 19de eeuw	derde kwart 19de eeuw
KI(inslag)	1	2	2
KI(respons)	2	3	3
KI(waarde)	2	2	3
KI	2	6	6
GKI	4	12	18

bestandsnaam	neo4	neo5	neo6
id	4039 en 100228 en 6391	4416 en 6354 en 102881	4621 en 6309 en 104056
beschermingsstatuut	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Beschermd monument	Beschermd monument
naam	Den Luipaert	Burgerhuis in second empirestijl	Burgerhuis in neo-Vlaamserenaissance-stijl van 1879
locatie	Grote Markt 15, Wisselstraat 9 (Antwerpen)	Oude Beurs 34 (Antwerpen)	Suikerrui 17 - 19 (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
deelgemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
stijl	neobarok, neotraditioneel	second empire	neo-Vlaamserenaissance-stijl
typologie	Mariabeelden, stadswoningen, kelders	stadswoningen	burgerhuizen, politiekantoren
datering	15de eeuw, tweede kwart 18de eeuw, na WO II	derde kwart 19de eeuw	vierde kwart 19de eeuw
eerste constructieperiode	15de eeuw	derde kwart 19de eeuw	vierde kwart 19de eeuw
laatste constructieperiode	na WOII	derde kwart 19de eeuw	vierde kwart 19de eeuw
KI(inslag)	2	2	2
KI(respons)	4	2	3
KI(waarde)	3	2	2
KI	8	4	6
GKI	24	8	12

bestandsnaam	neo7	neo8	neo9
id	105089 en 4703	100264 en 4074	7198 en 6161
beschermingsstatuut	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Beschermd monument
naam	Herenhuis in neorococostijl	Neoclassicistisch burgerhuis met traditionele kern	Burgerhuis in neorenaissancestijl
locatie	Wijngaardstraat 25 (Antwerpen)	Grote Pieter Potstraat 12 (Antwerpen)	Sint-Jansvliet 16 (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
deelgemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
stijl	neorococo	neoclassicisme, traditioneel	neorenaissance
typologie	herenhuizen	stadswoningen	burgerhuizen
datering	voor WOI	17de eeuw, eerste helft 19de eeuw	vierde kwart 19de eeuw
eerste constructieperiode	voor WOI	17de eeuw	vierde kwart 19de eeuw
laatste constructieperiode	voor WOI	eerste helft 19de eeuw	vierde kwart 19de eeuw
KI(inslag)	2	2	1
KI(respons)	3	4	3
KI(waarde)	2	2	2
KI	6	8	3
GKI	12	16	6

bestandsnaam	neo10	trad1	trad2
id	99770 en 4898	105083 en 4706	6432 en 4269
beschermingsstatuut	Beschermd monument	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Beschermd monument
naam	Hagelsteen	Traditioneel diephuis	Het Lammeken
locatie	Everdijstraat 31 (Antwerpen)	Wijngaardstraat 14 (Antwerpen)	Korte Nieuwstraat 10 (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
deelgemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
stijl	barok, neoclassicisme, traditioneel	traditioneel	barok
typologie	herenhuizen	stadswoningen	stadswoningen
datering	vierde kwart 16de eeuw, eerste kwart 17de eeuw, tweede helfst 17de eeuw, vierde kwart 19de eeuw	17de eeuw, tweede helft 16de eeuw	vierde kwart 17de eeuw, eerste kwart 18de eeuw
eerste constructieperiode	vierde kwart 16de eeuw	tweede helft 16de eeuw	vierde kwart 17de eeuw
laatste constructieperiode	vierde kwart 19de eeuw	17e eeuw	eerste kwart 18de eeuw
KI(inslag)	2	1	1
KI(respons)	2	2	3
KI(waarde)	3	2	3
KI	4	2	3
GKI	12	4	9

bestandsnaam	trad3	trad4	trad5
id	6618 en 4394	101019 en 83724	102648 en 4393
beschermingsstatuut	Beschermd monument	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Vastgesteld bouwkundig erfgoed
naam	Traditioneel diephuis: voorgevel en daken	Traditioneel diephuis	Traditioneel breedhuis
locatie	Moriaanstraat 18 (Antwerpen)	Kaasrui 4 (Antwerpen)	Moriaanstraat 12 (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
deelgemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
stijl	traditioneel	traditioneel, classicerende barok	traditioneel
typologie	stadswoningen	stadswoningen	stadswoningen
datering	tweede helft 16de eeuw	derde kwart 16de eeuw, eerste kwart 18de eeuw	tweede helft 16de eeuw
eerste constructieperiode	tweede helft 16de eeuw	derde kwart 16de eeuw	tweede helft 16de eeuw
laatste constructieperiode	tweede helft 16de eeuw	eerste kwart 18de eeuw	tweede helft 16de eeuw
KI(inslag)	1	1	1
KI(respons)	3	3	3
KI(waarde)	3	2	2
KI	3	3	3
GKI	9	6	6

bestandsnaam	trad6	trad7	trad8
id	101361 en 4233	5129 en 4903	4883 en 4147
beschermingsstatuut	Beschermd monument	Beschermd monument	beschermd monument
naam	Vliegend Peert	Traditioneel herenhuis	Den Gulden Greffoen
locatie	Kleine Koraalberg 8, 12 (Antwerpen)	Everdijstraat 43 (Antwerpen)	Hoogstraat 37 (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
deelgemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
stijl	traditioneel	neoclassicisme, traditioneel	traditioneel
typologie	burgerhuizen	herenhuizen	stadswoningen
datering	derde kwart 16de eeuw	tweede helfst 16de eeuw, eerste helft 19de eeuw	16de eeuw
eerste constructieperiode	derde kwart 16de eeuw	tweede helfst 16de eeuw	16de eeuw
laatste constructieperiode	derde kwart 16de eeuw	eerste helft 19de eeuw	16de eeuw
KI(inslag)	1	2	1
KI(respons)	3	3	2
KI(waarde)	3	3	3
KI	3	6	2
GKI	9	18	6

bestandsnaam	trad9	trad10	villa1
id	4617 en 4657	100036 en 3982	98619 en 216188
beschermingsstatuut	Beschermd monument	Beschermd monument	Vastgesteld bouwkundig erfgoed
naam	De Cleyne Clocke	Den Os	Villa in art-decostijl
locatie	Vlasmarkt 9 (Antwerpen)	Gildekamersstraat 8 (Antwerpen)	Berkenlaan 25 (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
deelgemeente	Antwerpen	Antwerpen	Wilrijk
stijl	traditioneel	traditioneel	art deco
typologie	stadswoningen	burgerhuizen, musea	villa's
datering	derde kwart 16de eeuw	eerste kwart 17de eeuw, na WOII	interbellum
eerste constructieperiode	derde kwart 16de eeuw	eerste kwart 17de eeuw	interbellum
laatste constructieperiode	derde kwart 16de eeuw	na WOII	interbellum
KI(inslag)	1	2	3
KI(respons)	3	4	4
KI(waarde)	3	3	2
KI	3	8	12
GKI	9	24	24

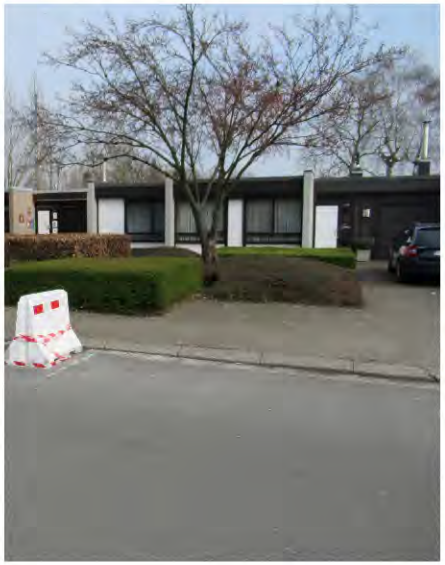
bestandsnaam	villa2	villa3	villa4
id	99341 en 215087	103886 en 11644	99345 en 6698
beschermingsstatuut	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Vastgesteld bouwkundig erfgoed
naam	Villa in art-decostijl	Modernistische villa	Vroeg-modernistische villa
locatie	Della Faillelaan 22 (Antwerpen)	Sorbenlaan 29 (Antwerpen)	Della Faillelaan 28 (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
deelgemeente	Antwerpen	Wilrijk	Antwerpen
stijl	art deco	modernisme	modernisme
typologie	villa's	villa's	villa's
datering	interbellum	interbellum	interbellum
eerste constructieperiode	interbellum	interbellum	interbellum
laatste constructieperiode	interbellum	interbellum	interbellum
KI(inslag)	3	3	3
KI(respons)	3	3	3
KI(waarde)	2	2	2
KI	9	9	9
GKI	18	18	18

bestandsnaam	villa5	villa6	villa7
id	98626 en 11543	98625 en 215333	99349 en 215080
beschermingsstatuut	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Vastgesteld bouwkundig erfgoed
naam	Villa in cottagestijl	Villa in cottagestijl	Gekoppelde villa's in cottagestijl
locatie	Berkenlaan 33 (Antwerpen)	Berkenlaan 32 (Antwerpen)	Della Faillelaan 45-47 (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
deelgemeente	Wilrijk	Wilrijk	Antwerpen
stijl	cottagestijl	cottagestijl	cottagestijl
typologie	villa's	villa's	villa's
datering	interbellum	interbellum	interbellum
eerste constructieperiode	interbellum	interbellum	interbellum
laatste constructieperiode	interbellum	interbellum	interbellum
KI(inslag)	3	3	2
KI(respons)	3	3	3
KI(waarde)	2	2	2
KI	9	9	6
GKI	18	18	12

bestandsnaam	villa8	villa9	villa10
id	104227 en 300110	99996 en 11120	99346 en 215077
beschermingsstatuut	beschermd monument	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Vastgesteld bouwkundig erfgoed
naam	Ensemble van Bilmeyer en Van Riel	Burgerhuis in art-nouveaustijl	Villa in art-nouveaustijl
locatie	Transvaalstraat 45 - 47 (Antwerpen)	Generaal Van Merlenstraat 26 (Antwerpen)	Della Faillelaan 29A (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
deelgemeente	Berchem	Berchem	Wilrijk
stijl	eclecticisme	art nouveau	art nouveau
typologie	villa's	villa's	villa's
datering	vierde kwart 19de eeuw	voor WOI	voor WO I
eerste constructieperiode	vierde kwart 19de eeuw	voor WOI	voor WO I
laatste constructieperiode	vierde kwart 19de eeuw	voor WOI	voor WO I
KI(inslag)	2	2	3
KI(respons)	4	4	3
KI(waarde)	2	2	2
KI	8	8	9
GKI	16	16	18

bestandsnaam	soc1	soc2	soc3
id	6387 en 120662	6387 en 120662	97693 en 102552
beschermingsstatuut	Beschermd stads- en dorpsgezicht	Beschermd stads- en dorpsgezicht	Vastgesteld bouwkundig erfgoed
naam	Unitas Tuinwijk	Unitas Tuinwijk	Tuinwijken Groenenhoek
locatie	Unitaslaan 86 - 87 (Antwerpen)	Heirmanstraat 6 - 8 (Antwerpen)	Groenenhoekstraat 15-41 (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
deelgemeente	Deurne	Deurne	Berchem
stijl	regionalisme	regionalisme	cottagestijl
typologie	sociale woningen, tuinwijken	sociale woningen, tuinwijken	sociale woningen, tuinwijken
datering	interbellum	interbellum	interbellum
eerste constructieperiode	interbellum	interbellum	interbellum
laatste constructieperiode	interbellum	interbellum	interbellum
KI(inslag)	3	3	3
KI(respons)	3	3	4
KI(waarde)	2	2	2
KI	9	9	12
GKI	18	18	24

bestandsnaam	soc4	soc5	soc6
id	97693 en 102552	97714 en 305122	97714 en 305122
beschermingsstatuut	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Vastgesteld bouwkundig erfgoed
naam	Tuinwijken Groenenhoek	Wijk Langbaanvelden	Wijk Langbaanvelden
locatie	Woningenstraat 11-13 (Antwerpen)	Langbaanvelden (Antwerpen)	Waasdonk (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen, Borseek	Antwerpen, Borseek
deelgemeente	Berchem	Deurne	Deurne
stijl	cottagestijl	modernisme	modernisme
typologie	sociale woningen, tuinwijken	parkwijken, sociale woningen	parkwijken, sociale woningen
datering	interbellum	na WOII	na WOII
eerste constructieperiode	interbellum	na WOII	na WOII
laatste constructieperiode	interbellum	na WOII	na WOII
KI(inslag)	3	3	3
KI(respons)	4	3	3
KI(waarde)	2	1	1
KI	12	9	9
GKI	24	9	9



bestandsnaam	soc7	soc8	soc9
id	97685 en 302583	97685 en 302583	97702 en 120666
beschermingsstatuut	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Vastgesteld bouwkundig erfgoed	Vastgesteld bouwkundig erfgoed
naam	Parkwijk De Vallaer	Parkwijk De Vallaer	Tuinwijk Heide
locatie	Aalbeslei 1 (Antwerpen)	Petunialei 5-6 (Antwerpen)	Genachtenstraat 1-9 (Antwerpen)
provincie	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
gemeente	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
deelgemeente	Wilrijk	Wilrijk	Hoboken
stijl	modernisme	modernisme	regionalisme
typologie	duplexwoningen, parkwjken, sociale woningen	duplexwoningen, parkwjken, sociale woningen	sociale woningen, tuinwijken
datering	na WOII	na WOII	interbellum
eerste constructieperiode	na WOII	na WOII	interbellum
laatste constructieperiode	na WOII	na WOII	interbellum
KI(inslag)	3	3	3
KI(respons)	2	2	4
KI(waarde)	1	1	2
KI	6	6	17
GKI	6	6	24

bestandsnaam	soc10
id	97702 en 120666
beschermingsstatuut	Vastgesteld bouwkundig erfgoed
naam	Tuinwijk Heide
locatie	Steynstraat 238-246 (Antwerpen)
provincie	Antwerpen
gemeente	Antwerpen
deelgemeente	Hoboken
stijl	regionalisme
typologie	sociale woningen, tuinwijken
datering	interbellum
eerste constructieperiode	interbellum
laatste constructieperiode	interbellum
KI(inslag)	3
KI(respons)	4
KI(waarde)	2
KI	12
GKI	24

Bijlage: Fotoverzameling van de sites volgens de kwetsbaarheidscategorieën

Foto's van alle sites met KI-categorie: Verwaarloosbare kwetsbaarheid

Neo1

Neo9

Trad1

Trad2

Trad3

Trad4

Trad5

Trad6

Trad8

Trad9

Foto’s van alle sites met KI-categorie: Kleine kwetsbaarheid

Neo2

Neo3

Neo5

Neo6

Neo7

Neo10

Trad7

Villa7

Soc7

Soc8

Foto's van alle sites met KI-categorie: Grote kwetsbaarheid

Neo4

Neo4

Neo8

Trad10

Villa2

Villa3

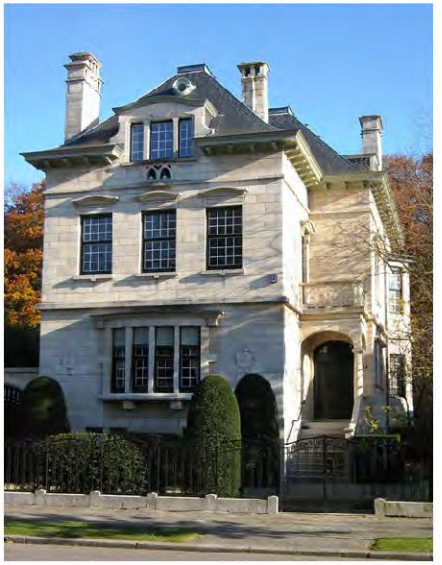
Villa4

Villa5

Villa6

Villa8

Villa9



Villa10

Soc1

Soc2

Soc5

Soc6

Foto's van alle sites met KI-categorie: Extreme kwetsbaarheid

Villa1

Soc3

Soc4

Soc9

Soc10

Foto's van alle sites met GKI-categorie: Verwaarloosbare kwetsbaarheid

Neo1

Trad1

Foto's van alle sites met GKI-categorie: Kleine kwetsbaarheid

Neo2

Neo5

Neo6

Neo7

Neo9

Neo10

Trad2

Trad3

Trad4

Trad5

Trad6

Trad8

Trad9

Villa7

Soc5

Soc6

Soc7

Soc8

Foto’s van alle sites met GKI-categorie: Grote kwetsbaarheid

Neo3

Neo4

Neo4

Neo8

Trad7

Trad10

Villa1

Villa2

Villa3

Villa4

Villa5

Villa6

Villa8

Villa9

Villa10

Soc1

Soc2

Soc3

Soc4

Soc9

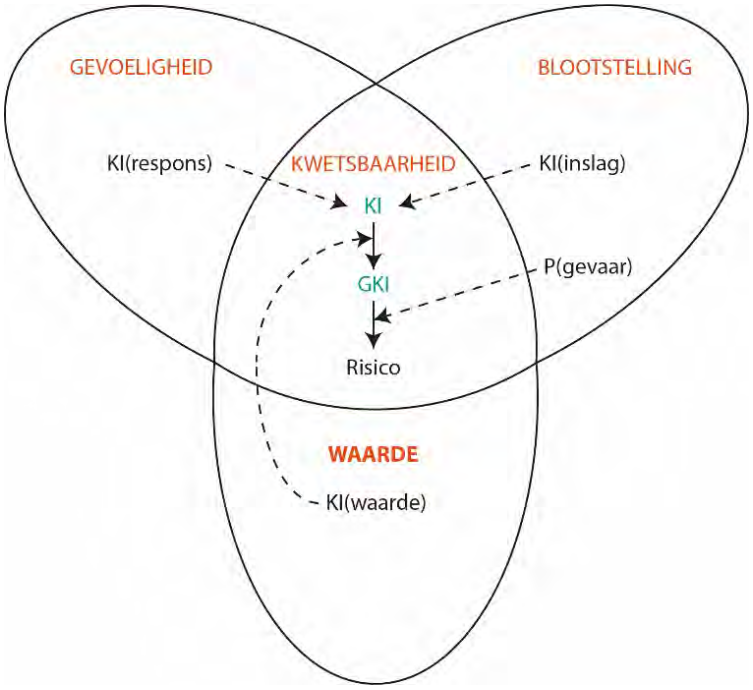
Soc10

Bijlage: Casestudy Antwerpen

De categorisatie van het Antwerps bouwkundig erfgoed voor de impact van wind-driven rain

Het categorisatiemodel dat ontwikkeld werd in het vorige hoofdstuk wordt toegepast op regio Groot-Antwerpen. Dit heeft een tweeledig doel. Enerzijds kan men de functionaliteit van het model evalueren. Zijn de aannames die gemaakt werden omtrent het gewicht van parameters, de ratings, de selectie van de parameters enz. aanvaardbaar? Zijn er aspecten van WDR die uiterst belangrijk zijn en hier over het hoofd gezien worden? Anderzijds kan men een uitspraak doen over de gevoeligheid van verschillende categorieën woningen met een beschermingsstatuut.

In de eerste sectie wordt de redenering achter de selectie van cases uitgelegd. Het is belangrijk relevante cases te selecteren die meer inzicht kunnen bieden in het model. Vervolgens worden de resultaten van de toepassing van het model besproken en dieper geanalyseerd. Dit geeft inzicht in de kwetsbaarheid van eengezinswoningen in Antwerpen. In een volgende stap wordt de informatie van hoofdstuk 3 die gaat over de kans op WDR en de wijziging hiervan door de klimaatverandering toegepast. Dit toont de verwachte evolutie van de kans op verlies door WDR op erfgoed. Het hoofdstuk wordt afgesloten met reflecties omtrent het categorisatiemodel.



Figuur 1 De resultaten tonen eerst de KI's en GKI's van de cases. Nadien wordt de kans op het gevaar WDR, vandaag en in de toekomst, toegepast om het risico van de verandering ervan in te schatten.

5.1 De selectie van de cases

5.1.1 Methodologie

Het is relevant meer dan één case te selecteren om het model te testen, maar men kan niet alle geïnventariseerde woningen van Groot-Antwerpen beschouwen. Bovendien geeft dit niet per se de gewenste informatie. Bijgevolg is het belangrijk een goede strategie voor de caseselectie te bepalen.

Om het model te testen worden verschillende groepen cases geselecteerd. Binnen de groepen zijn de karakteristieken gelijkaardig, tussen de groepen zijn er significante verschillen. Deze verschillen worden verondersteld vanuit de drie deelaspecten van de kwetsbaarheid, nl. inslag, respons en waarde. Ieder criterium krijgt twee mogelijke antwoorden waarvan verwacht wordt dat de antwoorden duidelijk zullen verschillen. Binnen de deelgroepen gaat men op zoek naar typische voorbeelden die het verschil tussen de groepen onderling kan duiden.

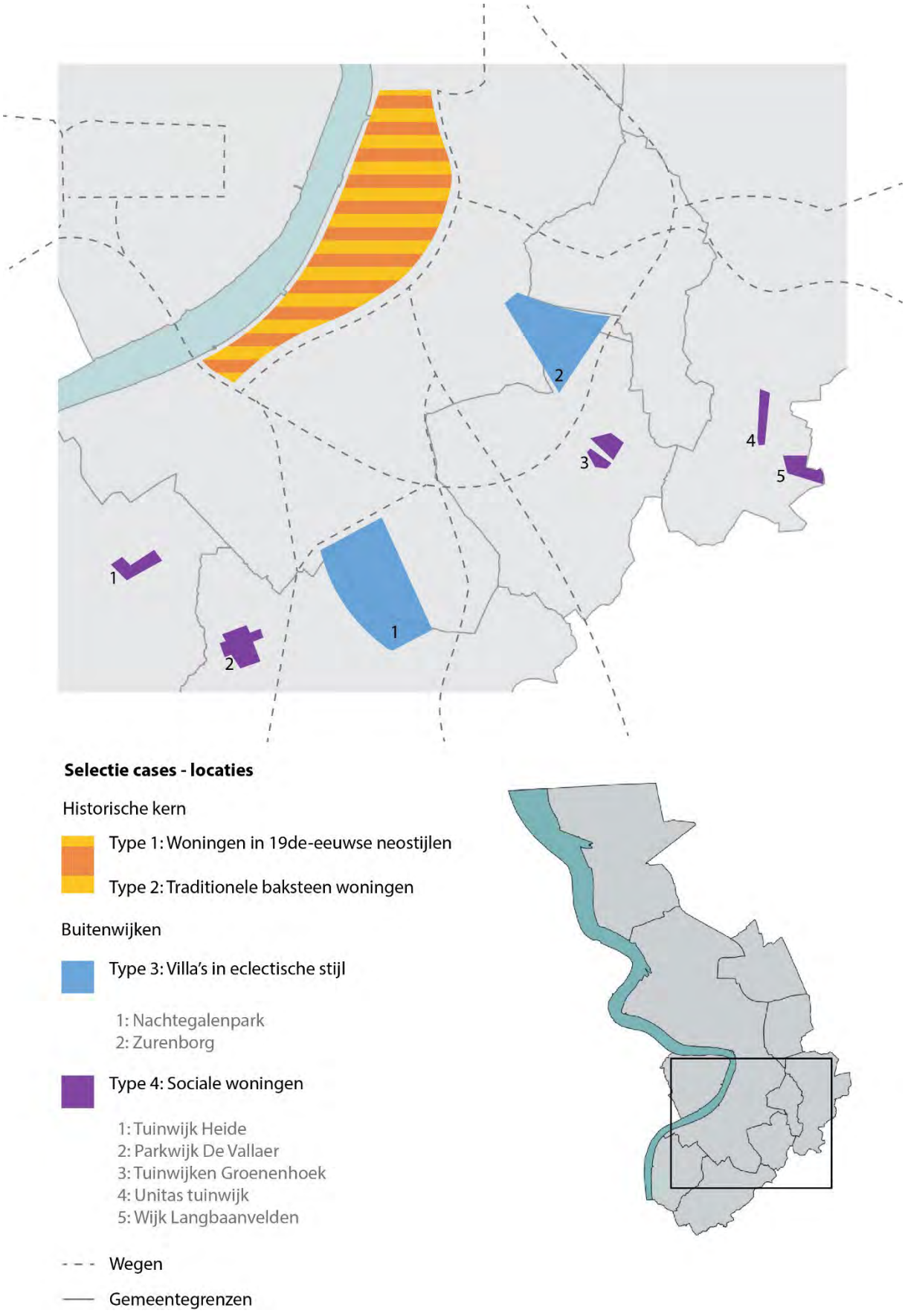
1) De inslag kan gevarieerd worden door verschillende micro-omgevingen van een gebouw te selecteren. Deze omgevingen kunnen gelinkt worden aan de ontwikkelingsfazen van de stad Antwerpen. In eerste fase ontwikkelde het dense stratennetwerk binnen de stadsomwallingen, met als hoogtepunt de gouden 16^{e} eeuw. In de 19^{e} en 20ste eeuw evolueerde de rand van de stad tot meer leefbare en ruime buitenwijken voor de welgestelde bevolking. Tegelijkertijd is er druk op het stadsweefsel door de groei van de stad, zeker in de 20ste eeuw. Sociale huisvesting is geleidelijk aan pertinent aanwezig in het stadsbeeld [46].
2) De respons kan gevarieerd worden door verschillende typische gebouwen per regio te selecteren. Dit zijn uiteraard sterke vereenvoudigingen van de realiteit en kunnen genuanceerd worden. Men kan stellen dat de historische kern twee grote types eengezinswoningen omvat, nl. de traditionele baksteen woningen en de woningen in 19de-eeuwse neostijlen. De buitenwijken van de stad omvatten een groter spectrum aan eengezinswoningen. Hierbij kan men onder andere twee types beschouwen, nl. de vrijstaande villa's in eclectische stijl, zoals rond het Nachtegaelenpark, en de sociale woonwijken [59].
3) De waarde kan gevarieerd worden door sites met verschillende statuten (beschermd of geïnventariseerd) en ouderdom te selecteren. Dit wordt niet gehanteerd als criterium om verschillende groepen te onderscheiden, maar men streeft naar variatie binnen de vier groepen die gedefinieerd werden door de twee bovenstaande criteria. Enerzijds beperkt dit de complexiteit van de groepen cases en het aantal cases dat onderzocht moet worden om de groepen te kunnen vergelijken. Anderzijds wordt het derde deelaspect van kwetsbaarheid, namelijk de waarde, al apart onderzocht door de combinatie van de indexen KI en GKI. Bijgevolg kan de impact hiervan beschouwd worden zonder aparte casegroepen te selecteren.

Historische kern (binnen voormalige stadsomwallingen)	Buitenwijken (latere ontwikkelingen buiten de stadsomwallingen)
Type 1: Woningen in 19^{e}-eeuwse neostijlen	Type 3: Vrijstaande villa's in eclectische stijl
Type 2: Traditionele baksteen woningen	Type 4: Sociale woningen

5.1.2 Metadata van de cases

Zoals hierboven vermeld, werden cases geselecteerd met verschillende kenmerken waardoor vier relatief coherente groepen ontstaan die met elkaar vergeleken kunnen worden. Types 1 en 2 komen voor in de historische kern, die zich in de deelgemeente Antwerpen bevindt. Types 3 en 4 zijn verspreid over de buitenwijken, Wilrijk, Hoboken, Berchem en Deurne, en de rand van deelgemeente Antwerpen. Er zijn meer 'beschermde monumenten' bij de types 1 en 2, omdat de types in de buitenwijken minder vaak beschermd worden

parameter	**attribuut**	**aantal**	**% van cases**
deelgemeente	Antwerpen	23	57,5
	Wilrijk	7	17,5
	Hoboken	2	5
	Berchem	4	10
	Deurne	4	10
type	Traditionele baksteen diephuizen	10	25
	Woningen in 19e-eeuwse neostijlen	10	25
	Vrijstaande villa's in eclectische stijl	10	25
	Sociale woningen	10	25
beschermingsstatuut	beschermd	16	40
	vastgesteld bouwkundig erfgoed	24	60



Figuur 2 Selectie cases – locaties [57]

5.2 De resultaten

5.2.1 De categorisatie van de kwetsbaarheid van de cases

Figuur 32 en Figuur 33 tonen van alle sites de attribuutwaarden van de parameters, de KI's en de GKI's. De attribuutwaarden worden verduidelijkt in een roos-diagram onder de tabel. Dit is een veelgebruikte voorstellingswijze binnen MCA's om inzicht te krijgen in de oorzaak van het verschil in de totale waarde die aan een site gegeven wordt.

De deelaspecten van kwetsbaarheid: inslag, respons en waarde

Het valt op dat de type 1 en zeker type 2 veelal lagere kwetsbaarheidsscores hebben voor het deelaspect 'inslag' dan de types 3 en 4. Bijgevolg kan men stellen dat woningen in de historische stadskern op dit vlak een minder hoog risico lopen dan die uit de buitenwijken. Dit fenomeen is ook duidelijk in Figuur 34, waar de gevoeligheid per deelaspect van kwetsbaarheid percentueel wordt voorgesteld. De blauwe balken, die overeenkomen met de KI(inslag) van iedere site, zijn beduidend langer bij de types 3 en 4, dan bij de bovenstaande grafieken.

Het bovenstaande fenomeen is voornamelijk te wijten aan de parameters 'laatste constructieperiode (5)' en 'typologie van het landschap (1)', wat gerelateerd is aan de detaillering van de gevel en de stedelijke geometrie. De KI(inslag) van de traditionele baksteen woningen (type 2) ligt het laagst, wat beter is volgens dit model, door de lage attribuutwaarden van de parameter 'laatste constructieperiode (5)'. Dit komt omdat men uitgaat van betere detailleringen bij een laatste constructieperiode voor de 18de eeuw. Deze parameter krijgt een hoge, en dus slechtere, waarde bij types 1, 3 en 4. De stedelijke geometrie van de buitenwijken van de types 3 en 4 zorgt voor een grotere attribuutwaarde van de parameter 'typologie van het landschap (1)'. De 'gebouwelementen (3)' hebben gezien het grote gewicht van de parameter ook een significante invloed op het resultaat maar het kan niet aan een bepaald type gelinkt worden.

Figuur 34 toont aan dat de KI(respons) meer varieert binnen een groep, ook al zijn de types zodanig gekozen dat een kleiner verschil verwacht werd. Dit toont aan dat de respons relatief weinig gerelateerd is aan een architecturale stijl. Toch zijn er iets hogere waarden voor de types 3 en 4 dan voor de eerste twee. Dit is te wijten aan de parameters die meer gewicht toegekend kregen, nl. 'de laatste constructieperiode (6)', 'de verschillende gevelmaterialen (8)' en 'het beschermingsstatuut (9)'. Deze parameters kunnen gelinkt worden aan de materiaal- en oppervlaktekarakteristieken (6 en 8) en de staat van een gebouw (9). Bij type 3 en 4 kregen deze vaker gelijktijdig een hoger attribuut toegekend. Het deelaspect KI(respons) heeft gemiddeld de hoogste percentages qua gevoeligheid, zoals zichtbaar in Figuur 36 en kan dus niet onderschat worden.

Er is relatief weinig variatie binnen het deelaspect 'waarde'. Toch valt het op dat type 2 (de traditionele baksteen woningen) vaker hogere waarden kent omwille van de vroege eerste constructieperiode en het 'hoger' beschermingsstatuut. De sociale woningen (type 4) daarentegen zijn soms na WO II gebouwd en veelal niet beschermd.

De indexen KI en GKI

Figuur 37, Figuur 38, Figuur 39, Figuur 40 en Figuur 41 kunnen een groter inzicht geven in de indexen KI en GKI. Figuur 37 geeft een overzicht van alle KI's en GKI's, waarbij de kleuren en definities van de categorieën aangegeven zijn. De andere figuren tonen de relatie tussen de drie indexen en de criteria die gehanteerd werden om cases te selecteren, namelijk de types, de locaties (historische kern – buitenwijken) en het beschermingsstatuut.

De KwetsbaarheidsIndex (KI) ligt veelal hoger in de buitenwijken (types 3 en 4) dan in de historische kern (types 1 en 2) van Antwerpen. Op Figuur 40 is duidelijk zichtbaar dat er meer sites uit de buitenwijken tot 'slechtere' categorieën behoren. Het is wel opmerkelijk dat wanneer de waarde in acht genomen wordt bij de Gewaardeerde KwetsbaarheidsIndex (GKI), de kwetsbaarheid van de sites in de historische kern verslecht, terwijl die in de buitenwijken verbetert. Dit verschil valt te wijten aan het verschil in deelscores van de indexen, zoals hierboven vermeld.

Dit fenomeen kan nog verder gespecifieerd worden door de verschillende types in acht te nemen per locatie. Binnen de historische kern hebben traditionele baksteen woningen (type 2) de laagste waarden, wat een kleine kwetsbaarheid impliceert. Meer dan drie vierde van de KI-categorie 'verwaarloosbare kwetsbaarheid' valt onder type 2, volgens Figuur 39. Dit verschil loopt gelijk met het verschil in KI(inslag)-waardes zoals hierboven vermeld. Dit is niet verrassend aangezien de KI-waarde het product is van de KI(inslag) en KI(respons). De KI(respons) varieert meer binnen eenzelfde type, waardoor die minder een invloed heeft op de finale KI-waarde. Gezien de grote KI(waarde) van type 2, zijn de GKI's veelal slechter.

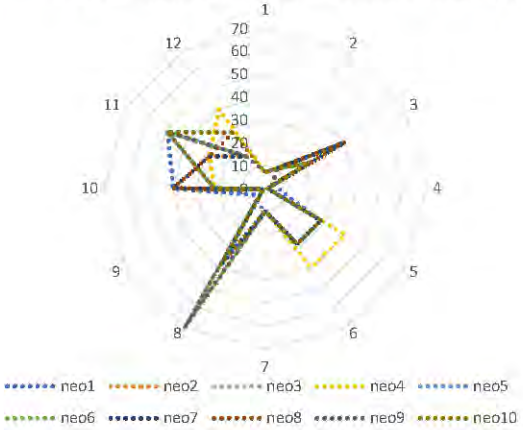
In de buitenwijken vragen de slechte waarden van type 3 om meer duiding. Type 3 heeft namelijk het grootste aandeel binnen de GKI-categorie 'grote kwetsbaarheid' (zie Figuur 39). De buitenwijken hebben over het algemeen een grote KwetsbaarheidsIndex (KI) en type 3 heeft een relatief hoge KI(waarde), in vergelijking met type 4. Dit verschil is ook duidelijk zichtbaar in Figuur 37.

Tot slot is het beschermingsstatuut een interessant criterium om de KI's en GKI's te vergelijken, zoals te zien in Figuur 41. Het valt op dat de volledige KI-categorie 'extreme kwetsbaarheid' bestaat uit vastgesteld erfgoed. Verder behoort bijna de helft van het beschermd erfgoed onder de KI-categorie 'verwaarloosbare kwetsbaarheid'. Bijgevolg kan men stellen dat een 'hoger' beschermingsstatuut gerelateerd is aan een kleinere kwetsbaarheid. Wanneer men het de deelaspect KI(waarde) in acht neemt, voor de Gewaardeerde KwetsbaarheidsIndex (GKI), is deze relatie er nog steeds, maar in minder grote mate. Het verschil in kwetsbaarheid tussen een beschermde en geïnventariseerde site wordt minder groot door de waarde erbij te betrekken.

