

2013•2014  
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN  
*master in de industriële wetenschappen: bouwkunde*

## Masterproef

Onderzoek naar de waterdoorlatendheid van bestratingen in functie van de tijd

Promotor :  
Prof. dr. An JANSSEN

Promotor :  
ing. LIEVE VIJVERMAN

Copromotor :  
Prof. dr. ANNE BEELDENS

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

Philip Van Helden

*Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde*

2013•2014  
Faculteit Industriële  
ingenieurswetenschappen  
*master in de industriële wetenschappen: bouwkunde*

## Masterproef

Onderzoek naar de waterdoorlatendheid van bestratingen  
in functie van de tijd

Promotor :  
Prof. dr. An JANSSEN

Promotor :  
ing. LIEVE VIJVERMAN

Copromotor :  
Prof. dr. ANNE BEELDENS

Philip Van Helden

*Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële  
wetenschappen: bouwkunde*

*"UBI VOLENTIA EST, VIA EST"*

*"WAAR EEN WIL IS, IS EEN WEG"*



## **DANKWOORD**

Dit eindwerk vormt het slotstuk van mijn opleiding tot Master in de industriële wetenschappen: Bouwkunde, aan de Universiteit van Hasselt. Hierdoor kan ik na mijn zes-jarige opleiding en met twee diploma's op zak een volgend hoofdstuk in mijn leven aanvatten. Ik zou graag via dit dankwoord iedereen die rechtstreeks of onrechtstreeks betrokken was bij het onderzoek of bij het schrijven van deze thesis willen bedanken.

Via dit voorwoord wil ik in eerste instantie mijn externe promotor Ing. Lieve Vijverman van harte bedanken voor de opvolging gedurende het academiejaar maar vooral voor de raad en bijstand over het onderwerp. Hiernaast gaat mijn oprechte dank ook uit naar mijn interne promotor Prof. Dr. An Janssen voor de steun en begeleiding tijdens het schrijven van de thesis. Ze gaf de nodige feedback om deze thesis tot een goed einde te brengen.

Naast mijn externe en interne promotor gaat er ook een welgemeende dank naar het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) te Sterrebeek. Het centrum heeft de nodige labomaterialen ter beschikking gesteld om het onderzoek uit te voeren op locatie. Bij het OCW zou ik graag in het bijzonder externe copromotor Prof. Dr. Ir. Anne Beeldens, dhr. David Piette, laboverantwoordelijke van de afdeling beton & cement en dhr. Martial Priem, laborant en begeleider in het uitvoeren van de doorlatendheidsmetingen willen bedanken. Ze gaven me tijdens het onderzoek assistentie, raad, persoonlijke inbreng maar vooral ook ondersteuning.

Tot slot zou ik graag een dankwoordje richten aan de personen in mijn naaste omgeving die mijn steun en toeverlaat waren bij moeilijke momenten tijdens de scriptie maar ook gedurende de studieloopbaan.

Aan iedereen een welgemeende DANK-U-WEL!

Peer, 2014

Philip Van Helden



## **ABSTRACT**

Titel:

**Onderzoek naar de waterdoorlatendheid van bestratingen in functie van de tijd.**

Promotoren: Intern : Prof. Dr. An Janssen (Universiteit Hasselt)  
Extern : Ing. Lieve Vijverman (FEBE)  
Prof. Dr. Ir. Anne Beeldens (OCW)

---

Al meer dan een decennium zijn waterdoorlatende bestratingen een vertrouwd beeld in infrastructuurwerken. Ze combineren de voordelen van een verharde oppervlakte met bufferende en infiltrerende eigenschappen. Om die reden bieden de straatstenen een goede oplossing voor de huidige waterproblematiek. Deze scriptie heeft als doel de duurzaamheid van deze waterdoorlatende bestratingen in functie van het verloop van tijd te evalueren. Met andere woorden: zullen deze bestratingen hun functies nog optimaal vervullen na verloop van tijd? Dit onderzoek wordt uitgevoerd op locaties gesitueerd in Vlaanderen. Methodes gebruikt in dit onderzoek zijn de enkele en dubbele ringmethode om de doorlatendheid van de bestrating te bepalen. Naast de duurzaamheid van de waterdoorlatende bestratingen worden de twee proefmethodes met elkaar vergeleken.

De thesis start met een literatuurstudie over waterdoorlatende bestratingen waarbij dieper wordt ingegaan op het ontwerp, de materiaalkeuze en de regelgeving bij infiltratie en buffering. Hierop volgend worden de methodes voor het meten van de doorlatendheid in hoofdstuk twee besproken. In deel drie en tevens het laatste hoofdstuk komt het duurzaamheidsonderzoek aan bod. In dit onderzoek worden de resultaten van de enkele en dubbele ringtesten weergegeven en uitvoerig besproken.

Uit de testresultaten blijkt dat de waterdoorlatende bestratingen naarmate de ouderdom stijgt, minder doorlatend worden. Toch zijn de gevolgen niet dramatisch want het merendeel van de locaties voldoen nog aan de PTV-normering zonder veiligheidsfactor. Eveneens tonen de resultaten dat de poreuze straatstenen op dezelfde ouderdom als waterpasserende straatstenen een lagere waterdoorlatendheid hebben. Als laatste conclusie kan er ook gesteld worden dat de enkele ringmethode minder nauwkeurige resultaten levert dan de dubbele ringmethode.

Trefwoorden: waterdoorlatende bestratingen, doorlatendheidsmetingen, dichtslibbing, duurzaamheidsonderzoek, lange termijn





Title:

**research on the water permeability of pavements in function of the time.**

Promoters:            Internal:     Prof. Dr. An Janssen (Universiteit Hasselt)  
                                 External:     Ing. Lieve Vijverman (FEBE)  
                                                     Prof. Dr. Ir. Anne Beeldens (OCW)

---

For more than a decade, permeable pavements are a familiar sight in infrastructure. They combine the advantages of a paved surface with infiltrating and buffering properties. For that reason, permeable paving provide a good solution to the current water problems. This master thesis is intended to evaluate the sustainability of these permeable pavements in function of the time. In other words, will these pavements continue to perform their functions after an extensive length of time? This research is has been conducted at sites located in Flanders. The methodologies used in this study to determine the permeability of the pavement are the single and double ring method. In addition to the sustainability of permeable pavements, the two test methods are compared against each other.

The thesis starts with a literature study of permeable pavements where the design, the materials and regulations in infiltration and buffering will be described. The next section reviews the methodologies that were implemented to measure the permeability. The final chapter the sustainability research will be revealed and the results of the single and double ring methods are compared and discussed.

The results demonstrate the following correlation: as the length of time increases, permeability decreases. Yet the consequences are not dramatic because the majority of the sites comply with the PTV-standards (without the safety factor). Also, the results indicate that the porous paving bricks have a lower permeability than the water passing paving stones after an equal period of time. The final conclusion of this master thesis has found that the single ring method achieves less accurate results when used in comparison to the double ring method.

Keywords: permeable pavements, permeability measurements, clogging, sustainability research, long-term



## **Inhoud**

DANKWOORD .....	III
ABSTRACT .....	V
LIJST VAN FIGUREN .....	XI
LIJST VAN TABELLEN.....	XIII
LIJST VAN AFKORTINGEN EN SYMBOLEN .....	XV
INLEIDING .....	1
DEEL 1: LITERATUURSTUDIE .....	3
1.1. Waterdoorlatende bestratingen .....	3
1.2. Wetgeving omtrent waterdoorlatende bestratingen .....	21
1.3. Voorgaand onderzoek over de evolutie van waterdoorlatende bestratingen [23] .....	28
DEEL 2: DOORLATENDHEIDSMETINGEN.....	31
2.1. Proefmethodes .....	31
2.1.1. <i>Dubbele ringmethode</i> .....	31
2.1.2. <i>Enkele ringmethode [23]</i> .....	38
2.1.3. <i>Vergelijking enkele en dubbele ringmethode</i> .....	41
2.1.4. <i>Gebruikte methodes in het buitenland</i> .....	42
DEEL 3: DUURZAAMHEIDSONDERZOEK .....	43
3.1. Proeflocaties .....	43
3.1.1. <i>Specifieke kenmerken van de locaties</i> .....	45
3.2. Resultaten van de proeflocaties .....	46
3.2.1. <i>Resultaten van de enkele ringbeproeving</i> .....	46
3.2.1.1. <i>Bespreking van de resultaten</i> .....	47
3.2.2. <i>Resultaten van de dubbele ringbeproeving</i> .....	48
3.2.3. <i>Resultaten van de klassieke betonstraatstenen</i> .....	48
3.2.3.1. <i>Bespreking van de resultaten</i> .....	50
3.2.4. <i>Metingen van de waterdoorlatende betonstraatstenen</i> .....	51

3.2.4.1.	<i>Bespreking van de resultaten</i> .....	58
3.2.5.	<i>Evolutie van de duurzaamheid in functie van de tijd</i> .....	59
3.2.5.1.	<i>Bespreking globale evolutie</i> .....	60
3.2.6.	<i>Verband tussen duurzaamheid en het type van waterdoorlatende straatsteen</i> .....	60
3.2.6.1.	<i>Bespreking individuele evolutie</i> .....	61
3.2.7.	<i>Vergelijking tussen de dubbele ringmethode en de enkele ringmethode</i> .....	62
3.2.7.1.	<i>Bespreking methodes</i> .....	62
CONCLUSIE	.....	63
AANBEVELINGEN & TOEKOMSTVISIE	.....	63
REFERENTIELIJST	.....	65
BIJLAGE A: Voorstelling van FEBE	.....	67
BIJLAGE B: Voorstelling van het OCW	.....	69
BIJLAGE C: Verslagen van de in situ metingen	.....	71
	<i>Projectgegevens: Heusden-Zolder, Marktplein</i> .....	71
	<i>Projectgegevens: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat</i> .....	75
	<i>Projectgegevens: Wijnegem, Reigerstraat</i> .....	79
	<i>Projectgegevens: Puurs, Robert Verbelenstraat</i> .....	83
	<i>Projectgegevens: Hoboken, Van Amelstraat</i> .....	87
	<i>Projectgegevens: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat</i> .....	92
	<i>Projectgegevens: Sint-Niklaas, Kapelstraat</i> .....	96
	<i>Projectgegevens: Evergem, Grovermansdreef</i> .....	101
	<i>Projectgegevens: Evergem, Guldensporenlaan</i> .....	106
	<i>Projectgegevens: Evergem, Marktplein</i> .....	110
	<i>Projectgegevens: Zingem, Kerkplein</i> .....	114
	<i>Projectgegevens: De Panne, Olmendreef</i> .....	118

## LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Doorsnede van een waterdoorlatende structuur .....	6
Figuur 2: systeemopbouw met barrières. De barrière in schraal beton wordt aangebracht in de onderfundering aan de laagste zijde van de helling.....	10
Figuur 3: systeemopbouw bij het werken in terrassen. ....	10
Figuur 4: Betonstraatsteen met verbrede voegen .....	11
Figuur 5: Betonstraatstenen met drainageopeningen .....	11
Figuur 6: Poreuze betonstraatstenen .....	11
Figuur 7: Grasbetontegels .....	11
Figuur 8 Drainageleiding met een omhulling in kokosvezel .....	17
Figuur 9: Drainageleiding met een omhulling in polypropyleenvezel .....	17
Figuur 10: Poreuze betonbuizen klaar voor plaatsing. ....	18
Figuur 11: Het verschil tussen CE-markering en China Export.....	21
Figuur 12: Logo BENOR.....	22
Figuur 13: Verouderingsproces bij waterdoorlatende bestratingen. [23] .....	28
Figuur 14: Prestaties van de waterdoorlatende verhardingen in functie van de ouderdom. ....	29
Figuur 15: Onderdelen van een dubbele ringmethode .....	32
Figuur 16: Aangebrachte krijtmarkeringen van de ringen op het bestratingsoppervlak. ....	32
Figuur 17: De binnenste en buitenste ring verlijmd met cementpasta op het bestratingsoppervlak. .	33
Figuur 18: Schematische weergave van de dubbele ringproefopstelling .....	34
Figuur 19: Inzet van een overkapping bij de dubbele ringopstelling. ....	34
Figuur 20: Dubbele ringopstelling gedurende de meting. ....	35
Figuur 21: Onderdelen van een enkele ringmethode. ....	38
Figuur 22: Een overzicht van de uitgevoerde proeven in Vlaanderen .....	44
Figuur 23: Resultaten met de dubbele ringmethode: St. Godelievestraat, Aalter (parkeerstroken) ....	49
Figuur 24: Resultaten met de dubbele ringmethode: St. Godelievestraat, Aalter (fietspad) .....	49
Figuur 25: Resultaten met de dubbele ringmethode: Zeelaan, Koksijde .....	50
<i>Figuur 26: De klassieke betonstraatsteen in perspectief .....</i>	<i>50</i>
<i>Figuur 27: Bovenaanzicht van de klassieke betonstraatsteen .....</i>	<i>50</i>
Figuur 28: Resultaten met de dubbele ringmethode: Marktplein, Heusden-Zolder.....	52
Figuur 29: Resultaten met de dubbele ringmethode: Zwanenbergstraat, Beringen-Paal .....	52
Figuur 30: Resultaten met de dubbele ringmethode: Reigerstraat, Wijnegem .....	53
Figuur 31: Resultaten met de dubbele ringmethode: Robert Verbelenstraat, Puurs .....	53
Figuur 32: Resultaten met de dubbele ringmethode: Van Amelstraat, Hoboken.....	54
Figuur 33: Resultaten met de dubbele ringmethode: Houtvoortstraat, Sint Gillis Waas.....	54
Figuur 34: Resultaten met de dubbele ringmethode: Kapelstraat, Sint niklaas.....	55
Figuur 35: Resultaten met de dubbele ringmethode: Grovermansdreef, Evergem.....	55
Figuur 36: Resultaten met de dubbele ringmethode: Guldersporenlaan, Evergem .....	56
Figuur 37: Resultaten met de dubbele ringmethode: Marktplein, Evergem .....	56
Figuur 38: Resultaten met de dubbele ringmethode: Kerkplein, Zingem .....	57
Figuur 39: Resultaten met de dubbele ringmethode: Olmendreef, De Panne .....	57
Figuur 40: Resultaten van de dubbele ringmetingen op de waterdoorlatende bestratingen in functie van de ouderdom .....	59
Figuur 41: Evolutie van de doorlatendheid bij waterpasserende betonstraatstenen .....	60
Figuur 42: Evolutie van de doorlatendheid bij poreuze betonstraatstenen .....	61
Figuur 43: Logo FEBE .....	67