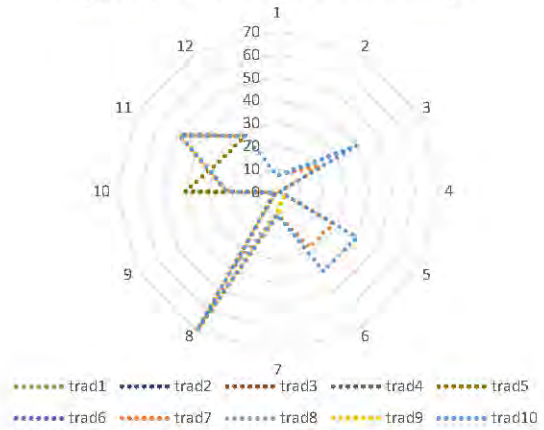
Attribuutwaarden van de parameters, KI en GKI van type 1: woningen in 19de-eeuwse neostijlen en type 2: traditionele baksteenwoningen

Parameter	neo1	neo2	neo3	neo4	neo5	neo6	neo7	neo8	neo9	neo10	trad1	trad2	trad3	trad4	trad5	trad6	trad7	trad8	trad9	trad10
1 typologie van het landschap	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
2 aantal verdiepingen (incl. dak)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
3 gebouwelementen	4	22	22	40	22	22	40	40	4	22	40	40	40	40	40	40	22	40	40	40
4 vrijstaande gevels	5,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5 laatste constructieperiode	28	28	28	40	28	28	28	28	28	28	4	4	4	4	4	4	28	4	4	40
6 laatste constructieperiode	28	28	28	40	28	28	28	28	28	28	4	4	4	4	4	4	28	4	4	40
7 eerste constructieperiode	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
8 verschillende zichtbare gevelmaterialen	7	38,5	70	70	38,5	70	38,5	70	70	38,5	38,5	70	70	70	70	70	70	38,5	70	70
9 vrijstaande gevels	5,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10 beschermingsstatuut	40	40	22	22	22	22	40	40	22	22	40	22	22	40	40	22	22	22	22	22
11 beschermingsstatuut	49	28	49	28	49	49	28	28	49	49	28	49	49	28	28	49	49	49	49	49
12 eerste constructieperiode	16	16	28	40	16	16	16	28	16	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
KI(inslag)	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2
KI(respons)	2	3	3	4	2	3	3	4	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	4
KI(waarde)	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3
KI	2	6	6	8	4	6	6	8	3	4	2	3	3	3	3	3	6	2	3	8
GKI	4	12	18	24	8	12	12	16	6	12	4	9	9	6	6	9	18	6	9	24

Roos attribuutwaarden parameters
Type 1: Woningen in 19de-eeuwse neostijlen



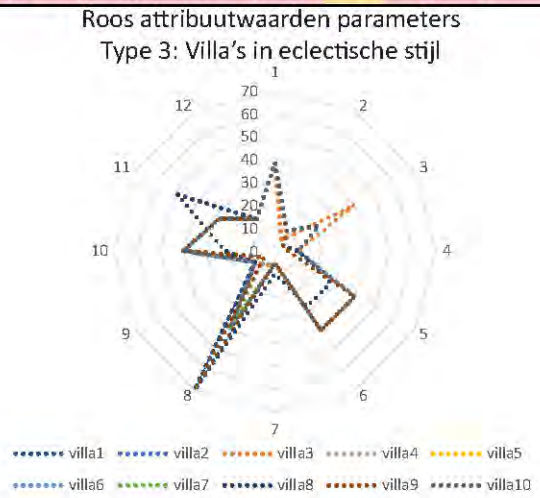
Roos attribuutwaarden parameters
Type 2: Traditionele baksteen woningen

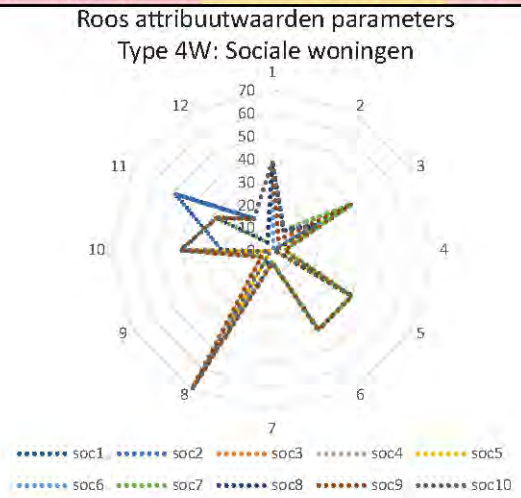


Figuur 3 De attribuutwaarden van de parameters, KI en GKI – deel 1

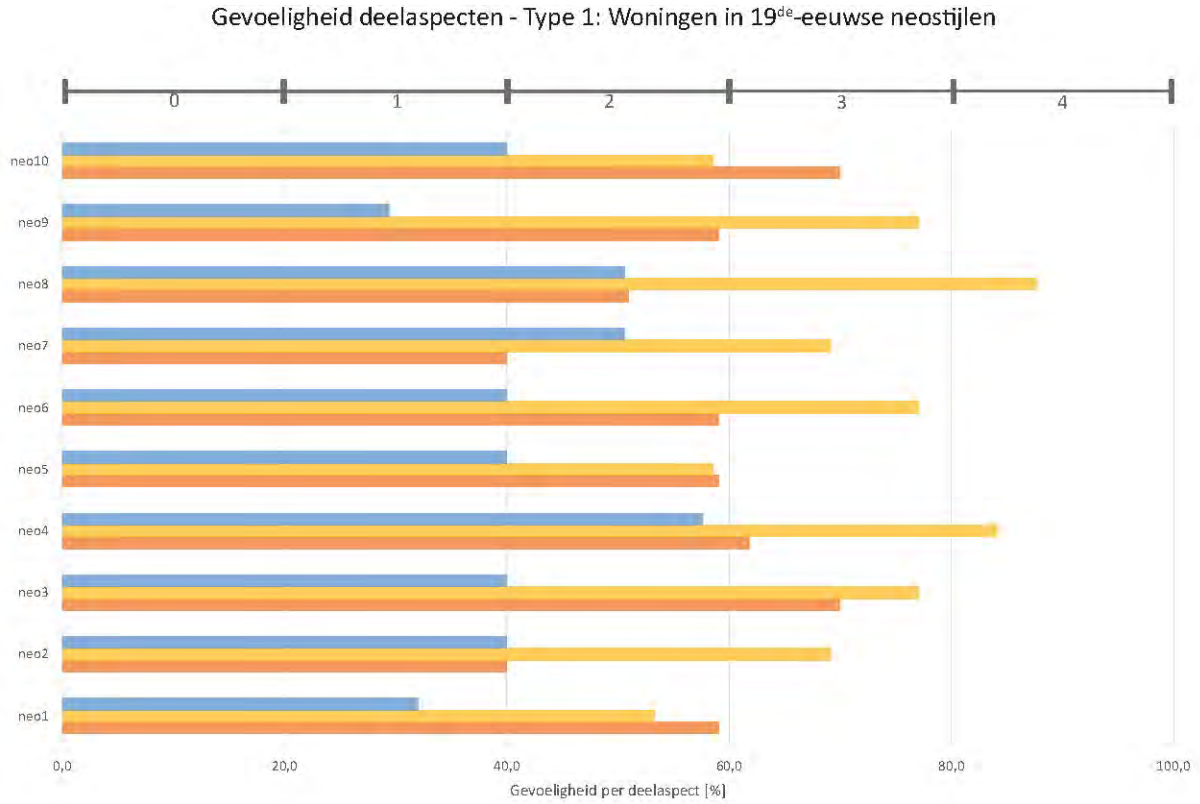
Attribuutwaarden van de parameters, KI en GKI van type 3: villa's in eclectische stijl en type 4: sociale woningen

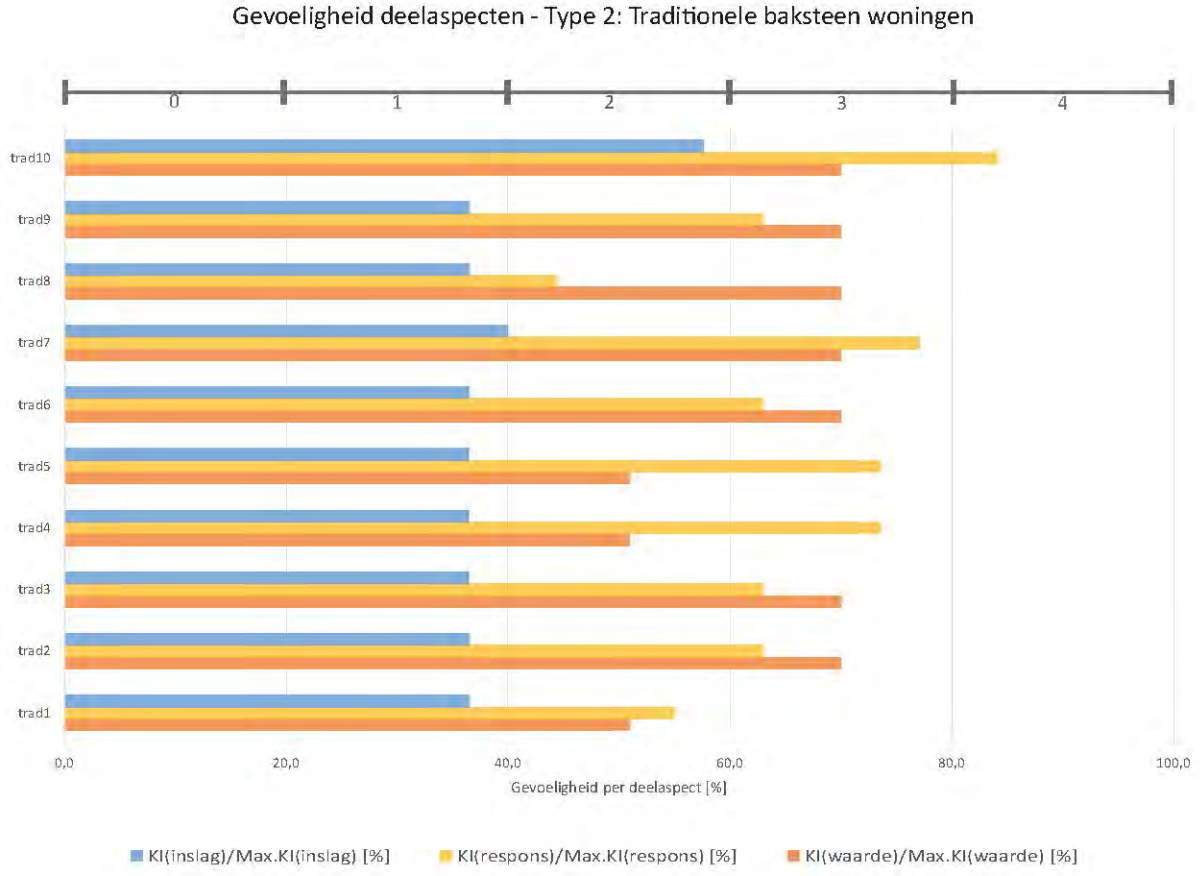
Parameter	villa1	villa2	villa3	villa4	villa5	villa6	villa7	villa8	villa9	villa10	soc1	soc2	soc3	soc4	soc5	soc6	soc7	soc8	soc9	soc10
1 typologie van het landschap	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5
2 aantal verdiepingen (incl. dak)	10	10	5,5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5,5	10	10	1	10	10	5,5	10
3 gebouwelementen	4	22	40	22	22	4	4	4	4	22	22	22	22	40	40	40	40	22	40	22
4 vrijstaande gevels	10	10	10	10	10	10	5,5	10	5,5	10	1	5,5	5,5	5,5	1	1	5,5	1	5,5	1
5 laatste constructieperiode	40	40	40	40	40	40	40	28	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
6 laatste constructieperiode	40	40	40	40	40	40	40	28	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
7 eerste constructieperiode	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
8 verschillende zichtbare gevelmaterialen	70	7	7	7	38,5	38,5	38,5	70	70	38,5	38,5	38,5	70	70	38,5	38,5	7	7	70	70
9 vrijstaande gevels	10	10	10	10	10	10	5,5	10	5,5	10	1	5,5	5,5	5,5	1	1	5,5	1	5,5	1
10 beschermingsstatuut	40	40	40	40	40	40	40	22	40	40	22	22	40	40	40	40	40	40	40	40
11 beschermingsstatuut	28	28	28	28	28	28	28	49	28	28	49	49	28	28	28	28	28	28	28	28
12 eerste constructieperiode	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	4	4	4	4	16	16
KI(inslag)	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
KI(respons)	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	2	2	4	4
KI(waarde)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
KI	24	9	9	9	9	9	6	8	8	9	9	9	12	12	9	9	6	6	12	12
GKI	24	18	18	18	18	18	12	16	16	18	18	18	24	24	9	9	6	6	24	24



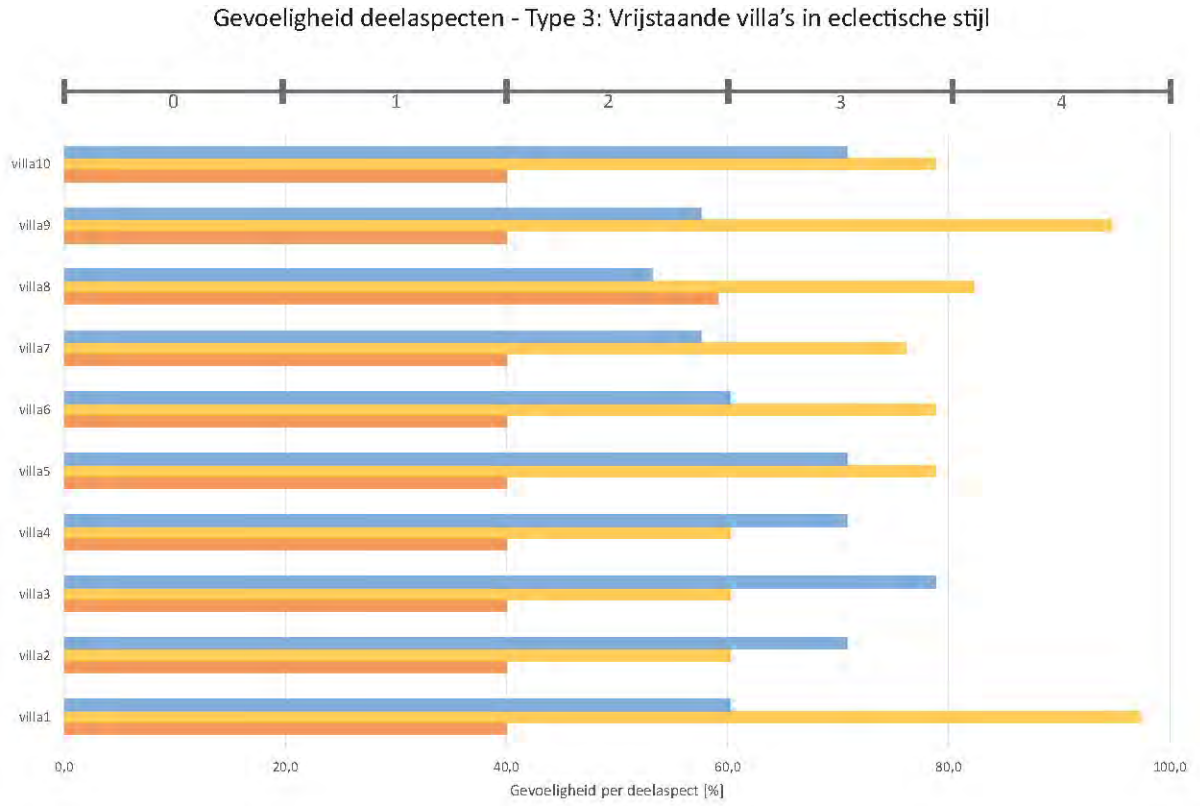


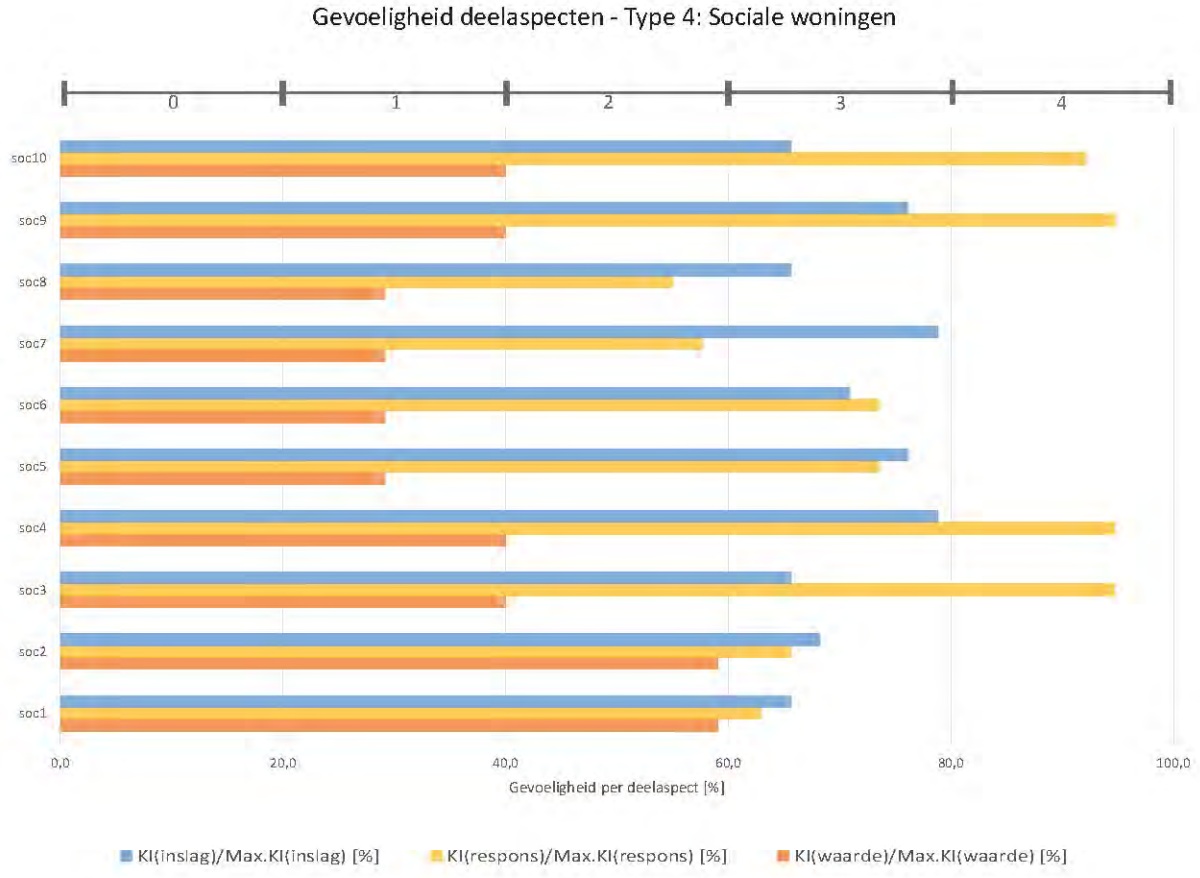
Figuur 4 De attribuutwaarden van de parameters, KI en GKI – deel 2



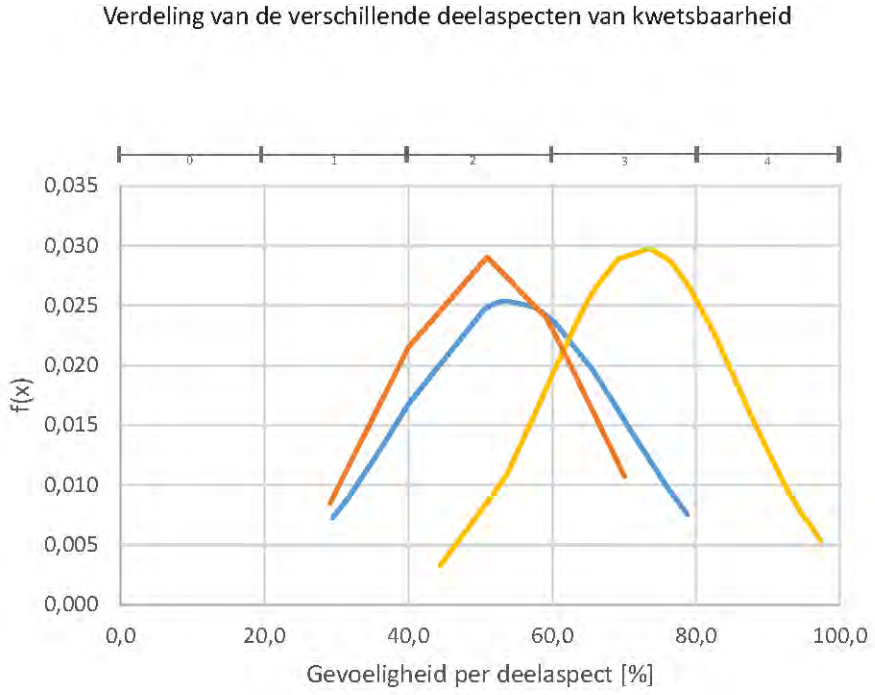


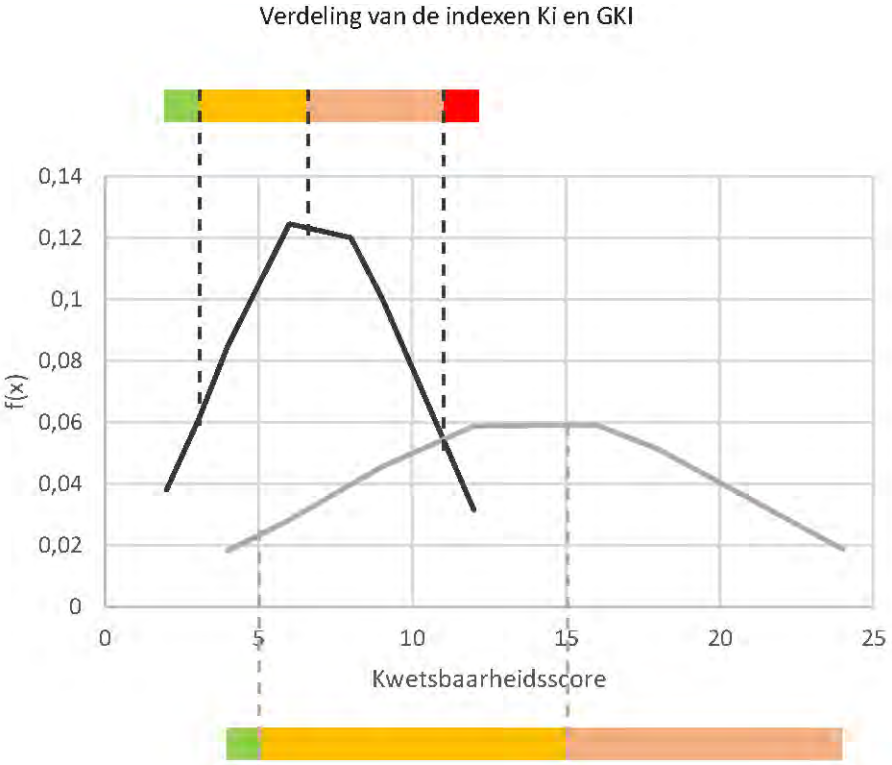
Figuur 5 De gevoeligheid van verschillende deelaspecten – deel 1





Figuur 6 De gevoeligheid van verschillende deelaspecten – deel 2

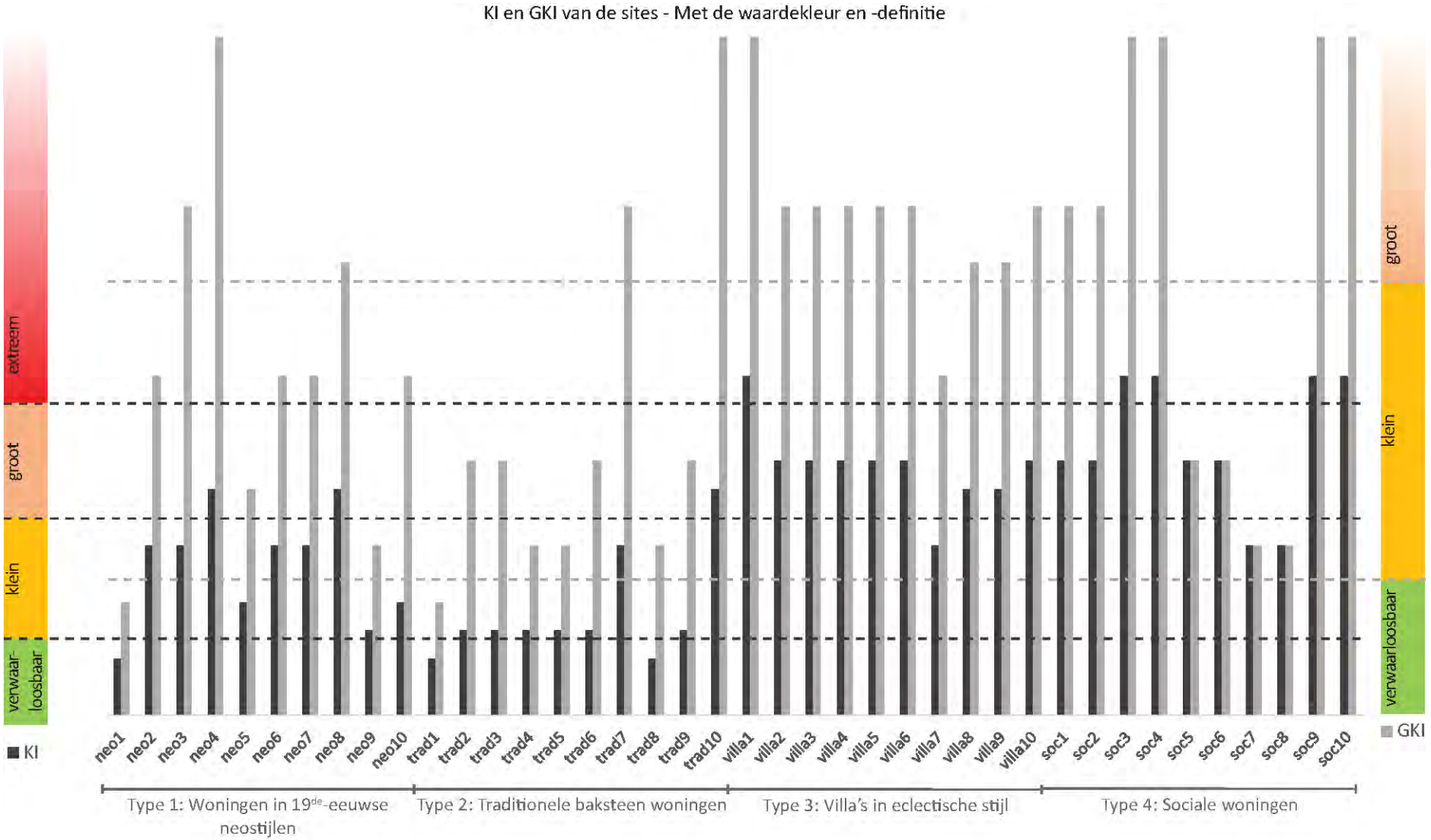




		gemiddelde [%]	standaardafwijking [%]
KI(inslag)	KI(inslag)	54,3	15,7
KI(respons)	KI(repsons)	72,6	13,4
KI(waarde)	KI(waarde)	50,6	13,7

		gemiddelde [%]	standaardafwijking [%]
KI	KI	6,9	3,1
GKI	GKI	14,1	6,4

Figuur 7 Verdeling van de deelaspecten en indexen van kwetsbaarheid



Figuur 8 Overzicht van de KI's en GKI's van de sites

De categorieën van kwetsbaarheid: KI - Met de verdeling per regio, type en beschermingsstatuut

	alle sites	regio		type*				beschermingsstatuut	
		Historische kern	Buiten wijken	1	2	3	4	beschermd	vastgesteld bouwkundig erfgoed
categorie kwetsbaarheid	tot.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.
verwaarloosbaar	10	10	0	2	8	0	0	7	3
klein	10	8	2	6	1	1	1	5	5
groot	15	5	10	2	1	8	9	4	11
extreem	5	0	5	0	0	1	0	0	5
totaal.	40	23	17	10	10	10	10	16	24
perc. [%]		57,5	42,5	25	25	25	25	40	60

De categorieën van kwetsbaarheid: GKI - Met de verdeling per regio, type en beschermingsstatuut

	alle sites	regio		type*				beschermingsstatuut	
		Historische kern	Buiten wijken	1	2	3	4	beschermd	vastgesteld bouwkundig erfgoed
categorie kwetsbaarheid	tot.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.
verwaarloosbaar	2	2	0	1	1	0	0	1	1
klein	18	14	4	6	7	1	4	9	9
groot	20	7	13	3	2	9	6	6	14
extreem	0	0	0	0	0	0	0	0	0
totaal.	40	23	17	10	10	10	10	16	24
perc. [%]		57,5	42,5	25	25	25	25	40	60

*type

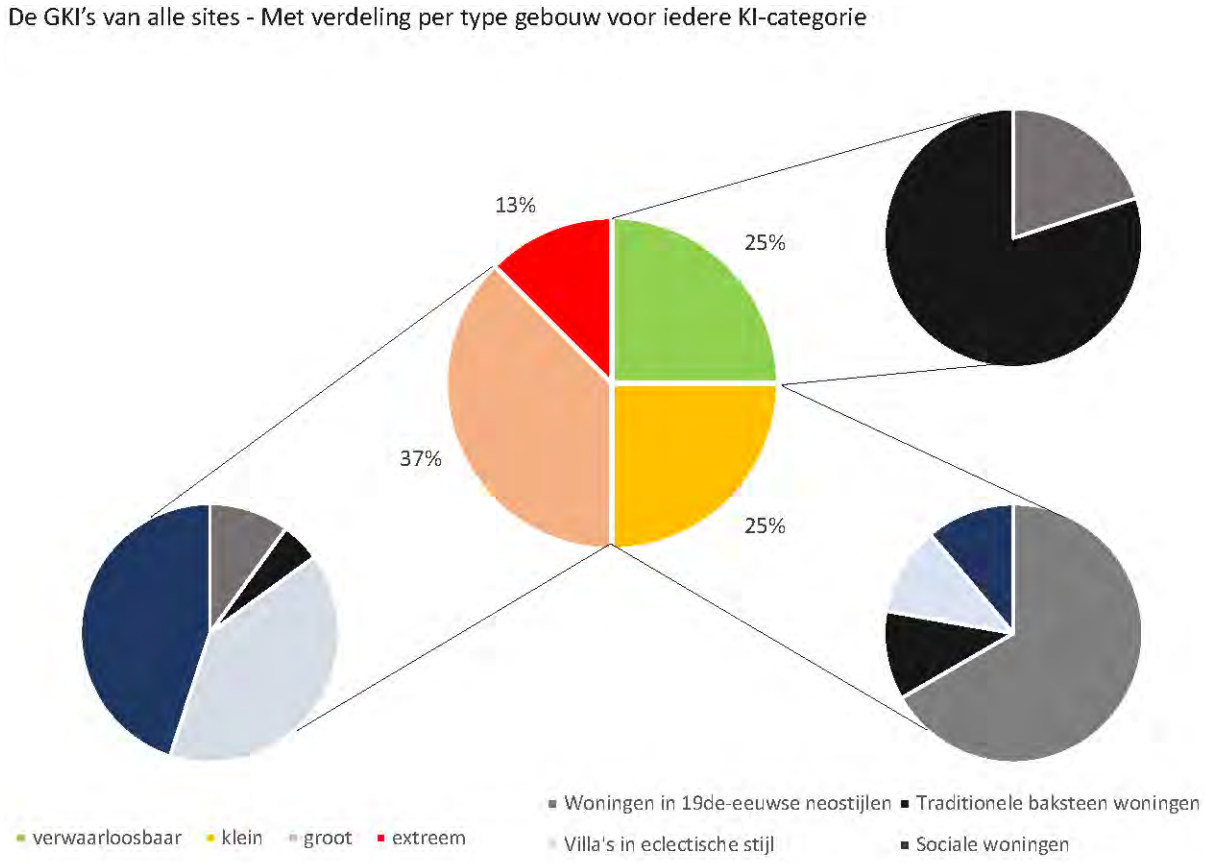
1 Woningen in 19de-eeuwse neostijlen

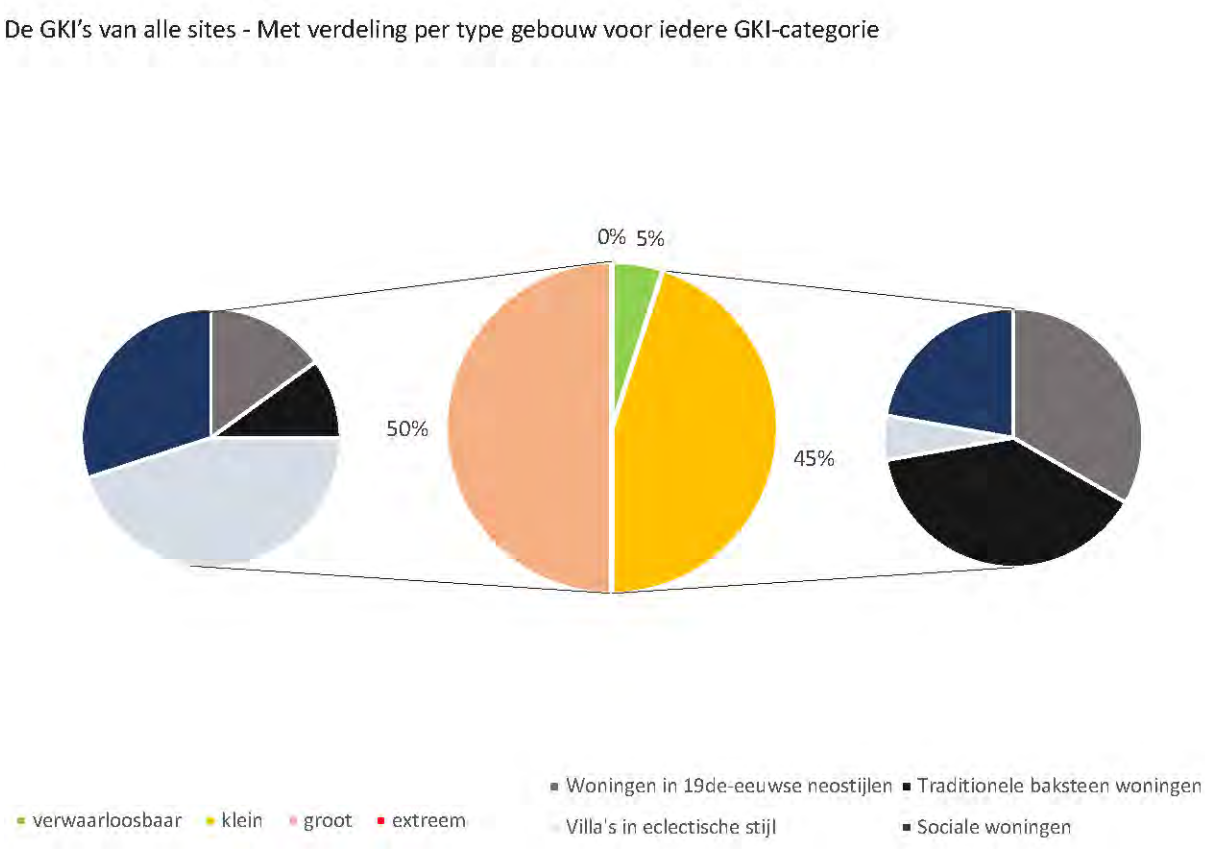
2 Traditionele baksteen woningen

3 Vrijstaande villa's in eclectische stijl

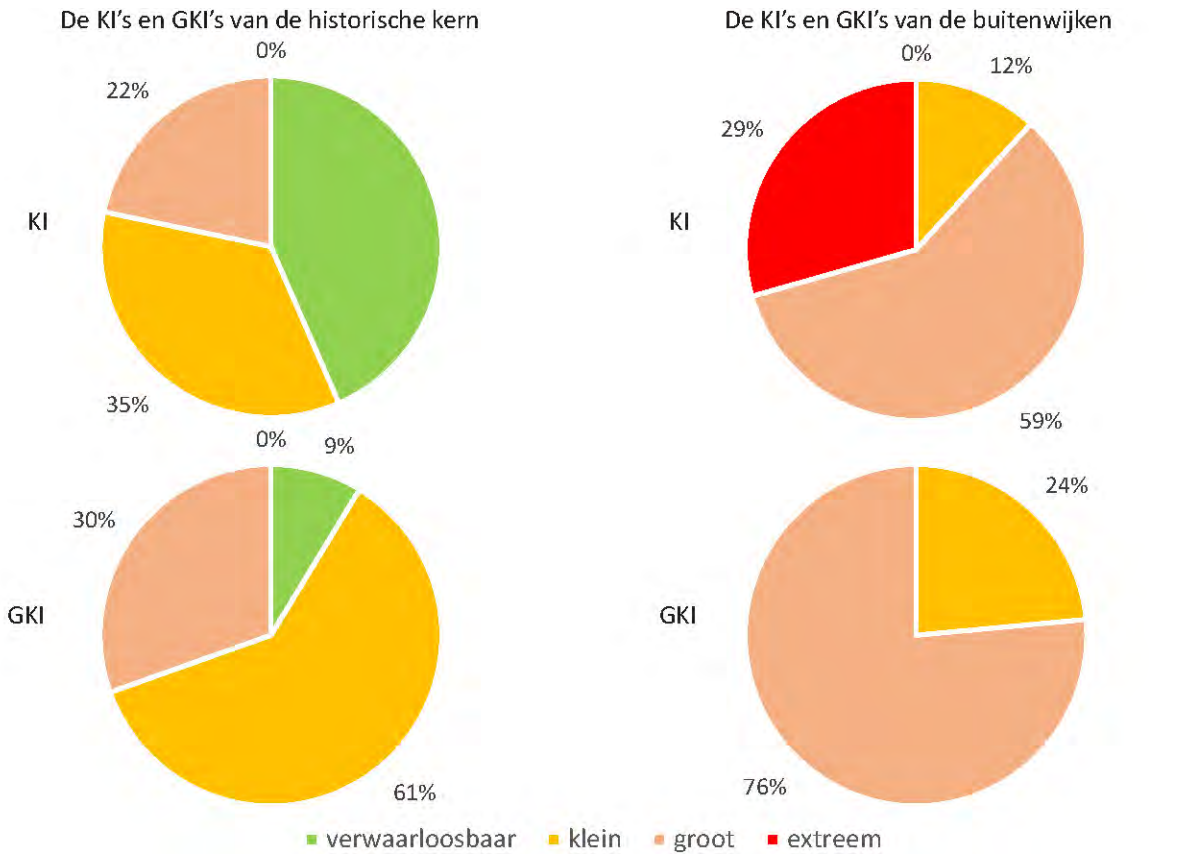
4 Sociale woningen

Figuur 9 Tabellen KI en GKI in functie van de selectiecriteria

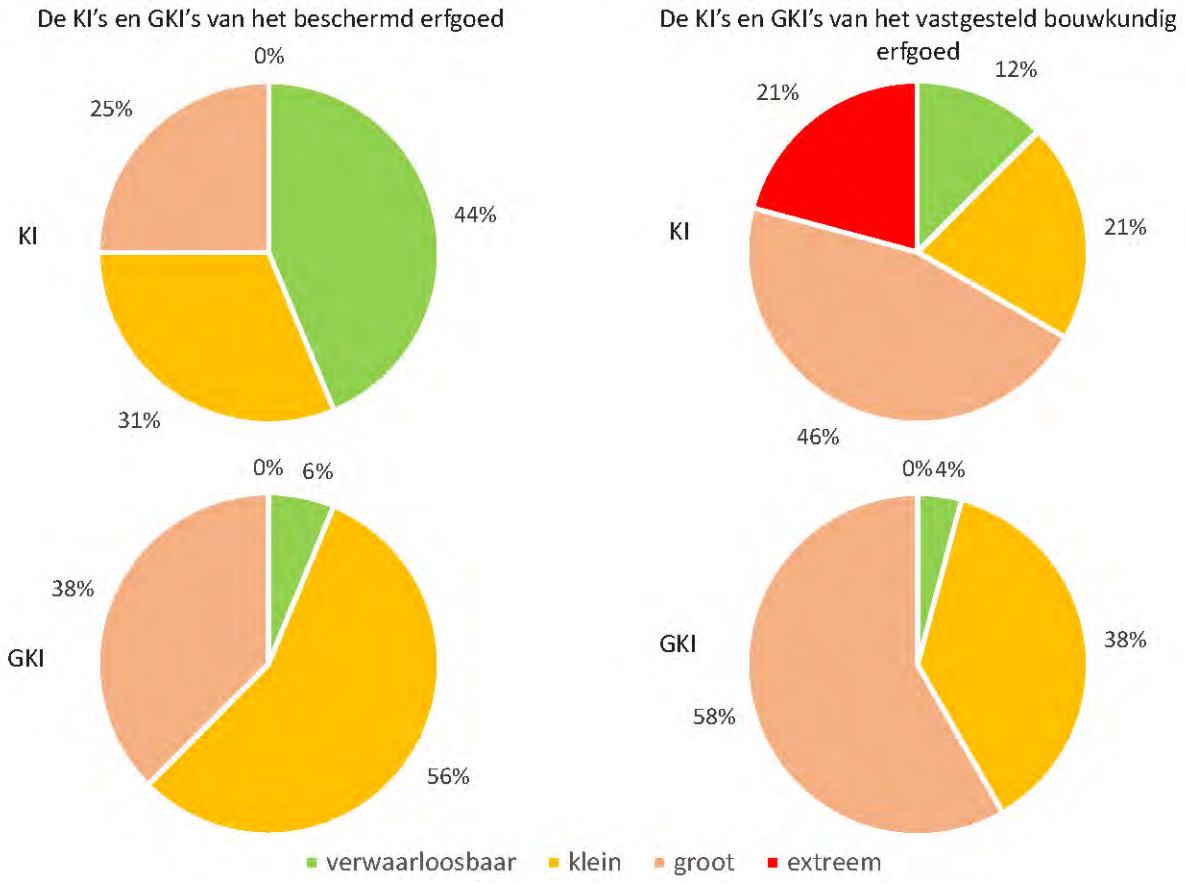




Figuur 10 De KI's en GKI's in functie van types



Figuur 11 De KI's en GKI's in functie van de locatie



Figuur 12 De KI's en GKI's in functie van het beschermingsstatuut

5.2.2 De categorisatie van de kans op schade door wind-driven rain

De kwetsbaarheidsscores van de sites kunnen gebruikt worden om de kans op schade door WDR vandaag en in de toekomst te vergelijken. Dit gebeurt, zoals eerder gezegd in hoofdstuk 4.2.1, aan de hand van de volgende formule:

$$P_{WDR}(\text{verlies}) = KI(\text{inslag}) * KI(\text{respons}) * KI(\text{waarde}) * P(WDR) = GKI * P(WDR) \quad (1)$$

Dit kan ook berekend worden aan de hand van onderstaande matrix:

Tabel 1 Matrix voor de berekening van P_{WDR}(verlies)

	P(WDR)				
GKI	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4
2	0	2	4	6	8
3	0	3	6	9	12
4	0	4	8	12	16
6	0	6	12	18	24
8	0	8	16	24	32
9	0	9	18	27	36
12	0	12	24	36	48
16	0	16	32	48	64
18	0	18	36	54	72
24	0	24	48	72	96
27	0	27	54	81	108
32	0	32	64	96	128
36	0	36	72	108	144
48	0	48	96	144	192
64	0	64	128	192	256

Deze waarden kunnen geïnterpreteerd worden als volgt:

Tabel 2 Tabel voor de interpretatie van P_{WDR}(verlies)

waarde interval	**waarde kleur**	**waarde definitie**
0 tot 8		Verwaarloosbare kans op verlies
9 tot 33		Kleine kans op verlies
34 tot 88		Groote kans op verlies
89 tot 256		Extreme kans op verlies

De kans op wind-driven rain (P(WDR)) kan niet zomaar in categorieën verdeeld worden. De berekeningsmethode ISO 15 927 voorziet namelijk geen klasses die de uitkomsten onderverdelen van hoog naar laag. Bijgevolg werd besloten om een beschrijving te geven aan iedere klasse. Historic Environment Scotland past een gelijkaardige methode toe wanneer een parameter niet eenvoudig in klasses te verdelen is [7].

Tabel 3 Tabel van de betekenis van de verschillende categorieën P(WDR)

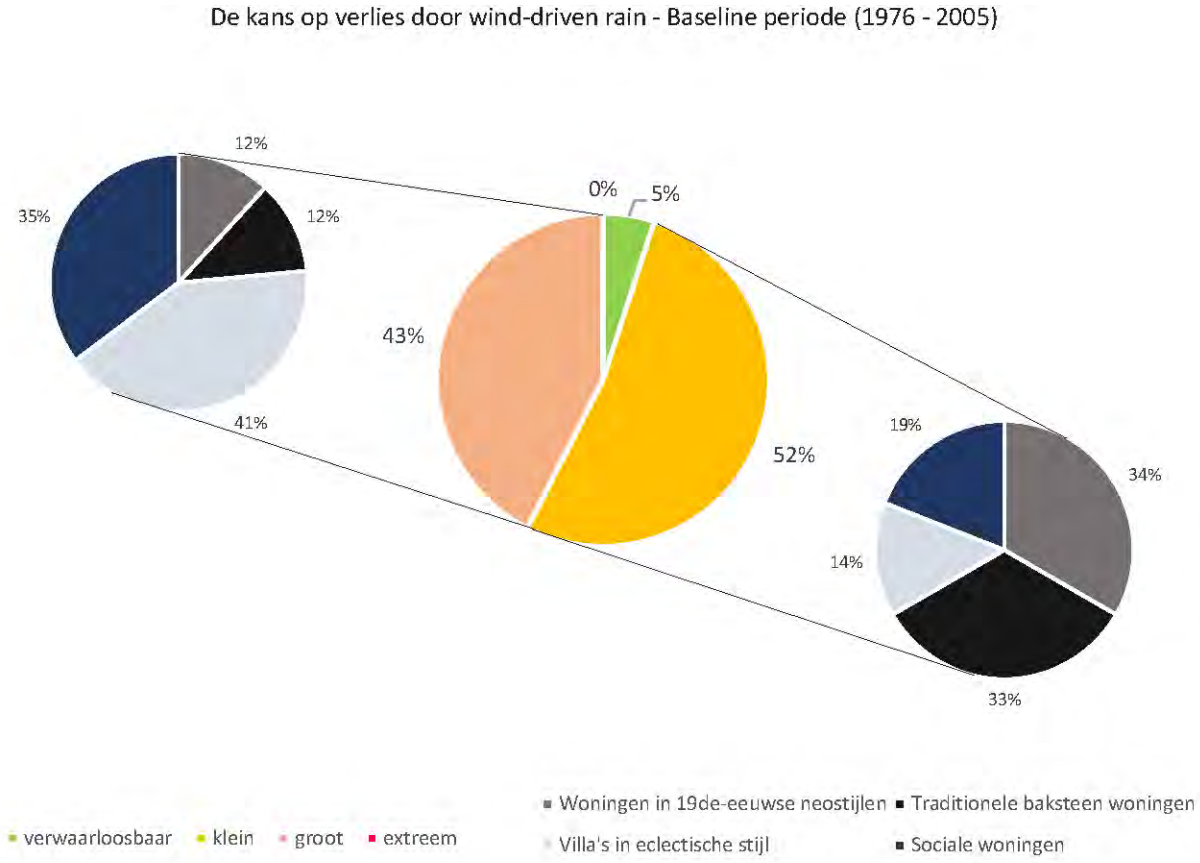
waarde	**waarde definitie**[1]
0	heel lage I_A en/ of I_S
1	lage I_A en/ of I_S
2	gemiddelde I_A en/of I_S
3	hoge I_A en/of I_S
4	heel hoge I_A en/of I_S

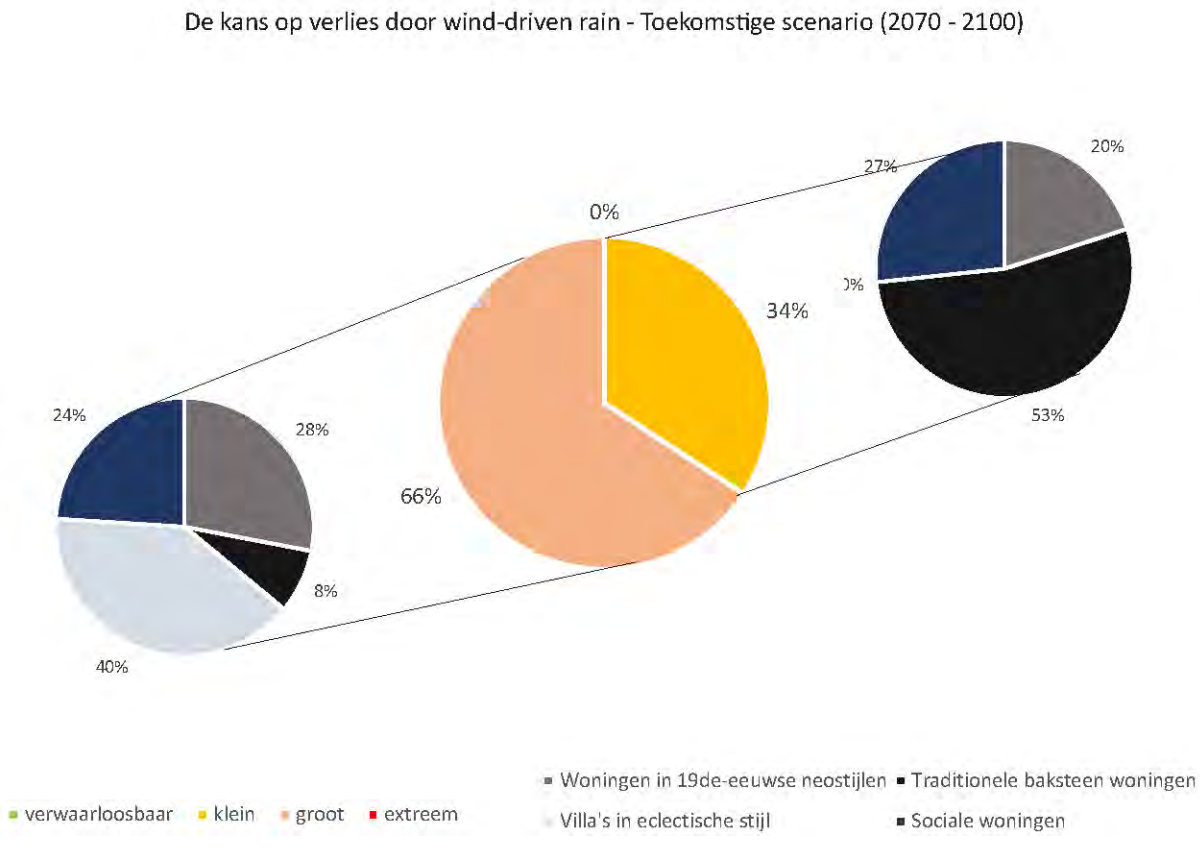
Antwerpen kent geen extreem klimaat, maar de invloed van de Atlantische oceaan is zeker aanwezig [3]. Gezien ons gematigd klimaat kan men stellen dat de baselineperiode (1976 – 2005) een waarde van 2 toegewezen krijgt. In hoofdstuk 0 werd aangetoond dat de jaarlijkse WDR hoeveelheid weinig toeneemt tegen het einde van deze eeuw, maar dat die in de herfst en winter relatief meer toenemen, 5 à 9 % voor zuidwestelijke oriëntaties. De grootste verandering wordt verwacht voor de kortstondige WDR-evenementen die intenser en korter worden. Bijgevolg werd besloten om het toekomstig scenario (2070 – 2100) de waarde 3 toe te kennen. Dit kan als volgt samengevat worden:

- P(WDR) baseline (1974 – 2005): categorie 2
- P(WDR) toekomstig scenario (2070 – 2100): categorie 3

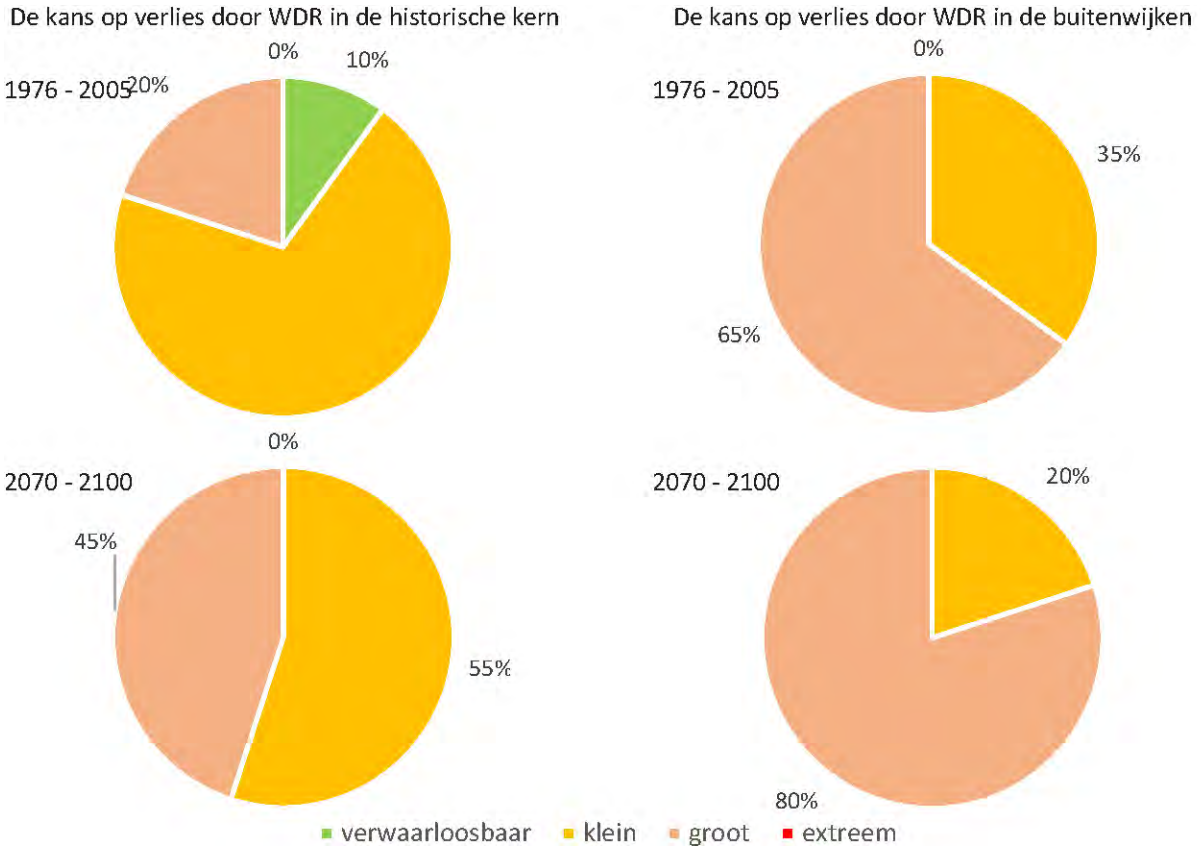
Figuur 42, Figuur 43 en Figuur 44 geven inzicht in de verwachte verandering betreffende de kans op verlies door WDR. Er is een duidelijke stijging binnen de categorie ‘grote kans op verlies’ in de toekomst (23 %) voor de casestudies. Op Figuur 43 is te zien dat de kans op verlies vandaag groter is in de buitenwijken (type 3 en 4), maar dat de grootste toename wordt verwacht in de historische kern (type 1 en 2). Binnen de historische kern zal het aandeel van woningen in 19de-eeuwse neostijlen (type 1) binnen de categorie ‘grote kans op verlies’ het sterkst stijgen (zie Figuur 42). Dit type had gemiddeld reeds een slechtere GKI dan type 2. Toch blijven de buitenwijken oververtegenwoordigd binnen deze categorie waardoor die de focus van onderhoud zullen blijven (zie Figuur 42). Verder is de stijging van de kans op verlies onafhankelijk van het beschermingsstatuut. Het vastgesteld erfgoed blijft meer vatbaar voor verlies ten gevolge van WDR. Dit erfgoed bevindt zich vaker in de buitenwijken in deze casestudy, dus het kan ook (deels) aan de locatie van het erfgoed gerelateerd zijn.

[1] I_A en I_S zijn indexen die de WDR-belasting karakteriseren volgens de ISO-norm 15 927. Dit werd toegepast in hoofdstuk 3.1.

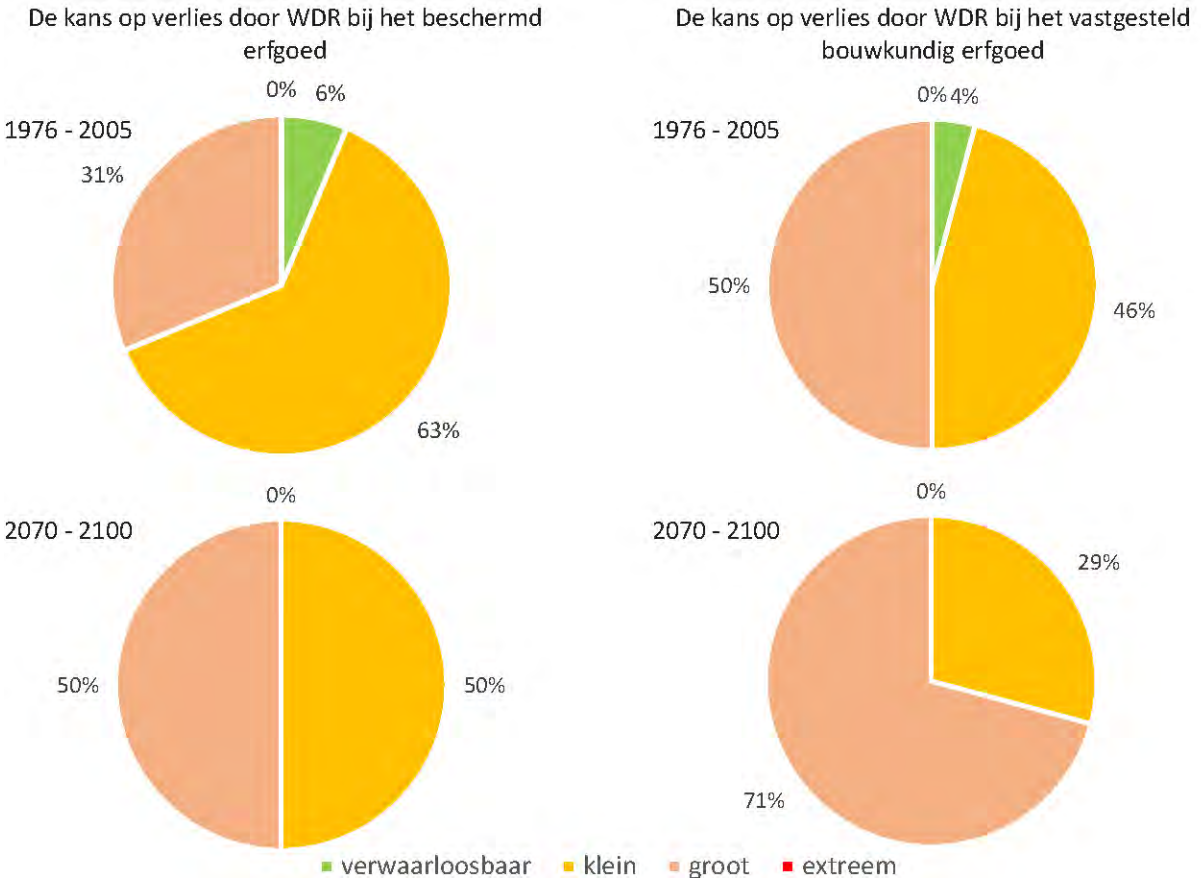




Figuur 13 De kans op verlies door wind-driven rain in functie van types



Figuur 14 De kans op verlies door wind-driven rain in functie van locatie



Figuur 15 De kans op verlies door wind-driven rain in functie van beschermingsstatuut

5.3 Reflecties bij het categorisatiemodel

Bovenstaande analyse toont aan dat het wel degelijk mogelijk is om een model te creëren, dit uit te testen, en vervolgens het bij te werken tot een praktische tool om de kwetsbaarheid voor een gevaar te vergelijken. In een volgende stap kan men de kans op het gevaar in acht nemen (hier de kans op WDR), waardoor men de kans op verlies tussen verschillende gevaren kan vergelijken. Aangezien er geen data zijn die dezelfde fenomenen voor deze casestudy met elkaar vergelijken, kan de correctheid van het model niet nagegaan worden.

Uiteraard zijn er zaken binnen dit model en in het algemeen bij de toepassing van dergelijk model die in vraag kunnen gesteld worden om nadien te verbeteren. Hiervoor wordt gekeken naar de indexen van de specifieke cases, naar de inputdata en het gewicht dat aan parameters gegeven werd. Het wegwerken van de onderstaande pijnpunten en hun uittesten op een grotere groep, kan de aanleiding geven tot een handig model.

De accuraatheid van de beschikbare data

De beschrijvende parameters[2] resulteren niet steeds in de meest correcte rating betreffende de kwetsbaarheid. Er werden bijvoorbeeld bepaalde gangbare gebouwaspecten gerelateerd aan de constructieperiode, zoals de detaillering of de constructiemethode. Dit is correct in veel gevallen, maar een aantal gebouwen worden hierdoor 'verkeerd' beoordeeld. Bijvoorbeeld de villa's zijn vaak rijk geornamenteerd naar voorbeeld van de oude stijlen zoals barok en gotiek. De periode waarin deze stijlen gangbaar waren kenden betere detailleringen, waarmee rekening gehouden wordt in het categorisatiemodel. De neostijlen mimeren deze detaillering als louter esthetische ornamenten, maar de detailleringen zullen waarschijnlijk gelijkaardig werken als bij de oude stijlen. Hiermee wordt geen rekening gehouden in het model, wat de KI- en GKI-waarde negatief beïnvloedt.

Ditzelfde fenomeen vinden we terug voor het onderdeel 'staat van het gebouw', wat beschreven wordt door de parameter 'beschermingsstatuut' bij gebrek aan beter. Men veronderstelt dat een gebouw met een bescherming beter onderhouden zal zijn door de extra subsidies van de overheid, wat de staat van het gebouw ten goede komt. Toch zijn er nog veel meer aspecten die dit kunnen beïnvloeden waardoor het model niet steeds de correcte kwetsbaarheid aangeeft.

Zoals hierboven gezegd, voldoen de beschikbare beschrijvende parameters vaak niet. Bijgevolg is de index niet steeds een indicatie voor de kwetsbaarheid van een site. Bovendien zijn er schadefenomenen die belangrijk zijn maar niet in rekening kunnen gebracht worden bij gebrek aan relevante beschrijvende parameters. Daarom zou het interessant zijn andere informatiebronnen aan te wenden. Een mogelijke optie zouden de inventarisatiefiches kunnen zijn die gebruikt worden voor het inventariseren van erfgoed door het Agentschap Onroerend Erfgoed. Deze fiches omvatten meer informatie, zoals onder andere de aanwezigheid van kroonlijst, waterlijst, dorpels enz., om te verwerken in de geschreven tekst op de website. Spijtig genoeg heeft niet iedere site zo'n fiche en wordt dit handmatig ingevuld. Toch bieden deze fiches interessante informatie die het model correcter kan maken.

[2] Beschrijvende parameters zijn parameters die beschikbaar zijn vanuit gangbare kanalen zoals de Inventaris Onroerend Erfgoed. Deze parameters beschrijven als het ware de site.

De bruikbaarheid van de data

Het is belangrijk dat de inputparameters bruikbare data zijn. Gezien de discrete aard van de data, is het interessant de overeenkomst met een log-normale curve na te gaan [41]. Figuur 45 toont de verdeling van de attribuutwaarden van de verschillende onderdelen van de ratings van KI(inslag), KI(respons) en KI(waarde). Daarbij werden beschrijvende parameters gegroepeerd die één onderdeel beschrijven zoals de stedelijke geometrie, die beschreven wordt door de 'typologie van het landschap (1)' en het 'aantal verdiepingen (2)'. De tweede rij grafieken toont deze cumulatieve verdeling, zonder dat er gewicht gegeven wordt aan de parameters.

Het is duidelijk dat sommige curves niet dicht bij de verhoopte S-curve liggen, ook niet wanneer deze gewogen worden. De onderdelen zoals de staat van een gebouw (van KI(respons)) en detaillering van de gevel (van KI(inslag)), moeten beter beschreven worden om tot een sterkere kwetsbaarheidsanalyse te komen. Gezien de kleine dataset die beschikbaar is voor deze casestudy wordt niet dieper ingegaan op deze analyse. Het zou interessant zijn dergelijke onderzoeken uit te voeren op grotere dataverzamelingen, waarbij verschillen tussen types onderzocht worden.

De input voor de kans op het gevaar is ook niet steeds vanzelfsprekend. Het is niet eenvoudig om verschillende ratings te definiëren voor een gevaar, zoals WDR, die betrouwbaar genoeg zijn om toe te passen in een onderzoek. Daarom zou het interessant zijn dat het klimaat en de verandering ervan nog meer geanalyseerd worden door klimaatwetenschappers in functie van erfgoed.

De weging van parameters

De resultaten van de casestudies kunnen gebruikt worden om de impact van het gewicht van de parameters te onderzoeken op de indexen KI en GKI. In Figuur 46, Figuur 47, Figuur 48 en Figuur 49 worden gelijke parameters of parameters die onder eenzelfde noemer vallen, zoals eerste en laatste constructieperiode, samen genomen. De percentages van de bijdrage van de parameters aan de indexen KI(inslag), KI(respons) en KI(waarde) werden bij elkaar opgeteld, om een vergelijking mogelijk te maken.

Het valt op dat over het algemeen de indexen KI en GKI hoger liggen indien de parameters geen gewicht toegekend krijgen. Bijgevolg kan men stellen dat het wegen van de parameters resulteert in een nuancering van de kwetsbaarheid. Bijvoorbeeld de parameter 'vrijstaande gevel' weegt minder door voor type 3 (villa's in eclectische stijl) in het categorisatiemodel. Dit is een interessant gegeven aangezien de obstructie door omliggende elementen, zoals bomen, die de hoeveelheid WDR op de gevel beperken, niet in rekening wordt genomen in het model. Zonder de weging van deze parameter zouden de KI's van de villa's exuberant hoog liggen ten opzicht van de andere types.

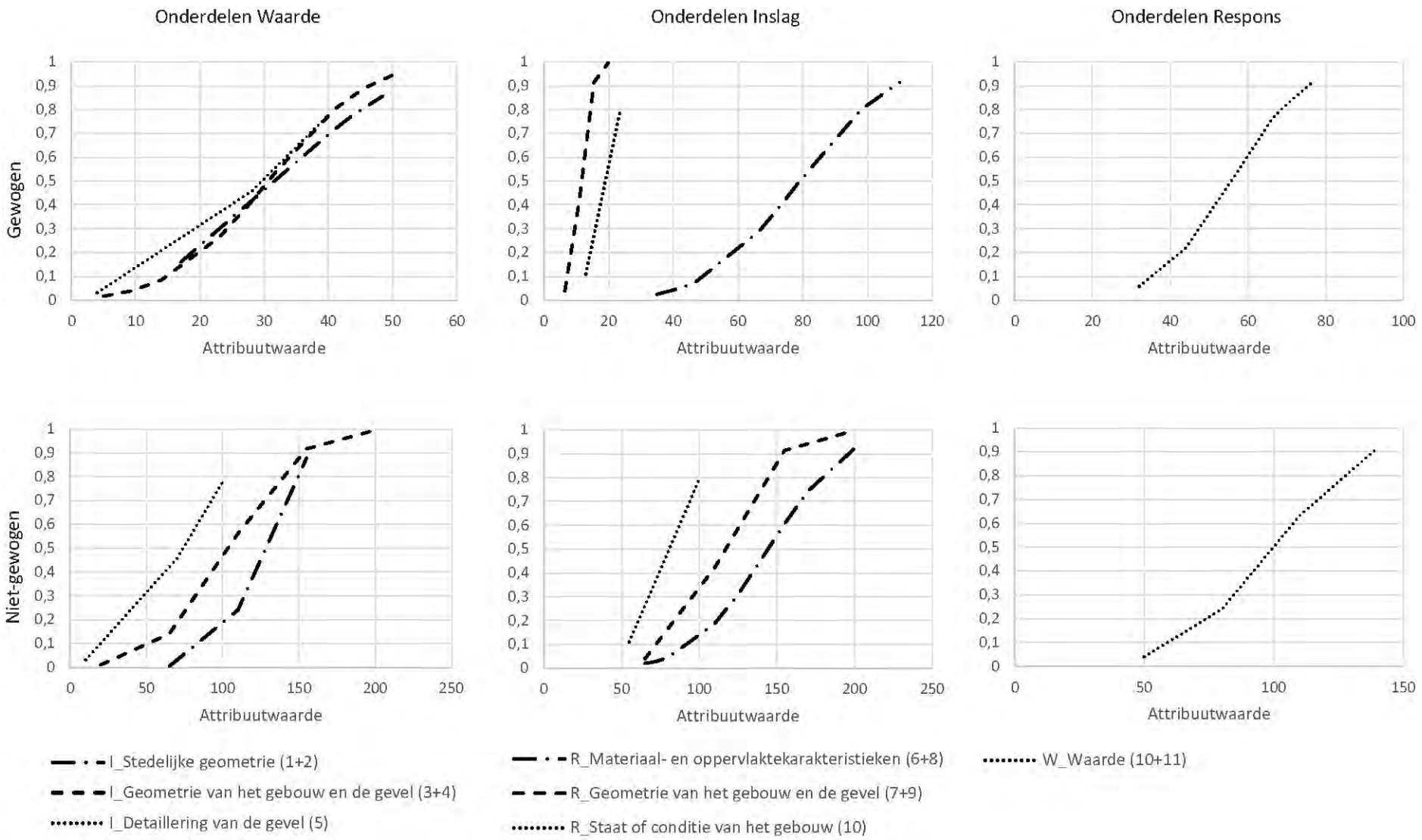
Deze nuancering van de indexen is ook terug te vinden bij de parameters die het meeste gewicht kregen, namelijk de 'typologie van het landschap' (1), de 'verschillende gevelmaterialen' (8) en het 'beschermingsstatuut' (11). Zonder dit gewicht zijn deze parameters bijna niet significant, terwijl deze uiterst belangrijk blijken te zijn. Andere parameters, zoals de constructieperiode, zouden teveel benadrukt worden. Bijgevolg kan men stellen dat het gewicht toelaat een aantal klemtonen te leggen betreffende de kwetsbaarheid.