Figuur 44: Logo OCW .....	69
Figuur 45: Heusden-Zolder, Marktplein: verwijzingsschets .....	73
Figuur 46: Heusden-Zolder, Marktplein: Bovenaanzicht straatstenen .....	73
Figuur 47: Heusden-Zolder, Marktplein: terreinfoto 1 .....	74
Figuur 48: Heusden-Zolder, Marktplein: terreinfoto 2 .....	74
Figuur 49: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat: verwijzingsschets.....	77
Figuur 50: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat: bovenaanzicht straatstenen .....	77
Figuur 51: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat: terreinfoto.....	78
Figuur 52: Wijnegem, Reigerstraat: verwijzingsschets .....	81
Figuur 53: Wijnegem, Reigerstraat: bovenaanzicht straatstenen .....	81
Figuur 54: Wijnegem, Reigerstraat: terreinfoto .....	82
Figuur 55: Puurs, Robert Verbelenstraat: verwijzingsschets .....	85
Figuur 56: Puurs, Robert Verbelenstraat: bovenaanzicht straatstenen.....	85
Figuur 57: Puurs , Robert Verbelenstraat: Terreinfoto 1 .....	86
Figuur 58: Puurs, Robert Verbelenstraat: schade aan straatstenen .....	86
Figuur 59: Hoboken, Van Amelstraat: verwijzingsschets.....	89
Figuur 60: Hoboken, Van Amelstraat: Bovenaanzicht straatstenen .....	89
Figuur 61: Hoboken, Van Amelstraat: terreinfoto 1 .....	90
Figuur 62: Hoboken, Van Amelstraat: terreinfoto 2 .....	90
Figuur 63: Hoboken, Van Amelstraat: detail structuuropbouw .....	91
Figuur 64: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: verwijzingsschets .....	94
Figuur 65: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: bovenaanzicht straatstenen.....	94
Figuur 66: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: terreinfoto 1 .....	95
Figuur 67: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: terreinfoto 2 .....	95
Figuur 68: Sint-Niklaas, Kapelstraat: verwijzingsschets .....	98
Figuur 69: Sint-Niklaas, Kapelstraat: bovenaanzicht straatstenen .....	99
Figuur 70: Sint-Niklaas, Kapelstraat : terreinfoto 1 .....	99
Figuur 71: Sint-Niklaas, Kapelstraat : terreinfoto 2 .....	100
Figuur 72: Evergem, Grovermansdreef: verwijzingsschets.....	103
Figuur 73: Evergem, Grovermansdreef: terreinfoto 1 .....	103
Figuur 74: Evergem, Grovermansdreef: bovenaanzicht beproeving .....	104
Figuur 75: Evergem, Grovermansdreef: terreinfoto 2 .....	104
Figuur 76: Evergem, Grovermansdreef: terreinfoto 3 .....	105
Figuur 77: Evergem, Guldensporenlaan: verwijzingsschets.....	108
Figuur 78: Evergem, Guldensporenlaan: bovenaanzicht straatstenen .....	108
Figuur 79: Evergem, Guldensporenlaan: terreinfoto 1 .....	109
Figuur 80: Evergem, Marktplein: verwijzingsschets .....	112
Figuur 81: Evergem, Marktplein: aanzicht oppervlak straatstenen .....	112
Figuur 82: Evergem, Marktplein: terreinfoto 1.....	113
Figuur 83: Evergem, Marktplein: terreinfoto 2.....	113
Figuur 84: Zingem, Kerkplein: verwijzingsschets .....	116
Figuur 85:Zingem, Kerkplein: Detail straatsteenoppervlak .....	116
Figuur 86: Zingem, Kerkplein: terreinfoto 1 .....	117
Figuur 87: Zingem, Kerkplein: bovenaanzicht straatstenen .....	117
Figuur 88: De Panne, Olmendreef: verwijzingsschets .....	120
Figuur 89: De Panne, Olmendreef: bovenaanzicht straatstenen .....	120
Figuur 90: De Panne, Olmendreef: terreinfoto 1.....	121
Figuur 91: De Panne, Olmendreef: terreinfoto 2.....	121

## LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1:: Gehanteerde systemen voor waterdoorlatende bestratingen [4] .....	8
Tabel 2: Eigenschappen en kenmerken van waterdoorlatende straatstenen. [7]-[9] .....	12
Tabel 3: Aangewezen keuze van fundering naargelang de verkeersbelasting [1] .....	15
Tabel 4: Vaststellingen bij het ontstaan van de verordening .....	23
Tabel 5: Vergelijking Verordening hemelwater 2004-2013 .....	24
Tabel 6: Vergelijking verordening 2004-2014 d.m.v. een voorbeeld .....	26
Tabel 7: Omvormingswaardes van l/s/ha naar m/s .....	28
Tabel 8: Locaties met hun type straatsteen, uitvoeringsdatum en ouderdom beproefd in het onderzoek .....	45
Tabel 9: Resultaten enkel-ring beproeving .....	46
Tabel 10: Resultaten van de metingen op waterdoorlatende bestratingen met klassieke betonstraatstenen .....	48
Tabel 11: Resultaten van de dubbele ringmethode op de waterdoorlatende bestratingen .....	51
Tabel 12: Vergelijking type straatsteen en wetgeving anno 2014 .....	58
Tabel 13: Afwijking tussen dubbele- en enkele ringbeproeving .....	62
Tabel 14: Heusden-Zolder, Markplein: projectgegevens .....	71
Tabel 15: Heusden-Zolder, Markplein: dubbel-ring metingen in het verleden .....	72
Tabel 16: Heusden-Zolder, Markplein: in situ gegevens .....	72
Tabel 17: Heusden-Zolder, Markplein: resultaten proeven .....	72
Tabel 18: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat: projectgegevens .....	75
Tabel 19: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat: dubbel-ring metingen in het verleden, .....	76
Tabel 20: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat: in situ gegevens .....	76
Tabel 21: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat: resultaten proeven .....	76
Tabel 22: Wijnegem, Reigerstraat: projectgegevens .....	79
Tabel 23: Wijnegem, Reigerstraat: dubbel-ring metingen in het verleden .....	80
Tabel 24: Wijnegem, Reigerstraat: in situ gegevens .....	80
Tabel 25: Wijnegem, Reigerstraat: resultaten proeven .....	80
Tabel 26: Puurs, Robert Verbelenstraat :projectgegevens .....	83
Tabel 27: Puurs, Robert Verbelenstraat: dubbel-ring metingen in het verleden .....	84
Tabel 28: Puurs, Robert Verbelenstraat: in situ gegevens Puurs .....	84
Tabel 29: Puurs, Robert Verbelenstraat: resultaten proeven Puurs .....	84
Tabel 30: Hoboken, Van Amelstraat: Projectgegevens .....	87
Tabel 31: Hoboken, Van Amelstraat: dubbel-ring metingen in het verleden .....	88
Tabel 32: Hoboken, Van Amelstraat: in situ gegevens .....	88
Tabel 33: Hoboken, Van Amelstraat: resultaten proeven .....	88
Tabel 34: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: projectgegevens .....	92
Tabel 35: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: dubbel-ring metingen in het verleden .....	93
Tabel 36: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: in situ gegevens .....	93
Tabel 37: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: resultaten proeven .....	93
Tabel 38: Sint-Niklaas, Kapelstraat: projectgegevens .....	96
Tabel 39: Sint-Niklaas, Kapelstraat: dubbel-ring metingen in het verleden .....	97
Tabel 40: Sint-Niklaas, Kapelstraat: in situ gegevens .....	97
Tabel 41: Sint-Niklaas, Kapelstraat :resultaten proeven .....	98
Tabel 42: Evergem, Grovermansdreef: projectgegevens .....	101
Tabel 43: Evergem, Grovermansdreef: dubbel-ring metingen in het verleden .....	102

Tabel 44: Evergem, Grovermansdreef: in situ gegevens .....	102
Tabel 45: Evergem, Grovermansdreef: resultaten proeven .....	102
Tabel 46: Evergem, Guldensporenlaan: projectgegevens .....	106
Tabel 47: Evergem, Guldensporenlaan: dubbel-ring metingen in het verleden .....	107
Tabel 48: Evergem, Guldensporenlaan: in situ gegevens .....	107
Tabel 49: Evergem, Guldensporenlaan: resultaten proeven .....	107
Tabel 50: Evergem, Marktpllein: projectgegevens .....	110
Tabel 51: Evergem, Marktpllein: dubbel-ring metingen in het verleden .....	111
Tabel 52: Evergem, Marktpllein: in situ gegevens .....	111
Tabel 53: Evergem, Marktpllein: resultaten proeven .....	111
Tabel 54: Zingem, Kerkplein: projectgegevens .....	114
Tabel 55: Zingem, Kerkplein: dubbel-ring metingen in het verleden.....	115
Tabel 56: Zingem, Kerkplein: in situ gegevens.....	115
Tabel 57: Zingem, Kerkplein: resultaten proeven.....	115
Tabel 58: De Panne, Olmendreef: projectgegevens .....	118
Tabel 59: De Panne, Olmendreef: dubbel-ring metingen in het verleden .....	119
Tabel 60: De Panne, Olmendreef: in situ gegevens .....	119
Tabel 61: De Panne, Olmendreef: resultaten proeven .....	119



## LIJST VAN AFKORTINGEN EN SYMBOLEN

$C_p$	Veiligheidscoëfficiënt voor luchtinsluitels en vervuiling van het materiaal.
$f_2$	Maximum gehalte aan fijne deeltjes (in dit geval 2%)
<i>FEBE</i>	De federatie van de Belgische prefab betonindustrie
<i>DWA</i>	Een droogweerafvoerleiding
$G_c$	Korrelverdeling
$GT_c$	Tolerantie van de korrelverdeling
$k$	Doorlatendheidscoëfficiënt
<i>LA</i>	Los Angelescoëfficiënt: de weerstand tegen verbrijzeling
$M_{DE}$	Micro-Devalcoëfficiënt: de weerstand tegen afslijting
<i>OCW</i>	Het opzoekingscentrum voor de wegenbouw



# **INLEIDING**

## ***Probleemstelling***

De bestratingssector is met de vraag naar voor gekomen over hoe duurzaam hun eigen waterdoorlatende producten eigenlijk wel zijn. Waterdoorlatende bestratingen zijn sinds dag één van aanleg onderhevig aan invloeden van mens en milieu waardoor vermindering van infiltratie gemakkelijk kan optreden. Deze vermindering resulteert in het minder functioneren van de bestrating waardoor enerzijds waterproblematiek kan opduiken maar anderzijds de voordelen wegvallen ten opzichte van klassieke verhardingen of ter plaatse gestorte beton- of asfaltverharding.

## ***Doelstelling***

De doelstelling van dit onderzoek is de duurzaamheid van deze waterdoorlatende bestratingen na te gaan in functie van de tijd door middel van in situ metingen.

In eerste instantie worden in situ locaties met verhardingen in waterdoorlatende bestratingen beproefd met behulp van doorlatendheidsmetingen. Deze metingen gebeuren met de dubbele en enkele ringmethode, beschreven in het tweede deel van deze thesis. Het onderzoek test hierbij zowel de poreuze betonstraatstenen als de waterpasserende betonstraatstenen.

Met behulp van de metingen worden vervolgens interessante vergelijkingen opgesteld waarbij nagegaan wordt hoe de locaties geëvolueerd zijn na de laatste geregistreerde metingen. Hiernaast wordt een globaal verband gezocht tussen de waterdoorlatendheid van de bestrating en de ouderdom. Bijkomend in het onderzoek zullen de resultaten tussen het type poreus en waterpasserend met elkaar vergeleken worden.

Tenslotte wordt er nagegaan of de resultaten van de dubbele ringmethode gelijknissen vertonen met deze van de enkele ringmethode.



# **DEEL 1: LITERATUURSTUDIE**

## **1.1. Waterdoorlatende bestratingen**

Waterdoorlatende bestratingen zijn bufferings- en (vertraagde) infiltratiesystemen. Deze systemen bieden een lokale oplossing om rioleringsstelsels te ontlasten, de kans op overstroming te verminderen, pieken bij stortbuizen te verlagen en het uitdrogen van gronden tegen te gaan. Waterdoorlatende bestratingen komen voor in verschillende soorten systemen afhankelijk van de omgeving en de toepassing. In paragraaf 1.1.2 Materiaalkeuze wordt hier uitgebreider op ingegaan.

Waterdoorlatende bestratingen verschillen op meerdere vlakken van gesloten verhardingen (asfalt, ter plaatse gestort beton of klassieke straatstenen) omwille van de extra functies die waterdoorlatende bestratingen vervullen (bufferen, infiltreren en vertraagd afvoeren van regenwater). Klassieke betonstraatstenen zijn erop gericht om het oppervlaktewater zo snel mogelijk af te voeren naar het lokale RWA-rioleringsstelsel via straatkolken. Water in de fundering vermindert immers de draagkracht van de structuur. Waterdoorlatende verhardingen houden het hemelwater zo lang mogelijk vast door het water te laten infiltreren en te bufferen in de onderliggende structuur. Zowel het ontwerp als de materiaalkeuze voor de opbouw zijn verschillend voor de waterdoorlatende en klassieke verhardingen. Bij poreuze straatstenen wordt de zandfractie in de samenstelling weggelaten. Hierdoor verhoogt de waterdoorlatendheid, doch worden er mindere eisen gesteld aan de sterkte van de steen. Bij stenen met drainage-openingen of verbrede voegen zijn de eisen aan de steen wel dezelfde als voor de klassieke straatsteen. Ook de onderliggende structuur is verschillend. Dit wordt verder beschreven in paragraaf 1.1.1.3. De meeste vraagtekens rond waterdoorlatende bestratingen betreffen de vervuilingen in het systeem en derhalve de blijvende efficiëntie naar waterdoorlatendheid in de tijd. In deel 3 van deze thesis worden aan de hand van de uitgevoerde proeven hierover meer besluiten getrokken.

### ***1.1.1. Ontwerp***

#### ***1.1.1.1. Waterdoorlatendheid [1]***

In het dossier nr. 5 van het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) wordt er aanbevolen dat alle onderdelen van de waterdoorlatende structuur voldoen aan een minimale waterdoorlatendheidscoëfficiënt of doorlatendheidsfactor  $k$ . Deze aanbevelingen zijn nadien overgenomen in de PTV 827: Waterdoorlatende bestratingen: Systeem-, product- en plaatsingseisen. De factor  $k$  slaat op het infiltratievermogen van water, nl. het volume water dat per tijdseenheid door een eenheidsoppervlak stroomt.  $K$  wordt uitgedrukt in m/s.

Langdurige regenbuizen met een geringe regenintensiteit van 80 l/s/ha vertegenwoordigen 93% van de totale jaarlijkse neerslag in België. Wateroverlast door regenval waarbij het rioleringsstelsel de pieken niet kan verwerken, kan door twee soorten regenbuizen ontstaan. Een eerste soort regenbui is een opeenvolging van kleinere regenbuizen verspreidt over een langere tijd, de tweede soort is een plotse hevige regenbui. Als maatstaf voor het berekenen van de vereiste minimumwaarde van  $k$  voor waterdoorlatende verhardingen, rekent men in de PTV 827 met een regenbui van 10 minuten die statistisch gezien eens in de dertig jaar voorkomt.

Volgens het KMI komt dit overeen met een neerslaghoogte van 16,3mm. Met een omvorming<sup>1</sup> van eenheden bekomt men de vereiste doorlatendheidsfactor k.

Hiernaast heeft men in de norm een veiligheidsfactor van 2 opgelegd zodat er een opvang is van de afname van de doorlatendheid in de tijd, mogelijke vergruizing en luchtinluitsels. Deze luchtinluitsels zorgen voor een extra weerstand bij het infiltreren van hemelwater. De minimale waarde van de waterdoorlatendheidscoëfficiënt k die de structuur derhalve dient te behalen, komt met deze veiligheidsfactor op een waarde van:

$$(270 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}) \cdot 2 = 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

### **1.1.1.2. Buffering en vertraagde afvoer [2] [3]**

#### *Buffering*

Bufferen is het tijdelijk opslaan van hemelwater in de structuur waarna het geleidelijk terug afgegeven wordt via infiltratie naar de ondergrond of via vertraagd afvoeren naar het infiltratiebekken of sloten. Er wordt gebufferd wanneer het onmogelijk is om voldoende te infiltreren in de ondergrond. Infiltratie is onvoldoende bij weinig of slecht doorlatende gronden of indien de grondwatertafel extreem hoog staat. Zo moet de grondwatertafel zich voldoende diep onder de infiltratievoorziening bevinden. Zo niet zou in bepaalde perioden het systeem onder water staan en zijn functie verliezen. Wanneer men zich in beschermingszone type I of type II voor drinkwaterwingebied bevindt, mag er ook niet geïnfilteerd worden teneinde vervuiling van het grondwater tegen te gaan. De buffercapaciteit is afhankelijk van diverse factoren, waaronder de porositeit van de gebruikte materialen na de verdichting. De verdichting hierbij is noodzakelijk om de nodige stabiliteit en draagkracht aan het wegdek te geven. Naast de porositeit van de gebruikte materialen zijn het type ondergrond en zijn infiltratiecoëfficiënt van belang maar ook de eventuele gebruikte vertraagde afvoer.

Een belangrijk gegeven bij het bufferen is de overloop. Elk systeem dient een overloop te voorzien zodat wanneer de buffercapaciteit is bereikt, het water kan overstorten in een noodoverloop. Bij voorkeur wordt een overloop gebruikt zoals vijvers, waterlopen of grachten. Indien dit niet mogelijk is mag de overloop aan het rioleringsstelsel aangesloten worden.

De voordelen van bufferen zijn het lokaal opslaan van hemelwater en het gelijkmatig afgeven van dit water aan de ondergrond zonder een groot risico op overstromingen, het afnemen van piekbelastingen en het ontkoppelen van hemelwater van het rioleringsstelsel.

Bij waterdoorlatende bestratingen wordt er bij voorkeur gebufferd in de onderfundering zodat de invloed op de draagkracht beperkt blijft. Soms kan er ook buffering in de fundering plaatsvinden. Deze gevallen doen zich voor wanneer er sprake is van:

- Hoge grondwatertafel
- Infiltratie-ongeschikte ondergronden
- Beperkt belaste verhardingen zoals fiets- en voetpaden

Voor de berekening van de nodige buffercapaciteit wordt er verwezen naar de eisen van de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening van 2013 met ingang van 1 januari 2014.

---

<sup>1</sup>  $16,3 \text{ mm}/10 \text{ min} = 0,00163 \text{ m}^3/\text{min m}^2 = 1,63 \text{ l}/60 \text{ s}/\text{m}^2 = 0,02716 \text{ l}/\text{s}/\text{m}^2 = 270 \text{ L}/\text{s}/\text{ha} = 270 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

In deel 2 van de literatuurstudie in het hoofdstuk wetgeving wordt dit verder verduidelijkt. Naast deze gewestelijke verordeningen kunnen ook bijkomende eisen vanuit de provincie of gemeente opgelegd worden.

### ***Vertraagde afvoer***

Een laatste functie van waterdoorlatende bestratingen is het vertraagd afvoeren van hemelwater naar de ondergrond, infiltratiebekken, sloten of RWA-rioleringen. Het vertraagd afvoeren impliceert het verminderen van het debiet van de waterstroom. Dit kan bv. gerealiseerd worden door de plaatsing van drainage of knijpleiding.

Vertraagde afvoeren of debietbeperkers worden soms bij goede doorlatendheid van de ondergrond in de fundering geplaatst. Indien de ondergrond weinig of nagenoeg ondoorlatend is, wordt de debietbeperker in de onderfundering geplaatst.

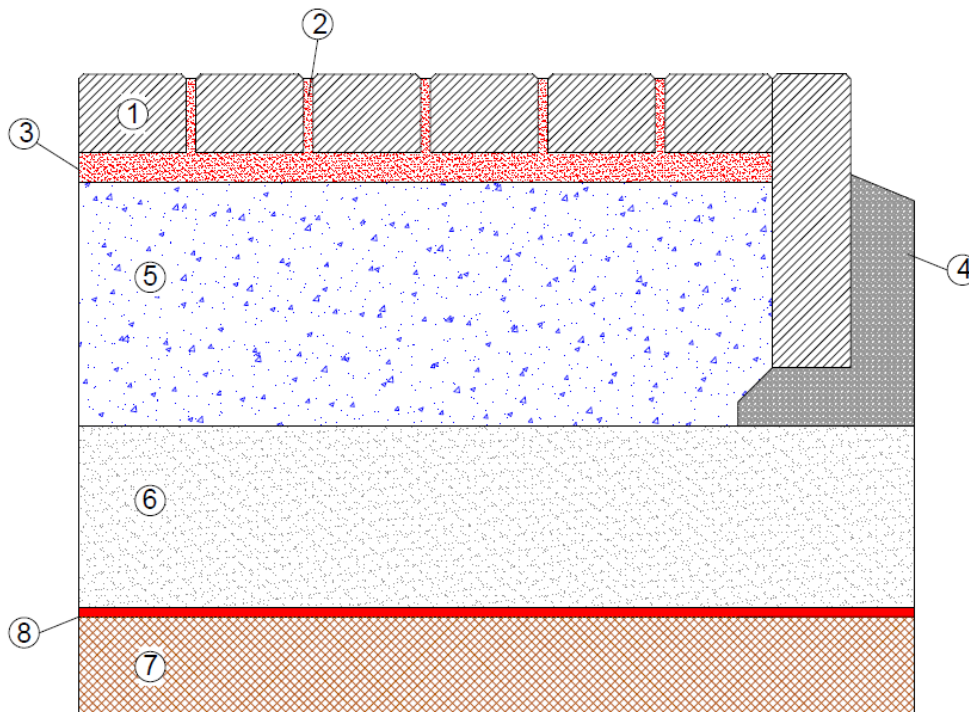
Het voordeel van een vertraagde afvoer bij een buffering laat zich merken wanneer een hevige regenbui plaatsvindt. De vertraagde afvoer zal het hemelwater geleidelijk lozen in het nabije infiltratiebekken of sloot. Een vertraagde afvoer vraagt wel om onderhoud om te vermijden dat de debietbeperker verstopt. Om deze reden is het wenselijk de knijpleiding/drainage op regelmatige afstanden aan te sluiten op een inspectieput om de werking ervan altijd te kunnen controleren.

### ***Overloop***

Een waterdoorlatende bestrating met bufferingseigenschappen dient een veiligheid in te bouwen zodat de bufferingscapaciteit niet overschreden kan worden. Deze veiligheid zorgt ervoor dat geïnfiltreerd hemelwater afgevoerd wordt wanneer de laag met bufferende eigenschappen verzadigd is. Dit kan voorkomen wanneer er zich verstoppingen voordoen in de afvoer van het gebufferd hemelwater of indien het ontwerp slecht gedimensioneerd is.

### 1.1.1.3. Opbouw van het systeem [2]

In deze literatuurstudie zal de volledige opbouw van een waterdoorlatende structuur besproken worden omdat waterdoorlatende straatstenen enkel hun functies kunnen vervullen als de onderbouw eveneens naar behoren is ontworpen. Niet alleen de straatstenen moeten voldoen aan een doorlatendheidsfactor van  $5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  maar de volledige structuur dient te voldoen aan deze waarde. Figuur 1 geeft duidelijk weer welke lagen er zich bevinden in een waterdoorlatende structuur.



Figuur 1: Doorsnede van een waterdoorlatende structuur.

- **1: Waterdoorlatende betonstraatstenen**

De straatstenen vormen het oppervlak van de bestrating en voeren hemelwater af naar de onderliggende lagen.

- **2: Voegvulling**

Vullingsmateriaal vult de voegen en drainagegaten op.

- **3: Straatlaag**

De straatlaag is het gedeelte van de onderstructuur gelegen tussen de waterdoorlatende straatstenen en de fundering.

De straatlaag werkt de toegelaten maatafwijkingen in de betonstraatstenen en in de fundering weg. Verder zorgt de straatlaag ook voor een stabiel oppervlak waarin de betonstraatstenen op hun plaats blijven.

- **4: Kantopsluiting**

Een kantopsluiting is altijd noodzakelijk als afboording van de waterdoorlatende oppervlakte. Het sluit het totale systeem af, zodat verplaatsing van de betonstraatstenen niet mogelijk is en de straatlaag niet kan wegspoelen.



- **5: Fundering**

De fundering is het gedeelte van de onderstructuur dat gelegen is tussen de straatlaag en de onderfundering.

De fundering heeft meerdere functies. Zo moet de laag een onvervormbare ondergrond vormen voor de eigenlijke verharding. In de fundering worden de verkeerslasten verspreid tot op een niveau waar de onderfundering de lasten kan aannemen. Tenslotte dient de fundering het hemelwater door te geven aan de onderfundering.

- **6: Onderfundering**

De onderfundering ligt tussen de fundering en de ondergrond.

De onderfundering neemt de lasten over van de fundering en zal deze verspreiden naar de ondergrond. Naast de lastenoverdracht dient de laag vooral als buffering van hemelwater. De onderfundering zal door zijn dikte de ondergrond vorstvrij houden. Invloed van vorst op de ondergrond kan uitzetting en opduwing van de wegconstructie tot gevolg hebben.

- **7: Ondergrond/baanbed**

De ondergrond of het baanbed is het gedeelte van de structuur dat gelegen is onder de onderfundering. Deze is reeds ter plaatse aanwezig.

- **8: Geotextiel**

Een geotextiel is een waterdoorlatend doek dat dient als scheidingslaag tussen twee verschillende materialen. Deze scheidingslaag voorkomt enerzijds dat fijn materiaal naar de onderliggende laag gaat waardoor zettingen kunnen ontstaan. Anderzijds zal het tijdens de uitvoering der werken de aangelegde (onder)fundering beschermen tegen het werfverkeer.

Het OCW heeft inzake de opbouw van waterdoorlatende structuren een aantal systemen vooropgesteld die ontwerpers kunnen aanwenden bij het dimensioneren van waterdoorlatende bestratingen (tabel 1). Deze structuren zijn functie van de verkeersintensiteiten en het type ondergrond.

	<b>Verkeersklasse II</b> Zware voertuigen < 100 per dag Lichte voertuigen < 5 000 per dag	<b>Verkeersklasse III</b> Zware voertuigen < 20 per dag Lichte voertuigen < 500 per dag	<b>Verkeersklasse IV</b> Geen zware voertuigen Occasioneel lichte voertuigen
<b>Zeer doorlatende ondergrond</b>			
<b>Goed doorlatende ondergrond</b>			
<b>Weinig doorlatende ondergrond</b>			

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1. Waterdoorlatende straatstenen          | 5. Onderfundering van steenslag |
| 2. Straatlaag                             | 6. Ondergrond                   |
| 3. Steenslagfundering                     | 7. Doorlatend geotextiel        |
| 4. Fundering van drainerend schraal beton | 8. Afvoerbuïs met knijpleiding  |

Tabel 1:: Gehanteerde systemen voor waterdoorlatende bestratingen [4].

#### ***1.1.1.4. Toepassingsgebied [5]***

Gezien de draagkracht van de (onder)fundering vermindert t.g.v. het aanwezige water bij buffering, is het toepassingsgebied van waterdoorlatende straatstenen beperkt. Waterdoorlatende bestratingen vinden hun beste toepassing bij de aanleg van:

- Bedrijfsterreinen, kmo-zones en winkelcentra;
- Woonstraten;
- Parkeerplaatsen voor personenauto's;
- Pleinen en wandelstraten;
- Fietspaden;
- Voetpaden;
- Opritten, terrassen.