In Figuur 50 en Figuur 51 is zichtbaar dat de meeste nuancering gebeurd voor de KI en niet voor de GKI. Er is een groter verschil in gewicht bij KI(inslag) en KI(respons), die de waarde van KI bepalen, dan bij KI(waarde), die de waarde van GKI beïnvloedt.

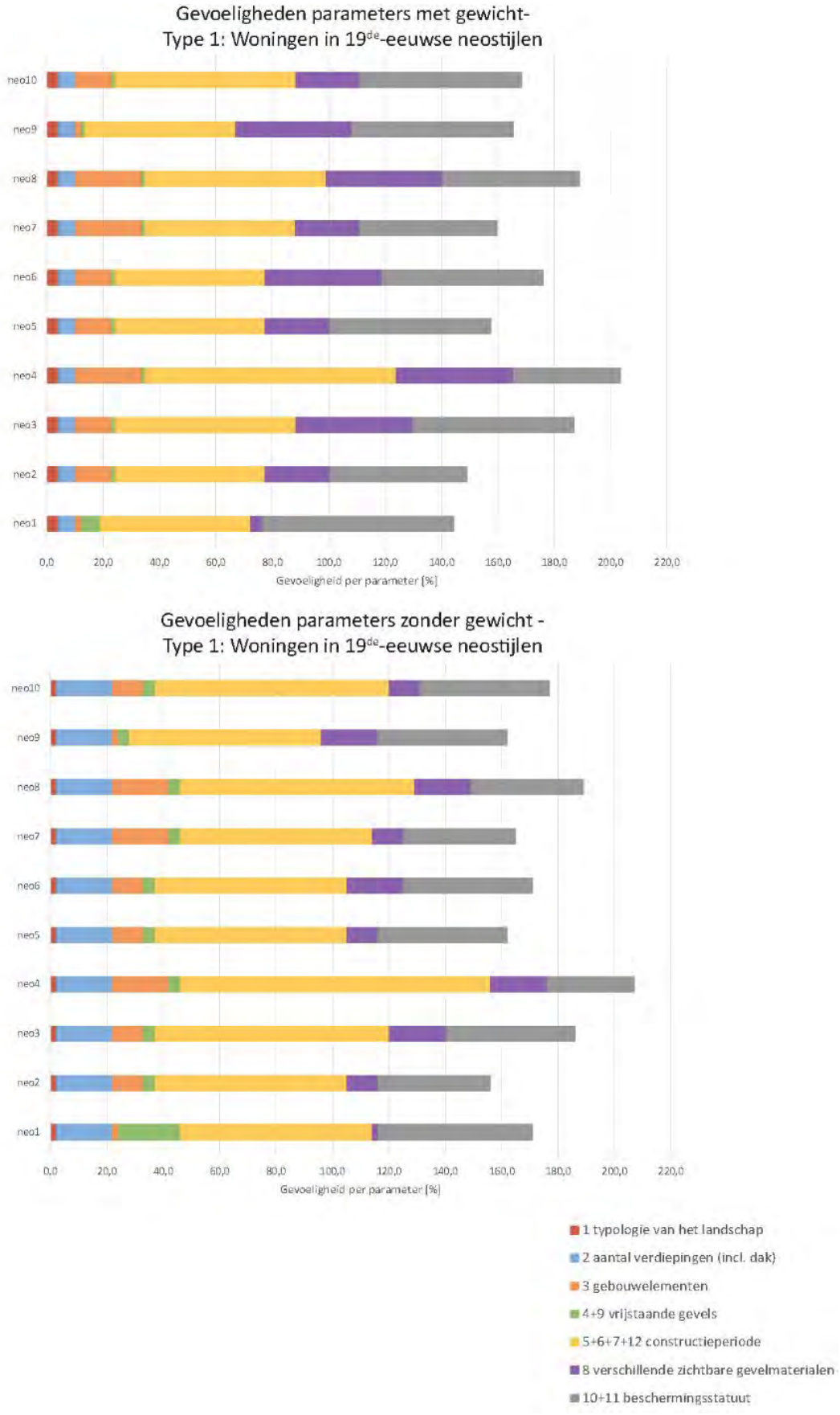
Deze analyses van de impact van het gewicht tonen aan dat de weging van parameters een grote invloed heeft op het resultaat van het onderzoek. Bijgevolg is het belangrijk om hier met behulp van experten tot meer betrouwbare gewichten per parameter te komen. Momenteel werden drie verschillende gewichten toegekend, namelijk 10, 40 en 70%. Het kan nodig zijn om meer opties aan te bieden, om tot een realistischer resultaat te komen.

De toepasbaarheid van de kwetsbaarheidscategorieën

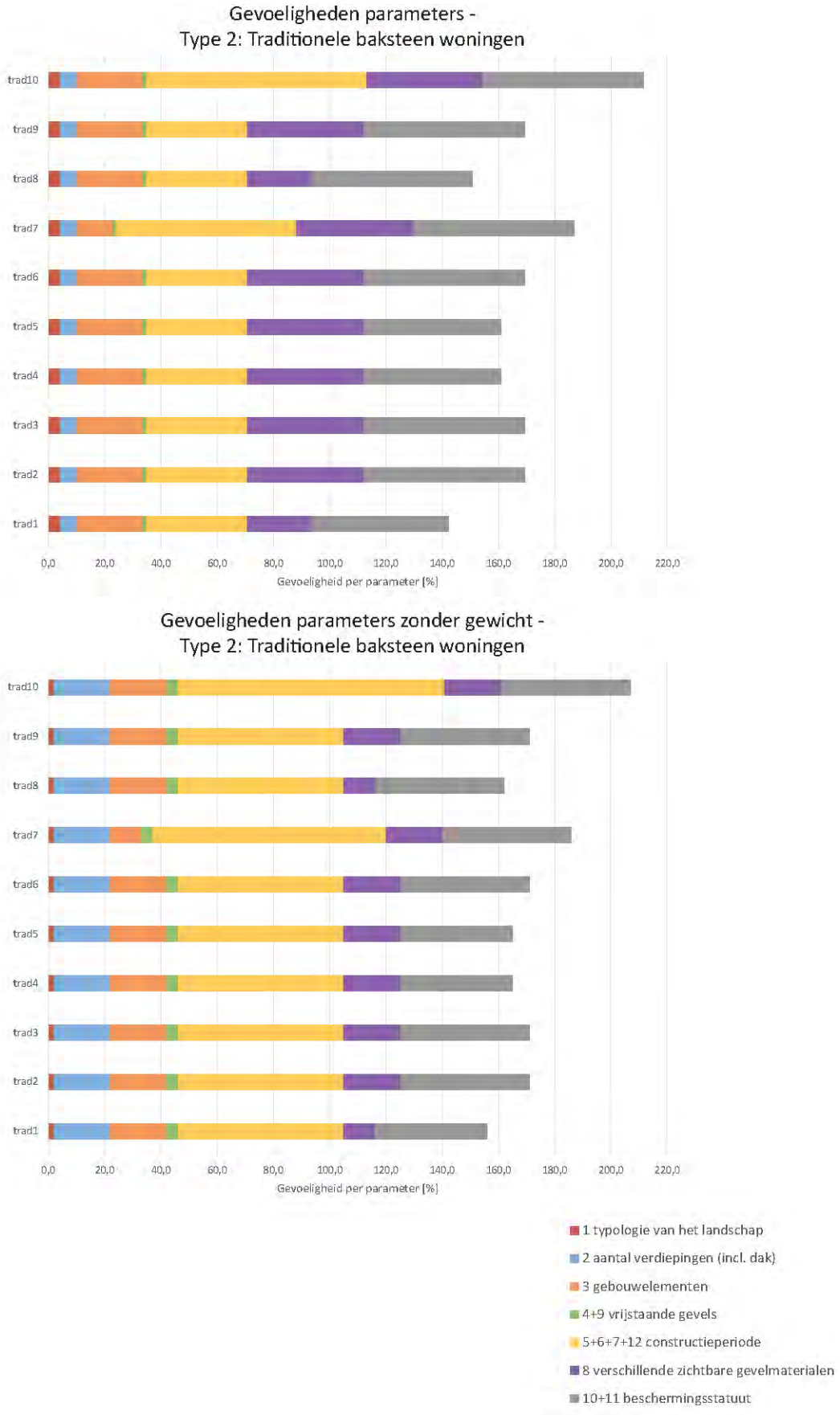
De toekenning van categorieën is een ander punt van het categorisatiemodel dat onder de loep kan genomen worden. In het huidig model worden steeds vier categorieën gedefinieerd waarbinnen een site kan vallen. Toch valt het op dat binnen een categorie nog een groot verschil kan zitten tussen de getalwaarde van de indexen (zie Figuur 37 Overzicht van de KI's en GKI's van de sites). Deze producten zijn bovendien een vermenigvuldiging van ratings (van 0 tot 4) die aan ieder deelaspect (KI(inslag), Ki(respons) en KI(waarde)) werden gegeven. Bijgevolg kan men stellen dat hier een grote vereenvoudiging wordt gemaakt. Dit is enerzijds een heldere en eenvoudige voorstelling van de kwetsbaarheid, ontwikkeld om makkelijk werkbaar te zijn. Anderzijds is het nodig bewust te zijn van deze verregaande vereenvoudiging. Bijgevolg is het geen fijnmazige kwantificatie, maar een handige 'benchmarking'. Met de juiste aanpassingen kunnen dergelijke modellen een hulp zijn voor het beleid en beslissingen die dienen gemaakt te worden.



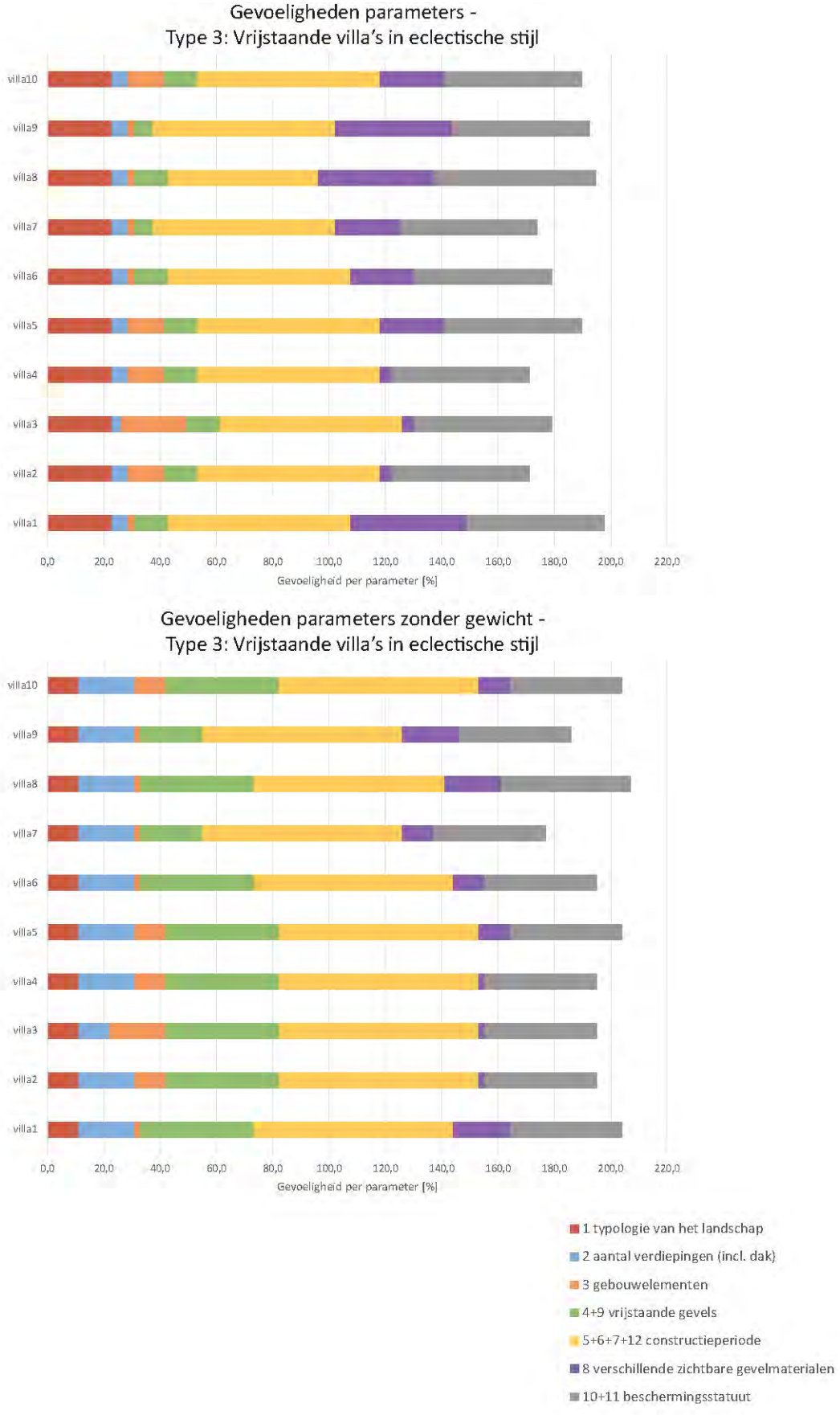
Figuur 16 Verdeling van de attribuutwaarden - Gewogen en niet-gewogen



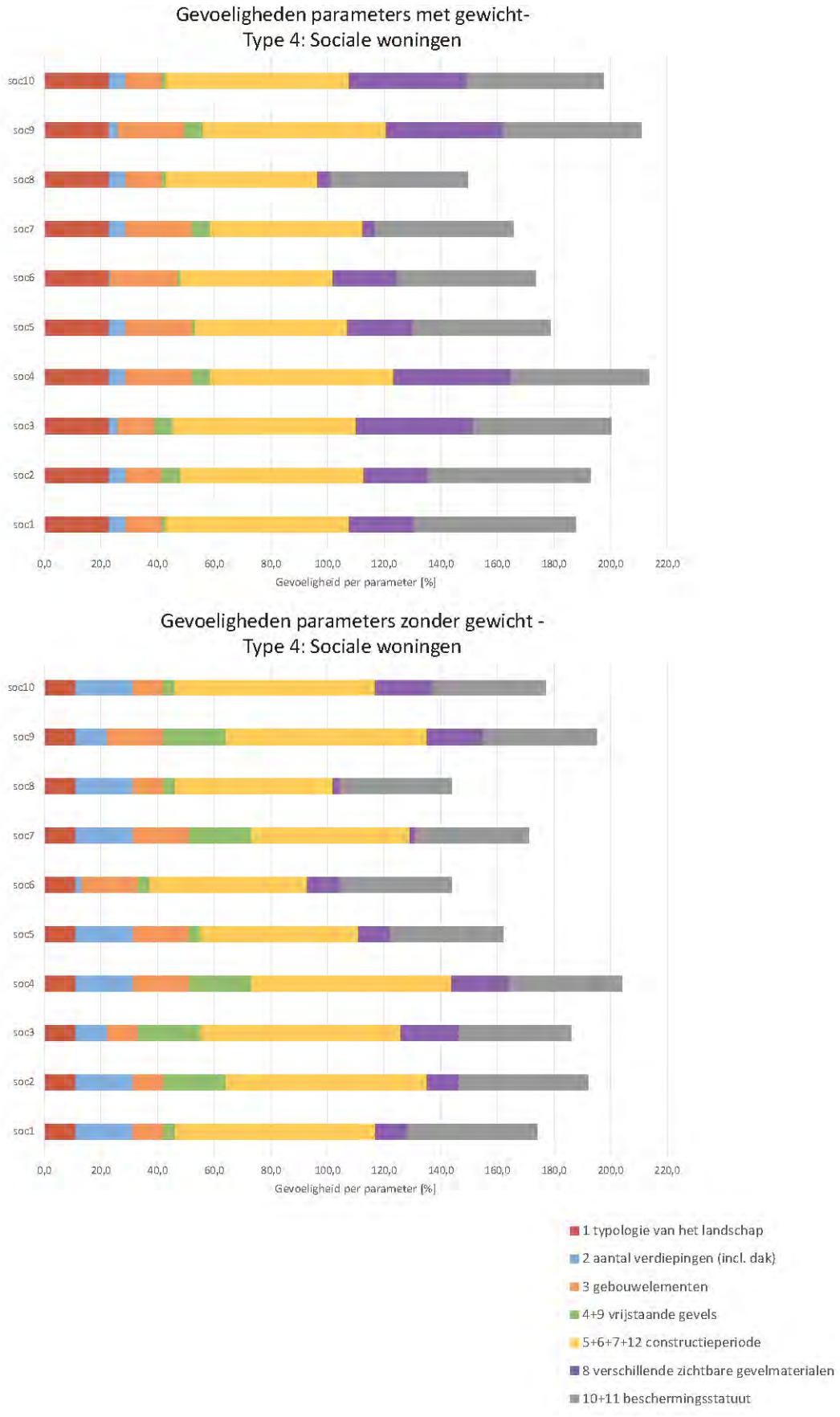
Figuur 17 Gevoeligheid parameters met en zonder gewicht – deel 1



Figuur 18 Gevoeligheid parameters met en zonder gewicht – deel 2



Figuur 19 Gevoeligheid parameter met en zonder gewicht – deel 3



Figuur 20 Gevoeligheid parameter met en zonder gewicht – deel 4

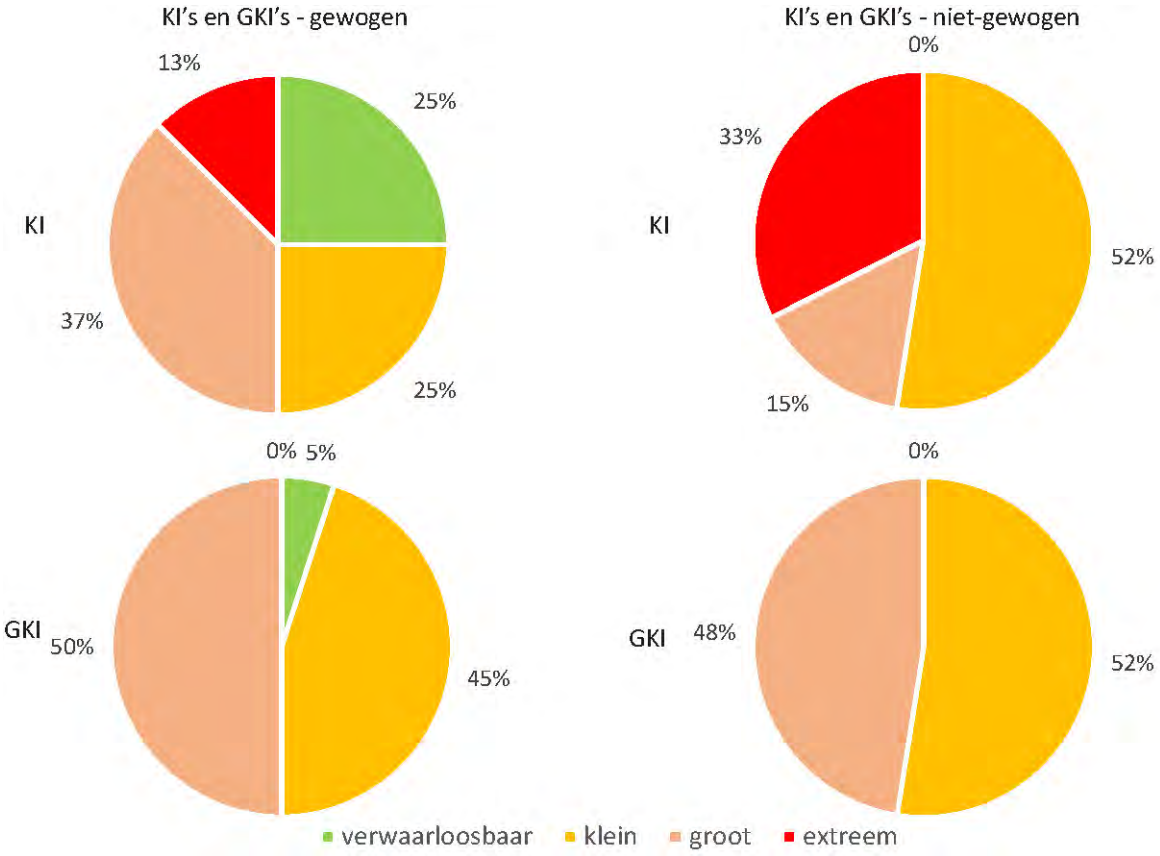
De KI's en GKI's van type 1: woningen in 19de-eeuwse neostijlen en type 2: traditionele baksteen woningen - met en zonder gewicht

	neo1	neo2	neo3	neo4	neo5	neo6	neo7	neo8	neo9	neo10	trad1	trad2	trad3	trad4	trad5	trad6	trad7	trad8	trad9	trad10
Gewogen																				
KI(inslag)	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2
KI(respons)	2	3	3	4	2	3	3	4	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	4
KI(waarde)	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3
KI	2	6	6	8	4	6	6	8	3	4	2	3	3	3	3	3	6	2	3	8
GKI	4	12	18	24	8	12	12	16	6	12	4	9	9	6	6	9	18	6	9	24
Niet-gewogen																				
KI(inslag)	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
KI(respons)	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	2	3	2	2	3
KI(waarde)	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3
KI	6	6	6	9	4	6	6	6	6	4	4	4	4	6	6	4	6	4	4	9
GKI	12	12	18	27	8	12	12	12	12	12	8	12	12	12	12	12	18	12	12	27

De KI's en GKI's van type 3: villa's in eclectische stijl en type 4: sociale woningen - met en zonder gewicht

	villa1	villa2	villa3	villa4	villa5	villa6	villa7	villa8	villa9	villa10	soc1	soc2	soc3	soc4	soc5	soc6	soc7	soc8	soc9	soc10
Gewogen																				
KI(inslag)	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
KI(respons)	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	2	2	4	4
KI(waarde)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
KI	12	9	9	9	9	9	6	8	8	9	9	9	12	12	9	9	6	6	12	12
GKI	24	18	18	18	18	18	12	16	16	18	18	18	24	24	9	9	6	6	24	24
Niet-gewogen																				
KI(inslag)	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	2	4	3	3	3
KI(respons)	4	3	3	3	4	4	3	4	4	4	2	3	4	4	3	3	3	2	4	3
KI(waarde)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
KI	12	12	12	12	16	12	9	12	12	16	6	9	12	16	9	6	12	6	12	9
GKI	24	24	24	24	32	24	18	24	24	32	12	18	24	32	9	6	12	6	24	18

Figuur 21 De KI's en GKI's – met en zonder gewicht



Figuur 22 De KI's en GKI's - gewogen en niet-gewogen

μ

EEN OVERZICHT VAN GEVELREINIGINGSMETHODES

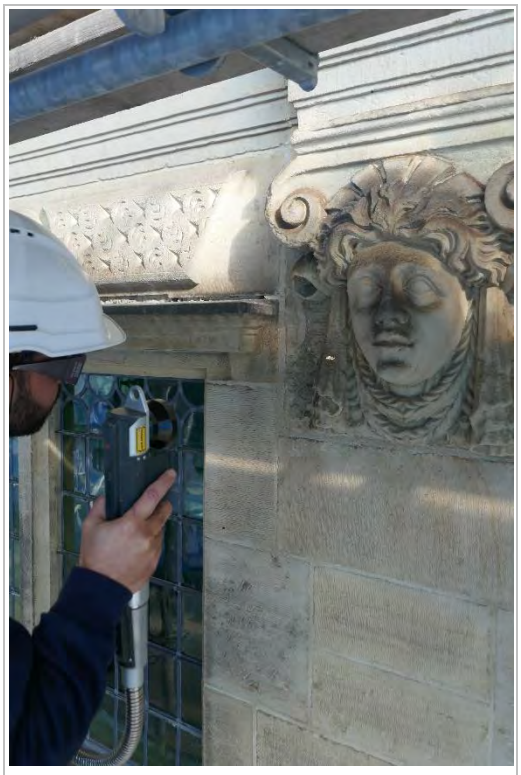
Michiel van Hunen
Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

Inleiding

Met welke reinigingsmethode kan onze gevel het best worden gereinigd? Die vraag blijkt elke dag actueel te zijn. Zeker vandaag de dag waarbij de financiële waarde van vastgoed de culturelere waarden bijna overschaduwt; die waarde lijkt zich te moeten weerspiegelen in de gevel.
Het reinigen van de gevel is geen doel op zichzelf, het is een middel om de beleving van de gevel te verbeteren. Doordat niet iedereen zich dat altijd lijkt te realiseren worden in de praktijk nog wel eens stappen overgeslagen. Aan de eerst gestelde vraag gaan vele vragen en afwegingen vooraf; daar wordt in andere bijdragen in deze syllabus uitvoerig op in gegaan. Een reinigingsmethoden moet in staat zijn vervuiling te verwijderen zonder het materiaal van de gevel aan te tasten. Maar waar gaat het materiaal over in vervuiling? En wat beschouwen we als schade? Welk vooronderzoek is nodig? Dat komt dus in andere bijdragen aan bod.

Positieve ontwikkelingen

De afgelopen twintig jaar is er veel verbeterd in de sector ten aanzien van gevelreiniging. Dit heeft zijn weerslag op de inzet van gevelreinigingsmethoden. Positieve ontwikkelingen zijn onder andere: dat er voldoende bedrijven beschikbaar zijn in de markt die in staat zijn om een historische gevels zonder schade te reinigen; dat bedrijven beschikken over meer en betere soorten reinigingsmethoden en -producten; er veel meer bewustzijn is van risico's, kansen en mogelijkheden bij veel betrokken partijen in de sector en dat gevelreiniging in toenemende mate wordt gecombineerd met andere technieken, zoals retoucheren. Daarmee kan de beleving verder worden verbeterd zonder een reiniging zo ver door te voeren dat schade ontstaat met juist een averechts effect op de beleving.
Bepaalde technieken of reinigingsmiddelen, zoals ammoniumwaterstoffluoride, droogijs, klei- en rubberpasta's en laserreiniging, worden al in 1998 als nieuwe technieken beschreven [1]. Ze zijn dus al zo'n 25 jaar op de markt, toch worden enkele daarvan in de erfgoedsector nog als nieuw beschouwd of blijkt er onvoldoende kennis over te zijn. Enkele van die technieken, zoals laser en stralen met droogijs hebben zich in de afgelopen jaren zodanig ontwikkeld dat ze aanzienlijk beter geschikt zijn geworden om toe te passen bij historische gevels.



Figuur 1: Laserreiniging bij het stadhuis in Leiden.
(uitvoering Venema Restauratie)

Ondanks deze positieve ontwikkelingen gaat het met enige regelmaat nog mis en worden er gevels kapot gestraald; meestal zijn betrokkenen onbewust onbekwaam.

Inhoud bijdrage

Deze bijdrage richt zich reinigingsmethoden die bedoeld zijn voor steenachtige (monumentale) ondergronden. Er wordt een overzicht gegeven van beschikbare methoden en op enkele methoden die recent meer worden toegepast wordt wat uitvoeriger ingegaan. Omdat een reiniging steeds wordt gecombineerd met retoucheren, het bij- of wegwerken van oneffenheden, zal daar ook aandacht aan worden besteed.
Het verwijderen van graffiti is een meer specialistisch reinigingsdiscipline die specifieke methoden, kennis en ervaring vraagt. Het komt in deze bijdrage zijdelings aan de orde maar wordt niet uitvoerig behandeld.
Dit artikel heeft vooral een technische insteek. Het richt zich op de vraag met welke technieken vervuilingen kunnen worden verwijderd of minder zichtbaar kunnen worden gemaakt. Het artikel beschrijft werkingsprincipes, toepassingsmogelijkheden en kansen en risico's. Uitvoeringsdetails kunnen minder uitvoerig worden beschreven, daarvoor wordt verwezen naar de literatuurbronnen [3, 4, 5, 6, 10, 13].

Figuur 2: Herbestemde en gerestaureerde koepelgevangenis in Haarlem, voor en na reinigen en retoucheren. Foto's: Buro van Stigt, (uitvoering Superlook).

Reinigingstechnieken

Bij het verwijderen van vervuiling van gevels kan men twee hoofdprincipes onderscheiden: (a) de vervuiling wordt van de ondergrond losgemaakt en afgevoerd en (b) een (minuscuul) dun oppervlaktelaagje van de ondergrond wordt inclusief vervuiling, losgemaakt en afgevoerd [2].
Bij erfgoed is het uitgangspunt uiteraard te werken volgens het eerste principe. Dat blijkt echter niet in alle gevallen volledig mogelijk te zijn. Geregeld maakt men bewust of onbewust in meer of mindere mate (ook) gebruik van het tweede principe. Dat geeft dus per definitie (enige) schade aan de ondergrond. Of dat zichtbaar is of acceptabel hangt af van de situatie.
Indien tijdens proeven blijkt dat men niet alle vervuiling volgens principe a kan verwijderen, kan men kiezen voor een methode die werkt volgens principe b. Dat gebeurt in de uitvoeringspraktijk met regelmaat. Men kan echter ook andere opties overwegen, zoals: een wat minder schone gevel accepteren of de vervuiling laten zitten en middels retoucheren minder zichtbaar maken. Retoucheren in plaats van reinigen is dus een manier om fysieke schade aan de ondergrond te voorkomen en toch de beleving van de gevel te verbeteren; om die reden wordt er in deze bijdrage ook aandacht besteed aan retoucheren.
In dit artikel zijn de reinigingsmethoden ingedeeld volgens NEN 17138 (2019) [3]:

1. Reinigen met water
2. Mechanisch reinigen
3. Chemisch reinigen
4. Fysisch reinigen

Geen enkele indeling van reinigingsmethoden is helemaal zuiver, deze dus ook niet; bij veel reinigingsmethoden is vanuit het oogpunt van ‘reinigingsmechanisme’ in feite sprake van een combinatie van methoden. Zo wordt een in water oplosbare vervuiling tijdens reinigen met water onder hoge druk deels of in eerste instantie opgelost (fysisch) en daarna door de waterdruk losgemaakt en afgevoerd (mechanisch). Bij stralen met droogijs is er sprake van een thermoshok effect (fysisch) en van mechanisch reinigen. Bovendien is de eerst genoemde methode 1. Reinigen met water, feitelijk een combinatie van fysisch en mechanisch reinigen.
Deze indeling maakt de lezer wel bewust van verschillende reinigingsmechanismen. Het nadenken over reinigingsprincipes (a of b) en over welk reinigingsmechanisme in een bepaalde situatie het veiligst is of het meest logisch, is belangrijk bij het kiezen van de meeste optimale methode.
Onderstaand overzicht is niet volledig; technieken die zeer weinig voor gevels worden gebruikt worden niet beschreven. Meer gedetailleerde beschrijvingen van de mogelijkheden en randvoorwaarden van een technieken staan beschreven in een de raadpleegde bronnen.

Figuur 3: Rubberlaag inclusief vervuiling afkomstig van de reiniging van een gebeeldhouwde kop. (uitvoering Superlook)

1. Reinigen met water

Er is een scala aan methoden op basis van water, dat zowel in vloeibare vorm als in dampvorm kan worden gebruikt. Belangrijke variabelen zijn: druk, temperatuur en hoeveelheid; de hoogte van druk en temperatuur hebben een grote invloed op de impact die de methode op de vervuiling en ondergrond kunnen hebben. Afhankelijk van de vorm waarin water wordt toegepast kan het zowel een oplossende werking (fysisch) hebben als een mechanische werking. Bij oplossen met water wordt de vervuiling van de ondergrond losgemaakt (principe a) en bij de mechanische werking kan zowel de vervuiling als ondergrondmateriaal worden verwijderd (principe a en b). De volgende methoden kunnen worden onderscheiden:

1.1. Waternevel of vloeien

Gedurende een langere tijd (soms meerdere dagen tot weken) wordt de gevel bevochtig met nevel of via vloeien. Soms sproeit of vloeit men met intervallen. Bij nevel is de hoeveelheid water beperkt. Het doel is de vervuiling langzaam op te weken zodat het oplost en afstroomt. De mechanische werking is minimaal, het is daardoor in principe een hele zachte methoden, volgens principe a. Echter, het is zeker niet zonder risico doordat het gevelmateriaal verzadigd kan raken met water. Aan de buitenzijde kan vorstschade ontstaan indien het materiaal vorstgevoelig en het wordt uitgevoerd in een vorstperiode. Door de hoge waterbelasting is er ook een risico dat er biologisch vervuiling ontstaat na de reiniging. In het interieur zouden vochtproblemen kunnen ontstaan en zelfs zoutschade.

Figuur 4: Waterverneveling om gipskorst te verwijderen, foto: Yves Vanhellemont (WTCB)

Het wordt met name ingezet voor het verwijderen van zwarte gipskorsten; gips lost namelijk goed maar langzaam op in water met lage temperatuur. Het werkt het beste bij witte kalksteen, marmer, blauwe hardsteen en schoon beton [4]. Het lijkt in Nederland minder te worden toegepast dan in Vlaanderen.
Voor een goed resultaat is het belangrijk een egale waterfilm over het oppervlak te krijgen. Zodra het vuil is opgeweekt kan het reinigend effect worden vergroot door afborstelen van het oppervlak.

1.2. Spuiten onder druk.

Koud of warm water wordt met hoge of lage druk tegen de vervuiling gespoten. Het water heeft enerzijds een oplossende werking in veel situaties (bij vervuiling die oplosbaar is in water) en anderzijds, met name bij hogere druk, een belangrijk mechanisch effect. Een veel gebruikte techniek die ook wordt gecombineerd met of volgt op chemisch reinigen. Ook wordt het gebruikt om ‘technisch’ te reinigen als voor- of nabehandeling bij bijvoorbeeld herstel van metsel- en voegwerk.
Bij hoge druk kan de druk 30 tot 100 bar zijn. De temperatuur is in de praktijk maximaal 80 tot 90 °C. Gebruik van warm water is alleen zinvol bij een type vervuiling die beter oplosbaar is bij hogere temperaturen. Denk daarbij aan een vettige aanslag of wasachtige lagen, zoals een opofferend anti-graffiti systeem.
Behandeling met hoge druk is vooral bedoeld voor harde en compacte materialen zoals blauwe hardsteen, marmer, graniet en baksteen metselwerk opgetrokken met relatief harde bakstenen en voegwerk.
Het is in potentie een risicovolle reinigingsmethode omdat het een sterk mechanisch effect kan hebben. Met name wanneer met een hoge druk wordt gewerkt al dan niet in combinatie met een spuitmond (ook wel nozzel genoemd) met een snijdend effect (spuitmond met een spuithoek van 10 graden/ sterk geconcentreerd straal) of een roterend effect (zogenaamde vuilfrees). Ook de afstand van de straalkop tot het geveloppervlak is heel bepalend, net als de straalhoek. Bij erfgoed is het raadzaam om een minimale afstand tussen gevel en spuitmond aan te houden van 30 cm en een spuitmond te gebruiken met een spuithoek van 40° [5]. Het specificeren van een bepaalde (minimale of maximale) waterdruk is lastig omdat de druk op het oppervlak door vele parameter sterk zal afwijken van de druk op de straalketel.