De aanleg van waterdoorlatende verhardingen wordt niet aangeraden op volgende locaties:

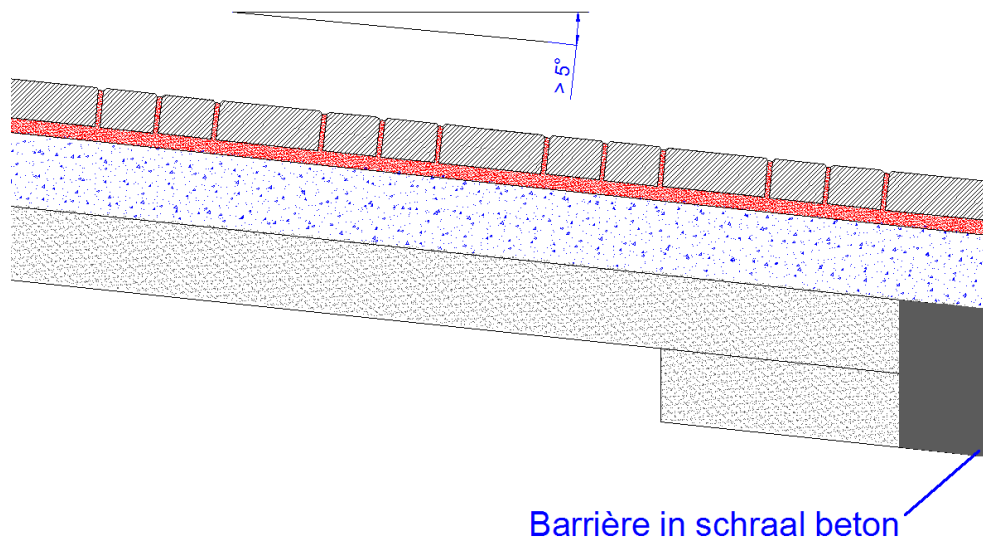
- Winplaatsen voor grondwater (in beschermingszones 1 en 2). In andere beschermingszones is dit mogelijk indien specifieke maatregelen ter bescherming van de ondergrond worden getroffen.
- Zones waar veelvuldig dooizouten worden gebruikt, dit om het grondwater niet te vervuilen.

#### ***1.1.1.5. Helling [2],[6]***

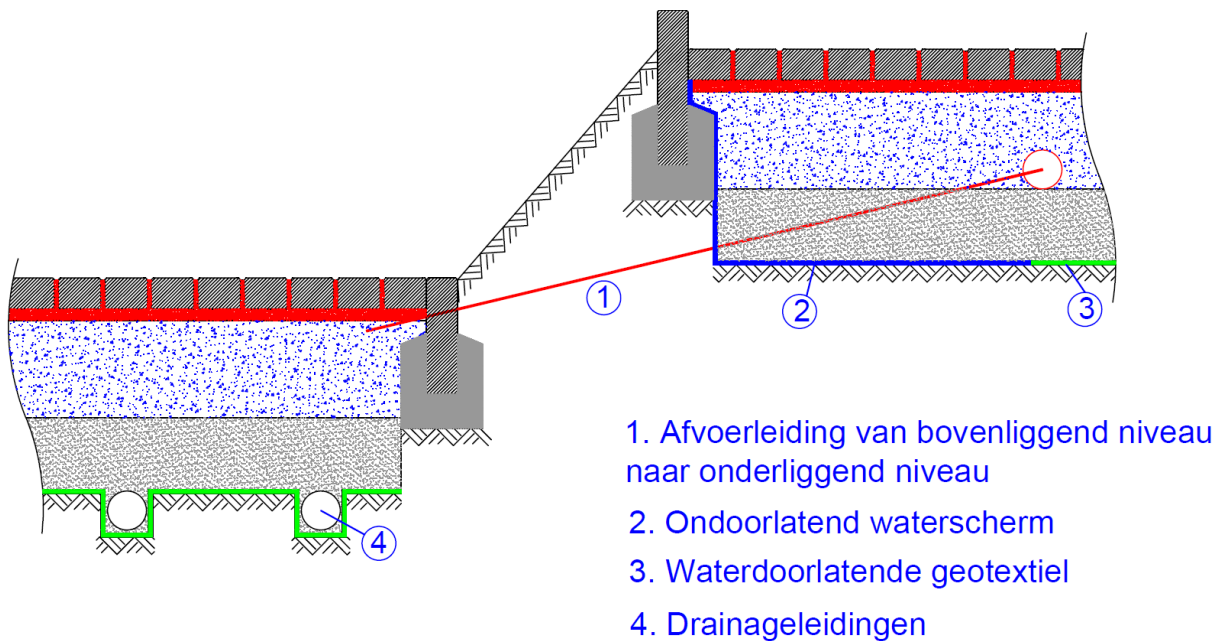
Bij klassieke bestratingen dient er een helling aangewend te worden zodat oppervlaktewater naar aanliggende kantstroken met straatkolken wordt afgevoerd. Om deze afwatering te verzekeren en derhalve plasvorming te voorkomen is een minimale helling van 2,5% van het wegdek nodig. Bij waterdoorlatende bestratingen kan de hellingsgraad verminderd worden omwille van de infiltrerende functie naar de onderlagen. Bij waterdoorlatende bestratingen moet er ontworpen worden zodat er geen oppervlakte-afstroming kan plaatsvinden. Om deze afstroming te vermijden kan er een minimale helling van 0,5% aangehouden worden tot maximaal 5%. Indien grotere hellingspercentages zich voordoen, moet men andere opties overwegen om de helling te overbruggen:

- Het werken in terrassen
- Aanbrengen van barrières

Op Figuur 2 wordt er via een doorsnede het werken met barrières in schraal beton weergegeven. Het werken in terrassen met waterdoorlatende bestratingen wordt weergegeven op Figuur 3.



Figuur 2: systeemopbouw met barrières. De barrière in schraal beton wordt aangebracht in de onderfundering aan de laagste zijde van de helling.



Figuur 3: systeemopbouw bij het werken in terrassen.

## 1.1.2. Materiaalkeuze

### 1.1.2.1. Type straatstenen [7]

Waterdoorlatende betonstraatstenen kunnen in het algemeen in vier verschillende types onderverdeeld worden. Onderstaande figuren 4 tot en met 7 geven de vier types weer.



Figuur 4: Betonstraatsteen met verbrede voegen.



Figuur 5: Betonstraatstenen met drainageopeningen.



Figuur 6: Poreuze betonstraatstenen.



Figuur 7: Grasbetontegels.

– **Betonstraatstenen met verbrede voegen**

Betonstraatstenen met verbrede voegen worden aan de zijkanten voorzien van brede nokken of afstandshouders, waardoor na het leggen van de stenen brede voegen ontstaan. Het hemelwater infiltreert via deze brede voegen naar de fundering en wordt in de ondergrond gebufferd (Figuur 4).

– **Betonstraatstenen met drainageopeningen**

De waterpasserende betonstraatsteen wordt voorzien van sparingen aan de buitenzijde zodat na de uitvoering drainageopeningen ontstaan (Figuur 5).

– **Poreuze betonstraatstenen**

Deze betonstraatstenen verkrijgen hun waterdoorlatendheid door de poreuze betonsamenstelling. In de productie van de betonstraatsteen wordt het aandeel aan fijne deeltjes, namelijk zand, verminderd zodat er holtes in de betonstraatsteen ontstaan. Hierdoor kan water infiltreren doorheen de poreuze matrix. Poreuze betonstraatstenen bezitten door hun open structuur een lagere slijttreksterkte ( $>2,5\text{MPa}$ ) dan klassieke betonstraatstenen en betonstraatstenen met verbrede voeg of drainageopeningen ( $>3,6\text{MPa}$ ) (Figuur 6).

– **Grasbetontegels**

Een vierde en laatste type is de grasbetontegel (figuur 7). Grasbetontegels zijn plaatvormig, van ongewapend beton en worden voorzien van doorgaande openingen en andere diepgaande sparingen. Naargelang de functie van de tegel worden de openingen en sparingen voorzien van teelaarde voor grasgroei of steenslag voor infiltratie. Deze betontegels vinden hun toepassing in zones met licht verkeer of waar er zeer beperkt zwaar verkeer voorkomt zoals bij het aanleggen van parkings, opritten, taludverstevingen, grachtbekledingen en wegverbredingen.

### 1.1.2.1.1. Toepassingsgebied [2],[4]

Bij de keuze van waterdoorlatende betonstraatstenen moet er voornamelijk rekening gehouden worden met de soort van toepassing, gebruikscomfort, esthetische overwegingen, persoonlijke voorkeuren of voorschriften in lastenboeken. Poreuze betonstraatstenen met kleine afschuiningen en voegen verdienen de voorkeur op betonstraatstenen met drainageopeningen of verbrede voegen bij fiets- en voetpaden omwille van het rijcomfort. Maar deze poreuze betonstraatstenen zijn dan weer minder geschikt voor zwaar verkeer vanwege de lagere splijttreksterkte. Daarnaast zijn ze ook gevoeliger voor vorst-dooicycli in aanwezigheid van wegzout.

### 1.1.2.1.2. Onkruidbeheersing [4]

Het voegpercentage speelt een grote rol bij onkruidgroei. Zo zullen de betonstraatstenen met drainageopeningen en verbrede voegen veel gevoeliger zijn voor onkruidgroei omwille van de verbrede voegen, terwijl poreuze betonstraatstenen vooral in het voorjaar dan weer meer last van mosgroei ondervinden omwille van de grotere porositeit aan het oppervlak.

### 1.1.2.1.3. Eigenschappen van waterdoorlatende straatstenen

Waterdoorlatende straatstenen dienen te voldoen aan diverse eisen, die zijn opgenomen in de normen. Tabel 2 geeft dit weer voor de vier types van betonstraatstenen.

	Stenen met verbrede voegen / Stenen met drainageopeningen	Poreuze straatstenen	Grasbetontegels
Norm	NBN EN1338 & NBN B21-311	PTV 122	PTV 121
Splijtsterkte in N/mm <sup>2</sup>	3,6	2,5	
Maatafwijkingen in mm			
Lengte	± 2	± 2	± 5
Breedte	± 2	± 2	± 5
Hoogte	± 3 (bij h < 10 cm) ± 4 (bij h ≥ 10 cm)	± 3 (bij h < 10 cm) ± 4 (bij h ≥ 10 cm)	± 5
Max. wateropsorping in %	6	n.v.t.	6
Min. waterdoorlatendheid in l/s/ha	n.v.t.	540	n.v.t.
Oppervlakteopeningen of verbrede voegen in % (van totale oppervlakte)	10	n.v.t.	25

Tabel 2: Eigenschappen en kenmerken van waterdoorlatende straatstenen. [7]-[9]

### **1.1.2.2. Type voegvulling [1], [10]**

Voegvulling heeft de functie om drainage-openingen, verbrede voegen of kleine voegen op te vullen. Deze vulling moet hierbij infiltrerende eigenschappen vertonen zodat oppervlaktewater naar onderliggende lagen kan infiltreren. Afhankelijk van het type waterdoorlatende betonstraatsteen zal een gepast voegvullingsmateriaal gekozen worden.

#### **1.1.2.2.1. Kenmerken en eisen**

Net zoals bij de straatlaag dient de voegvulling aan enkele eisen te voldoen om zettingen te voorkomen, voldoende te infiltreren en verbrijzeling van de granulaten te vermijden:

- Waterdoorlatendheid: deze dient minimaal gelijk te zijn aan  $5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ .
- Filterstabiliteit: de straatlaag mag niet in de onderliggende funderingslaag verdwijnen. Dit is zeer belangrijk om verzakkingen in het wegdek te vermijden.
- Weerstand tegen vergruizing: vorming van fijn materiaal onder verkeersbelasting dient vermeden te worden. Gevolg van vergruizingen is immers het dichtslibben van de straatlaag waardoor infiltratie onmogelijk wordt. Om de verbrijzeling tegen te gaan, stelt de norm (PTV 827) twee waardes vast, namelijk de Los Angelescoëfficiënt (LA) en de micro-Devalcoëfficiënt ( $M_{DE}$ ). De LA-waarde geeft de weerstand tegen verbrijzeling weer (bij de straatlaag is dit  $LA \leq 20$ ) en de  $M_{DE}$  waarde geeft de waarde tegen afslijting weer (in het geval van een straatlaag geeft dit  $M_{DE} \leq 15$ ).
- Bij poreuze stenen met smalle voegen stelt er zich een extra eis dat de voegvulling de open structuur van de straatsteen niet mag blokkeren. Specificaties hierrond staan vermeld in NBN EN 13242 of PTV 827.

#### **1.1.2.2.2. Onkruidbeheersing [4]**

Onderzoek bij fijne voegen ( $< 5 \text{ mm}$ ) heeft uitgewezen dat wanneer de materiaalkenmerken worden aangepast, de onkruidgroei verminderd. Zo vertonen fijne voegen ( $< 5 \text{ mm}$ ) bestaande uit zand met grovere korrels (0,2 mm tot 2 mm) en een beperkt gehalte aan fijne bestanddelen ( $< 0,063 \text{ mm}$ ) positieve resultaten op preventie van onkruidgroei.

Bij onderzoek met brede voegen trad doorgaans ook minder groei bij het aanpassen van de materiaalkenmerken. Door het gebruik van grovere materialen zoals 0/6,3 en 2/6,3 zal er minder onkruidgroei optreden dan bij fijnere materialen (0/1 en 0/2).

Voor verdere informatie kan er verwezen worden naar het hoofdstuk 3.2.3 Voegvulling in de handleiding van het OCW: Voor niet-chemisch(e) onkruidbeheer(sing) op verhardingen met kleinschalige elementen.

### **1.1.2.3. Type straatlaag [1], [10]**

Zoals eerder aangehaald werkt de straatlaag maatafwijkingen van de betonstraatstenen en de funderingslaag weg en geeft het de betonstraatstenen een oppervlak waarop ze stabiel kunnen geplaatst worden.

### **1.1.2.3.1. Kenmerken en eisen**

De belangrijkste kenmerken bij de keuze van het type straatlaag zijn:

- Waterdoorlatendheid: deze dient minimaal gelijk te zijn aan  $5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ .
- Filterstabiliteit : de voegvulling mag niet in de onderliggende straatlaag verdwijnen.
- Weerstand tegen vergruizing:  $LA \leq 20$  en  $M_{DE} \leq 15$ .