1.3. Stoomreinigen

Hierbij wordt verzadigde stoom onder druk tegen het oppervlak gespoten. Verzadigde stoom wil zeggen dat het een mengsel is van waterdamp en kleine waterdruppeltjes. Doordat het 'kokendhete' water (120-160 °C) buiten de spuitmond grotendeels verdampt neemt de druk sterk af en is de 'waterdruk' op het oppervlak relatief laag (2 tot 6 bar). De druk wordt overigens bepaald door de verhouding stoom versus heet water, hoe hoger het aandeel water des te hoger de druk kan zijn.
Bij een stoomreinging zal de stoom en het hete water de vervuiling oplossen of loswekend en het afstromende condenswater, dat ontstaat als het hete stoom tegen het koude oppervlak komt, zal de vervuiling laten afspoelen.
Wanneer de stoom niet verzadigd is maar droog, dan kan de vervuiling vastbakken [6]. Stoomreinigen wordt als relatief veilige methode beschouwd vanwege de lage druk. Het kan effectief zijn voor verschillende soorten vervuiling (zoals vet/olieachtige bestanddelen, biologisch groei en uitwerpselen vogels) op vele verschillende soorten materiaal zoals baksteen, terracotta, schoon beton, pleisters, blauwe hardsteen, marmer en graniet. Voor gipskorsten is het minder geschikt omdat gips vooral oplost tussen de 20-40 °C en veel minder bij hoge temperatuur [5].

Figuur 5: Proef met stoomreiniging (Doff) bij Markthal (uitvoering Stonehealth Ltd)

Systeem DOFF is een variant op basis van verzadigde stoom bij hoge temperatuur, van rond 150°C (dus oververhitte stoom) en werkdruk van enkele bars in de ketel. Dergelijke methoden bestaan al decennia maar deze is technisch doorontwikkeld waardoor het stoomdebiet aanzienlijk is vergroot waardoor de werksnelheid hoger kan zijn [7].
Stoomreiniging is een goede en veilige reinigingsmethode die vaak wordt voorgeschreven. Echter, in de uitvoeringspraktijk is niet altijd sprake van stoom, maar van heet water onder druk (waarbij ook een stoomwolk zichtbaar is). Bij heet water kan de druk op het oppervlak veel hoger zijn dan bij stoom; bij 100% stoom kan de druk in de buitenlucht nooit hoog zijn.
Naast bovengenoemde zijn er nog enkele meer specialistische en minder toegepaste methoden op basis van water. Zoals een methode waarbij water wordt geïnjecteerd en vervolgens weer wordt onttrokken. En een methoden waarbij wordt gewerkt met een waterhoudende poultice waarmee de ondergrond wordt bevochtigd en waarbij het absorberende materiaal (de poultice) het water met opgeloste vervuiling (zoals zouten) weer opzuigt, zie o.a. NEN-EN 17138 [3].

2. Mechanisch reinigen

De meeste mechanische reinigingsmethoden zijn qua reinigingsmechanisme gebaseerd op een abrasieve werking. Onder een abrasieve werking verstaan we in deze bijdrage een

schurende, slijpende of schrapende werking. Als reinigingsprincipe is naast a ook vaak in meer of minder mate sprake van principe b. De peltechniek vormt binnen het mechanisch reinigen een uitzondering, daarbij wordt vervuiling van de gevel afgetrokken en is geen sprake van abrasieve werking, het werkt in principe volgens principe a.

2.1. Borstelen

Met behulp van een kokos of nylonborstel wordt de vervuiling losgemaakt van de ondergrond. Dit wordt ook wel eens gecombineerd met een reinigingsmethode met water, al dan niet in combinatie met het gebruik van oppervlakte actieve stoffen (chemisch reinigen). Op een voldoende samenhangende ondergrond is sprake van reiniging volgens principe a en is er nauwelijks kans op schade (tenzij bijvoorbeeld een bijzondere kleurige afwerklaag aanwezig is). Bij gebruik van een metalen borstel bestaat er wel kans op schade; buiten het feit dat het een krassende werking kan hebben, kunnen kleine stukje metaal achterblijven die vervolgens kunnen corroderen en vlekken geven [2].

2.2. Schuren en polijsten

Mechanisch wordt een zeer dun oppervlaktelaagje van de ondergrond, waaraan de vervuiling is gehecht, los gemaakt. Een reiniging volgens principe b dus. Een methode waarbij diverse hardere of brossere vervuilingen kunnen worden verwijderd.
De toepasbaarheid hiervan wordt sterk bepaald door de oorspronkelijke wijze van afwerking en de mate waarin een behoudens waardige patina aanwezig is. Indien men te maken heeft met van oorsprong fijn geschuurde, gezoete of gepolijste oppervlakken van een hard materiaal, bijvoorbeeld Belgisch hardsteen, kan een zelfde schuurtechniek worden gebruikt. Een dergelijke behandeling lijkt overigens verder te gaan dan een gewone reiniging, het heeft

Figuur 6: Verf is zo diep in de zandsteen gedrongen dat deze niet meer zonder schade is te verwijderen. De bekladding is verwijderd door mechanisch een laag van de steen te verwijderen. Overschilderd was ook een optie geweest. Foto: M. Stappers (RCE)

meer het karakter van een restauratieve ingreep.
Zoeten is een fase tussen fijn schuren en polijsten in. Bepaalde steensoorten zoals kalksteen, hardsteen en marmer zijn vaak gezoet. Het polijsten van hardsteen voor toepassing in de buitenlucht heeft geen zin omdat de glans binnen enkele maanden verdwijnt. Marmer kan ook met puimsteen zijn bewerkt. Deze oppervlakken kunnen ook weer gereinigd worden door ze respectievelijk te zoeten of met puimsteen te bewerken. Dit moet echter zeer terughoudend plaatsvinden, enerzijds omdat er materiaalverlies optreedt, dat zeker bij beeldhouwwerk en tekstplaten ernstige gevolgen kan hebben. Anderzijds omdat het oppervlak zijn natuurlijk verouderde uitstraling zal verliezen [2].

2.3. Stralen: lage druk, droog of nat (hydropneumatisch)

Bij stralen wordt een straalmiddel met perslucht, met of zonder water, tegen een oppervlak gespoten. Stralen is vermoedelijk de meeste gebruikte techniek om gevels te reinigen. Het is echter ook de techniek waarmee in het verleden, maar helaas ook nu nog, de meeste gevels (ernstig) beschadigd zijn geraakt. Sinds de 21ste eeuw wordt de techniek steeds vaker op een goede wijze toegepast en worden er mooie resultaten mee behaald. Het resultaat staat of valt bij de deskundigheid van het uitvoerende bedrijf, de gebruikte apparatuur, materialen en instellingen en de opdracht die wordt verstrekt.

Deze beschrijving gaat uit van lagedruk technieken, hogedruk technieken zijn voor monumentale gevels niet van toepassing!

Er is een groot aantal variaties op de markt met even zoveel verschillende benamingen, zoals: zandstralen, microstralen, gommen, nevelstralen, kalkwassen, wervelreinigen, etc. De naam komt voort uit een combinatie van variabelen: straaldruk, droog of nat, macro of micro, type straalmiddel en type spuitmond.

Figuur 7: Hydropneumatisch stralen van een natuurstenen gevel. Foto: Yves Vanhellemont (WTCB)

In toenemen mate wordt microstralen gebruikt, een variant op gewoon stralen. Kortgezegd is dat: kleinere apparatuur inclusief straalmond, lagere druk en een fijner straalmiddel (vaak aluminiumoxidepoeder). Er kan voorzichtiger en nauwkeuriger mee worden gewerkt, maar ook minder snel. Bij microstralen zijn de drukken doorgaans 1 tot 2 bar, de korrelgroottes maximaal 10 tot 50 µm (1µm =0.001mm), de werkafstand tot op oppervlak is ook klein waardoor het oppervlak dat wordt gereinigd maximaal enkele cm^2 [5].

Werking

Bij stralen wordt de vervuiling mechanisch van het oppervlak losgemaakt en indien de vervuiling ook in de poriestructuur zit, wordt ook een (zeer) dun oppervlaktelaagje van de ondergrond, waaraan de vervuiling is gehecht, losgemaakt. Het werkt dus volgens principe a en afhankelijk van de uitvoering in meer of minder mate ook volgens principe b.

Het effect van stralen wordt bepaald door: de straaldruk, het straalmiddel, wel of geen water, vorm van de spuitmond, afstand van de spuitmond tot de gevel, de hoek t.o.v. de gevel waaronder gestraald wordt en de tijdsduur die de spuitmond op een plaats is gericht. De persoon aan de spuitlans is dus zeer bepalend.

Type vervuilingen

Straaltechnieken zijn voor vele type vervuilingen geschikt doordat met het grote aantal parameter de techniek goed kan worden afgestemd op het type vervuiling en de ondergrond. Het werkt vooral geschikt voor dunne lagen die op het oppervlak zitten en niet te zacht of taai zijn, eigenlijk ongeacht de chemische samenstelling.

Figuur 8: links: zandsteen met ingedrongen verf en een beschadigd oppervlak; deze verf kan niet middels stralen worden verwijderd. Rechts: baksteen metselwerk dat door stralen te sterk is beschadigd. Verf verwijderen middels stralen is zeer riskant.

In het algemeen is het minder geschikt voor vervuilingen die dieper in de poriën zitten of vervuilingen die veel harder of taaier zijn dan de ondergrond. Vervuiling is dan niet te verwijderen middels stralen zonder de ondergrond aan te tasten. Voorbeelden daarvan zijn: graffiti op zandsteen, afzetting van calciumsilicaat op zacht baksteen of een synthetische verf op mergel. Bij harde of taaie oppervlaktelagen is de kans groot dat je tijdens het stralen 'doorschiet' in de ondergrond. Verfsystemen zijn overigens mogelijk wel te verwijderen met stralen met droogijs.

Droog of nat. In een deel van de publicaties over gevelreinigingstechnieken worden droog en nat stralen als afzonderlijke technieken beschreven. In de praktijk wordt vaak apparatuur gebruikt waarbij water in of naast de spuitmond wordt toegevoegd.
De hoeveelheid water is regelbaar en zal tijdens het werk, afhankelijk van de mate van vervuiling ook worden bijgesteld. Minder water geeft meer impact en meer reinigend effect (en dus ook meer kans op schade). De hoeveelheid water waarmee wordt gewerkt is dus een geleidende schaal; daarom wordt in deze bijdrage droog en nat stralen als een methode beschouwd.

Hydropneumatisch stralen (nat stralen). Toevoegen van water vermindert de hoeveelheid stof maar vermindert ook de impact (inslag) van het straalmiddel. Rendement en schaderisico nemen dus wat af door water. Door de wijze waarop water in de spuitmond wordt gedoseerd kan men de straal beïnvloeden en kan ook een wervelende beweging ontstaan waardoor de straalhoek wisselt. Men spreekt dan vaak over wervelreiniging.
Werkdruk, korrelgrootte en korrelvorm beïnvloeden het reinigend effect echter vele malen sterker dan water. Hoe fijner het straalmiddel, hoe meer water daarvoor nodig is. Meestal wil men net voldoende water toevoegen om overlast door stof zo veel mogelijk te beperken. Het waterverbruik ligt, afhankelijk van de techniek, zo tussen 5 en 250 liter/uur; debieten van 30 tot 60 liter water per uur zijn gebruikelijk [5].

Figuur 9: Spuitmond voor (o.a.) kalkwassen. Via de dunne rood-blauwe slang wordt water aangevoerd, via de dikke zwarte slang lucht met straalmiddel.

Parameters
De parameter die een belangrijk rol spelen worden hierna afzonderlijk beschreven met als doel om meer begrip te krijgen van de werking, zodat straalwerk beter beoordeeld en begeleidt kan worden.

Straaldruk. De druk van de perslucht is wellicht de parameter waar (terecht) het meeste aandacht voor is; welke druk effectief is en veilig, is afhankelijk van vele andere parameters. Alle straaltechnieken met een druk onder de 10 bar kunnen we beschouwen als lagedruk technieken. Uit onderzoek uitgevoerd door WTCB blijkt onder meer dat de werkdruk niet los kan worden gezien van de werkafstand en de korrelgrootte van het straalmiddel [5]. Bij een gemiddelde straalmiddelgrootte (0,1 mm tot 0,3 mm) is een werkdruk van ongeveer 2 tot 3 bar effectief. Bij een wat hogere druk, 3 tot 5 bar, kan het rendement worden verhoogd maar daarmee neem ook het risico voor schade aan de ondergrond toe [1]. In de meeste gevallen is een druk hoger dan 5 bar niet verantwoord. Bij zeer fijne straalmiddelen, kleiner dan 0,1 mm, kan een wat hogere druk worden toegepast bij een praktische straalafstand.

Straalmiddel. De werking van een straalmiddel wordt bepaald door: het soort materiaal, hardheid, korrelgrootte, vorm en het soortelijk gewicht [2]. Voorbeelden van straalmiddelen zijn: minerale slak, koper slak, carborundum, aluminiumoxide, olivinezand, olijfpitten, dolomiet, glasparels, glaspoedermeel, calciumcarbonaat (kalksteen), natriumbicarbonaat en droogijs. Het gebruik van straalmiddelen die meer dan 1% vrije silica (SiO_2) bevatten, zoals kwarts en flintgrit, is verboden.

> type straalmiddel: het soort materiaal is van invloed, in de eerste plaats omdat het materiaal sterk bepalend is voor de hierna volgende parameter. In de tweede plaats is het meestal belangrijk om met een inert straalmiddel te werken, d.w.z. dat het niet reactief is met de ondergrond en vocht. (zo is staalgrit ongeschikt voor gevels omdat het kan roesten en zo vlekken kan geven).
> hardheid straalmiddel. De hardheid wordt weergegeven met de schaal van Mohs (1 Mohs: zo zacht als talk, 10 Mohs zo hard als diamant). Uitgangspunt is om straalmiddel te kiezen met een lager Mohs-hardheid dan de ondergrond. Echter, als de druk veel te hoog is kan een zacht straalmateriaal toch een hardere ondergrond beschadigen.
> korrelgrootte. De korrelgrootte beïnvloedt zeer sterk de inslag van het straalmiddel: in de berekeningsformules van de inslag en de kinetische energie staat de korreldiameter in de derde macht; dus hoe groter de korrel des te groter is het reinigend effect en de kans op schade. In veel gevallen is de gemiddelde korrelgrootte 0,1 mm tot 0,3 mm. Voor het reinigen van zachte of verweerde materialen is een fijn straalmiddel (kleiner dan 0,2 mm) raadzaam [5]. Het gebruik van zeer fijne straalmiddelen (fijner dan 0,125 mm) geeft bij gelijkblijvende andere parameters niet systematisch de beste resultaten [1].
> vorm straalmiddel, hoekig versus rond. De vorm van het straalmiddel is ook van invloed, zo heeft een rond middel een hamerende werking, wat effectief kan zijn bij harde brosse vervuilingen en heeft een hoekig middel een snijdende werking, wat effectief kan zijn bij zachte taaie vervuilingen.
> soortelijk gewicht straalmiddel
  Een relatief zwaar straalmiddel heeft meer kinetisch energie en dus een sterkere inslag dan een licht middel.

2.4. Droogijs stralen

Droogijs stralen is een vorm van stralen waarbij droogijs, vast CO_2, als straalmiddel wordt gebruikt. Doordat droogijs een zeer lage temperatuur heeft van minus 78°C, is er naast de abrasieve werking ook sprake van ‘temperatuurschok’. Daarnaast is er sprake van een mechanisch impact als gevolg van de volumevermeerdering die ontstaat als de vaste CO_2 korrel sublimeren, d.w.z. van vaste vorm overgaan in damp [5].

Met de temperatuurschok wordt gedoeld op de plotselinge sterke afkoeling van de vervuiling en mogelijk ook het materiaaloppervlak. Dat heeft tot gevolg dat taaie vervuilingen brosser worden waardoor ze beter mechanisch zijn te verwijderen. Denk aan een taai verflaag op de gevel, kauwgom op stoeptegels of kunststof folie op auto's. De thermische spanning of mogelijk ook schuifspanningen die ontstaan tussen vervuiling en ondergrond kunnen ook bijdrage aan het loskomen van de vervuiling.

Figuur 10: Straalmachine vullen met droogijs; Natuursteen sokkel met klimoprestanten; sokkel na reinigen met droogijs. Foto's Yves vanhellemont (WTCB)

Het is ook mogelijk om het droogijs te combineren met een andere straalmiddel zoals calcietpoeder; onder invloed van het droogijs wordt de vervuiling bros die dan vervolgens met het klassieke straalmiddel wordt weggestraald [5].
Voor de erfgoedsector kan het vooral nuttig zijn voor het verwijderen van biologische vervuiling, zoals (korst)mossen, uitwerpselen en restanten van klimop zoals hechtwortels en verschillende verfsoorten. Deze vervuilingen zijn vaak met gewone straalmiddelen niet of slecht te verwijderen.
Een voordeel tijdens de uitvoering is ook dat er geen straalmiddel achterblijft, indien de afkomende vervuiling geen milieubelasting vormt, zoals bij biologische vervuiling, dan hoeft er niks te worden opgevangen.
Wanneer zeer vochtige ondergronden worden gereinigd die vorstgevoelig zijn, zou schade kunnen ontstaan door bevriezing.

2.5. Peltechniek

Een peltechniek is in tegenstelling tot voorgenoemde methoden geen abrasieve reiniging. Hierbij wordt een laagvormend product in de vorm van een rubber of kleipasta op de vervuiling aangebracht. Bij opdroging wordt een elastisch vel (bij rubber) of hardere laag (klei) gevormd die de vervuiling vastplakt. Wanneer vel of laag van de ondergrond wordt getrokken komt het vuil mee.
De mechanische werking kan worden aangevuld met een chemische werking indien reinigingsmiddelen worden toegevoegd zoals het complexeermiddel EDTA (Ethyleendiaminetetra-azijnzuur), lees ook 3.5. Indien chemische reinigingsmiddelen worden toegevoegd is het raadzaam de gereinigde ondergrond met een spons en water te wassen [8].
Als laagvormende materialen kunnen naast latex (rubber) en klei ook polyvinyl alcohol worden gebruikt en andere producten zoals cellulose poeder of carboxymethyl-cellulose [3].
Op weinig samenhangende ondergronden kan wel enige schade ontstaan door de methode. Wanneer chemische reinigingsmiddelen worden toegevoegd kunnen ook verkleuringen ontstaan op kwetsbare ondergronden zoals muurschilderingen.

Dergelijke producten zijn ontwikkeld voor gebruik in het interieur, o.a. voor het verwijderen van stof en roet. Onder de juiste omstandigheden, m.n. lage luchtvochtigheid, kunnen ze ook buiten worden gebruikt voor bijzondere gevelelementen of beelden ed.
Deze methode heeft overeenkomsten met de complexonpasta's beschreven onder Chemisch reinigen, 3.5; lees ook daar.

Figuur 11: Reinigingsproven met latex, die mogelijk wat EDTA bevat, in de kathedrale basiliek Sint-Bavo in Haarlem. Links: gereinigde en niet-gereinigde muur; midden: het losgetrokken latexvel inclusief vervuiling; rechts: een proefvlak waarbij de geschilderde verpoederde ondergrond wat kleur heeft verloren (op de latex zichtbaar daaronder).

3. Chemisch reinigen

Onder chemisch reinigen verstaan we methoden waarbij men de vervuiling met behulp van 'chemische' middelen (producten) wil oplossen, opweken, omzetten naar andere verbindingen, wil 'los maken' van de ondergrond (zeepachtige middelen) of wil laten afsterven (biociden). Maar ook methoden waarbij niet de vervuiling maar het materiaal van de ondergrond oplost. Chemische middelen kunnen dus zowel inwerken op de vervuiling (principe a) als op de ondergrond (principe b). Onder deze noemer scharen we ook methoden waarbij in feite geen sprake is van chemische reacties in de zin dat er nieuwe verbindingen worden gevormd, zoals bij gebruik van zeepachtige middelen.
In veel gevallen is reinigen met water nodig om reinigingsmiddelen en vervuiling af te voeren. Afkomend water moet in de meeste gevallen worden opgevangen. Welke reinigingsmethode met water nodig is hangt af van de ondergrond, type vervuiling en het gebruikte chemische middel.
Bij chemische middelen is het effect op de vervuiling of op het gevelmateriaal meestal afhankelijk van de inwerktijd. De inwerktijd wordt ook bepaald door manier waarop het middel wordt aangebracht. De benodigde inwerktijd is overigens meestal afhankelijk van de temperatuur, bij hoger temperatuur is de inwerktijd korter.
De wijze van aanbrengen is ook belangrijk als er onder het te reinigen gedeelte een vlak zit dat niet gereinigd moet worden. Voorkomen moet worden dat het onderliggende deel verstoord wordt door druipsporen.

Figuur 12: Bij het verwijderen van graffiti zijn dunvloeibare middelen gebruikt zonder het onderliggende materiaal af te schermen.

Opties voor aanbrengen zijn:
- In dun vloeibare vorm. Het middel kan wordt opgebracht met een (blok)kwast, via sproeien of spuiten. Sommige middelen kunnen met water worden vermengd en tegen het oppervlak worden gespoten. Dun vloeibare middelen kunnen worden gebruikt bij een korte inwerktijd.
- Als ingedikte oplossing (gel), emulsie (crème) of thixotrope stof (dik-vloeibare stof die dunner wordt bij beweging) indien een langere inwerktijd is vereist. Middelen kunnen met een (blok)kwast of (verf)roller worden aangebracht. In sommige situaties wordt, om verdamping van oplosmiddel te voorkomen, het aangebrachte product afgedekt met plasticfolie. Bijvoorbeeld wanneer men dieper ingedrongen graffiti wil verwijderen.
- Met behulp van een kompres (poultice), dat is een poreus absorberend materiaal, zoals cellulosevezels of klei. Het product zit in de poultice en wordt capillair opgezogen door het gevelmateriaal zodra de poultice is aangebracht. Ook hierbij kan het effectief zijn om het (in eerste instantie) af te dekken met plasticfolie.

Een algemeen nadeel bij chemische reiniging is dat nadelige effecten of schadeontwikkeling niet direct zichtbaar zijn tijdens of direct na de (proef)reiniging. Residuen van reinigingsmiddelen die achterblijven kunnen ongewenste reactie geven. Alle gevelmaterialen zijn poreus en zuigen water en chemische producten op. Door goed voorbevochtigen van de gevel kan dat overigens sterk worden verminderd. Ook raken producten uitgewerkt, zo zal een zuurproduct reageren met aanwezig kalk (basisch) waarbij een neutraal reactieproduct ontstaat (een al dan niet schadelijk zout).
Bij een mechanisch reinigen met bijvoorbeeld stralen geldt in het algemeen: *what you see is what you get*. De kans op onaangename verrassingen na verloop van tijd is klein.
Ook ogenschijnlijk milde reinigen met bijvoorbeeld een zeep of oppervlaktebevochtigers kunnen een nadelige invloed achterlaten; zo kan het gevelmateriaal een bepaalde periode na de reiniging makkelijker water opnemen.
Productinformatie-samenstelling. De productinformatie van de fabrikanten bedoelt voor marketing vermeldt niet altijd duidelijk wat de samenstelling van een middel is. Een leverancier is echter verplicht een Veiligheidsinformatieblad (Vib) beschikbaar te stellen bij producten met een veiligheidsrisico, zoals chemische reinigingsmiddelen. In het veiligheidsinformatieblad staan wel alle relevante werkzame stoffen benoemd. Het is raadzaam deze te bekijken.
Soorten reinigingsmiddelen/methoden:

3.1. Oppervlakte actieve stoffen

Een oppervlakte-actieve of grensvlakactieve stof, ook wel tenside genoemd of detergent, tensio-actieve stof of surfactant, is een stof die de oppervlaktespanning van een vloeistof (zoals water) kan verlagen waardoor materialen beter ‘bevochtigd’ kunnen worden; materialen worden hydrofiel. Denk aan zeep en afwasmiddel. Deze middelen zijn effectief bij het reinigen van oliën en vettige vervuilingen. Ze worden altijd in combinatie met reinigen met water toegepast. Dergelijke stoffen worden vaak ook aan samengestelde reinigingsproducten en reinigingspasta’s toegevoegd om de effectiviteit van die middelen te vergroten [5]. Deze stoffen kunnen vervuiling losmaken van de ondergrond en deze min of meer zwevend houden in het water om transport mogelijk te maken [2]. Ze kunnen onderverdeeld worden in: anionisch, kationisch, niet-ionisch en amfotere producten. Afhankelijk van de toepassing moet voor een of een combinatie van deze soorten worden gekozen. Bij bepaalde soorten natuursteen kunnen bijvoorbeeld alleen niet-ionische worden toegepast.
Na reiniging moet er zeer grondig worden nagespoeld met water. Indien er detergenten achterblijven kan de muur extra water opnemen, de muur wordt hydrofiel.
Niet alle oppervlakte actieve stoffen zijn geschikt. Zo zijn anionische producten, zoals klassieke zepen, en amofotere producten niet geschikt voor poreuze ondergronden. Wel voor compacte (dichte) materialen zoals sommige natuursteen soorten en geglazuurde materialen. Kationische zijn ook niet geschikt als oppervlakte-actieve stof, wel als biocide zoals quaternaire ammoniumzouten. Voor gevelreiniging zijn vooral niet-ionisch middelen geschikt, voorbeelden daarvan zijn: Alkylpolyglycolether en alkylpolyglycosiden [5].

3.2. Oplosmiddelen

Met oplosmiddelen kunnen, zoals de naam al zegt, materialen zoals vervuiling of graffiti, worden opgelost waarna ze afgespoeld kunnen worden of opgezogen met een absorberend materiaal (poultice). Water dat eerder als reinigingsmethode werd beschreven, is ook een oplosmiddel. Het is een methode volgens reinigingsprincipe a. Toch is het gebruik van oplosmiddelen ook risicovol, de opgeloste vervuiling kan ook dieper in de ondergrond dringen of zich over een groter oppervlak verspreiden. Zeker het goed verwijderen van graffiti met een oplosmiddel vraagt specialistisch kennis en ervaring.

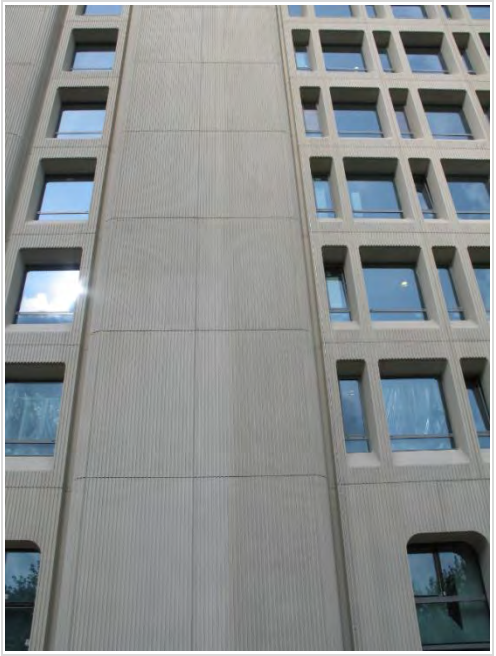
3.3. Zure middelen

Zure reinigingsmiddelen, zoals het zwakke azijnzuur of het sterke waterstoffluoride, kunnen zowel vervuiling als ondergrondmateriaal aantasten(oplossen). Het loskomende materiaal kan vervolgend worden afgespoeld of met een absorberend materiaal worden opgezogen en als dikke substantie worden verwijderd. Afhankelijk van de situatie kunnen zuren dus werkzaam volgens principe a of b.

Zuren tasten kalk(steen)houdende materialen in meer of minder mate aan en de meeste siliciumhoudende materialen zoals zandsteen en baksteen worden niet zo snel aangetast. Echter, anorganische zuren tasten keramiek, glas en glazuurlagen wel aan. Indirect schade kan in een later stadium wel ontstaan door zouten die worden gevormd, dat kan leiden tot een wittige waas of zoutuitbloei. De effectiviteit maar ook de risico's zijn bij sterke zuren aanzienlijk groter dan bij zwakke zuren.

Verschillende soorten zuren kunnen worden gebruikt waarbij het effect zowel afhangt van het type zuur als de zuurgraad (pH-waarde).

Zuren producten, zoals zoutzuur worden (van oudsher) soms gebruikt of cementsluier en kalkaanslag te verwijderen en ook voor verwijderen van zouten zoals sulfaten, chloriden en nitraten [10]. Het kan effectief zijn maar in verband met problemen die later door (chloride)zouten kunnen ontstaan wordt het afgeraden. Dunne cementsluier of kalkafzettingen kunnen soms ook met azijnzuur of citroenzuur worden verwijderd, dan is veel een langere inwerktijd nodig [5].



Figuur 13: Tintverschillen door verschillende inwerktijden met zure reiniging op betonnen gevel. Foto Yves Vanhellmont (WTCB)

Ze kunnen worden ingedeeld in organische- en anorganische zuren [2]. Organische zuren zijn opgebouwd uit tenminste koolstof, waterstof en zuurstof, dit in tegenstelling tot anorganische zuren die uit andere elementen zijn opgebouwd. Organische zuren zijn vaak relatief zwak, voorbeelden van organische zuren zijn: azijnzuur, citroenzuur, mierenzuur en oxaalzuur. Het grote voordeel van dit type zuren is dat ze geen schadelijke residu achterlaten; het organische anion is biologisch afbreekbaar. Dat is gebleken bij proeven met azijn. Het risico is in het algemeen dus veel kleiner [9]. Toch kunnen bepaalde organische zuren kalkhoudende ondergronden, zoals bijvoorbeeld beton, ernstig aantasten. Oxaalzuur kan zeer effectief zijn bij het verwijderen van roestvlekken.

Anorganische zuren zijn vaak relatief sterk, voorbeelden van anorganische zuren zijn: zoutzuur, salpeterzuur en fluorwaterstofzuur. Fluorwaterstofzuur (waterstoffluoride, HF) en ammoniumwaterstoffluoride (NH_4HF_2) hebben een sterk etsende werking waardoor ze soms

effectief kunnen zijn maar verglaasde oppervlakken en keramische materialen sterk worden aangetast. Het voordeel van deze twee zuren is wel dat de zouten die worden gevormd onoplosbaar zijn en dus geen schade geven. Er kan echter wel een witte waas ontstaan [9]. Het gebruik van de hiervoor genoemde anorganische zuren dient vermeden te worden. Gebruik is niet alleen risicovol voor mens en dier maar de zouten die kunnen worden gevormd geven op termijn kans op schade [5]. Alleen in specifieke situaties kunnen ze effectief en veilig door een specialistische reiniger worden toegepast.

3.4. Basisch middelen

Met behulp van basische middelen, ook wel alkalische middelen genoemd, zoals natriumhydroxide (caustic soda, NaOH), kaliumhydroxide (KOH) of ammonmia, kunnen organische materialen zoals vetten en oliën worden verzeept waardoor ze makkelijker met water zijn af te spoelen. Ze werken in principe dus volgens principe a. Veel vervuiling is organisch van samenstelling waardoor basische middelen in potentie in veel situaties effectief kunnen zijn; echter, de risico's op schade beperken de toepassingsmogelijkheden. Ze kunnen kalksteenhoudende materialen niet worden aangetast maar siliciumhoudende materialen wel. Daarom is voorzichtigheid geboden bij o.a. baksteen, zandsteen en mortels en zeker geglazuurd of gepolijste oppervlakken kunnen etsen en dof worden. Basische producten kunnen het best in de vorm van een thixotrope stof worden toegepast of als pasta vermengd met absorberend poeder zoals klei of cellulose. Het is belangrijk om de ondergrond vooraf te bevochtigen om indringing te beperken. Het absorberende materiaal in de pasta kan gevormde zouten opnemen.
Bij toepassing kunnen schadelijke zouten worden gevormd, waarbij kaliumzouten minder schadelijk zijn dan natriumzouten. Er kunnen alkalische carbonaten en sulfaten worden afgezet en met name in sterk poreuze materialen kunnen ze langdurig doorwerken en zeer destructief zijn. Het gebruik van alkalische middelen brengt milieu- en gezondheidsrisico's met zich mee.
Chemisch reinigen met (organische) oplosmiddelen, zure middelen, basische middelen en biociden brengt in het algemeen meer risico's met zich mee dan andere middelen; toepassen vraagt meer kennis en ervaring. Bij gebruik van oppervlakte actieve stoffen en enzymen is dat minder het geval.

Figuur 14: opzetten en vervolgens afdekken met plasticfolie van verfafbijt voor proef om verf te verwijderen. (uitvoering Ervas)

3.5. Samengestelde producten, pasta's en afbijt

Er zijn diverse producten zoals complexonpasta's en afbijtmiddelen die voor specifieke soorten vervuilingen en ondergronden zijn samengesteld.
Complexonpasta's, de werking van deze producten is gebaseerd op een complexeermiddel, ook wel sequestreermiddel genoemd. Ze zijn met name ontwikkeld om onoplosbare kalk- en magnesiumverbindingen in oplossing te brengen of te houden, daardoor wordt tijdens het reinigen het neerslaan van bijv. kalk op ondergronden voorkomen. Ze kunnen mogelijk ook roet, roest en cementsmet verwijderen [10].
Complexonpasta's worden niet gebruik om volledige gevels mee te reinigen maar om plaatselijk hardnekkige vervuilingen of aanslag te verwijderen.
Complexonpasta's kunnen neutraal, zuur of basisch zijn ingesteld. De meeste complexonpasta's reageren echter basisch. Bekende verbindingen zijn fosfaten maar ook EDTA (Ethyleendiaminetetra-azijnzuur) en NTA (Nitrilotriazijnzuur). Afhankelijk van de samenstelling zouden ze kalkhoudende materialen kunnen aantasten, zoals gepolijst marmeroppervlak [2].
Bij product is nabehandeling met stoom of met (warm) water onder druk nodig. Veel complexonpasta's worden geleverd met een filmvormer zodat na droging de restanten van de pasta met daarin geabsorbeerd vuil van het oppervlak kunnen worden getrokken. Dit type producten heeft overeenkomsten met pelmethode onder Mechanische reiniging 2.5, met name wanneer aan die rubber of kleipasta's chemische middelen zijn toegevoegd, toch verschillen ze qua primair werkingsmechanisme.
Afbijt, een groep producten die verfsystemen kan oplossen, losweken of laat opzwellen waardoor ze eenvoudiger verwijdert kunnen worden met reinigingsmethoden met water of mechanische methoden.
Afbijtmiddelen bestaan meestal uit oplosmiddelmengsels, versterkt met bijvoorbeeld organische zuren zoals mierenzuur of basische middelen zoals natronloog of ammonia. Een veel gebruikt bestanddeel is ook Dichloormethaan. Ze hebben meestal een pasteuze of gelachtige consistentie; zeker bij gevels is dat noodzakelijk om te voorkomen dat dunvloeibare middelen onderliggende geveldelen beïnvloeden.
In verband met milieubezwaren zijn meer ander samengestelde producten beschikbaar gekomen op basis van traag verdampende, biologisch afbreekbare oplosmiddelen zoals organische alcoholen of 'natuurlijke' oplosmiddelen zoals terpenen [2].
Voor gevels wordt afbijt vooral gebruikt om graffiti te verwijderen. Bij hardnekkige of lastige verfsystemen kan het nodig zijn om proefondervindelijk of middels onderzoek het meest effectieve product te vinden. Afbijt werkt het beste bij synthetische verfsystemen; minerale verven zoals een kalk- of silicaatverf zijn lastig of niet met een afbijt te verwijderen. Soms zijn op een gevel meerdere type verfsystemen over elkaar aanwezig, zoals een synthetisch verf over een minerale of kalkverf. Dat bemoeilijkt reiniging meestal. In dat geval kan het nodig zijn om verschillende type reinigingsmethoden in te zetten.
Een alternatief voor afbijt kan stralen met droogijs zijn, zie onder mechanische methoden.