Bij plaatsing van de straatlaag dient er een dikte van minimum 3 cm en maximum 4 cm voor betonstraatstenen bereikt te zijn na verdichting. Voor grasbetontegels wijkt dit af naar minimum 3 cm en maximum 5 cm. Onderstaande materialen worden vaak gebruikt en voldoen aan de filterstabiliteit en weerstand tegen vergruizing:

- Porfier 0/6,3
- Gebroken zand 0/4 of 0/6,3
- Gebroken steenslag 1/3 – 2/4 – 2/5,6 – 2/6,3

### **1.1.2.3.2. Onkruidbeheersing [4]**

Onderzoek door het OCW heeft een verband gelegd tussen de porositeit van de straatlaag en het onkruidwerend vermogen van een verharding. Verhardingen met een open straatlaag, zoals porfier 2/6,3, zullen na verloop van tijd minder onkruidgroei vertonen dan verhardingen met een gesloten straatlaag, zoals kalksteen 0/6,3. Dit verband kan wellicht verklaard worden door de grotere hoeveelheden water die de plant ter beschikking heeft bij fijne bestanddelen in een gesloten straatlaag.

Bij de keuze van een straatlaag kan er best voor een open straatlaag en/of een lager gehalte aan fijne bestanddelen (bijvoorbeeld  $f_3$ ) gekozen worden.  $f_3$  staat voor de fractie fijne bestanddelen ( $< 0,063 \text{ mm}$ ) kleiner dan 3 procent. Dit is bij waterdoorlatende bestratingen in elk geval noodzakelijk omwille van de gewenste doorlatendheid.

### **1.1.2.4. Type fundering [1], [10]**

In volgende paragrafen volgen kenmerken en eisen opgelegd door de PTV 827: Waterdoorlatende bestratingen: Systeem-, product- en plaatsingseisen. Hiernaast wordt de vergelijking gemaakt met aanbevelingen uit Engeland.

#### **1.1.2.4.1. Kenmerken en eisen**

Materialen voor de fundering kunnen in twee groepen opgesplitst worden, nl. niet-gebonden funderingen en gebonden funderingen. Het voordeel van een gebonden fundering is een hogere stijfheid en stabiliteit zodat de bestrating een hogere verkeersbelasting aankan.

Kenmerken/gestelde eisen:

- Niet-gebonden materialen (ongebonden steenslag)
  - Het aandeel aan fijne deeltjes in de samenstelling verlagen zodat de fundering infiltrerende eigenschappen verkrijgt.



- Weerstand tegen vergruizing:  $LA$ - en  $M_{DE}$ -waarde. Deze waarde is afhankelijk van de te behalen weerstand tegen verkeersbelasting.
  - De korrelverdeling  $G_c$ : 80-20
  - De tolerantie van de korrelverdeling  $GT_c$ : 20/17,5
  - Samendrukbaarheidsmodulus = 110MPa
- Gebonden materialen (drainerend schraalbeton)
- Minimale gemiddelde druksterkte van 13N/mm<sup>2</sup> zodat de krachtspreiding van de verkeersbelasting gerealiseerd wordt.
  - De doorlatendheidscoëfficiënt moet bij verzadiging een minimale waarde van  $4 * 10^{-4}m/s$  behalen. Dit wordt beproefd via kernmonsters in het laboratorium.

Het verschil tussen de gebonden en niet gebonden materialen zit in de hoeveelheid cement.

Onderstaande tabel 3 geeft een overzicht van het aangewezen funderingstype met zijn minimale dikte in functie van het type verkeer.

Categorie	Type van verkeer			Fundering	
	Voetgangers, fietsers en bromfietsers	Lichte voertuigen (<3,5 ton)	Zware voertuigen (>3,5 ton)	Drainerend schraal beton	Ongebonden steenslag
1	Onbeperkt aantal	Beperkt tot 5000 per dag	Beperkt tot 400 per dag	-	-
2	Onbeperkt aantal	Beperkt tot 5000 per dag	Beperkt tot 100 per dag	20 cm	35 cm
3	Onbeperkt aantal	Beperkt tot 500 per dag	Beperkt tot 20 per dag	15 cm	25 cm
4	Onbeperkt aantal	Occasioneel	Geen	-	15 cm

Tabel 3: Aangewezen keuze van fundering naargelang de verkeersbelasting. [1]

### 1.1.2.5. Type onderfundering [1], [10], [11]

De onderfundering heeft een aantal functies bij een waterdoorlatende bestrating. Deze functies werden al eerder aangehaald bij paragraaf 1.1.1.3 Opbouw van het systeem.

#### 1.1.2.5.1. Kenmerken en eisen

De gebruikte materialen voor de onderfundering zijn grofkorrelige materialen van het type II. Voor de juiste specificaties wordt er verwezen naar het standaardbestek 250, hoofdstuk 5: onderfundering en fundering. Belangrijke eisen voor een onderfundering zijn:

- Porositeit behalen na verdichting zodat er hemelwater gebufferd opgeslagen kan worden. Hiernaast moet de porositeit ook infiltratie naar de ondergrond realiseren.
- Weerstand bieden tegen verbrijzeling ( $LA$ - en  $M_{DE}$ -waarde).
- Een juiste korrelverdeling bevatten zodat het materiaal verdichtbaar is ( $G_c$ - en  $GT_c$ -waarde)
- Samendrukbaarheidsmodulus van 35MPa

### 1.1.2.6. *Ondergrond [1],[2]*

Uit de vorige paragrafen is gebleken dat de totale structuur van de bestrating moet voldoen aan een doorlatendheid van  $5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ . Daarom is het belangrijk om de ondergrond te testen aan de hand van grondkarakteristieken, metingen in situ of beproevingen in het laboratorium, zodat de juiste opbouw bij het ontwerp wordt gekozen.

Grondsoorten hebben elk een specifieke doorlatendheidscoëfficiënt  $k$ :

- Zand/grind:  $10^{-3} - 10^{-5} \text{ m/s}$
- Lemig zand:  $10^{-4} - 10^{-7} \text{ m/s}$
- Zandig leem:  $10^{-5} - 10^{-8} \text{ m/s}$
- Leem:  $10^{-6} - 10^{-9} \text{ m/s}$
- Klei:  $10^{-9} - 10^{-11} \text{ m/s}$

Via de doorlatendheidscoëfficiënt kan men verschillende categorieën van grond onderscheiden:

- Zeer doorlatende grond  $k > 10^{-7} \text{ m/s}$
- Goed doorlatende grond  $10^{-4} > k > 10^{-6} \text{ m/s}$
- Matig tot slecht doorlatende grond  $10^{-6} > k > 10^{-8} \text{ m/s}$
- Nagenoeg ondoorlatende grond  $k < 10^{-8} \text{ m/s}$

#### 1.1.2.6.1. *Vorstvrije grond*

Belangrijk bij de aanleg van verhardingen is het vorstvrij dimensioneren. Inwerking van vorst kan betekenen dat de structuur wordt omhoog geduwd tijdens de koude maanden. Voor de berekening van een vorstvrije structuur wordt er verwezen naar Dossier 5: Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen uitgebracht door het OCW.

### 1.1.2.7. *Type drainage en knijpleiding [12],[13],[14]*

Zoals aangehaald in paragraaf 1.1.1.2 dient een vertraagde afvoer om het gebufferde hemelwater in de onderfundering vertraagd af te voeren naar de omgeving, zijnde een infiltratiebekken, sloten of in het slechtere geval het rioleringsstelsel. Voor een debietbeperker zijn er verschillende mogelijkheden:

- Knijpleiding

De meest toegepaste vorm van vertraagde afvoer is een knijpleiding. Deze toepassing is een leiding met een beperkte diameter zodat het afvoerend debiet na het passeren van de knijpleiding zal afnemen. Een voordeel van de knijpleiding is dat de werking hiervan eenvoudig is omdat er geen mechanische onderdelen aan te pas komen, maar hier tegenover bestaat er wel een risico op verstoppingen. Knijpleidingen hebben dus nood aan onderhoud.

– Wervelventiel of pomp

Deze twee systemen vinden ook hun toepassing in het vertraagd afvoeren van hemelwater uit de buffering. Een wervelventiel is een inox constructie waarbij het ventiel een weerstand zal opbouwen bij het wervelen van het afvoerend water. Voordelen hierbij zijn het kleine risico op verstoppingen en de eenvoud van het systeem. Een wervelventiel gaat dan wel gepaard met een hoge aankoopprijs. Door middel van een pomp in het systeem met een laag pompdebiet kan er ook vertraagde afvoer gerealiseerd worden. Voordelen bij het gebruik van een pomp zijn de gunstige aankooprijzen en de variabele pompdebieten. Toch zijn er vele nadelen aan het gebruik van een pomp zoals het energieverbruik, onderhoud, defecten en geluidshinder. In de praktijk zijn er weinig tot geen uitvoering bekend waarbij waterdoorlatende bestratingen uitgevoerd worden met pompen of wervelventielen maar in theorie is dit perfect mogelijk.

– Drainageleiding

Drainageleidingen bestaan meestal uit flexibele, geribbelde kunststof buizen of poreuze betonbuizen. Deze buizen dienen bestendig te zijn tegen uitwendige drukken van bovenliggende lagen en verkeersbelastingen zodat afvoer van oppervlaktewater gevrijwaard blijft. Uiteindelijk is het is de keuze van de ontwerper welk type van drainageleiding aangewend wordt bij de uitvoering.

*Kunststof buizen*

Rond een drainagebuis kan er een omhullingslaag geplaatst worden met goed doorlatende eigenschappen zodat water naar de buis kan toestromen. Hiernaast biedt de omhullingslaag ook bescherming tegen ijzerafzettingen in de kunststof buizen.

Een omhullingslaag van de drainageleiding kan bestaan uit kokosvezel of polypropyleen. Voordelen bij een kokosomhulling zijn de bestandheid tegen ijzerafzettingen en bescherming tijdens het transport. Doordat een kokosomhulling een natuurlijk product is kan er afbraak van de vezel optreden bij bepaalde grondomstandigheden. Een oplossing hiervoor is de polypropyleenomhulling.

Foto 8 geeft een afbeelding van een flexibele drainageleiding met een kokosvezelomhulling weer. Hiernaast wordt op Foto 9 een drainageleiding met polypropyleenvezel afgebeeld.



Figuur 8 Drainageleiding met een omhulling in kokosvezel.



Figuur 9: Drainageleiding met een omhulling in polypropyleenvezel.

### *Poreuze betonbuizen*

Een alternatief op de kunststof buizen, zijn de poreuze betonbuizen. De buizen verkrijgen hun naam doordat de wanden van de buis over de volledige lengte waterdoorlatend zijn en daardoor infiltrerende en drainerende eigenschappen verkrijgen. Gelijkaardig aan de poreuze betonstraatstenen, wordt het aandeel aan fijne deeltjes bij de productie van beton vermeden zodat de uitgeharde betonsamenstelling waterdoorlatend wordt. Net zoals kunststofleidingen dienen poreuze betonbuizen omhuld te worden met waterdoorlatende omhulling zodat water in de betonbuis kan infiltreren. Deze buizen worden geproduceerd met een minimale diameter van 40 cm en dienen te voldoen aan:

- Minimale waterdoorlatendheid van  $2,5 * 10^{-4} m/s$
- Minimale weerstand tegen verbrijzeling ten gevolge van gronddrukken, verkeersbelastingen en transport naar de werven.
- Afmetingen van de perforaties dienen gecontroleerd te worden bij productie.

Foto 10 geeft poreuze betonbuizen klaar voor plaatsing op de werf weer.



*Figuur 10: Poreuze betonbuizen klaar voor plaatsing.*

### **1.1.3. Proefmethodes**

Voor het verwerven van infiltratiesnelheden in de opbouw waterdoorlatende structuur zijn er verschillende opties. Onderstaande paragrafen geven een opsomming van (proef)methodes om de doorlatendheid van de lagen in structuur te bekomen.

#### **1.1.3.1. Infiltratiemetingen in de ondergrond**

##### **1.1.3.1.1. Onderzoek via databanken of grondkarakteristieken**

Via bodemkaarten in databanken over grondsoorten kan op eenvoudige wijze bij benadering de juiste grondsoort opgezocht worden waarbij een infiltratiecoëfficiënt gegeven kan worden. Naast de databanken zijn sonderingen van locaties ook een manier om grondsoorten te bepalen. Een voordeel hierbij is de lage kostprijs maar er moet wel geaccepteerd worden dat de nauwkeurigheid van de infiltratiecoëfficiënt sterk kan afwijken.

##### **1.1.3.1.2. Onderzoek via beproeving [1], [15]**

Onderzoek via beproeving kan door middel van twee methodes gebeuren. Deze twee methodes zijn om de verticale doorlatendheid van de grond te meten. Deze twee methodes worden tevens ook gehanteerd in het OCW voor grondonderzoek. Voor de horizontale doorlatendheid van een ondergrond te meten, worden er in deze literatuurstudie geen methodes aangehaald.

###### **1.1.3.1.2.1. Open-end test**

De open-end test is een methode voor het meten van de verzadigde of onverzadigde doorlatendheid van de ondergrond. De proefopstelling wordt uitgevoerd door een gat te boren tot op de laag waarvan de doorlatendheid bepaald moet worden en dit door het gebruik van een Edelmanboor. Na het boren wordt een blinde verbuizing geplaatst, die langs 2 zijdes geopend is. Deze buis steekt een meter boven het maaiveld uit en wordt ongeveer een 5cm in de bodem gedrukt. Vervolgens wordt de ondergrond nat gemaakt door de buis te vullen met water en te laten infiltreren in de ondergrond. Na deze ‘voornatting’ is de grond voldoende verzadigd om de proef te laten starten. Door middel van een druksensor wordt de snelheid van het infiltrerende water gemeten in de buis. De infiltratiesnelheid hangt hierbij af van de diameter van de buis, de drukhoogte en de snelheid waarmee het water zakt. De proef duurt een 20-tal minuten waarna een gemiddelde wordt berekend.

###### **1.1.3.1.2.2. Putmethode**

De putmethode is een eenvoudigere methode dan de open-end test om de doorlatendheid van de ondergrond te testen. Toch zal men er rekening mee moeten houden dat deze proef minder nauwkeurig is dan de open-end. Om de proef te starten dient er een put gegraven te worden met afmetingen van 50 cm x 50 cm x 50 cm. Hierbij wordt op de bodem een dunne laag steenslag aangebracht. Vervolgens wordt er 5 liter water in de put gegoten en de tijd die nodig is om het water te laten infiltreren in de ondergrond wordt genoteerd. Deze proef wordt drie maal herhaald en berekend volgens de formule:

$$k = \frac{v}{(t * A)}$$

Met:

k = doorlatendheidsfactor [m/s];  
V = hoeveelheid water [l];  
t = tijd [s];  
A = oppervlakte van de put [cm<sup>2</sup>].