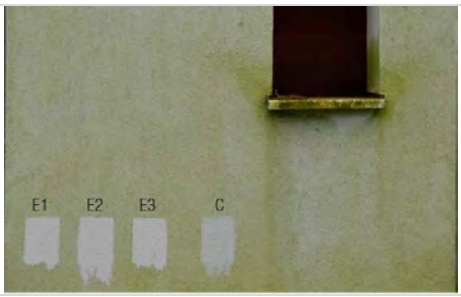
3.6. Biociden

Een biocide is kort gezegd een stof die organismen doodt. In de context van gevelreiniging wordt de benaming 'biocide' vooral gebruikt voor het doden van schimmels, algen, cyanobacteriën, mossen en korstmossen op gevels.
Als meest veelzijdige en efficiënte biocide kunnen producten gebaseerd op quaternaire ammoniumzouten worden genoemd. In het bijzonder de producten van het type BenzAlkoniumChloride (BAC) werken zeer efficiënt in het bestrijden van zowel schimmels, cyanobacteriën en mossen/korstmossen [5].
Bleekwater werkt ook als biocide maar heeft als nadeel dat zouten in de gevel kunnen gevormd (maar heeft als voordeel dat het biologisch vervuiling ook kan ontkleuren).

Het is raadzaam om de biologisch groei eerst zo veel mogelijk met reinigingsmethoden met water te verwijderen zodat de biocide effectiever kunnen zijn. Ze hebben een relatief lange inwerktijd die verder toeneemt bij afnemende temperatuur.
Wanneer de organismen zijn afgestorven moeten de restanten worden verwijderd met een reinigingsmethode met water.
Een probleem is wel dat de biologische groei vrij snel terug kan komen. Voor het regelmatig onderhouden van de gevel zijn bij bepaalde typen vervuilingen enzymen een milieuvriendelijker alternatief.

3.7. Enzymen (bioreinigen)

Biociden zijn schadelijke voor het milieu, producten gebaseerd op enzymen kunnen in bepaalde situaties een goed alternatief bieden. Ze zijn specifiek gericht tegen biologische en atmosferische vervuiling. Enzymen zijn eiwitten die onder andere de bouwstenen en de aanhechting van een biologische vervuiling kunnen afbreken [11].
Door onderscheid te maken tussen de verschillende soorten biologische vervuiling kan een optimale reinigingsmethode worden gevonden. De kleur kan helpen om de soorten te onderscheiden. Bij een overwegend groene vervuiling (algen, mossen of korstmossen) kan een behandeling met enzymen effectief zijn. Heeft de vervuiling een donkere kleur dan kunnen cyanobacteriën of schimmels aanwezig zijn; enzymen zouden effectief kunnen zijn bij bacteriën maar niet bij schimmels [12]. Onderscheid maken tussen deze twee is lastig met het blote oog. Het kan wel met microscopisch onderzoek nodig of via een serie praktijkproefjes op de betreffende gevel.
Indien het cyanobacteriën betreft, dan kan men in eerste instantie een enzymatisch product toepassen. Als dat middel onvoldoende effectief blijkt te zijn, dan moet men overgaan op een behandeling met een op quaternair ammoniumzout gebaseerd product (DidecylDimethylAmmoniumChloride of DDAC, dan wel BenzAlkoniumChloride of BAC). In geval van schimmels is het raadzaam om een BAC-gebaseerd quaternair ammoniumzout te gebruiken [12].



Figuur 15: proeven met drie verschillende enzymgebaseerde producten en een chemisch product (c). Foto WTCB [11]

Vanuit het oogpunt van gezondheids- en milieurisico's kan men de producten in onderstaande volgorde uit proberen. Aangezien de gezondheids- en milieurisico's het laagst zijn voor enzymgebaseerde producten en het hoogst voor BAC-gebaseerde producten, is het raadzaam om – indien het type enzymatisch product te overwegen. Wanneer het enzymatisch product onvoldoende effect heeft kan men een DDAC-gebaseerd product gebruiken. Als die middelen ook na herhaaldelijk gebruik niet alle vervuiling of verkleuring laten verdwijnen, kan de lokale toepassing overwegen van een oxiderend behandelingsmiddel op basis van natriumhypochloriet (bleekwater) of waterstofperoxide [12].
Deze producten werken het best als de hoeveelheid biologische vervuiling al verminderd is. Uit onderzoek is echter wel gebleken dat oxiderende producten aanleiding kunnen geven tot een licht kleurverschil op siliconenharspleisters en tot blijvende vlekken op andere in de gevel verwerkte materialen. Daarom moet de toepassing van oxiderende producten als laatste redmiddel gezien [12].
Enzymes worden gewoonlijk als vloeibare oplossing aangebracht. Het te behalen reinigingseffect is echter afhankelijk van de vervuilingsgraad. Bij een vervuiling die voornamelijk uit algen en beginnende mosgroei bestaat, is de verneveling en inwerking van het product onder de weersinvloeden voldoende om een goed reiniging te krijgen, naspoelen is dan niet nodig [11].

Bij een gevorderde groei van mossen en korstmossen zal, naast de toepassing van het product, een extra reiniging met water onder druk nodig zijn. Door de voorbehandeling met het enzymgebaseerde product kan dit wel bij lagere waterdruk.
De kracht van deze producten zit vooral in het bestrijden van de biologische groei in de beginfase, d.w.z. de vorming van een groenachtige (algen)sluier. Ze kunnen de beginnende biologische groei doden en op natuurlijk wijze laten verdwijnen, zonder dat nog een extra reiniging met water nodig is [5].
Doordat deze producten aanzienlijk milieuvriendelijker zijn dan biocides en doordat ze de steenachtige ondergrond niet kunnen beschadigen, kunnen ze regelmatig als onderhoudsbehandeling worden gebruikt.
Recent is echter gebleken dat sommige enzymatische producten die op de markt zijn helaas ook biocides bevatten (quaternair ammoniumzout); daarmee vallen ze ook onder de regelgeving voor biocides (Verordening (EU) nr. 528/2012.) [9]. Het is dus raadzaam productinformatie, incl. het veiligheidsinformatieblad, goed te lezen voor gebruik.

4. Fysisch reinigen

In feite zijn alle methoden waarbij de samenstelling van de materie niet verandert fysisch van aard. Qua werkingsmechanismen worden hier methoden onder geschaard die vooral zijn gebaseerd op fysische processen zoals oplossen, verdampen of sublimeren. NEN-EN 17138 plaatst alleen reinigen met laser hieronder.

4.1. Laser

Vervuiling kan worden verwijderd door het te beschijnen met een geconcentreerde lichtbundel die wordt uitgezonden door een laser. Kort gezegd wordt de vervuiling van de ondergrond losgemaakt d.m.v. thermische expansie en explosieve verdamping. Als gevolg van een verschil in absorptie-eigenschappen van een vuil en schoon oppervlak ontstaat bij donkere vervuiling op een licht ondergrond een regulerend mechanisme [2].
Het werkingsmechanisme dat bij de laserreiniging plaatsvindt is fotothermisch, fotomechanisch en/of fotochemisch van aard, afhankelijk van de vervuiling en de lengte van de ingestelde laserlichtpulsen [5]. Fotothermisch: de vervuiling absorbeert laserstraling, warmt sterk op en zal door de thermische expansie lossprингen van de ondergrond. Hoe donkerder een vervuiling, hoe efficiënter de reiniging zal zijn. Fotomechanisch: bij toepassing van zeer korte, doch intense, laserpulsen (korter dan een microseconde) wordt een plasma gevormd vlak boven het materiaaloppervlak, door elektronen en ionen die vrijkomen door de intense laserstraal. De microscopische schokgolf die hiermee gepaard gaat zorgt voor een lokale reiniging van het oppervlak. Fotochemisch: de energie van de laserstraal zorgt voor een chemische omzetting van de vervuiling, bijvoorbeeld door verbranding ervan. Afhankelijk van de vervuiling speelt dit effect meestal een rol samen met de twee andere reinigingsmechanismes.
Er zijn diverse parameters in te stellen om tot een optimaal reinigingsresultaat te komen [5, 13]:
> Golflengte van de laser. Hoe korter de golflengte des te hoger is de energiedichtheid, des te intensiever is de reiniging en des te hoger het risico op schade.
> De intensiteit van de laserstraal, die logischerwijs de snelheid van de reiniging zal bepalen.
> Duur van de lichtpuls op een bepaald oppervlak: hoe korter de puls, hoe minder is het fotothermische reinigingseffect en hoe sterker het fotomechanische effect. Dit onderscheid is essentieel, aangezien beide methodes een andere effectiviteit hebben, maar ook andere nadelen.
> Grootte van de laserlichtbundel: deze is bij voorkeur zo groot mogelijk om een homogener reinigingsresultaat te krijgen en beter te kunnen doseren. Ervaring wijst uit dat op gebogen oppervlakken (bijvoorbeeld bij beeldhouwwerk) een kleinere lichtbundel betere resultaten geeft.

Figuur 16: Laserreiniging bij het Stadhuis in Leiden. Tijdens reinigen, laserapparatuur en na reiniging (rechtsonder). (uitvoering Venema Restauratie)

Toepassingsmogelijkheden. Door de drie reinigingsmechanismes en de precisie van de methode is het toepassingsgebied van laserreiniging breder dan voorheen. De mogelijkheden variëren van steenachtige gevels, kunstvoorwerpen of het verwijderen van overschilderingen op fresco's [5].
Qua vervuiling werkt het voor goed bij dunne vervuilingen, zoals: roet, graffiti en bepaalde biologische vervuiling. Ook hout kan worden gereinigd en zelf vernis lagen zijn in principe te verwijderen met een geschikt type laser.
Selectiviteit reiniging. Afhankelijk van de omstandigheden (type vervuiling en type ondergrond) kan de methode zeer selectief zijn, d.w.z dat het in staat is alleen de vervuiling te verwijderen zonder de ondergrond noch de patina te beschadigen.

> Donkere vervuiling op een lichtgekleurde ondergrond is op die manier perfect te reinigen met het fotothermische effect. Van zodra de vervuiling weg is, zal de gereinigde lichtgekleurde steen de laserstraal reflecteren en stopt de reiniging automatisch.
> Ook indien de vervuiling niet lichtgekleurd is, of de ondergrond is donkergekleurd, kan toch een hoge mate van selectiviteit tussen vervuiling en ondergrond bereikt worden, doordat de techniek toelaat om zeer lage hoeveelheden vuil te verwijderen, afhankelijk van de ingestelde parameters (golflengte, intensiteit, grootte van de laservlek). Ook dan kan, mits zorgvuldig werk, de ondergrond ongemoeid gelaten worden [5].

Nadelen van laserreiniging. De methode is arbeidsintensief en daardoor relatief langzaam en kostbaar. Ook de laserapparatuur is kostbaar. Ondanks de hoge selectiviteit van de methode, bestaat er toch een risico op beschadiging van bepaalde ondergronden, in het bijzonder

(donker)gekleurde en of gladde gepolijste ondergronden. Laserreiniging kan door chemische omzetting van bepaalde mineralen leiden tot verkleuring van de ondergrond. Zo blijkt soms een verkleuring op mergel te kunnen ontstaan [9]. De methode vraagt bijzondere veiligheidsmaatregelen en specialistisch opgeleide vakmensen.

Praktijkervaringen in Nederland

Eerste generatie. Laserlicht wordt al meer dan 25 jaar ook gebruikt voor het reinigen van gevels. In het technische voorschrift van de WTCB uit 1995, TV 196 [6] wordt de methode al kort beschreven op basis van proeven die zijn uitgevoerd.
Een van de eerste grote gebouwen die in Nederland is gereinigd met laser is het stadhuis in Rotterdam in 2000. Die reiniging verliep niet helemaal volgens plan en uiteindelijk is alleen de voorgevel met laser gereinigd. Het reinigingen ging veel langzamer dan gepland en er was discussie over een mogelijk verkleuring van de voorgevel als gevolg van de laserreiniging. Ondanks dat wordt resultaat esthetisch gezien door de meeste mensen gewaardeerd.

Figuur 17: Gevels van het stadhuis in Rotterdam, de voorgevel (rechts) gereinigd met laser is wat geler dan de zijgevel die is gereinigd met een straaltechniek (foto 2009).

In 2007 is ook het stadhuis in Utrecht met vergelijkbare laserapparatuur gereinigd. Die 'eerste generatie' laserreinigingsapparatuur had een andere, kleinere en meer gefocuste, lichtbundel dan waarmee nu door bedrijven wordt gewerkt. Bij de eerste generatie kon door die gefocuste bundel volgens sommigen een

Figuur 18: Laserreiniging bij het stadhuis in Leiden. Bij deze 'eerste generatie' apparatuur kon plaatselijk een kunstmatig ogende uitstraling ontstaan.

kunstmatig ogende uitstraling ontstaan met een licht streepjes of stippel effect.
Tweede generatie. De laatste jaren zijn diverse grote rijksmonumenten succesvol gereinigd met laser, zoals het stadhuis van leiden in 2020 en het stadhuis van Groningen in 2021. Met de nieuwe apparatuur kan beter worden afgestemd op ondergrond en vervuiling en er kan sneller mee worden gereinigd. Een belangrijk verbetering is onder andere de vorm van de lichtbundel, die kan op verschillende vormen worden ingesteld, zoals een Lissajousfiguur, die continu van vorm wisselt. Effect daarvan is dat vervuiling egaler wordt verwijderd; er ontstaat

geen streepjes of stippeltjes effect meer zoals bij de eerste generatie het geval kon zijn. Een ervaren goed opgeleide reiniger blijkt de mate van reiniging goed te kunnen doseren.
Uitvoeriger informatie is ook te vinden in NEN-EN 16782 (2016) [13].

5. Retoucheren

Storende kleurverschillen, vervuiling of vlekken die op een steenachtige ondergrond aanwezig zijn, kunnen worden gemaskeerd (weggewerkt) met behulp van schilder of spuittechnieken. Het uitgangspunt daarbij is te werken met niet-laagvormende en niet-dekkende technieken en materialen zodat het oorspronkelijke materiaal door de dunne kleurlaag zichtbaar blijft. Het wegwerken of bijwerken van onzuiverheden op gevels of beelden wordt vaak retoucheren genoemd, net als bij schilderijen of het bewerken van foto's, men spreekt ook wel over 'inkleuren' of 'ontstoren' van de gevel.
Bijkleuren kan worden uitgevoerd met kante-en-klare verven, soms ook lazuur of (steen)beits genoemd. Het kan ook worden gedaan met zelf samengestelde middelen die bestaan uit pigmenten die door een bindmiddel zijn gemengd of men brengt eerst pigmenten aan op het

Figuur 19: Bijkleuren (retoucheren) van voegen met ijzeroxide pigment en bindmiddel (kalkwater). (Uitvoering voegbedrijf Heldoorn)

materiaal die vervolgens worden gefixeerd met een transparant bindmiddel.
Het wordt ook wel gecombineerd met het vooraf repareren van gaten, beschadigde stenen of oneffenheden met reparatiemortel, al dan niet vooraf op kleur gebracht met alkalibestendige pigmenten.
Verf of bindmiddel kunnen met een kwastje, roller worden aangebracht of middels Airbrush. Voor het retoucheren worden verschillende soorten pigmenten of kleurstoffen en verschillende typen bindmiddelen gebruikt. Zo worden lichtechte pigmenten gefixeerd met bindmiddelen op basis van silicaten, zoals kaliwaterglas of silicaatverf.

Figuur 20: Zandsteen die is bijgekleurd met een niet-dekkende gespoten laag minerale verf in zandsteenkleur.

Op kalkgebonden ondergronden kan ook worden gewerkt met zogenaamd ‘kalksinterwater’, dat is een verzadigde calciumhydroxide-oplossing die bij het blussen van kalk wordt verkregen, waaraan anorganisch pigmenten worden toegevoegd.
Een andere techniek is door met krijt de juiste kleur (pigmenten) aan te brengen en deze vervolgens te fixeren daarvan met een kiezelzure ester. Deze techniek is ook toegepast bij bijwerken van de gevels van het Paleis op de Dam in Amsterdam die zijn opgetrokken uit Bentheimer en Obernkirchener zandsteen. Uit proeven voor die toepassing is gebleken dat een dergelijke behandeling op zandsteen de initiële wateropname verminderde maar de droging niet belemmert [14].
“Kiezelzure esters zijn chemische producten die sinds circa dertig jaar gebruikt worden als steenverstevigers. Ze worden ook wel ethylsilicaat genoemd. TEOS (tetra-ethylorthosilicaat) is een bekend voorbeeld. Het gaat om kiezelzuur, met daaraan een organische groep. Bij contact met water in de te behandelen steen valt een dergelijke kiezelzure ester uiteen. Er wordt kiezelzuur gevormd en ethylalcohol, die verdampt. Als het kiezelzuur het water weer afgeeft, ontstaat een silicagel die zich hecht aan het oppervlak en zorgt voor de vorming van een vervangend bindmiddel. Gelet op de aard van dit nieuwe bindmiddel op silicabasis, is de behandeling het meest effectief op materialen die ook silica bevatten zoals zandsteen en baksteen” [14].

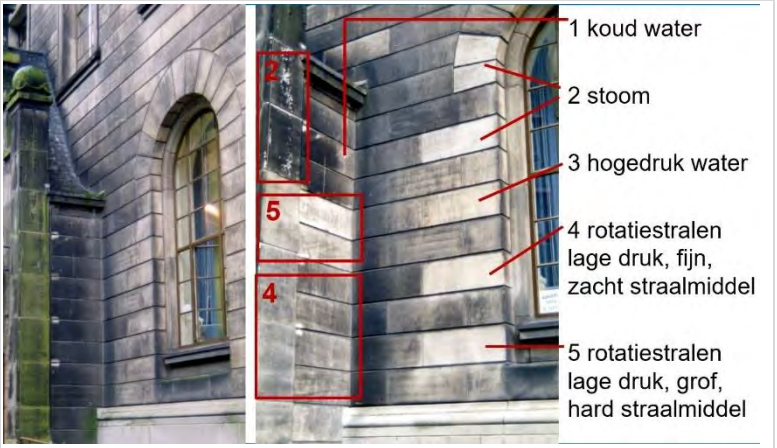
Figuur 21: Metselwerk van de koepel in Haarlem. Boven: Om het inboetwerk in de gevel minder te laten storen in het terughoudend gereinigde metselwerk zijn de stenen bijgekleurd. Onder: In het interieur worden kleurverschillen minder zichtbaar gemaakt. Foto's Buro van Stigt (uitvoering Superlook).

Tot besluit

Deze bijdrage gaat alleen in op gevelreinigingstechnieken, dat is maar één onderdeel van het geheel dat bekeken of afgewogen moet worden wanneer men van plan is de uitstraling van een gevel te verbeteren. Andere aspecten zoals de soorten vervuilingen, typen ondergronden en esthetische en waardestellende aspecten, komen aan de orde in andere bijdragen in deze syllabus.
Meestal is niet één techniek overduidelijk de beste, maar zijn er meerdere mogelijkheden waarbij de uiteindelijk keuze wordt bepaald door praktische argumenten zoals beschikbaarheid en kosten of persoonlijke voorkeuren. Een zorgvuldige afwegingen en het laten uitvoeren van proeven zijn belangrijk. Neem als voorbeeld twee grote monumenten die (relatief) kort geleden zijn gereinigd, cq ontstoord. Het paleis op de Dam, opgebouwd uit Obernkirchener en Bentheimer zandsteen en het stadhuis van Leiden opgebouwd uit Oberkirchner zandsteen. Bij

het paleis in de zwarte vervuiling onderzocht en bleek die die, kort gezegd te bestaan uit: vliegassen, gips, schimmels, algen en (zware) metalen als ijzer, lood en zink. Bij het paleis is uiteindelijk gekozen voor droog microstralen in combinatie met retoucheren en bij het stadhuis voor reiniging met laser. Beide met een mooi eindresultaat.

In het algemeen is bij het reinigen van historische gevel belangrijk om voorzichtig en terughoudend te zijn. Toch kan in sommige gevallen een al te grote voorzichtigheid en een te milde reinigingsmethoden ook leiden tot een ongewenst gevelbeeld, namelijk een gevelbeeld met grotere contrastverschillen. Door een milde techniek, zoals reinigen met water bij lage druk, te gebruiken kunnen licht vervuilde geveldelen redelijk schoon worden terwijl het water bij zwaar vervuilde delen nauwelijks effect heeft. Het is dus zaak om een methode te kiezen die het beste past bij de situatie en de wensen van betrokken partijen. Dat is niet altijd de meest milde reinigingstechniek die er is.



Figuur 22: Proefvlakken van verschillende reinigingstechnieken op de zandstenen gevel van het stadhuis in Rotterdam.

Dankwoord. Met dank aan Yves Vanhellemont van het WTBC in Vlaanderen voor alle verstrekte informatie en het reviewen van deze bijdrage.

Figuur 23: Gevel van de Bijenkorf in Rotterdam. Door de wisselende richting van de machinale frijnslag op de travertijntegels ontstaat bij veroudering een bijzonder vervuilingspatroon. De architect schijnt dit bewust te hebben gedaan [15]

Bronnen, Literatuur

[1] Hilde De Clercq, Pierrik de Henau, Eddy De Witte, Rolf De Bruyn & André Pien, Restauratie van buitenmuren, onderzoek door KIK en WTCB, voorjaar 1998.
[2] M. van Hunen, M. van Rooden [et al.]: 'Reinigen van gevels'. In: Praktijkboek Instandhouding Monumenten 4, december 1999.
[3] NEN-EN 17138, Conservation of cultural heritage - Methods and materials for cleaning porous inorganic materials, NEN January 2019.
[4] Vanhellemont, Yves; Willem Van Peer; Nathalie Vernimme, Module Gevelreiniging, opleiding restauratievakman moderne bouwchemie, WTCB/FVB/VIOE.
[5] Gevelreiniging, Technische voorlichting, WTCB (2022 in voorbereiding).
[6] Gevelreiniging, Technische voorlichting 197, WTCB, 1995.
[7] https://stonehealth.com/products/doff/.
[8] Gids voor de Restauratie van metselwerk, deel 3 Gevelreiniging; WTCB, 2004.
[9] Schriftelijke toelichting Yves Vanhellemont, review april 2022.
[10] KOMO Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-procescertificaat voor reiniging van gevels van steenachtige materialen, BRL 2826-08, 16-04-2021.
[11] Herreweghe, J. van en K. Dinne, Enzymgebaseerde reiniging van biologisch vervuilde bouwdelen, WTCB-contact, 2016.
[12] Herreweghe J. van, Reiniging van een ETICS: hoe pak je dat aan? WTCB-Contact, 2021.
[13] NEN-EN 16782, Conservation of cultural heritage – Cleaning of porous inorganic materials – Laser cleaning techniques for cultural heritage, NEN, May 2016.
[14] Nijland Timo G., Reinigen en retoucheren, De restauratie van de zandsteengevels van het Koninklijk Paleis Amsterdam, Bulletin KNOB, 2013.
[15] Toelichting Hendrik Jan Tolboom (RCE, natuursteenspecialist).

UITDAGINGEN BIJ DE GEVELRESTAURATIE VAN DE ZWEMSCHOOL, EEN INTERBELLUMSCHOOLGEBOUW TE ANTWERPEN

Anne Gorlé
Patine architecten

1. Bouwgeschiedenis

De Zwemschool is een schoolcomplex uit de jaren 1935-1941 naar ontwerp van architect Emiel Van Averbeke, opgericht als lagere meisjes- en jongensschool en kindertuin, met zwembad, publieke stortbadinrichting en openbare bibliotheek. De lagere school wordt in de wijk Luchtbal opgericht om er de buurtkinderen onderwijs te verschaffen.
Het vrijstaand grosso modo rechthoekig schoolcomplex neemt het volledige bouwblok tussen Quebecstraat, Generaal Simondslaan (voorheen Canadalaan), Montreal- en Bostonstraat in. De resterende stroken rond het gebouw zijn ingevuld met plantsoenen en afgeboord met een laag gemetseld muurtje parallel aan de straat. Het scholencomplex is opgebouwd uit balkvormige vleugels van één of twee bouwlagen onder plat dak en omsluit twee inpandige speelplaatsen. De gebruikte vormentaal is het best te omschrijven als 'romantisch kubisme'.
De straat- en speelplaatsgevels zijn volledig bekleed met geelkleurige baksteen, verlevendigd met dito bruinrode plinten, muurdammen, bloembakken en muurtjes. Vensteromlijstingen, doorlopend lijstwerk en schoorsteenplaten zijn uitgevoerd in blauwe hardsteen of simili-pierre.
De school wordt gebouwd in twee fasen. In 1937 wordt gestart met de bouw van de meisjesschool. Twee jaar later wordt ook de bouw van de jongensschool aangevat. Tijdens de oorlog wordt het gebouw opgeëist door de Duitse overheid. Het raakt ook twee keer beschadigd bij luchtaanvallen.
De oorspronkelijke stalen ramen zijn in 1968 vervangen door zware kaders van witgeschilderd hout; deze ramen zijn aan de westgevels later nogmaals door PVC-ramen vervangen; de hoekramen in de trappenhuizen werden ingevuld met glasprofielen. De beglaasde stalen deuren zijn wel nog origineel.

© stadsarchief Antwerpen
Figuur 1

2. Omvang van de opdracht

De bouwdelen en -elementen die deel uitmaken van de geplande gevelrestauratie betreffen:
- de **gevels in baksteenmetselwerk** met inbegrip van alle in de gevels geïntegreerde elementen (betonnen raamomlijstingen en luifels, hardstenen dorpels, metalen roosters, ...)
- het buitenschrijnwerk (in staal, hout of pvc, glasbouwstenen, profielbeglazing, ...)
- de dakranden die de beëindiging van de gevels vormen en hun aansluiting op de achterliggende dakdichting
- de **betonnen luifels** langs de noord- en zuidzijde van de speelplaats en de centrale gaanderij met inbegrip van de metalen dakbedekking van deze constructies.
- de zichtbare hemelwaterafvoer
- de omgevingsaanleg langs de buitengevels van het gebouw, meer bepaald de ommuurde plantenvakken en de verhardingen in baksteen op kant met inbegrip van de hierin geïntegreerde elementen (metalen schoenschrapers, kelderroosters, ...)

© Patine architecten
Figuur 2

In het kader van deze studiedag gaan we hier dieper in op de reiniging en restauratie van de gevels in baksteenmetselwerk en de luifels en omlijstingen in beton.
De gevels zijn opgebouwd in parementmetselwerk van gele (gladde) en donkerbruine (gegroefde) strengpersstenen in vechtformaat en noors verband met cementvoegen. Het voegwerk werd uitgevoerd als schaduwvoeg, de zogeheten Dudok-voeg. Het parementmetselwerk is op regelmatige afstand verankerd aan het achterliggende binnenspouwblad door het inmetselen van kopse gevelstenen.
De dorpels van buitendeuren en ramen, alsook de volledige omlijsting van de ronde raamopeningen in de buitengevel langs de Bostonstraat zijn uitgevoerd in blauwe hardsteen. De overige raamomlijstingen, alsook de luifels zijn uitgevoerd in beton. Volgens de originele lastenboeken werd de onderzijde van de luifels op de speelplaats oorspronkelijk afgewerkt met een glazuurcementbezetting. De overige betonnen gevelelementen werden volgens dezelfde lastenboeken naar alle waarschijnlijkheid afgewerkt met een simili-pierre bezetting. Sinds de jaren 70 zijn de betonnen elementen geschilderd, vermoedelijk om de tijdens deze

restauratiecampagne uitgevoerde herstellingen - en bijhorende kleurverschillen – te verbergen.

3. Diagnose

3.1. Parementmetselwerk

Het gevelmetselwerk is vervuild, verweerd en vertoont sporen van alg- en mosvorming. Het voegwerk is plaatselijk uitgevallen. Ter hoogte van (vroegere) vochtproblemen treffen we zoutuitbloeiingen en vochtaftekeningen aan. Op een aantal plaatsen is het gevelmetselwerk merkelijk minder vervuild. Dit is vermoedelijk te wijten aan een eerdere (plaatselijke) reiniging of herstelling van het parement of doordat elementen tegen de gevel waren bevestigd, waardoor deze zones in mindere mate blootgesteld werden aan de weersinvloeden.
Verspreid over de verschillende gevels treffen we regelmatig scheurvorming aan ten gevolge van de (differentiële) thermische uitzetting van de in de gevels geïntegreerde betonnen elementen.
Plaatselijk treffen we daarnaast ook kleinere beschadigingen in het gevelmetselwerk aan, onder meer ter hoogte van in de gevel bevestigde - al dan niet nog aanwezige - elementen. De oppervlaktelaag schilfert bij een groot aantal van de gele bakstenen af, waardoor het achterliggende (vaak donkerdere, rodere) materiaal bloot ligt.

© Patine architecten
Figuur 3

Eerdere herstellingen in het gevelmetselwerk werden vaak met een afwijkende gevelsteen en/of voeg uitgevoerd en worden algemeen als storend ervaren. De bovenste zone van het metselwerk in de buitengevel van het gebogen volume op de hoek tussen de Quebecstraat en de Generaal Simondslaan werd uitgevoerd met een ander type voeg dan de oorspronkelijke

schaduwvoeg (Dudok-voeg). Dit zorgt voor een afwijkend uitzicht van het gevelvlak en wordt eveneens als storend ervaren.

3.2. Gevelelementen in beton

De afwerking van de gevelelementen in beton is vervuild en het schilderwerk bladdert af. Ter plaatse van (vroegere) problemen aan de bovenliggende dakbedekking of hemelwaterafvoer zien we plaatselijk vochtaftekeningen en gevolgschade aan (de afwerking van) de betonnen luifels.
De gevelelementen in beton vertonen plaatselijk sporen van betonrot. Op verschillende plaatsen treffen we scheurvorming van (de afwerking van) de betonnen elementen aan en/of wordt beton afgeduwd door roestvorming van de achterliggende wapening.
Plaatselijk is reeds beton verdwenen, waarbij de achterliggende (roestende) wapening zichtbaar is.

© Patine architecten
Figuur 4

Door de aanwezigheid van een schilderafwerking is de staat van de achterliggende betonnen elementen en de omvang van de eventuele schade, alsook de staat van latere herstellingen evenwel grotendeels onduidelijk.

4. Restauratievisie

Voor de conservatie en restauratie van monumentale gebouwen worden steeds de internationaal gangbare theorieën, die in een aantal conventies gevat werden, als leidraad gevolgd. Zo kan men algemeen stellen dat het beter is te consolideren dan te herstellen en beter te herstellen dan te vervangen. Een steen, afgebrokkeld of gebroken, wordt behouden indien daaruit geen nadelige gevolgen voor de huidige en de toekomstige gedragingen van die steen of de naburige delen kunnen voortvloeien, of indien esthetische of cultuur-historische redenen dit opleggen.
Men voelt al snel aan dat esthetische redenen in dit project ook een belangrijke rol zullen spelen. Van ‘moderne architectuur’ verwacht men immers dat ze er perfect blijft uitzien. Veroudering wordt moeilijk aanvaard als onderdeel van de moderne architectuurtaal. De patina

van ouderdom, die we zo waarderen in oudere gebouwen, doet in dit geval afbreuk aan de betekenis en aan het oorspronkelijke esthetische concept.
Doorheen de jaren heeft de heldere architectuur van de Zwemschool veel ondoordachte aanpassingen moeten ondergaan die de kracht van het oorspronkelijk ontwerp verminderen, zoals het vervangen van het slanke stalen schrijnwerk door veel zwaarder houten schrijnwerk met een afwijkende verdeling, het wijzigen van de oorspronkelijke kleurstelling van deuren en ramen en het overschilderen van de simili-pierre en het glansbeton op de betonnen gevelelementen. Daarbij komt ook nog het schadefenomeen van de afschilferende bakstenen. Het logische doel van de restauratie is dan ook om alle vermelde elementen te herstellen of te vervangen naar origineel model om op die manier de helderheid en de sterkte van het originele ontwerp terug te brengen.

5. Vooronderzoeken en proefrestauratie

Om gerichte restauratie opties te kunnen formuleren zijn een grondige voorstudie en een doorgedreven kennis van de specifieke geschiedenis en problematiek noodzakelijk. Daarbij wordt de kennis in belangrijke mate vergaard door nauwgezette studie en onderzoek ter plaatse. Die verzamelde kennis wordt aangevuld met materiaal-technisch onderzoek waarvan een deel wordt uitgevoerd door het WTCB en een deel door PRC (Patrimonium Research & Consulting). Daarbij worden de bakstenen, het voegwerk, het beton en haar afwerkingen met simili-pierre en glansbeton onderzocht. Er worden testen in situ uitgevoerd en ook stalen genomen voor analyse in een labo. Aangezien de school werd opgetrokken in twee fasen, wordt ervoor gezorgd dat de testen steeds op materiaal uit beide fasen worden uitgevoerd. Gezien de moeilijke problematiek van de schade aan het parementmetselwerk wordt hiervoor een proefrestauratie uitgevoerd.

5.1. Gevelreiniging

De keuze om de gevels van de Zwemschool te reinigen is niet zomaar een esthetische keuze, ze is ook noodzakelijk om een goede, zuivere basis te vormen zodat noodzakelijke vervangingen en herstellingen op een duurzame manier kunnen uitgevoerd worden en er een goede hechting kan gegarandeerd worden.
De uitdaging ligt vooral in het vinden van een geschikte reinigingstechniek voor de bakstenen en het voegwerk. Er werden stalen geplaatst met verschillende technieken die samen met het WTCB geëvalueerd werden.
Een reiniging met natte verzadigde stoom onder lage druk levert geen resultaat.
Een reiniging met warm water onder hoge druk heeft zeer zeker een effect, maar er wordt vermoed dat het schade kan aanrichten aan de gladde oppervlaktehuid van de bakstenen. De methode kan overwogen worden, maar dit dient met de nodige omzichtigheid te gebeuren.
Een chemische reiniging met een product op basis van een krachtig zuur (waterstoffluoride) lijkt ook een mogelijkheid. De reinigingskwaliteit staat vast en visueel kon geen beschadiging van de oppervlaktehuid van de baksteen geconstateerd worden. Wél kon in een aantal gevallen uitbloei van onoplosbare zouten worden vastgesteld (zichtbaar door een wit waas), maar dit hing af van het ene tot het andere testvak. Het is van groot belang volgende aandachtspunten nauwgezet op te volgen. Er dient een voorbenatting van de gevel te gebeuren. Er moet overvloedig gespoeld worden. Er wordt best gewerkt in vertikale stroken over de volledige gevelhoogte. Er moeten overal dezelfde inwerkingstijden gerespecteerd worden. De producten worden best in crèmevorm toegepast. En glas moet zo goed mogelijk beschermd worden. Fluoridezuren tasten immers glas aan, zelfs als ze er niet fysiek mee in aanraking komen. Waterstoffluoride verdampt immers en kan ook in dampvorm schade aanrichten.
In een poging om een product te vinden dat minder agressief is voor het milieu en handiger in gebruik (zonder residu) worden later bij de proefrestauratie (zie lager) nog drie peel-off

reinigingspasta's getest. Een eerste pasta geeft een goed resultaat voor de voegen, maar zo goed als geen resultaat aan het bakstenen oppervlak. Bij een tweede pasta kan moeilijk gezegd worden welk resultaat deze reiniging heeft aangezien het product bijzonder moeilijk te verwijderen valt. Een derde pasta geeft een goed resultaat voor het voegwerk en een matige reiniging van het oppervlak.

5.2. Herstel van onoordeelkundige reinigingen uit het verleden

Het paramentmetselwerk van De Zwemschool vertoont op verschillende plaatsen schade door vroegere reinigingen of herstellingen. Er zijn zones waar er vermoedelijk geschuurd of gezandstraald werd. Op deze plaatsen is de betreffende baksteen haar kenmerkende matte glazuurlaag verloren. Hierdoor is de baksteen veranderd van uiterlijk, waardoor deze opvalt in het gevelvlak. Om deze vorm van schade te herstellen, wordt er geopteerd om proefstalen te plaatsen d.m.v. een lazuurlaag die zich bindt met de ondergrond.

© PRC, materiaal- en bouwtechnisch vooronderzoek, 2020
Figuur 5

In eerste instantie wordt een proef gedaan met een lazuurlaag zonder pigment om zo meer diepte te creëren in het gezandstraalde oppervlak. Het gebruikte product was een lazuur sol-silicaatverf van Keim. Dit geeft echter geen resultaat. Ook na het twee maal aanbrengen van de lazuur kan er geen verschil met de onbehandelde steen worden waargenomen.

© PRC, materiaal- en bouwtechnisch vooronderzoek, 2020
Figuur 6

Nadien wordt een proef gedaan met een sterk verdund gepigmenteerd staal bestaande uit 1/8e deel Restauro Lasur op 7/8e delen Restauro Fixatief. Dit sterk verdund staal geeft wel een goed resultaat. Er is duidelijk een verschil op te merken tussen de behandelde en de onbehandelde zone. De baksteen geeft in deze situatie opnieuw meer diepte doordat de steen iets donkerder en minder dof kleurt.

© PRC, materiaal- en bouwtechnisch vooronderzoek, 2020

Figuur 7

5.3. Baksteen

Voor de baksteen werden er in situ wateraborptietesten gedaan. De druksterkte, droogsnelheid en vorstweerstand werden in labo onderzocht.
De waterabsorptie blijkt bijzonder laag. Zelfs de uitschieters van 1,6 en 2,1 ml (absorptie gedurende 10 minuten) blijven ver onder die van een 'normale' baksteenwaarde. Een gebruikelijke handvormsteen heeft typisch waterabsorptiewaarden in de orde van 40 à 50 ml. We moeten wel opmerken dat de baksteen in de school een strengperssteen is, die een poriënstructuur heeft die lagere waterabsorpties oplevert.
De verklaring moet naar alle waarschijnlijkheid gezocht worden in de gladde oppervlaktelaag. De initiële hypothese dat het metselwerk in het verleden gehydrofobeerd zou zijn, bleef niet overeind na visuele vaststellingen op benatte breukvlakken. De gladde oppervlaktelaag blijkt een zoutglazuur te zijn. Bakstenen uit die periode kregen wel vaker zo'n afwerking. Zoutglazuur is een chemische verbinding tussen een keramisch oppervlak en zout. Het ontstaat door aan de baksteen tijdens het bakproces zout of soda toe te voegen, bij een temperatuur tussen de 1100°C en 1250°C. Het natrium werkt als smeltmiddel waardoor het oppervlak van het keramiek smelt tot een glasachtige laag terwijl de massa eronder onveranderd blijft. Dit verklaart meteen ook de bijzonder lage droogsnelheid. Het zoutglazuur creëert een erg drogingsremmende en weinig waterdampdoorlatende oppervlaktelaag.
Aangezien de droogsnelheid van de gevels erg laag is, is het ook van belang dat er bij herstellingswerken baksteen wordt gebruikt die weinig water absorbeert. Men dient immers te vermijden dat absorberende bakstenen her en der in de gevels terechtkomen, waarna dit vocht zich in de gevel verspreidt en vervolgens verder niet eenvoudig meer kan drogen. Daarnaast wordt de toepassing van binnenisolatie ook afgeraden.
Wat de vorstbestendigheid betreft stellen we vast dat de stenen uit beide bouwfasen nagenoeg geen vorstschade vertonen. Nochtans stellen we visueel vast dat heel wat bakstenen in de gevel wél vorstschade vertonen. Toch zijn de labo-resultaten niet in strijd met de visuele resultaten. Men kan immers vermoeden dat destijds de productiecontinuïteit niet helemaal op punt stond, waardoor er variatie in materiaaleigenschappen voorkomt. De ontnomen stalen waren bakstenen in goede staat. Deze zijn reeds een 80-tal jaren blootgesteld aan de weersomstandigheden. De proeven hebben aangetoond dat deze stenen ook aan hedendaagse vereisten voldoen, en dat er daarom ook geen reden is om te vrezen dat ze

alsnog schade zouden kunnen ondergaan in de toekomst. Besluit hieruit is dan ook dat bij herstelling van de gevelmaterialen, we de onbeschadigde stenen gewoon kunnen laten zitten, naar verwachting zullen deze niet verder degraderen.
Wat de druksterkte betreft kunnen de bakstenen uit beide bouwfasen als identieke materialen beschouwd worden (14,7 N/mm² voor BF 1, 13,3 N/mm² voor BF2). Bij herstellingswerken van individuele bakstenen, zowel als grote stukken metselwerk, is het raadzaam om vervangmateriaal te gebruiken dat qua druksterkte niet te zeer afwijkt van de eigenschappen van het oorspronkelijke materiaal om te grote spanningsconcentraties te vermijden.

5.4. Mortel

Stalen van de oorspronkelijke voegmortels werden petrografisch en scheikundig geanalyseerd. De gebruikte mortels waren rijk aan bindmiddel met (in massa uitgedrukt) 1/3^{e} bindmiddel (Portlandcement) en 2/3^{e} granulaat (fijn- tot mediumkorrelig zand). Fijn zand en mortels rijk aan bindmiddel zijn nadelig voor respectievelijk voor de vorstbestendigheid en de kwaliteit van de mortel. Beide factoren samen verklaren voor een stuk de lokale verpoedering en de talrijke herstellingen die in het verleden werden uitgevoerd. Voor de herstelling is het dus aangewezen om een gewijzigde samenstelling te kiezen.

5.5. Beton

Om een gepaste methode voor betonherstelling te kunnen beschrijven, werden het chloridengehalte, de carbonatatiediepte en de druksterkte onderzocht.
De gemeten chloridengehaltes[1] bleken bijzonder laag. De strengste limiet voor chloriden in verhard beton met wapening bedraagt 0,20% van de cementmassa in het beton. Zelfs zonder exact te weten hoeveel de cementmassa bedraagt in het beton, konden we besluiten dat de gemeten chloridengehaltes ruim onder de maximaal toelaatbare grens zitten, en er dus geen probleem is met het chloridengehalte.
De carbonatatiediepte voor beton uit beide bouwfasen bedraagt 1 tot 3 mm (de oppervlaktecementering niet meegerekend). Alle in de boorkernen waargenomen wapeningen zitten aanzienlijk dieper dan deze 3 mm waardoor we kunnen besluiten dat wapeningscorrosie door carbonatatie erg onwaarschijnlijk is.
De druksterktes voor de eerste en tweede bouwfase situeren zich niet helemaal in dezelfde grootte. Het beton uit de eerste bouwfase schijnt licht hogere druksterktes te hebben. De gemeten waardes zijn, in gewapend beton, echter allemaal aanvaardbare waardes.

5.6. Afwerking betonnen elementen

5.6.1. Onderzoek

De originele lastenboeken van Van Averbeke vermelden een glazuurcementbezetting als afwerking voor de onderzijde van de luifels op de speelplaats en een afwerking in simili-pierre bezetting voor de overige betonnen elementen. De beschrijvingen hiervoor in de bestekken van de verschillende oprichtingsfases zijn evenwel erg beknopt, waardoor geen duidelijk beeld gevormd kan worden van de samenstelling en uitvoering van de originele afwerkingen.
De betonnen gevelelementen werden bovendien overschilderd in de jaren, vermoedelijk om later uitgevoerde herstellingen – en bijhorende kleurverschillen – te verbergen. Hierdoor zijn de oorspronkelijke afwerkingen niet meer zichtbaar.
Het vooronderzoek wil door middel van gecontroleerde vrijleggingen, staalnames en laboratoriumonderzoek een beter beeld krijgen van de oorspronkelijke afwerkingen van de betonnen elementen, hun samenstellingen en hun uitzicht, zoals Van Averbeke voor ogen had,

[1] <0,012% (BF1) en <0,009% (BF2), uitgedrukt als massa% van het totale verharde beton

teneinde deze bij de geplande gevelrestauratie op een (historisch) correcte wijze terug te kunnen brengen.
Het onderzoek bevestigt de oorspronkelijke afwerking van de onderzijde van de luifels met een glazuurcementbeton of glansbeton. Deze had een warm goudgele kleur die refereerde naar de kleur van het bakstenen metselwerk. De omlijsting van de luifels, de gevellijsten en raamomlijstingen waren oorspronkelijk afgewerkt met korrelige blauwgrijze cementbepleistering of simili-pierre. De kleur van de simili-pierre trachtte de kleur van de blauwe hardstenen gevelelementen te benaderen.
Op een zestal onderzoekslocaties wordt getracht om de oorspronkelijke afwerking vrij te leggen. Globaal gezien bevinden zich bovenop de oorspronkelijke afwerking telkens twee recente afwerklagen. Deze zijn gebroken wit (huidige zichtbare afwerking) en geel (tweede afwerklaag), beide synthetisch. Beide afwerklagen bevinden zich zowel op de luifellijsten (randen) als het luifelvlak onderaan, maar ook op de raamomlijstingen en de luifels en gevellijsten aan de buitengevel. De gebroken witte afwerklaag lost eenvoudig op na het aanbrengen en inwerken van een décapant of verfafbijtmiddel. De verflaag begint enorm te blazen en laat eenvoudig los van de onderliggende afwerking. Dit geldt zowel voor de elementen die oorspronkelijk afgewerkt werden in simili-pierre als in glazuurcementbeton.
De tweede gele afwerklaag kent een sterkere hechting met de onderliggende afwerking, voornamelijk met de simili-pierre. Dit is wellicht te wijten aan het poreuze en open karakter van de onderliggende oorspronkelijke simili-pierre afwerking Tijdens het oplossen van deze gele verflaag, na het inwerken van de décapant, is het niet eenvoudig om de verflaag effectief te verwijderen of af te halen van de poreuze ondergrond. De eigenschappen van de ondergrond zorgen ervoor dat de verflaag zich meer hecht in de ondergrond door er letterlijk in te trekken. We kunnen stellen dat de ondergrond hier wellicht op veel plaatsen te open was en een te zuigend karakter had, alvorens nieuwe verflagen zonder een geschikte preparatielaag werden aangebracht.

N°	Kleur	Functie	Beschrijving	Referentie
D		Drager	gewapend beton	
1	blauwgrijs	Afwerking	grofkorrelige cementbepleistering met ruw oppervlak, vermoedelijk blauwe hardsteenimitatie	
2	lichtgeel		synthetische verflaag die erg in de ondergrond is gedrongen tijdens het aanbrengen	
3	gebroken wit		recente synthetische verflaag	

© PRC, materiaal- en bouwtechnisch vooronderzoek, 2020

Figuur 8

Ook het vrijleggen van de glazuurcement afwerking (luifels speelplaats, onderaan) is niet geheel eenvoudig. Dit is te wijten aan de eigenschappen van de onderliggende preparatielaag. Deze laag betreft een soort olieachtige (zalmroze) plamuurlaag die werd aangebracht op de oorspronkelijke glanzende afwerking. Vermoedelijk werd dit gedaan omdat er met de oorspronkelijke afwerking in glazuurcementbeton geen goede hechting kon bekomen worden bij het aanbrengen van nieuwe synthetische verflagen. Deze preparatielaag zorgt er dus voor dat de gele verflaag ook hier moeilijk te verwijderen is, wat een logisch gevolg is.

N°	Kleur	Functie	Beschrijving	Referentie
D	grijs	Drager	beton, niet afzonderlijk vrijgelegd	
1	warm goudgeel	Afwerking	glazuurcementbeton, dunne harde laag	
2	zalmroze		dunne olieachtige plamuurlaag	
3	lichtgeel		synthetische verflaag	
4	gebroken wit		huidige afwerklaag, vermoedelijk latex	

© PRC, materiaal- en bouwtechnisch vooronderzoek, 2020

Figuur 9

Naast proeven met verfafbijtmiddelen worden ook stalen geplaatst met behulp van wervelrotatiestralen en droogijsstralen. Beide worden toegepast met als doel de vrijlegging van de oorspronkelijke afwerking.
Het vrijleggen van het glazuurcement geeft een goed resultaat met een beperkt effect op de glansgraad. Nagenoeg alle restanten van de hardnekkige plamuurlaag verdwijnen bij de reiniging, maar er worden tegelijk lacunes gecreëerd.
Het droogijsstralen heeft nauwelijks effect op de glazuurcementbezetting maar geeft wel een goed resultaat op de simili-pierre aan de rand van de luifel. Het droogijsstralen is zachter waardoor het geen lacunes maakt in het materiaal. Het zal wel meer tijd in beslag nemen.

Afb.: Links: droogijsstralen, Rechts: wervelrotatiestralen

© PRC, materiaal- en bouwtechnisch vooronderzoek, 2020

Figuur 10

5.6.2. Restauratie-opties

Simili-pierre

De betonnen drager is op vele plaatsen sterk beschadigd. Het beton is vaak reeds afgesprongen waardoor de wapening bloot komt te liggen. De betonnen drager moet dus eerst grondig geïnspecteerd en waar nodig hersteld en behandeld worden. Voor de afwerkingen in simili-pierre zal het daarom nodig zijn om de huidige nog aanwezige simili-pierre op die plaatsen te decaperen om inspectie en herstelling mogelijk te maken. Ook omwille van het moeilijk vrij te leggen poreuze karakter, zoals eerder aangehaald, is het decaperen een valabele optie. Het oorspronkelijke karakter van de simili-pierre is bovendien vrij zwak en poederig. Hierna kan de nieuwe simili-pierre worden aangebracht naar historisch model en dus met de juiste kleur, dikte (1cm), samenstelling en verhoudingen. Het visuele aspect is hierbij erg belangrijk. Het opnieuw aanbrengen laat toe om de eigenschappen en het zwakke karakter te verbeteren naar een meer duurzaam materiaal.

Op basis van de analyses zal er een materiaal samen gesteld worden dat geschikt is om natuursteen te imiteren. Het materiaal moet aangebracht kunnen worden zoals mortel of pleister en moet op kleur gebracht kunnen worden. De betonnen drager moet eerst voorbereid worden om een goede hechting met de nieuwe simili-pierre afwerking te kunnen garanderen. Deze voorbereidende laag is noodzakelijk omdat beton een grote dichtheid en gering zuigvermogen heeft en daardoor niet geschikt is om er een (cement)pleisterlaag zoals simili-pierre rechtstreeks op aan te brengen.

Een concreet stappenplan bestaat uit volgende werken:

- Optioneel bij plaatselijk decaperen: reiniging/vrijlegging simili-pierre door middel van droogijsstralen.
- Plaatselijk of volledig decaperen van huidige simili-pierre ter inspectie/herstel van betonnen drager.

- Plaatselijk of volledig behandelen van betonnen drager met een hechtbrug.
- Plaatselijk of volledig opnieuw aanbrengen van simili-pierre op basis van oorspronkelijk uitzicht.

Glazuurcementbeton
Op basis van het onderzoek zijn er twee opties voor restauratie.
Enerzijds kan ervoor gekozen worden om het glazuurcement volledig vrij te leggen door middel van wervelrotatiestralen. Deze methode legt de originele afwerking bloot, maar creëert eveneens lacunes. Hierbij moet er dus vervolgens worden geretoucheerd in deze zones.
Een concreet stappenplan bestaat uit volgende werken:
- Reiniging/vrijlegging glazuurcement door middel van wervelrotatiestralen.
- Plaatselijk invullen van de afwerklaag door middel van het uitplamuren van lacunes en retoucheren.

Anderzijds is het ook mogelijk om het glazuurcement te reconstrueren. Hierbij moeten in eerste instantie alle losse resten van verf- en plamuurlagen afgestoken worden. Hierna worden de meest recente verflagen zo goed mogelijk gedecapeerd om de oorspronkelijke structuur van het glazuurcementbeton opnieuw zichtbaar te maken. Om de verflagen af te halen wordt best gebruik gemaakt van een combinatie van verfafbijtmiddelen en mechanische verwijdering. Vervolgens wordt de ondergrond voorbereid om een goede hechting met de nieuwe verflaag te kunnen garanderen. Hierbij wordt de ondergrond opgeschuurd, dun uitgeplamuurd en eventueel voorzien van een primer die compatibel is met de ondergrond, oude afwerklagen en het nieuwe verfsysteem. Het nieuwe verfsysteem moet een licht glanzend uiterlijk hebben om het oorspronkelijke karakter van het glazuurcementbeton zo dicht mogelijk te benaderen. De nieuwe verfsoort moet goed resistent zijn tegen vocht, schimmel en vuil. Ze moet bovendien glad, goed reinigbaar, waterdampdoorlatend en structuurbehoudend zijn.
Een concreet stappenplan bestaat uit volgende werken:
- Reiniging ondergrond door middel van verfafbijtmiddelen en mechanische verwijdering.
- Uitplamuren van de ondergrond ter voorbereiding van het nieuwe verfsysteem.
- Aanbrengen van het nieuwe verfsysteem.

Tussen deze twee methodes zal een afweging moeten worden gemaakt. Afhankelijk van de toestand van de betonnen drager en de eventuele noodzaak voor herstel en behandeling van de drager kan die afweging voor de verschillende gevels afzonderlijk worden gemaakt.

5.7. Parementmetselwerk

5.7.1. Onderzoek
Het parementmetselwerk in gele gladde baksteen vertoont een specifiek schadebeeld met scheurvorming en afschilferende bakstenen. Door het gebruikte type baksteen, waarbij de gele kleur en gladde afwerking voornamelijk gerealiseerd worden in de oppervlaktelaag van de baksteen en het achterliggende materiaal eerder oranje en donkerder kleurt, zorgt het afschilferen van de bakstenen voor een gewijzigd uitzicht van de oorspronkelijke strakke (gele) gevels.
Om het oorspronkelijke uitzicht van de gevels zo goed mogelijk te herstellen met een maximaal behoud van het oorspronkelijke materiaal, wil het vooronderzoek de bouwtechnische mogelijkheden van de verschillende restauratie-opties en de toepasbaarheid van de verschillende uitvoeringsmethodes en producten in situ onderzoeken aan de hand van proefstalen en - restauraties. Het bouwtechnisch vooronderzoek beoogt in onderling overleg tussen de verschillende partijen een afwegingskader te bepalen voor de restauratie van het gevelmetselwerk, waarin de geschikte technieken en hun toepassingsgebied worden vastgelegd met het oog op het maximale behoud van het oorspronkelijke materiaal en het beste resultaat voor de gevelrestauratie.
Aanvullend op de reeds uitgevoerde proefreiniging worden testen gedaan met verschillende peel-off reinigingspasta's (zie hoger). Deze pasta's verwijderen echter voornamelijk vuil uit het voegwerk en geven zo goed als geen resultaat aan het bakstenen oppervlak. De conclusie uit

de vorige proefreiniging wordt daarmee bevestigd. Het beste resultaat wordt bekomen met behulp van een chemisch reinigingsmiddel op basis van een krachtig zuur. Het product moet sterk verdund aangebracht worden en maximaal 2x na elkaar. Sterker reinigen zou een verbleekt resultaat en/of een witte waas opleveren.

5.7.2. Restauratie-opties

Na het uittesten van verschillende methodes en producten komen we voorlopig tot volgend stappenplan:

- Reinigen

Afb.: Proeflocatie 2 voor (links) en na (rechts) de voorafgaande reiniging.

© PRC, materiaal- en bouwtechnisch vooronderzoek, 2020

Figuur 11

- Sterk beschadigde of gebarsten bakstenen vervangen

Afb.: Proeflocatie 2: uitslijpen en vervangen van te sterk beschadigde bakstenen.

© PRC, materiaal- en bouwtechnisch vooronderzoek, 2020

Figuur 12

- Grote lacunes in minder sterk beschadigde bakstenen invullen met restauratiemortel

Afb.: Proeflocatie 2: invullingen met restauratiemortel RM Pro.

© PRC, materiaal- en bouwtechnisch vooronderzoek, 2020

Figuur 13

- Egaliseren van beschadigde en herstelde bakstenen met sol-silicaatverf

© PRC, materiaal- en bouwtechnisch vooronderzoek, 2020
Figuur 14

5.7.3. Conclusie en uitdagingen

De onderzoeken en de proefrestauratie zijn bijzonder waardevol gebleken en hebben veel inzicht gebracht in de mogelijkheden om het specifieke schadepatroon van de Zwemschool te herstellen. Door verschillende methoden en producten uit te testen, weten we nu wat wel en wat niet werkt voor dit project. Gezien de beperkte omvang van de proef kon de vervangsteen jammer genoeg nog niet op maat vervaardigd worden. Contacten met baksteenfabrikanten geven ons echter voldoende vertrouwen dat we met ‘projectstenen’ een goed resultaat kunnen bekomen.

Het aanbrengen van zoutglazuur op bakstenen wordt tegenwoordig niet meer toegepast omdat hierbij grote concentraties chloor ontstaan in de rookgassen, wat verboden is, en het chloor bovendien de ovens en de leidingen aantast waardoor de levensduur van de oven drastisch daalt. Een combinatie van een zorgvuldige mengeling van de juiste kleisoorten met procédés van oxiderend bakken en/of het engoberen van bakstenen moet het echter mogelijk maken om bakstenen te realiseren die de bestaande heel goed zullen benaderen.

Bij de toekomstige restauratie zullen de gevels eerst gereinigd worden op basis van de resultaten van de proefreiniging. Het chemisch reinigingsproduct dat bij de proefrestauratie het beste resultaat gaf, is inmiddels helaas niet meer te verkrijgen omdat het niet meer voldoet aan de strenger geworden milieu-eisen. Nieuwe proeven zullen dus zeker noodzakelijk zijn. Er zal ook bijkomende aandacht nodig zijn voor het bekomen van de juiste kleur voor het voegwerk.
De uitdagingen voor de uiteindelijke restauratie zullen er vooral in liggen om een goede afweging te maken en een goed evenwicht te vinden tussen het herstellen van bakstenen enerzijds en het vervangen van bakstenen anderzijds. Daarbij moet er een werkmethodiek ontwikkeld worden waarbij zones van het metselwerk in bepaalde schadecategorieën onderverdeeld worden die gekoppeld worden aan een bijhorende restauratiestrategie. Uiteraard is het daarbij ook belangrijk om tot een restauratie te komen die verantwoordbaar is op gebied van tijdsbesteding, efficiëntie, rendabiliteit en duurzaamheid.

HET ONTSTOREN VAN DE GEVELS VAN HET KONINKLIJK PALEIS AMSTERDAM

Hans Vlaardingerbroek
Bureau Vlaardingerbroek

1. Inleiding

In dit artikel wordt ingegaan op de aanpak van de gevels van het Koninklijk Paleis Amsterdam (hierna KPA of Paleis) bij de restauratie van 2009 – 2011 en de werkzaamheden die op de planning staan.
Het paleis is tussen 1648 – 1667 naar plannen van architect Jacob van Campen (1596-1657) gebouwd als stadhuis van Amsterdam. Uitgebreid op de bouw- en bewoningsgeschiedenis van het gebouw ingaan, valt buiten het bestek van dit artikel [1], maar in het kort kunnen de volgende hoofdbouwfasen worden aangehouden.

1. Bouw van het stadhuis, 1648 - 1667, architect Jacob van Campen (1596 - 1657).
2. De vernieuwing van de kap van de Burgerzaal (1703 – 1708).
3. Onderhoud en aanpassingen door Jacob Eduard de Witte (1738 – 1809): verankeringen van beelden op het dak, 1772 - 1773.
4. De verbouwing van het stadhuis tot Paleis (1808-1810): het paleis van het Koninkrijk Holland; architecten Jean-Thomas Thibault (1757 - 1826) en Bartolomeus Ziesenis (1768 - 1820).
5. De renovatie en reconstructie in de twintigste eeuw (1913-1968).
6. De restauratie in de 21e eeuw (2005 – 2011) onder leiding van Krijn van den Ende (*1949). In de eerste jaren heeft men zich vooral op het interieur gericht en van 2009 – 2011 zijn de gevels ter hand genomen.

De gevels, daken, schoorstenen, beelden op de timpanen, de hoekbekroningen en de toren – dus eigenlijk het grootste deel van de bouwmassa - dateren uit de eerste bouwfase.
De intensieve verbouwing in het begin van de 19e eeuw (bouwfase 4) heeft zich vooral op het interieur gericht, maar heeft tevens geresulteerd in de vernieuwing van de vensters in de buitengevels en een groot deel van de binnenplaatsgevels. Deze vensters zijn op hun beurt in de 20e eeuw (bouwfase 5) vervangen door dubbele stalen vensters die gezien moeten worden als een reconstructie van de oorspronkelijke raamverdeling, maar dan in modern materiaal.
Ook in het interieur heeft men op grootschalige wijze aanpassingen gedaan die erop gericht waren het 17e-eeuwse architectuurbeeld te herstellen.
Zowel in de jaren ’10 als in de jaren ’30 van de 20e eeuw werden herstellingen aan de timpanen uitgevoerd: in de jaren ’10 met name in ciment-métallique (een natuursteenreparatiemortel) en in de jaren ’30 in zandsteen (oostzijde) en Euville (westzijde). Vanaf die tijd zijn er ook reparaties aan de buitenschil van Obernkirchener en Bentheimer steen uitgevoerd, waarbij soms gehele blokken vervangen zijn. Dit soort vervangingen heeft zowel tijdens de restauratie van 1913 – 1968 als tijdens de restauratie in 2009 – 2011 (de jaren dat het exterieur onder handen genomen is) plaatsgevonden. Veel van deze reparaties tekenden zich af door de lichtere kleur van de steen, een lichtere kleur die sterk afstak tegen de verweerde oppervlakten van het oorspronkelijk materiaal. In de jaren ’60 vond nog een ingreep plaats die het architectonisch beeld van het paleis zou bepalen: de oorspronkelijke voegen die slechts een paar millimeter breed waren, werden uitgefreesd tot een breedte van een ruime centimeter en daarna voorzien van een cementvoeg. Of een vochtprobleem of een misplaatste opvatting over de gewenste uitvoering van voegwerk de directe aanleiding was deze ingreep te doen, is onbekend. Feit is wel dat het uiterlijk van de gevels door deze ingreep werd aangetast omdat de zandstenen gevels zich eerst bijna als monoliet voordeden, terwijl na de ingreep de blokken veel beter van elkaar te onderscheiden werden.

In deze bijdrage komt de aanpak van de gevels in 2009 – 2011 aan de orde. Ingegaan zal worden op de voorgeschiedenis, de voorstellen, de controverses en het uiteindelijke resultaat. Later zal aan de orde komen wat dit alles betekent voor de aanpak van de toren, het enige deel van de natuurstenen gevels dat in 2009 – 2011 niet gerestaureerd is, als gevolg van bezuinigingsmaatregelen tijdens uitvoering van het project.

2. De voorgeschiedenis

De wens de gevels van het Paleis schoon te maken ontstond als in de jaren ’80 bij de architect Hans Mol van de Rijksgebouwendienst (de voorloper van het huidige Rijksvastgoedbedrijf RVB). Hans Mol was architect en Hoofd bij het Bureau Restauratiewerken van de Rijksgebouwendienst. Hij had een sleutelrol bij werkzaamheden aan de paleizen tot zijn afscheid in 2005.
Bij Kerngroep Rijksmonumenten bij de Bureau Rijksbouwmeester – net als het eerder genoemde Bureau Restauratiewerken een afsplitsing van het Landelijk Bureau Rijksmonumenten van de Rgd - werkte in die tijd Bert van Bommel (vorig jaar (2021) met pensioen gegaan) als adviseur monumenten. Deze schreef in 2001 een memo[2] over de – niet al te beste - staat van het exterieur van het Paleis: het gebouw was volgens de schrijvers duidelijk dringend aan onderhoud toe. Dit was de eerste keer dat door Rijksgebouwendienst en Bureau Rijksbouwmeester over de staat van onderhoud en de kleur van de gevels werd gesproken.
Rond die tijd (2002) had ook Kamervoorzitter Frans Weisglas, Kamervoorzitter van de Tweede Kamer [3] de vraag opgeworpen of de verweerde gevels – hij zal vast het woord ‘vervuilde’ gebruikt hebben - gevels van twee onderdelen van het Tweede Kamercomplex niet gereinigd konden worden. Dit betrof het Stadhouderlijk Kwartier aan het Binnenhof - het bouwdeel waarin ook de Plenaire zaal van de Tweede Kamer van 1776 tot 1992 gehuisvest was [4] - en de voorgevel van het voormalige Logement van Amsterdam aan het Plein. Het verzoek kwam terecht bij de eerder genoemde Bert van Bommel van het Bureau Rijksbouwmeester.
Iets eerder speelde al de kwestie rond de reiniging van de gevels van het Rotterdamse stadhuis waarbij lasertechniek werd toegepast [5]. In het krantenartikel in Trouw uit 2000 wordt gesproken over de proefnemingen met laser. De titel is in het licht van wat volgen zal veelzeggend: ‘Hoe wit wordt het stadhuis?’. Een jaar later is men gestart met de reiniging van de gevels met laser hoewel een deel ook door middel van microstralen is gereinigd [6].
Ook bij het (Nieuw) Stadhouderlijk kwartier werden diverse reinigingstechnieken uitgeprobeerd, waaronder ook lasercleaning [7]. Aan de overzijde, bij de galerij van de Eerste Kamer (het Oud Stadhouderlijk Kwartier) werd niet gereinigd maar werd een techniek uitgeprobeerd waarbij krijtpigmenten vermengd met een kiezelzure ester (silicaat - een systeem van Jahn) werd verspoten om de zandsteen op subtiele wijze op kleur te brengen. In beide gevallen is het hier bij proeven gebleven.
De kennis opgedaan uit deze proeven werd ingezet bij het Paleis. Onder begeleiding van TNO Bouw en Ondergrond en in opdracht van De Rijksgebouwendienst (Hans Mol) werden in 2004 – 2005 diverse onderzoeken uitgevoerd. Eerst werd een literatuuronderzoek uitgevoerd waarin de kennis en stand van zaken ten aanzien van vervuiling/verwering respectievelijk het reinigen van zandstenen gevels werd beschreven. Met de kennis uit dit literatuuronderzoek werd een viertal methodes van reiniging in het werk – dus in situ bij het Paleis – beproefd [8]. De vraag naar de ontstoring van de gevels van het Paleis liep met enige vertraging parallel met de restauratie van het interieur van het Paleis, waarmee men in 2005 begonnen [9]. Bij de aanpak van het exterieur vormde het herstel en ontstoring van de verweerde zandsteen een belangrijk vraagstuk, naast vragen ten aanzien van de marmeren timpanen en niet te vergeten de kleur van de vensters. De architect Krijn van den Ende die ook met het interieur belast was, en adviseur Bert van Bommel van de Rijksgebouwendienst schreven een visie op de restauratie van het exterieur van het Paleis [10]. Bij het schrijven van dat essay werden ook de uitkomsten van de proeven op de gevels van het Nieuw Stadhouderlijk Kwartier en verwerkt. Daar had men proeven met kompressen, laser en wervelstralen uitgevoerd [11]. Vergelijkbare proeven

werden op de zuidwesthoek van de zuidgevel van het Paleis uitgevoerd. De fameuze foto van de 'geheimzinnige hand' getuigen van die proeven [12]. Deze proeven werden begeleid door Adviesburo De Vaal en uitgevoerd door de Duitse aannemer Bauer-Bornemann, die uiteindelijk de werkzaamheden aan het natuursteenwerk ook zou uitvoeren.
Deze proeven gaven het vertrouwen dat er geen noemenswaardige schade zou optreden bij het reinigen van de zandstenen van het Paleis. Daarom werd overgegaan tot een pilot aan de westzijde van de toren, de minst zichtbare zijde van de toren. In september 2009 waren de randvoorwaarden omschreven en in een notitie van de hand van architect Krijn van den Ende einde oktober nader uitgewerkt. De reiniging zou worden uitgevoerd door droog microstralen, plaatselijk gevolgd door een laserbehandeling. Naast de zandsteen – waarbij ook bezien zou worden of de opschriften van bloedstift (een soort rode krijtstift) uit de bouwtijd gezet met zogenaamde bloedstift - zouden ook proeven op de Carraramarmer worden uitgevoerd. Het retoucheren van zandsteen zou daarna als laatste behandeling worden ingezet. Na de reiniging door stralen en laser werd de ondergrond aan microscopisch onderzoek onderworpen door TNO Bouw en Ondergrond dat bij de gehele ontwerp- en proeffase betrokken bleef. Doel was vast te stellen of er geen schade optrad aan het zandsteen. De retouchering werd slechts op macroscopisch niveau (met het blote oog dus) beoordeeld.
Het bleek dat bij zorgvuldige uitvoering na het droog microstralen (met aluminiumsilicaat) zelfs losgeraakte scholletjes natuursteen ('*scaling*') onaangetast bleven. De mate waarin de natuursteen werd gereinigd en dus ontdaan werd van de zwarte verweringslaag varieerde vrij sterk: in sommige gevallen was er geen aanleiding tot een nadere reiniging, in andere bleek veel winst te behalen met een nadere reiniging met laser. In de uiteindelijke uitvoering is echter geen laser cleaning toegepast, enerzijds omdat met droog microstralen het gewenste, terughoudende resultaat behaald kon worden, anderzijds omdat het reinigen van de laser erg veel tijd kostte.

3. Uitvoering

De uitvoering van de werkzaamheden aan het exterieur vond plaats in 2009 tot 2011 onder leiding van architect Krijn van den Ende uit Den Haag. Aannemer was de firma Bauer-Bornemann uit Bamberg [13]. Dit bedrijf was aangedragen door Adviesburo De Vaal dat op vele toepasselijke referentieprojecten kon bogen, zoals het Stadhuis van Bamberg. De reden waarom men koos voor een Duitse firma was het gebrek aan capaciteit in Nederland.
De uitvoering van de werkzaamheden sloot aan bij de pilot. Per blok werd vastgesteld en op tekening vastgelegd welke werkzaamheden uitgevoerd moesten worden. In een aantal gevallen moest een deel of zelfs een geheel blok van het parementwerk of van de kroonlijst worden vervangen in Obernkirchener zandsteen. Dit nieuwe werk was vanzelfsprekend veel lichter van kleur dan het authentieke werk. Om het werk op kleur van het omliggende werk te brengen te brengen werd de steen met krijt bijgekleurd totdat de juiste kleur bereikt was. Dit gebeurde in dunne lagen, zodat het doel niet letterlijk voorbij werd geschoten. Pas bij het bereiken van de juiste kleur werd het krijt gefixeerd met een kiezelzure ester (Fixativ van Keim) [14]. Kiezelzure esters zorgen voor een chemische binding aan de kwarts in het zandsteen (of pleister), hetgeen een duurzame afwerking geeft.
Zoals gezegd werd bij het vaststellen van de uiteindelijke kleur gekeken naar het omliggende werk, maar ook naar de gehele gevel. De verweerde en vervuilde zandstenen werden met droog microstralen gereinigd. Doel bij dit reinigen bleef steeds het naar elkaar toebrengen van de kleuren van het zandsteen. Geheel blank of wit was in het geheel niet aan de orde, hoewel deze indruk wel was ontstaan bij het grote publiek als gevolg van een artikeltje in het Parool [15]. De omschrijving van de werkzaamheden door de Vrienden van de Amsterdamse Binnenstad (VVAB) op hun site is waarheidsgetrouwer, hoewel ook daar een gereserveerdheid ten aanzien van de reiniging werd uitgesproken [16].