### ***1.1.3.2. Infiltratiemetingen in de (onder)fundering***

#### ***1.1.3.2.1. Kolomtest [16]***

De onderfundering- en funderingslaag kunnen getest worden op waterdoorlatendheid door middel van de kolomtest. Stalen van de gebruikte materialen voor de (onder)fundering dienen voor de plaatsing naar een gekwalificeerd laboratorium verzonden te worden waarna de doorlatendheid getest kan worden met behulp van de kolomtest. Indien de fundering uit drainerend schraalbeton bestaat dient er een kern geboord te worden na de uitvoering zodat het labo dit kan beproeven met de kolomtest.

### ***1.1.3.3. Infiltratiemetingen aan de oppervlakte***

#### ***1.1.3.3.1. Dubbele ringmethode***

De dubbele ringmethode is een testmethode om de doorlatendheid van een waterdoorlatende bestrating te meten. De werking, voor- en nadelen worden uitvoerig besproken in deel 2 van deze thesis.

#### ***1.1.3.3.2. Enkele ringmethode***

De enkele ringmethode is een variant op de dubbele ringmethode om dezelfde waterdoorlatendheid van een waterdoorlatende bestrating te meten. Ook deze methode wordt in detail besproken in deel 2 van deze thesis.

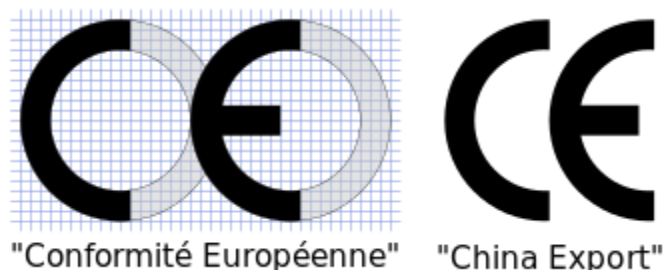
## 1.2. Wetgeving omtrent waterdoorlatende bestratingen

### 1.2.1. Fabricage van waterdoorlatende straatstenen

Betonstraatstenen mogen enkel op de markt gebracht worden in Europa of België wanneer zij beschikken over een CE-markering. De CE-markering valt onder het geharmoniseerd gedeelte van de Europese norm NBN EN 1338. Verder bestaat er in België ook het BENOR-merk dat toegepast wordt op de betonstraatstenen. Het BENOR-merk is gebaseerd op de inhoud van de Europese norm NBN EN 1338 en de bijhorende Belgische toepassingsvoorschriften van de NBN B 21-311.

#### 1.2.1.1. CE-markering [17]

De CE-markering staat voor Conformité Européenne en betekent 'in overstemming met de Europese regelgeving' (Figuur 11). Het doel van de CE-markering is enerzijds de vrije handel binnen de lidstaten te bevorderen, terwijl anderzijds de veiligheid in het gebruik van de producten verhoogt. De markering is dus geen keurmerk. De CE-markering geeft in toepassing van de Europese Bouwproductenverordening (BPR) aan dat de betreffende producten voldoen aan een aantal minimale eisen inzake mechanische sterkte, stabiliteit,... Deze minimale eisen worden opgelegd in de nationale wetgeving en regelgeving van de lidstaat waar het product op de markt wordt gebracht. Bij de bouwproducten, zoals straatstenen, worden de meeste kenmerken vastgelegd in de geharmoniseerde Europese norm.



Figuur 11: Het verschil tussen CE-markering en China Export.

#### 1.2.1.1.1. Geharmoniseerde normen

Geharmoniseerde normen zijn documenten die goedgekeurd zijn door de Europese normalisatie-instellingen (CEN en CENELEC). Indien een product onder een Europese geharmoniseerde norm valt, moet de fabrikant gebruik maken van de erin vermelde testmethodes. De normalisatie heeft als doel referentiedocumenten te leveren die gestandaardiseerde testmethodes voorschrijven. Geharmoniseerde normen voor betonstraatstenen zijn echter beperkt, waardoor de CE-markering weinig tot geen kwaliteitsniveau biedt.

#### 1.2.1.2. NBN EN 1338: Betonstraatstenen - Eisen en beproevingsmethoden [18]

In de Europese norm NBN EN 1338 beschrijft men de bestanddelen, eigenschappen, eisen en beproevingsmethoden voor ongewapende cementgebonden betonstraatstenen en hulpstukken.

### 1.2.1.3. *NBN B 21-311: Betonstraatstenen – toepassingsvoorschriften [19]*

Via de NBN B 21-311 wordt de CE-klasse bepaald uit de norm NBN EN 1338. Dit geeft weer hoe een kenmerk moet voldoen voor een bepaalde toepassing. Wanneer een kenmerk niet in deze Belgische norm vermeld staat, geldt de laagste klasse van de NBN EN 1338, of een hogere indien zij door de fabrikant is opgegeven.

### 1.2.1.4. *BENOR-certificatie*

Het Belgische BENOR-merk is een vrijwillig merk dat de overeenkomstigheid van het vervaardigde en geleverde product met de volledige inhoud van de Belgische voorschriften waarborgt (Figuur 12). Deze voorschriften betreffen in eerste instantie de Belgische normen (NBN B 21-311) en de als Belgische normen geregistreerde Europese normen (NBN EN 1338), maar het kan ook gaan om daarvan afgeleide normatieve documenten, Technische Voorschriften (PTV) genaamd.



*Figuur 12: Logo BENOR.*

Bij het BENOR-merk zal de producent zelf interne controles uitvoeren om de overeenkomstigheid van zijn producten te verzekeren. Extern toezicht zal periodiek gebeuren door een externe, onpartijdige keuringsinstelling, zoals COPRO of SECO, die door de certificatie-instelling PROBETON wordt gemandateerd.

BENOR-certificatie richt zich in vergelijking tot de CE-markering wel tot de kwaliteit van het product. Zo zal er met BENOR-certificatie ook steeds toezicht blijven op de kwaliteit van het geproduceerde product door de fabrikant of via extern toezicht.

### 1.2.1.5. *PTV*

Een extra aanvulling op de Belgische normen NBN B en de Europese normen NBN EN zijn de technische voorschriften, PTV genaamd. PTV's van toepassing op waterdoorlatende bestratingen zijn:

- PTV 121: Grasbetontegels
- PTV 122: Waterdoorlatende betonstraatstenen- en tegels
- PTV 827: Waterdoorlatende bestratingen : Systeem-, product- en plaatsingseisen
- PTV 829: Geotextiel en verwante producten



## 1.2.2. Stedenbouwkundige Verordening inzake hemelwater [20], [21], [22]

### 1.2.2.1. Ontstaan

Het ontstaan van de Stedenbouwkundige Verordening inzake hemelwater is het gevolg van een aantal vaststellingen (tabel 4):

<i>Vaststellingen:</i>	
<u>Overstromingen in Vlaanderen</u>	<u>Droogte in Vlaanderen</u>
-Rivieroverstromingen in de winter	-Te weinig infiltratie door toegenomen verharde oppervlakte
-Riooloverstromingen in de zomer	-Gestegen watervraag door toenemende bevolking
	-Door minder aanvulling en grotere onttrekking daalt het grondwaterpeil

Tabel 4: Vaststellingen bij het ontstaan van de verordening

### 1.2.2.2. Doelstellingen

De doelstelling bij het opstellen van deze verordening is het bijkomende effect van gebouwen of verhardingen op het watersysteem neutraliseren door:

- Niet onnodig verharden
- Zoveel mogelijk hemelwater vasthouden ter plaatse en zo weinig mogelijk afvoeren
- Watersysteem zonder gebouwen/verhardingen benaderen
- Maximaal hergebruik realiseren
- Maximaal infiltreren in de ondergrond

### 1.2.2.3. Evolutie

In 1999 werd de eerste verordening inzake hemelwater opgelegd door de Vlaamse Regering. Deze werd in 2004 vervangen door een strengere opvolger.

Sinds 1 januari 2014 is een nieuwe verordening van kracht die de knelpunten van de verordening uit 2004 moet oplossen omdat er een aantal doelstellingen niet werden bereikt. Er was nood aan een verstrenging van de verordening omwille van:

- Vele kleine gebouwen en verhardingen, zowel nieuw als bestaand, “ontsnapt” aan de bepalingen van de verordening.
- Vaak werden te grote putten geplaatst zonder hergebruik.
- Infiltratievoorzieningen ontbraken of werden te klein gedimensioneerd.

#### 1.2.2.4. Toepassing

De huidige verordening vindt zijn toepassing bij de volgende situaties:

- Het bouwen, herbouwen of uitbreiden van overdekte constructies met een nieuwe oppervlakte groter dan 40m<sup>2</sup>.
- Het aanleggen, heraanleggen of uitbreiden van verhardingen met een nieuwe oppervlakte groter dan 40m<sup>2</sup>.
- Verkavelingsaanvragen waarbij er aanleg van nieuwe wegen is voorzien.

De verordening inzake hemelwater is enkel toepasbaar op privaat domein. Het openbaar domein valt onder het toepassingsgebied van de code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen.

#### 1.2.2.5. Uitgangspunten van de huidige verordening

De nieuwe verordening heeft enkele uitgangspunten waarnaar gestreefd moet worden:

- Afkoppeling van hemelwater van de droogweerafvoerleidingen (DWA-tracé)
- Een drietrapstrategie toepassen (vasthouden, bufferen en afvoeren). Hierbij wordt er steeds gedacht aan hergebruik van regenwater, pas dan aan het afvoeren.
- Bestaande overdekte constructies en verhardingen (gedeeltelijk) in rekening brengen bij het dimensioneren van infiltratie- en buffervoorzieningen.

#### 1.2.2.6. Verschil tussen de oude en de huidige verordening

Tabel 5 geeft de belangrijkste verschillen weer tussen de verordening van 2004 en 2014. Op de volgende pagina wordt het verschil tussen beide verordeningen kort besloten.

	Verordening hemelwater 2004 tot 31/12/2013	Verordening hemelwater 2013 vanaf 01/01/2014
Ondergrens toepassingsgebied voor gebouwen en constructies	>75 m <sup>2</sup>	> 40 m <sup>2</sup>
Ondergrens toepassingsgebied voor verhardingen	>200 m <sup>2</sup>	> 40 m <sup>2</sup>
Vrijstellingen voor kavels	<300m <sup>2</sup>	<250 m <sup>2</sup> voor infiltratie Geen vrijstelling hemelwaterput
Dimensies infiltratievoorziening	2 m <sup>2</sup> /100 m <sup>2</sup> 1500l/100m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup> /100 m <sup>2</sup> 2500l/100m <sup>2</sup>
Verkavelingen met aanleg van nieuwe wegenis	Vrijgesteld	Collectieve infiltratievoorziening voor oppervlakte wegenis + 80m <sup>2</sup> /kavel

Tabel 5: Vergelijking Verordening hemelwater 2004-2013.

Gedurende acht jaar werd er ervaring opgedaan met de normering van 2004. Dit bracht een aantal knelpunten naar boven, zoals het overbelasten van het rioleringsstelsel bij hevige regenbuien door de overloop van de hemelwaterput rechtstreeks aan te sluiten op het rioleringsnet. In de huidige verordening inzake hemelwater werden aanpassingen aangebracht, zodat deze struikelblokken niet meer van toepassing zijn. Zo werd de overloop van hemelwaterputten aangesloten op een infiltratievoorziening. Verder kan ook gesteld worden dat de huidige verordening een verstrenging is op de verordening van 2004.

#### ***1.2.2.7. Infiltratie in de huidige verordening***

De plaatsing van een infiltratievoorziening is verplicht bij het bouwen, herbouwen of uitbreiden van overdekte constructies met een nieuwe oppervlakte groter dan 40m<sup>2</sup> en bij de aanleg, de heraanleg of de uitbreiding van verhardingen met een nieuwe oppervlakte groter dan 40m<sup>2</sup>.

Dit is enkel geldig voor vergunningsplichtige of meldingsplichtige overdekte constructies of verhardingen. Dit impliceert bv. dat de verordening niet van toepassing is voor strikt noodzakelijke toegangen en opritten naar de woning.

De regel voor het dimensioneren van infiltratievoorzieningen is de volgende:

- Infiltratieoppervlakte: minimum 4m<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup> afwaterende oppervlakte
- Buffervolume infiltratie: minimum 25l/m<sup>2</sup> afwaterende oppervlakte

#### ***1.2.2.8. Buffering in de huidige verordening***

Buffering van hemelwater wordt volgens de verordening verplicht wanneer de infiltratievoorziening gelegen is in een beschermingszone I of II van een drinkwatergebied of indien het goed groter is dan 250 m<sup>2</sup>. Hiernaast komt een buffervoorziening ook aan bod indien de infiltratievoorziening technisch niet haalbaar is.

De regel voor het dimensioneren van buffervoorzieningen is de volgende:

- Goed kleiner dan 2500 m<sup>2</sup>
  - Buffervolume buffer: minimum 25l/m<sup>2</sup> afwaterende oppervlakte
- Goed groter dan 2500 m<sup>2</sup>
  - Buffervolume buffer: minimum 25l/m<sup>2</sup> afwaterende oppervlakte
  - Vertraagde afvoer: ledigingsdebiet van maximum 20l/s/ha

#### ***1.2.2.9. Waterdoorlatendheidsfactor k in de huidige verordening***

De stedenbouwkundige verordening inzake hemelwater spreekt niet over infiltratiecoëfficiënten. De verordening legt enkel waardes vast voor de noodzakelijke infiltratieoppervlakte, de nodige buffervolumes en de maximale uitstroom voor vertraagde afvoeren. Het is de PTV normering die de waterdoorlatende structuren een waterdoorlatendheidsfactor oplegt.

### 1.2.2.10. Verduidelijking van de verordeningen van 2004 en 2014 d.m.v. een praktijkvoorbeeld

Met behulp van twee voorbeelden wordt in deze paragraaf het effect van de nieuwe normering vergeleken met de oudere verordening. Het eerste voorbeeld omvat een klassieke verharding, terwijl in het tweede voorbeeld gebruik wordt gemaakt van een waterdoorlatende bestrating.

	Klassieke opbouw	Waterdoorlatende opbouw
Gegevens	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aanleg van een nieuwe parking op een braakliggend terrein.</li> <li>▪ Totale opp. parking: 3000 m<sup>2</sup></li> <li>▪ Goed ligt niet in beschermingszone drinkwatergebied I of II</li> <li>▪ Parking is niet gelegen op een openbaar domein</li> <li>▪ Porositeit van de onderfundering: 23%</li> </ul>	
Verordening inzake hemelwater 2004	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Goed groter dan 1000 m<sup>2</sup> dus:</u></li> <li>▪ Infiltratieoppervlakte: = min. 2 m<sup>2</sup>/100 m<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2 m<sup>2</sup> * 3000m<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup> = <u>60 m<sup>2</sup></u></li> </ul> </li> <li>▪ Buffervolume infiltratie van 15 l/m<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 15 l/m<sup>2</sup> * 3000 = <u>45.000 liter</u></li> </ul> </li> <li>▪ Buffervolume buffer van 20 l/m<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 20 l/m<sup>2</sup> * 3000 = <u>60.000 liter</u></li> </ul> </li> <li>▪ Vertraagde afvoer realiseren: = 1500l/u/100m<sup>2</sup> = 41,6l/s/ha <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3000 m<sup>2</sup> = 0,3 ha</li> <li>▪ Maximaal debiet van <u>12,46 l/s</u></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Goed groter dan 1000 m<sup>2</sup> dus:</u></li> <li>▪ Infiltratieoppervlakte: min. 2 m<sup>2</sup>/100 m<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2 m<sup>2</sup> * 3000m<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup> = 60 m<sup>2</sup></li> </ul> </li> <li>▪ Buffervolume infiltratie van 15 l/m<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 15 l/m<sup>2</sup> * 3000 = 45.000 liter</li> </ul> </li> <li>▪ Buffervolume buffer van 20 l/m<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 20 l/m<sup>2</sup> * 3000 = <u>60.000 liter</u></li> </ul> </li> <li>▪ Vertraagde afvoer realiseren: 1500l/u/100m<sup>2</sup> = 41,6l/s/ha <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3000 m<sup>2</sup> = 0,3 ha</li> <li>▪ Maximaal debiet van <u>12,46 l/s</u></li> </ul> </li> <li>▪ Minimum dikte onderfundering: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>dikte_{onderfun} = \frac{buffervolume}{(porositeit\ onderfundering * oppervlakte * 1000)}</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>\frac{60\ 000\ l}{23\% * 3000m^2 * 1000} = 9\ cm</math></li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
Verordening inzake hemelwater 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Goed groter dan 2500 m<sup>2</sup> dus:</u></li> <li>▪ Infiltratieoppervlakte: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ min. 4 m<sup>2</sup>/100 m<sup>2</sup></li> <li>▪ 4 m<sup>2</sup> * 3000m<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup> = <u>120 m<sup>2</sup></u></li> </ul> </li> <li>▪ Buffervolume infiltratie van 25 l/m<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 25 l/m<sup>2</sup> * 3000 = <u>75.000 liter</u></li> </ul> </li> <li>▪ Buffervolume buffer van 25 l/m<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 25 l/m<sup>2</sup> * 3000 = <u>75.000 liter</u></li> </ul> </li> <li>▪ Vertraagde afvoer realiseren: 20l/s/ha <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3000 m<sup>2</sup> = 0,3 ha</li> <li>▪ Maximaal debiet van <u>6 l/s</u></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Goed groter dan 2500 m<sup>2</sup> dus:</u></li> <li>▪ Infiltratieoppervlakte: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ min. 4 m<sup>2</sup>/100 m<sup>2</sup></li> <li>▪ 4 m<sup>2</sup> * 3000m<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup> = <u>120 m<sup>2</sup></u></li> </ul> </li> <li>▪ Buffervolume van 25 l/m<sup>2</sup> * 3000 m<sup>2</sup> = <u>75.000 liter</u></li> <li>▪ Vertraagde afvoer realiseren: 20l/s/ha <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3000 m<sup>2</sup> = 0,3 ha</li> <li>▪ Maximaal debiet van <u>6 l/s</u></li> </ul> </li> <li>▪ Minimum dikte onderfundering: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>dikte_{onderfundering} = \frac{buffervolume}{(porositeit\ onderfundering * oppervlakte * 1000)}</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>\frac{75\ 000\ l}{23\% * 3000m^2 * 1000} = 9\ cm</math></li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

Tabel 6: Vergelijking verordening 2004-2014 d.m.v. een voorbeeld

#### ***1.2.2.10.1. Interpretatie***

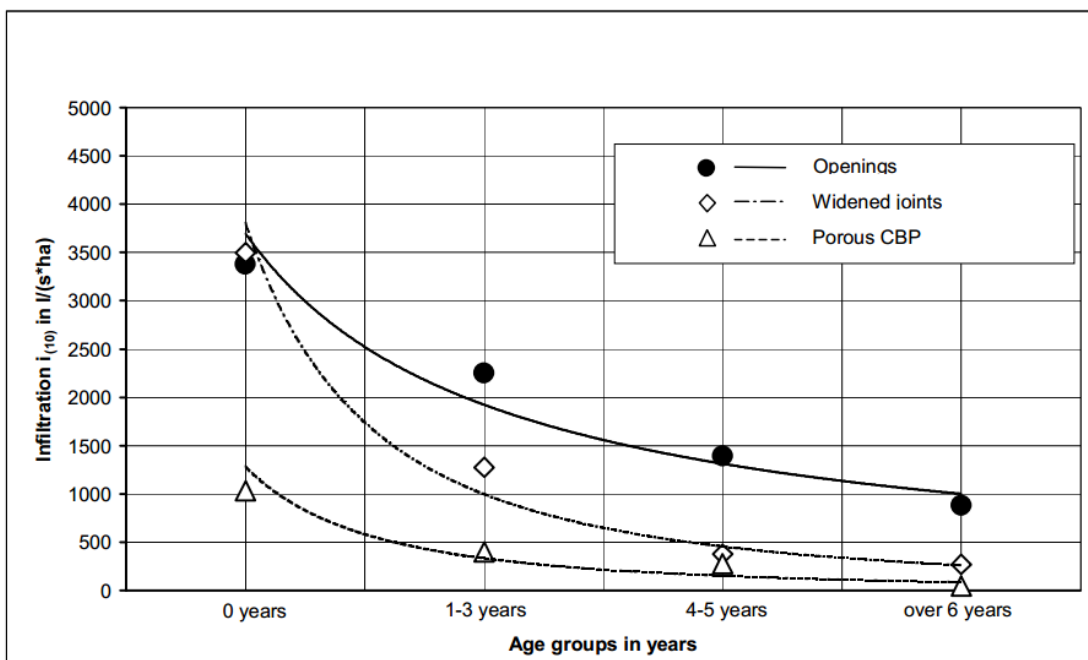
- Het grote voordeel van waterdoorlatende bestratingen ten opzichte van klassieke verhardingen wordt hierboven duidelijk. Door de opgelegde eisen bij de verordening inzake hemelwater dienen er infiltratievoorzieningen en/of buffervolumes aangelegd te worden voor klassieke verhardingen. Oppervlakte van waterdoorlatende bestratingen hoeven niet in rekening gebracht te worden door de infiltrerende en bufferende eigenschappen kenmerkend bij de waterdoorlatende structuur. Naast eerder aangehaalde voordelen van een waterdoorlatende verharding, is de prijs van de aanleg van een waterdoorlatende verharding een voordeel ten opzichte van klassieke verhardingen.
- Een bijkomend voordeel van de waterdoorlatende bestratingen doet zich voor wanneer andere afvoeren van hemelwater worden aangesloten aan het waterdoorlatende systeem. Zo kan het opgevangen hemelwater i.p.v. het aan te sluiten op een hemelwaterput of infiltratievoorzieningen, aangesloten worden op een inrit met waterdoorlatende kenmerken waardoor infiltratievoorzieningen en hemelwaterputten overbodig worden.
- In dit uitgewerkte voorbeeld ondergaat een waterdoorlatende verharding sinds dat de nieuwe verordening van kracht is, geen grote veranderingen waardoor er hogere kosten zullen ontstaan. In het geval van een klassieke verharding brengt dit wel grote gevolgen met zich mee: infiltratieoppervlaktes verdubbelen en buffervolumes, al dan niet ondergronds of bovengronds met bijhorende vertraagde afvoeren, dienen groter te worden.

### 1.3. Voorgaand onderzoek over de evolutie van waterdoorlatende bestratingen [23]

In de literatuurstudie zijn de waterdoorlatende bestratingen op vlak van ontwerp, materiaalkeuze en wetgeving uitvoerig besproken. Het laatste deel van de literatuurstudie handelt over voorgaand onderzoek over de evolutie van waterdoorlatende bestratingen.

#### 1.3.1. Invloed door ouderdom bij waterdoorlatende bestrating

Borgwardt (2006) bestudeerde de invloed door ouderdom bij waterdoorlatende bestratingen met een onderzoek van 80 metingen. In het onderzoek zijn de drie soorten van waterdoorlatende betonstraatstenen betrokken. Figuur 13 geeft het resultaat weer van Borwardt over de evolutie van waterdoorlatende straatstenen.



Figuur 13: Verouderingsproces bij waterdoorlatende bestratingen. [23]

Om de resultaten te beoordelen, worden de waarden van de y-as omgevormd naar m/s omdat deze eenheden verder in het onderzoek worden gehanteerd:

$$1 \text{ l/s/ha} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

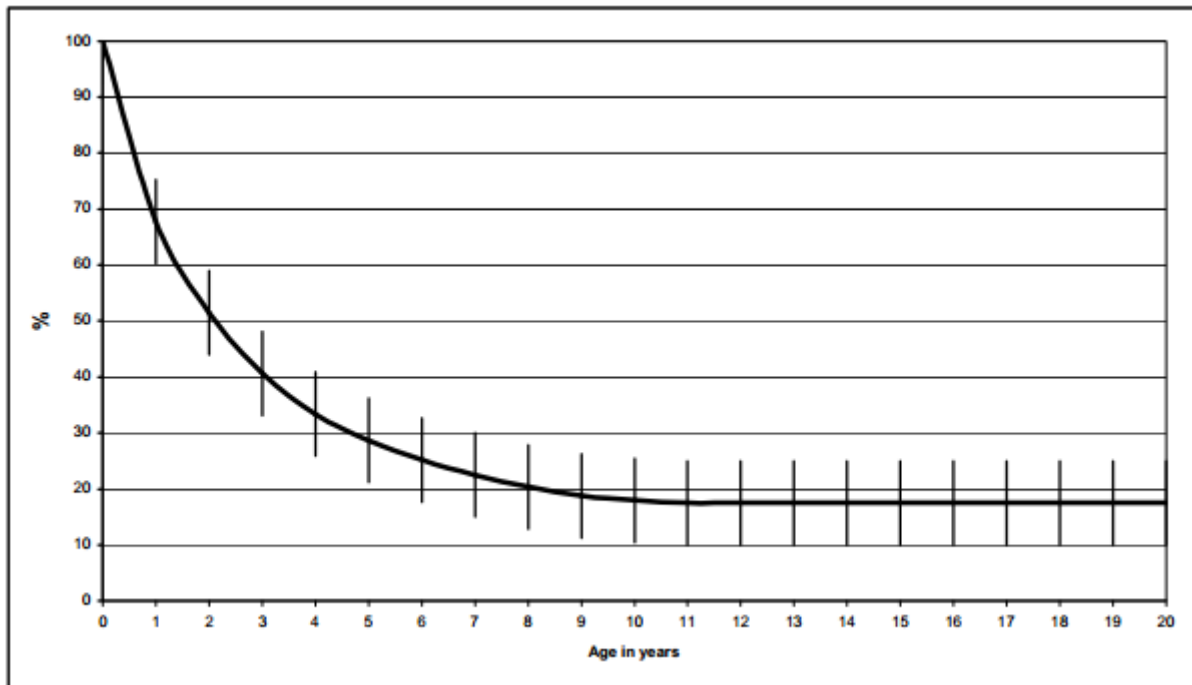
Tabel 7 geeft enkele omgevormde waardes weer van l/s/ha naar m/s:

Omvorming van l/s/ha naar m/s			
5000	(l/s)/ha	5,00E-04	m/s
1000	(l/s)/ha	1,00E-04	m/s
500	(l/s)/ha	5,00E-05	m/s

Tabel 7: Omvormingswaardes van l/s/ha naar m/s

Onderzoek toont aan dat elk type van waterdoorlatende bestratingen naarmate de ouderdom stijgt, de infiltratiecapaciteit daalt. Maar er kan wel gesteld worden dat poreuze betonstraatstenen vanaf jaar nul, lagere infiltratievermogens hebben dan waterpasserende betonstraatstenen.

### 1.3.2. Algemene trend bij de infiltratieprestatie



Figuur 14: Prestaties van de waterdoorlatende verhardingen in functie van de ouderdom.

Borgwardt (2006) besluit bij Figuur 14 dat de infiltratiekwaliteit sterk beïnvloed wordt door de leeftijd van de bestrating door het meevoeren van minerale en organische deeltjes in het bovenste gedeelte van voegvullingen of de poriën van de poreuze betonstraatstenen. Zo laten de resultaten zien er een afname tot 10-25% van het oorspronkelijke infiltratievermogen kan plaatsvinden. Vanaf de ouderdom van tien jaar lijkt er zich een evenwicht te stellen tussen het infiltratievermogen en de vervuiling.





## **DEEL 2: DOORLATENDHEIDSMETINGEN**

In dit hoofdstuk worden twee methodes, die gehanteerd worden tijdens het duurzaamheidsonderzoek van deze masterproef, beschreven en vergeleken. Beide testmethodes zijn metingen om de doorlatendheidscoëfficiënt  $k$  (uitgedrukt in m/s) van waterdoorlatende verhardingen te berekenen. De eerste methode, de dubbele ringmethode, wordt in deze thesis toegepast om de resultaten op een gelijkwaardige manier te kunnen vergelijken met de resultaten van het OCW, die in het verleden werden bekomen. De tweede methode, de enkele ringmethode, werd aangehaald en voorgesteld tijdens het duurzaamheidsonderzoek omdat deze relatief onbekend was in België. Door deze proefmethode mee in het onderzoek op te nemen, kan de methode vergeleken worden met de dubbele ringmethode. Beide methodieken hebben hun voor- en nadelen, die later in dit hoofdstuk worden beschreven.