Foto 1: Foto behorende bij het artikeltje van Ton Damen in Het Parool van 18 juni 2009 waarbij links een ‘Jan de Bouvrie-optie’ werd voorgeschoteld als resultaat van de restauratie. Foto ontleend aan https://www.parool.nl/nieuws/paleis-op-de-dam-wordt-weer-wit~b71aa3cf/.

Foto 2, 3, 4: Drie keer het Koninklijk Paleis gezien van de zijde van de Dam (boven Beeldbank SAA, ANWE00363000001, midden foto RVB, vóór 2009, onder foto Bureau Vlaardingerbroek 2021). Boven het beeld met de oorspronkelijke zandsteen bekleding, in het midden na de restauraties in de 20^{e} eeuw na vervanging van zandstenen blokken en onder na de laatste restauratie waarbij men de contrasten tussen de blokken heeft verkleind. Let ook op de verandering van de vensters.

Naast de bovenstaande werkzaamheden werd er nog een ingreep gedaan die (positieve) invloed had op de architectonische beleving van de gevels: de voegen die in de jaren ’60 op grove wijze waren ingebracht door de minimale, zeventiende-eeuwse voegen in te slijpen en na te voegen met een cementmortel, werden verwijderd en vervangen door een natuursteenreparatiemortel van Jahn. Deze werd wat textuur en kleur betreft afgestemd op het naastliggende zandsteenwerk (na reiniging). Als dat in orde was, werd er een heel dunne voeg in aangebracht, of misschien beter: gesimuleerd door een paar millimeter brede en diepe dagstreep aan te brengen.
Uiteindelijk zijn alle gevels op de voorgestelde wijze behandeld.

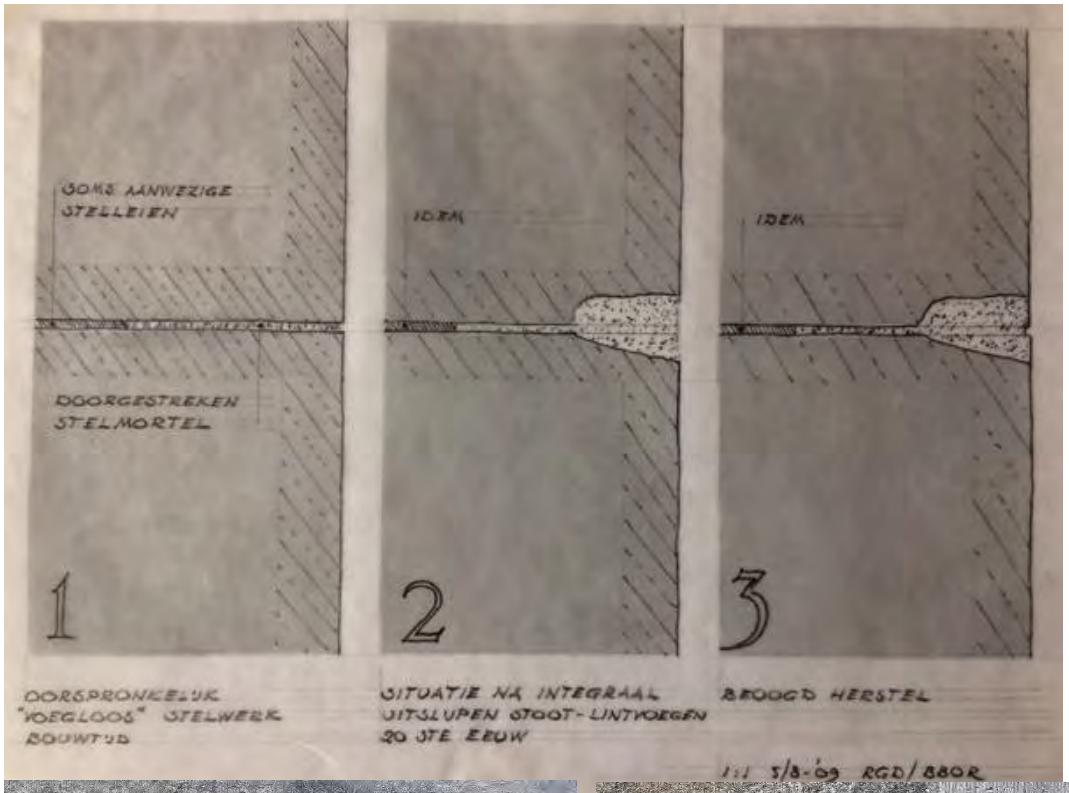


Foto 5, 6, 7: Principe van het oorspronkelijke (1), in de jaren ’60 aangebrachte (2) en in 2009 – 2011 herstelde voegwerk (3) tussen de zandsteenblokken. Tekening uit 2009 van BBOR/Krijn van den Ende. Onder twee foto’s die het verschil voor en na de werkzaamheden weergeven.

In 2011 werd het werk als gevolg van een bezuiniging voortijdig afgebroken. De toren, het timpaan aan de Nieuwezijds Voorburgwal en de zandstenen omlijsting (kroonlijst) van dat timpaan konden daardoor niet gerestaureerd worden [17].

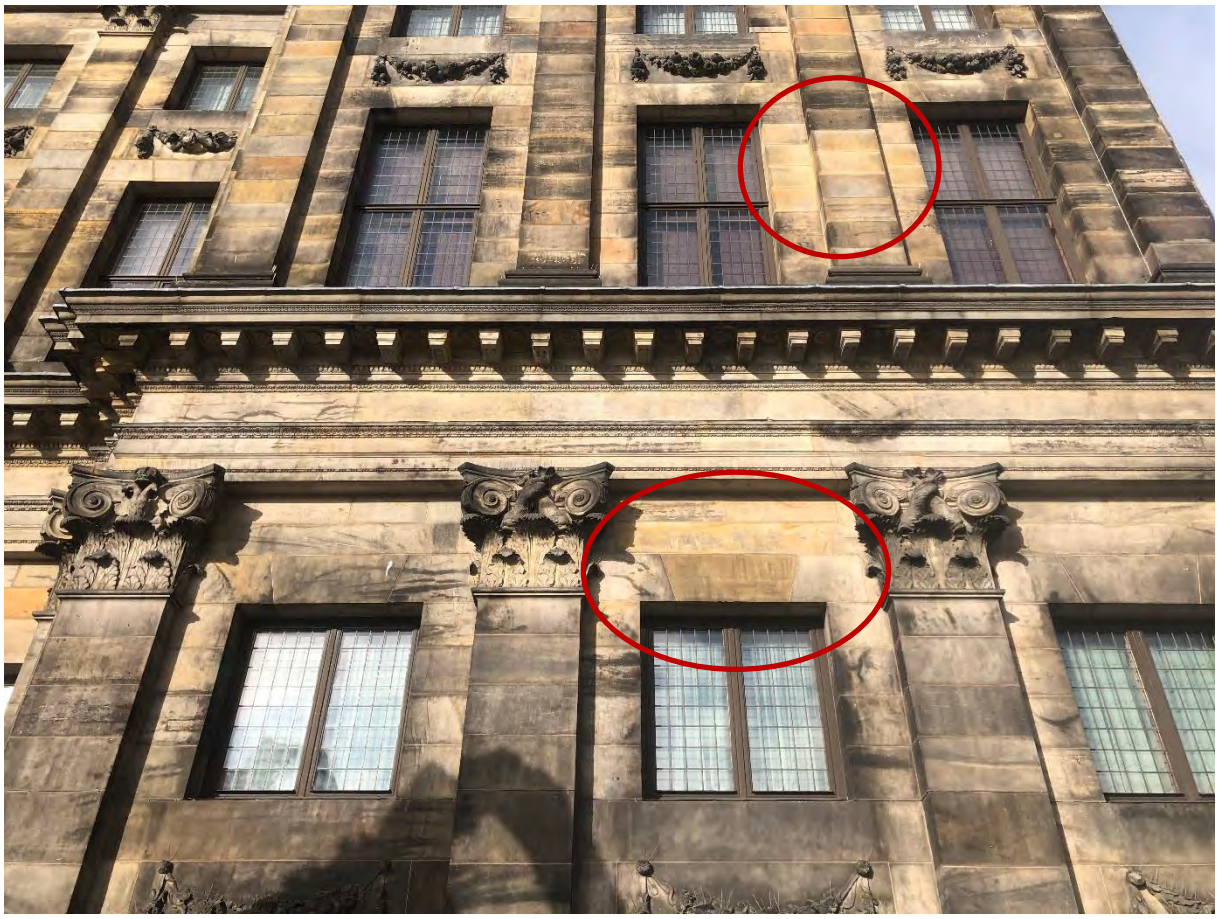


Foto 8: Detail van de gevel aan de Dam. Goed te zien is dat er nog steeds donkerder en lichter plekken zijn, maar dat het gehele beeld veel rustiger is geworden. In de rode ellipsen zijn stenen aangegeven die bijgekleurd zijn.

Foto 9: Deze foto toont goed hoe vervuild de Obernkirchener zandsteen voor het grootste deel is. Plaatselijk zijn ook zeer lichte delen zichtbaar: deze wijzen op degradatie van de steen. De veelvuldig aanwezige scheuren als gevolg van roesten doken en krammen zijn op deze foto minder goed zichtbaar.

4. De stand van zaken nu

In de afgelopen 11 jaar is de bouwkundige situatie van de toren sterk verslechterd. Er is veel scheurvorming door roestende doken en krammen opgetreden, met name in het vierkante basement van de toren. Ook de huidige toestand van de beelden en de diverse dakbedekkingen vragen de nodige aandacht. Het RVB is gevraagd om de technische staat van de onderdelen, die bij de vorige campagne niet aan bod zijn gekomen, vast te leggen en hiervoor een plan van aanpak voor technisch noodzakelijk herstel op te stellen. Dit betreft het hierboven genoemde timpaan met de zandstenen omlijsting aan de Nieuwezijds Voorburgwal, de toren, de dakbedekkingen, de beelden [18] die op de beide timpanen staan, de hoekbekroningen en het uurwerk.
Wat de zandstenen gevelvlakken betreft is de uitgangssituatie de restauratie van 2009 – 2011. In onze ogen heeft deze een rustig beeld gecreëerd, een beeld dat wij benoemd hebben als

‘een verouderd 17e-eeuws’ beeld. Immers, direct na de bouw van het stadhuis (paleis) contrasteerden de teruggelegde, donkere vensters sterk met de lichte zandsteen. Maar na verloop van tijd was de zandsteen verdonkerd, zodat het contrast tussen donkere vensters en een lichter gevelvlak was vervaagd [19]. Schilderijen uit de 18e eeuw laten juist die situatie zien.

Foto 10: Schilderij van Isaäc Ouwater, 1788 (RKD 0000136679). De gevels zijn donkerder geworden dan direct na de bouw. De vensters zijn ook donker. De restauratie van 2009 – 2011 heeft in zekere zin dit beeld hersteld.

In onze restauratievisie voor de komende werkzaamheden verwoorden wij het als volgt:
‘Het beeld van de verdonkerde zandsteen met donkere vensters is het gevolg van de restauratie van 2009 – 2011. Zowel de gevels van baksteen en zandsteen (grotendeels materialen daterend van de bouw; de zandsteen plaatselijk vernieuwd) als de 20e-eeuwse stalen vensters (het resultaat van de restauratievisie van De Bie Leuvelink Tjeenk) representeren een hoge monumentwaarde. […] Het totale architectuurbeeld van bruine vensters in een min of meer egale zandsteen bekleding wordt positief gewaardeerd. En de wijze waarop de herstellingen en ontstoringen aan de zandstenen gevel zijn uitgevoerd, verdient navolging.’
Daarbij is het van belang te weten dat de behandeling geen schade heeft berokkend aan de steen. En dat de behandeling blijvend en stabiel is. De onderzoeken van TNO voor en tijdens de pilot hebben aangetoond dat bij zorgvuldige uitvoering geen schade aan de zandsteen optreedt en dat het hygrisch gedrag van de steen niet of nauwelijks veranderd is. Blijft nog de

vraag hoe blijvend deze ingrepen zijn. De voegen, ten eerste, houden zich heel goed. Tot nu toe is er geen onthechting opgetreden en ook de kleur [20] en textuur houden zich goed. Ook de reiniging en de retouchering lijken zich heel goed te houden. Want hoewel het buitengewoon lastig is objectief vast te stellen in hoeverre bijvoorbeeld de gevels weer meer vervuiling of patina hebben gekregen of in hoeverre de krijt is afgespoeld [21], is het beeld dat direct na de werkzaamheden in 2011 is ontstaan, nog steeds aanwezig. Het gebouw oogt nog steeds rustig en ontstoord [22].
Ook kunnen de proefstukken uit 2009 op de west- en noordwestzijde van het ronde deel van de toren worden beoordeeld. Deze proefstukken zijn inmiddels 13 jaar aan weer en wind blootgesteld. Op het oog beoordeeld hebben de proeven zich zeker bewezen: de scheidslijnen tussen vlakken gereinigd met droog microstralen respectievelijk laser en niet gereinigde vlakken zijn nog zo duidelijk te zien als 13 jaar geleden. Het zou boeiend zijn de situatie ook op microscopisch niveau te vergelijken, zodat vastgesteld kan worden in hoeverre op de na reiniging toch altijd iets poreuzere oppervlakte weer vuil is aangehecht.
Voor deze laatste fase van de restauratie van het exterieur van het Koninklijk Paleis Amsterdam zullen de resultaten uit het onderzoek en de pilot en natuurlijk van de restauratie van de gevels in 2009 – 2011 zelf gebruikt worden. Ook zal zoveel mogelijk gewerkt worden met hetzelfde team als destijds. Zo zijn dezelfde adviesbureaus bij de voorbereiding betrokken. En zal idealiter dezelfde aannemer – liefst met dezelfde mensen – bij het werk betrokken worden. En ook nu weer zal blok voor blok beoordeeld en aangepakt worden. Alleen vakmensen en uiterste zorgvuldigheid doen recht aan dit monument dat RCE omschrijft als ‘Het alombekende monumentaalste gebouw van Nederland, beschrijving overbodig ("achtste wereldwonder").’[23]

Foto 11, 12: De pilot op de toren die in 2009 zijn uitgevoerd zijn vandaag de dag nog goed te herkennen. De twee zones zijn in de kaders aangegeven. De vaak zichtbare donkere strepen zijn op de zandsteen laten zitten om als referentie van vóór het reinigen te dienen. De blokken naast de deur zijn ook nog op kleur gebracht met krijt. De kleur was in 2009 al niet helemaal goed getroffen; er lijkt geen sprake van kleurverlies.
Onder een detail van de noordwestzijde, waar de gereinigde (1.) en niet-gereinigde (2.) delen nog goed van elkaar te onderscheiden zijn.

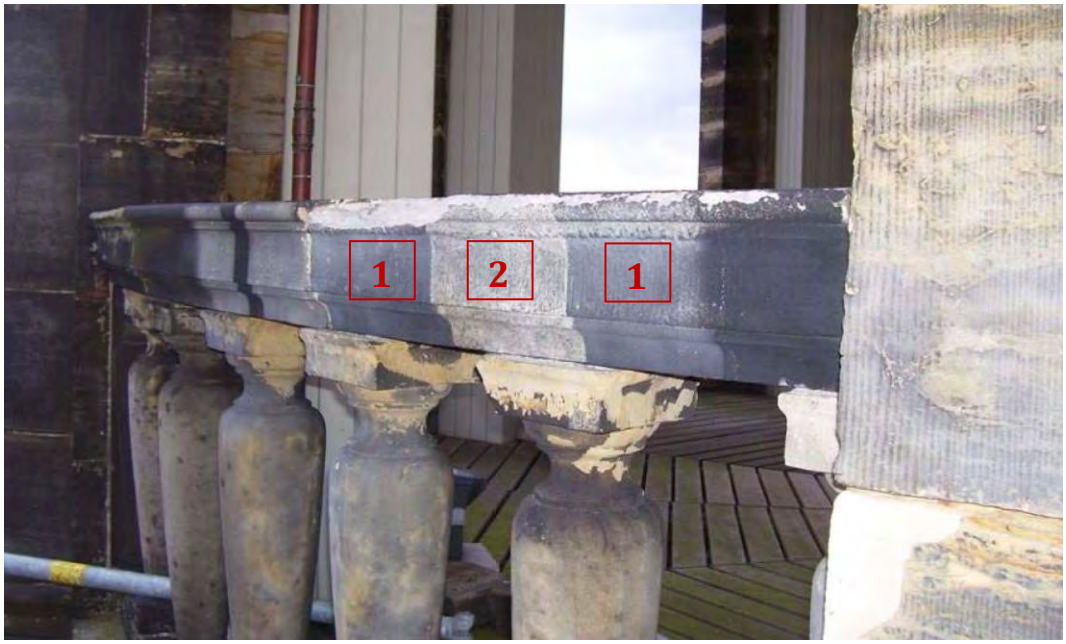


Foto 13, 14: Foto uit het rapport van TNO van 2009 gemaakt na de pilot op de toren. Onder een detail van een foto waarop hetzelfde deel te zien is, zij het achter een net. Bij 1. is slechts droog gestraald, bij 2. is ook met een laser gereinigd. De proeven zijn nog duidelijk te onderscheiden en het reinigingseffect is dus gebleven, maar of er sindsdien opnieuw enige vervuiling is opgetreden is niet onderzocht.

Foto 15: De gevels rond de binnenplaatsen zijn grotendeels authentiek 17^{e}-eeuws (deels zelfs met authentieke ramen!) en laten een weinig verdonkerd oppervlak zien.

Foto 16: De koepel van het paleis, gefotografeerd rond 1898, (Rijksmuseum B-F-1926-45-6.jpg). De verdonkering en vervuiling van de toren zijn duidelijk zichtbaar, maar in hoeverre deze vervuiling in de 120 jaar daarna veel verergerd is, is lastig vast te stellen. Vergelijk met foto 11.

5. Referenties

[1] Data ontleend aan P.F. Vlaardingerbroek, 'Bouw- en restauratiegeschiedenis van het Amsterdamse stadhuis en paleis in vogelvlucht (1648-1968)', *Bulletin KNOB* 112 (2013), 58 – 67 en aan P.F. Vlaardingerbroek, *Het paleis van de Republiek, Geschiedenis van het stadhuis van Amsterdam*, Zwolle 2011.

[2] A.J. van Bommel, *De vergrijsde (zandstenen) gevel,* Den Haag 2001; ongepubliceerd intern stuk Ministerie van VROM.

[3] https://www.parlement.com/id/vg09llnj70z9/f_w_frans_weisglas.
[4] https://www.tweedekamer.nl/contact_en_bezoek/de_tweede_kamer_in_beeld/oude_zaal. Zie ook https://nl.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Ludwig_Gunckel.
[5] https://www.trouw.nl/nieuws/hoe-wit-wordt-het-stadhuis~bf3591e3/.
[6] Hoewel er ook een discussie ontstond of een deel niet 'gewoon' gestraald is. De aanleiding om dat te veronderstelling lag in de kleur van de Rakowitzer zandsteen (dus geen Bentheimer of Obernkirchener) steen die niet overal gelijk was. https://www.rd.nl/artikel/105729-vragen-rond-schoonmaak-stadhuis-rotterdam.
[7] Deze proeven zijn nog steeds zichtbaar aan de linker zijkant van de linker risaliet. De proeven zijn gezet op de zandsteen, als ook op de hardsteen (begane grond). De proeven zijn zelfs op streetview zichtbaar.
[8] Onderzocht werden de methodes reinigen met diverse complexonpasta's, wervelstralen met zachter straalmiddel (bims) en harder straalmiddel (aluminiumsilicaat) en tenslotte met laser; beide op zowel Bentheimer als Obernkirchener zandsteen.
[9] Van Bommel, B. (2013). 'Terugblik op een geslaagd project. De restauratie van het Koninklijk Paleis Amsterdam' in *Bulletin KNOB*, 112 (2), 68-79.
[10] *De gevels van het Koninklijk Paleis Amsterdam,* essay, Amsterdam 2008.
[11] Kompressen werkten niet, laser wel, maar kostte teveel tijd. Droog microstralen bleek een goed resultaat te hebben, met minimale schade aan de steen zelf.
[12] Op de site https://www.amsterdamsebinnenstad.nl/binnenstad/236/paleisgevels-bijkleuren.html is een foto van de hand te zien. Bauer-Bornemann wilde met deze proef aantonen dat het reinigen door middel van droog microstralen geen schade aan de steen zou veroorzaken.
[13] https://www.bauer-bornemann.de/.
[14] Teveel krijt is vrij lastig weer te verwijderen, dus dit werk diende zorgvuldig en in lagen te gebeuren. Er zijn drie verschillende kiezelzure esters gebruikt, Fixativ (van Keim: https://www.keim.com/data/products/959/723/TM_Fixativ_EN-DE_2021-12.pdf), KSE (van Remmers?; https://www.remmersbv.nl/nl/behoud-van-monumenten/kse-modulesysteem/c/c6181; in dit product zijn ook andere 'hechtcomponenten' toegevoegd) en Kiesol van Remmers (https://www.keim.com/data/products/959/723/TM_Fixativ_EN-DE_2021-12.pdf; hierin is naast kaliumsilicaat ook kaliummethylsiliconaat (10% van de kaliumsilicaat toegevoegd). De proef werd door Bauer-Bornemann uitgevoerd. Uiteindelijk is Keim gebruikt.
[15] https://www.parool.nl/nieuws/paleis-op-de-dam-wordt-weer-wit~b71aa3cf/. De omschrijving van de technieken was niet erg accuraat. En al helemaal niet waar het de inzet van 'verf' met betrekking tot het lichter maken van het gebouw zou betreffen. De krijt is immers ingezet om lichtere delen bij te kleuren, dus eigenlijk donkerder te maken.
[16] https://www.amsterdamsebinnenstad.nl/binnenstad/236/paleisgevels-bijkleuren.html.
[17] https://www.parool.nl/nieuws/majesteits-koepel-zal-vies-blijven~b3f99456/?utm_source=link&utm_medium=app&utm_campaign=shared%20content&utm_content=free.
[18] Vergelijk https://www.parool.nl/nieuws/beelden-paleis-op-de-dam-blijven-groen~b4896c28/. De aanpak van de overige onderdelen wordt hier niet verder behandeld.
[19] In verband met de vervuiling van de gevels koos restauratiearchitect De Bie Leuvelink Tjeenk juist voor een omkering van de kleur: lichte vensters in een donker gevelvlak.
[20] Mijn ervaring met reparatiemortels is dat er na verloop van jaren nog wel eens ontkleuring plaatsvindt, maar daar lijkt hier geen sprake van.
[21] De duurzaamheid van de retouchering is vooraf door TNO gesimuleerd met behulp van een zure regenproef. Bij deze proef trad geen vervaging van de kleur of zichtbare uitspoeling van het krijt op.
[22] Wat overigens niet wil zeggen dat beschouwers een andere indruk zouden kunnen krijgen. Er zijn immers nog steeds donkere plekken op de zandsteen zichtbaar, die aanleiding kunnen geven tot een ander gevoel.
[23] https://monumentenregister.cultureelerfgoed.nl/monumenten/5941.

CONTACTLIJST SPREKERS

R. (Rob) P.J. van Hees
TU Delft
Faculty of Architecture and the Built Environment
Heritage &Technology
PO Box 5043, 2600 AA Delft
Tel. secretary +31152781116
M. +31651833373
e-mail: r.p.j.vanhees@tudelft.nl

Yves Vanhellemont
Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB-CSTC-BBRI)
www.wtcb.be
e-mail: yves.vanhellemont@bbri.be
Tel. +32 2 655 77 11
Adres Maatschappelijke zetel:
WTCB-CSTC-BBRI
Lombardstraat 42
B-1000 Brussel
Adres Laboratoria (Renovatie en Erfgoed):
WTCB-CSTC-BBRI - Greenbizz
Dieudonné Lefèvrestraat 17
B-1020 Brussel

Inge Debacker
Vlaamse Overheid - Agentschap Onroerend Erfgoed
Herman Teirlinckgebouw
Havenlaan 88 bus 5
1000 Brussel
M 0479 81 81 56
e-mail: inge.debacker@vlaanderen.be

Michiel van Hunen
Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Postbus 1600, 3800 BP, Amersfoort
Tel. 06 22921714
e-mail: m.van.hunen@cultureelerfgoed.nl
www.cultureelerfgoed.nl

Anne Gorlé
Patine Architecten
Frederik de Merodestraat 34
2600 Antwerpen
Tel. +32 3 216 25 21
e-mail: info@patine-architecten.be
www.patine-architecten.be

Hans Vlaardingerbroek
Bureau Vlaardingerbroek
Oude Gracht 187G
NL-3511 NE Utrecht
Tel. +31 (6) 537 66 023
e-mail: hans@bureauvlaardingerbroek.nl
www.bureauvlaardingerbroek.nl

BESTUURSLEDEN

Voorzitter

R. (Rob) P.J. van Hees
TU Delft
Faculty of Architecture and the Built Environment
Heritage &Technology
PO Box 5043, 2600 AA Delft
T. secretary +31152781116
M. +31651833373
e-mail r.p.j.vanhees@tudelft.nl

Penningmeester

K. (Kris) Brosens
Triconsult N.V.
Lindekensveld 5
B-3560 LUMMEN
T +32 (0)13 52 36 61
E kris.brosens@triconsult.be

R. (Roald) Hayen
Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium
Jubelpark 1
1000 BRUSSEL
T +32 (0)2 739.67.11
E Roald.Hayen@kikirpa.be

W. (Wouter) Callebaut
Callebaut-Architecten
Sint-Gerolfstraat 32B
B-9031 DRONGEN
T +32 (0)9 3951010
wouter@callebaut-architecten.be

W.J. (Wido) Quist
Technische Universiteit Delft
Faculteit Bouwkunde
Afdeling AE + T – Heritage & Architecture
Postbus 5043
2600 GA Delft
Julianalaan 134 (gebouw 8)
2628 BL Delft
T: +31152788496
M: +31639251159
E: w.j.quist@tudelft.nl

A.J. (Bert) van Bommel
Stadsschool
Markt 45-46
NL 3131 CR Vlaardingen
E bertvanbommel@online.nl

Secretaris

M. (Michiel) van Hunen
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap
Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Smallepad 5 | 3811 MG | Amersfoort | kamernummer 3.10
Postbus 1600 | 3800 BP | Amersfoort
T +31 033 421 72 85
M +31 06 22 92 17 14
m.van.hunen@cultureelerfgoed.nl

N. (Nathalie) Vernimme
Onroerend Erfgoed
Herman Teirlinckgebouw
Havenlaan 88 bus 5
B-1000 BRUSSEL
T +32 (0)2 553 16 67
M +32 (0)475 814 291
E nathalie.vernimme@vlaanderen.be

E. (Els) Verstrynge
KU Leuven
Departement Burgerlijke Bouwkunde
Kasteelpark Arenberg 40 bus 2448
B-3001 HEVERLEE
T +32 (0)16 321987
E els.verstrynge@kuleuven.be

WETENSCHAPPELIJK-TECHNISCHE GROEP VOOR AANBEVELINGEN INZAKE BOUWRENOVATIE EN MONUMENTENZORG

www.wta-nl-vl.org
info@wta-nl-vl.org
KvK: 40398619

De WTA stelt zich voor

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

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

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

Daartoe worden bijeenkomsten van wetenschappers en praktijkdeskundigen georganiseerd, waar een specifiek probleem inzake onderhoud van gebouwen en duurzaamheid van gebruikte bouwmaterialen en methoden zeer intensief wordt onderzocht. In studiewerkgroepen op onder meer het terrein van **houtbescherming, oppervlaktetechnologie, metselwerk, natuursteen, statische/dynamische belastingen van constructies, versterking en consolidatie, monitoring** worden kennis en ervaringen uitgewisseld.
Resultaten worden vertaald in een richtlijn voor werkwijzen en behandelingsmethoden. Gezien de kwaliteit en de heterogene samenstelling van de werkgroepen, kunnen die richtlijnen, zogenaamde Merkblätter, beschouwd worden als objectief en normstellend. Zij worden in brede kring verspreid door middel van publicaties in de vakpers en in het tijdschrift “Bausubstanz” gepubliceerd dat aan alle leden 4x per jaar wordt toegestuurd.

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

WETENSCHAPPELIJK-TECHNISCHE GROEP VOOR AANBEVELINGEN INZAKE BOUWRENOVATIE EN MONUMENTENZORG

www.wta-nl-vl.org
info@wta-nl-vl.org
KvK: 40398619

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

Het betreft daarbij niet alleen advisering, maar ook het harmoniseren van de verschillende internationale technische regelgevingen. Hiertoe biedt de Nederlands-Vlaamse tak van WTA een uitstekende mogelijkheid.

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

Lidmaatschap:
€ 170,-- per jaar per persoon (individueel lid)
€ 340,-- per jaar voor bedrijven en instellingen met een maximum van vijf werknemers
€ 510,-- per jaar voor bedrijven en instellingen met meer dan vijf werknemers

NEDERLAND
TU Delft – Faculteit Bouwkunde t.a.v. Wido Quist | Postbus 5043 | NL-2600 GA Delft
T: +31 (0)639251159 | E: w.j.quist@tudelft.nl
Bank: NL31ABNA427726158

VLAANDEREN
Kristine Loonbeek
E: secretariaat@wta-nl-vl.org
Bank: BE52738027352709

COLOFON

Concept en eindredactie
WTA Nederland - Vlaanderen

© WTA en Auteurs 2022

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

De auteurs dragen zorg dat hun bijdrage geen inbreuk op auteursrechten inhoudt. Zij dragen de rechten op hun bijdrage over aan WTA NL/VL.

Foto's voorkanten: - Michiel van Hunen

Uitgever

WTA NEDERLAND – VLAANDEREN

De syllabi zijn beschikbaar in kleur (voor zover door de sprekers in kleur aangeleverd) op de website www.wta-nl-vl.org **na de volgende studiedag**

© 2022 ISBN/EAN: 978-90-76132-25-9

Nr	Lijst verschenen syllabi	Jaar	ISBN nummer
1	Stad beeld	1992	
2	Nieuwe ontwikkelingen	1993	
3	Restaureren & Conserveren	1994	
4	Kleur bekennen	1994	
5	Hout	1996	
6	Gevelreinigen	1996	
7	Kalk	1997	90-76132-01-1
8	Metaal	1997	90-76132-02-1
9	Kwaliteit in de restauratie	1998	90-76132-03-8
10	Natuursteen deel 1	1998	90-76132-04-6
11	Natuursteen deel 2	1999	90 76132-05-4
12	Mortels in de restauratie	1999	90-76132-06-2
13	Pleisters voor restauratie en renovatie	2000	90 76132-07-0
14	Bereikbaarheid van monumenten	2000	90-76132-08-9
15	Schoon van binnen	2001	90-76132-09-7
16	Glas in lood	2001	90-76132-10-0
17	Scheuren in metselwerk en pleisters	2002	90-76132-11-9
18	Biodegradatie	2002	90-76132-12-7
19a	Zouten in natuursteen- en baksteenmetselwerk	2003	90-76132-14-3
19b	Surface and structural consolidation of masonry		
20	Authenticity in the restoration of monuments	2003	90-76132-13-5
21	Kleur, Pigment en Verf in Restauratie	2003	90-76132-15-1
22	Graffiti op monumenten: een last of een lust	2004	90-76132-16-x
23	Isolatie en klimaatbeheersing van monumenten (Hoe) is het mogelijk?	2004	90-76132-17-8
24	Monumenten en water	2005	90-76132-18-6
25	Monitoring en Diagnose	2005	90-76132-19-4
25a	CD MDDS Damage Atlas	2005	geen
26	Valorisatie en Consolidatie van Monumentale Betonconstructies	2006	90-76132-20-8
27	Restauratie en onderhoud van monumentale gebouwen	2006	10: 90-76132-21-6 13: 978-90-76132-21-1
28	Restauratie, onderhoud en beheer van monumenten	2007	978-90-76132-22-8
29	Herbestemming van Religieus Erfgoed	2007	978-90-79216-01-7
30	Zout en behoud? (nieuwe ontwikkelingen)	2008	978-90-79216-02-4
31	Beton behouden – theorie in de praktijk gezet	2008	978-90-79216-03-1
32	Ondergrondse Monumenten: Zichtbaar - Onzichtbaar	2009	978-90-79216-04-8
33	Interventies en hun consequenties	2009	978-90-79216-05-5
	Proceedings of the 1st WTA International PhD Symposium	2009	978-3-937066-14-1
34	Effect of Climate Change on Built Heritage	2010	978-3-937066-18-9
35	Gevelbehandeling van erfgoed: Erg of goed?	2010	978-90-79216-06-2

36	Scheuren, Scheefstanden, Verzakkingen (Instortingsgevaar?)	2011	978-90-79216-07-9
37	Jonge monumenten voor de huidige samenleving	2011	978-90-79216-00-0
38	Historische vensters: typologie, duurzaamheid, antiek glas, ramen, kozijnen	2012	978-90-79216-08-6
39	Natuursteen natuurlijk!?	2012	978-90-79216-09-3
40	Wand en plafondschilderingen	2013	978-90-79216-10-9
41	Bouwmaterialen en constructietechnieken in het Interbellum	2013	978-90-79216-11-6
42	Van Balie tot cachot, herbestemming van gebouwen	2014	978-90-79216-12-3
43	Impact van de “Groote” wereldoorlog(en) op ons bouwkundig erfgoed	2014	978-90-79216-13-0
44	Een toekomst voor monumentale onderwijsgebouwen – Leren van recente renovatie- en restauratieprojecten	2015	978-90-79216-14-7
45	Schade aan bouwkundig erfgoed door bewegingen in de ondergrond	2015	978-90-79216-15-4
46	Versterking van funderingen en monumenten in verband met bewegingen in de ondergrond	2016	978-90-79216-16-1
47	Optrekkend grondvocht	2017	978-90-79216-17-8
	Proceedings of the 4th WTA International PhD Symposium	2017	978-90-79216-19-2
48	Energetische ingrepen in monumenten: een duurzaam verhaal?!	2017	978-90-79216-18-5
49	Draagvermogen van historische constructies: een sterk verhaal	2018	978-90-79216-20-8
50	Reparatie van steenachtige materialen	2018	978-90-79216-21-5
51	Preventieve Conservatie: van klimaat- en schademonitoring naar een geïntegreerde systeembenadering	2019	978-90-76132-00-6
52	Omgaan met ruïnes en archeologische resten	2019	978-90-76132-23-5
53	Brandveiligheid in historische gebouwen – Brandend actueel!	2021	978-90-76132-24-2
54	Reinigen van monumentale gevels	2022	978-90-76132-25-9

1-22: niet meer beschikbaar
Vanaf 23: zie website www.wta-nl-vl.org