### **2.1. Proefmethodes**

#### ***2.1.1. Dubbele ringmethode***

De dubbele ringmethode is een beproevingsmethode gehanteerd door het OCW en geaccepteerd door de PTV 827 om de waterdoordringbaarheid bij waterdoorlatende verhardingen te meten. Gedurende het duurzaamheidsonderzoek van deze masterproef zijn de beproevingen altijd onder begeleiding van een laborant van het OCW uitgevoerd.

##### ***2.1.1.1. Proefmethode***

###### *Locatie van de proef*

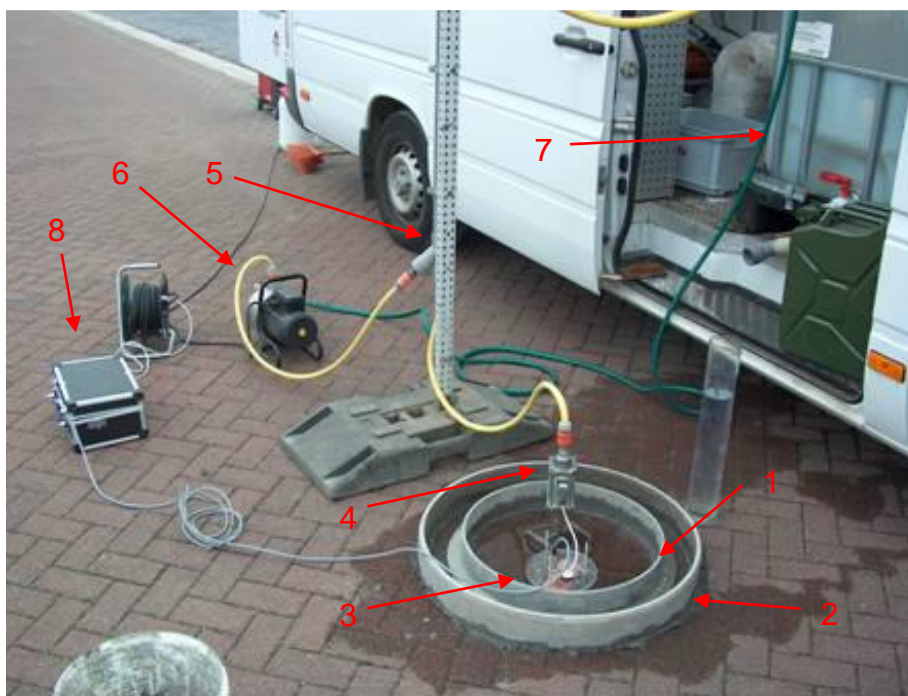
Bij aankomst op locatie dient er een plaats gekozen te worden waar de meting gehouden zal worden. Om de metingen uit het verleden en de nieuwe resultaten met elkaar te vergelijken, wordt ervoor gekozen om dezelfde plaats te kiezen als bij de vorige meting(en). Indien de locatie belemmerd is door geparkeerde voertuigen of andere obstakels, wordt de locatie zo kort mogelijk bij de originele plaats genomen.

###### *Proefopstelling opbouwen*

###### *- Meetopstelling*

Figuur 15 geeft de proefopstelling weer bij het beproeven door middel van een dubbele ringbeproeving. De onderdelen van de doorlatendheidsmeting zijn op de figuur aangeduid en opgesomd hieronder:

1. Binnenste ring, diameter 50 cm
2. Buitenste ring, diameter 70 cm
3. Niveaudetector, samengesteld uit 2 contactplaten
4. Elektromagnetisch ventiel
5. Waterkolom
6. Pomp
7. Waterreservoir, 600 liter
8. PLC-sturing



Figuur 15: Onderdelen van een dubbele ringmethode. [10]

- Aanbrengen van krijtmarkeringen

Wanneer de locatie van de proefopstelling bekend is, kan een krijtmarkering van de contouren van beide ringen aangebracht worden op de waterdoorlatende straatstenen. Deze markering vertelt waar er mortel dient aangebracht te worden voor het verlijmen van de ringen aan het oppervlak. Het voordeel hierbij is dat er een minimum aan cementpasta wordt gebruikt en dat er slechts weinig overschot langs de ringen dient weggehaald te worden. Figuur 16 geeft een bestratingsoppervlak weer met de aangebrachte krijtmarkeringen.



Figuur 16: Aangebrachte krijtmarkeringen van de ringen op het bestratingsoppervlak.

- Verlijming tussen de binnenste en de buitenste ring en het bestratingsoppervlak

Na het aanbrengen van de krijtmarkeringen, dienen beide ringen tijdelijk verlijmd te worden aan het bestratingsoppervlak. Deze verlijming is noodzakelijk opdat er geen lateraal transport van water mogelijk is tussen de ringen en het bestratingsoppervlak.

De binnenste ring heeft als functie het oppervlak af te grenzen waar de waterdoorlatendheid wordt bepaald. De gevulde buitenste ring heeft de functie om een verticaal scherm te creëren voor het infiltrerende water van de binnenste ring, zodat een laterale verspreiding van het water zo goed mogelijk verhinderd wordt.

Om deze verlijming mogelijk te maken, wordt er gebruik gemaakt van een cementmortel, die afhankelijk van de buitentemperatuur vloeier wordt gemaakt. Zo is het interessanter om bij hoge temperaturen meer water aan het mengsel toe te voegen, zodat de mortel niet vroegtijdig uitdroogt en een goede verlijming tot stand kan komen.

Wanneer de mortel aangebracht is op het oppervlak van de bestrating, kunnen de ringen geplaatst worden op de cementpasta. Hierbij is een extra kracht nodig om de ringen aan te drukken zodat een goede verlijming mogelijk wordt. Restanten van de verlijming die langs de ringen overblijven, worden aangedrukt tegen de lijmnaad, zodat de tijdelijke verlijming verstevigd wordt, of bij overschotten worden ze weggehaald met behulp van een truweel. Deze lijmnaad dient steeds zoveel mogelijk onder de ringen geplaatst te worden, zodat er geen waterdoorlatende oppervlakte van de bestrating dichtslibt door cementrestanten. Na het aandrukken en wegwerken van cementrestanten krijgt de verlijming droogtijd, zodat de cementpasta in latere fase niet uitspoelt. Hierna wordt de waterdichtheid van de verlijming visueel gecontroleerd door het plaatsen van water, eerst in de binnenste ring en vervolgens in de buitenste ring. Figuur 17 weergeeft de afgewerkte fase af na het wegwerken van de cementpasta.

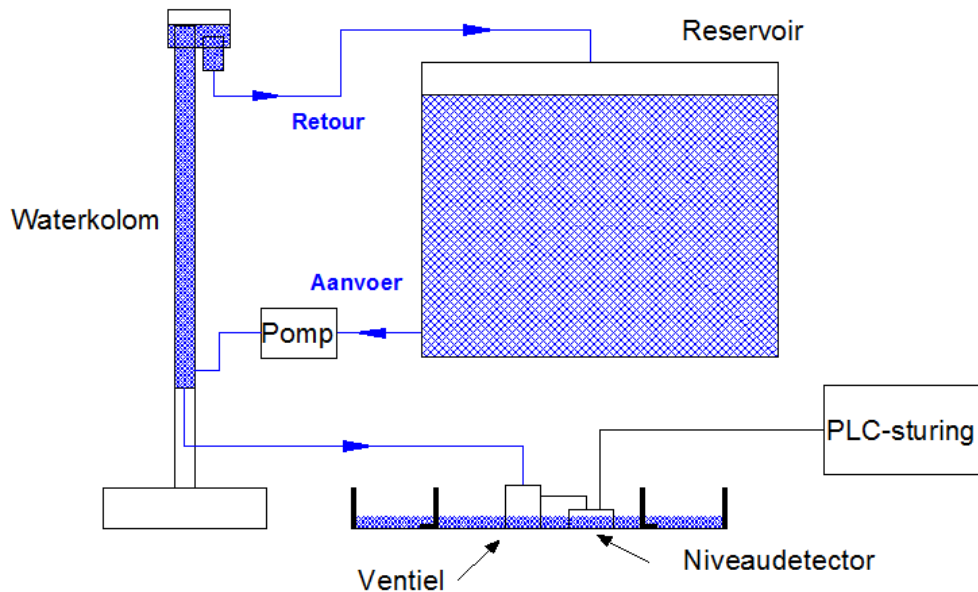


Figuur 17: De binnenste en buitenste ring verlijmd met cementpasta op het bestratingsoppervlak.

- Plaatsen en aansluiten van de meettoestellen

Als beide ringen een perfecte aansluiting vormen met het bestratingsoppervlak, kunnen de toestellen geplaatst en hierna aangesloten worden. De niveaudetector dient altijd waterpas binnen de binnenste ring te staan, zodat het water in de binnenste ring evenwijdig met de contactplaten van de detector staat. Hierdoor zullen de contactplaten van de detector correcte

signalen doorkrijgen wanneer het water tot het bepaald niveau is gestegen of gedaald. Figuur 18 geeft het schema weer van hoe de opstelling wordt aangesloten.



Figuur 18: Schematische weergave van de dubbele ringproefopstelling.

- Plaatsen van een overkapping bij regenval

Hoewel het gebruik van de dubbele ringmeting bij regenval niet aangewezen is, kan bij vermoedens van regenval het opzetten van een overkapping noodzakelijk zijn. Dit is het geval wanneer de opstelling gereed is om te meten of indien de meting al gestart is. De dubbele ringtest mag tijdens de meting geen extern water in de binnenste ring ontvangen. Wanneer dit toch het geval is, zullen op dat moment de geregistreerde tijden verstoord worden. Dit komt omdat de opstelling de tijd meet, wanneer er een constant debiet in de binnenste ring wordt gepompt, en deze geen rekening kan houden met het extra volume van regenwater. Een bijkomende reden voor het gebruik van een overkapping is het beschermen van de fragile meetapparatuur, zodat er geen storingen of defecten kunnen optreden. Figuur 19 geeft de opstelling met een overkapping weer bij een beproeving in situ.



Figuur 19: Inzet van een overkapping bij de dubbele ringopstelling.

### De dubbele ringmeting uitvoeren

De testopstelling meet het debiet dat noodzakelijk is om een constante waterhoogte van  $\pm 10$  mm te behouden binnen de binnenste ring. Dit constante debiet wordt mogelijk gemaakt door een elektromagnetisch ventiel verbonden met de waterpompen en aangestuurd door de niveaudetector en de PLC.

Wanneer de PLC-sturing in werking wordt gesteld, stroomt het water uit het waterreservoir via de pomp naar de waterkolom om vervolgens naar het ventiel gestuurd te worden. De binnenste cirkel wordt gevuld totdat er contact is met de bovenste plaat van de niveaudetector. Als er contact ontstaat, sluit het ventiel, waardoor er geen water meer wordt toegevoegd aan de binnenste cirkel.

Doordat het water infiltreert doorheen de structuur, vermindert het waterniveau in de ring en dit totdat het niveau wordt bereikt van de onderste contactplaat. Van zodra deze niet meer onder water staat, hervult het ventiel de cirkel tot de bovenste contactplaat.

De tijdsintervallen tussen het dichtgaan en opengaan van het ventiel worden geregistreerd. Hierbij is de tijd van de lediging gelijk aan de tijdsspanne tussen de sluiting en het openen van het ventiel.

#### - Opmerkingen

De beproeving duurt minimaal 30 minuten (met uitzondering van zeer doorlatende gronden waarbij het waterverbruik zeer hoog is). Dit is noodzakelijk om een watersaturatie van de structuur te verzekeren.

Als extra veiligheid worden de tijden ook gecontroleerd door het handmatig meten met een stopwatch en genoteerd, zodat indien er problemen ontstaan met de elektronica, waardoor er dataverlies kan optreden, de tijden handmatig gemeten gebruikt kunnen worden.

Ervaring heeft geleerd dat het continu vullen van de buitenste ring weinig invloed heeft op het uiteindelijke resultaat van de waterdoorlatendheid van de beproefde structuur. Daarom werden de proeven meestal uitgevoerd met een buitenste ring die niet continu gevuld was met water, dit om het waterverbruik te beperken. Op Figuur 20 wordt de dubbele ringmeting weergegeven gedurende een meting.



*Figuur 20: Dubbele ringopstelling gedurende de meting.*

### Gegevens verwerken

De laatste stap om de doorlatendheidscoëfficiënt  $k$  te bepalen bij een dubbele ringbeproeving bestaat uit het verwerken van de tijden gemeten gedurende de proef. Formule  $y = 0,0022 x^{-0,989}$  (bepaald door kalibratie in het onderzoekscentrum) geeft de verhouding tussen  $y$ , de doorlatendheidscoëfficiënt, en  $x$ , de gemeten tijden gedurende de meting. Door de verschillende geregistreerde tijden zijn er meerdere resultaten van de doorlatendheidsfactor tijdens de meting. Daarom wordt er een gemiddelde genomen van de laatste 10 minuten van de meting.

### Opruimen van de opstelling

Na het opslaan van de gegevens moet de opstelling terug opgeborgen worden voor een volgende meting. Het ventiel en de niveaudetector worden afgekoppeld van de waterkolom en worden opgeborgen samen met de PLC-sturing in een kist. Andere onderdelen worden losgekoppeld en opgeslagen in de laadruimte van de bestelwagen. Doordat er gewerkt wordt met een cementpasta voor het tijdelijk verlijmen van de ringen dienen het bestratingsoppervlak, de beide ringen en de hulpmaterialen zuiver gemaakt te worden na het uitvoeren van de dubbele ringtest. Het poetsen kan best gebeuren met water en een borstel direct na het opslaan van de gemeten gegevens, zodat de cementpasta nog vlot verwijderd kan worden.

#### **2.1.1.2. Problemen gedurende metingen**

Bij het opstellen van de meting op waterdoorlatende straatstenen is het tot stand brengen van een goede verlijming tussen de ringen en het oppervlak niet zo eenvoudig. De humusvorming en onkruidvorming in de voegen en drainagegaten geven een slechte hechting voor de cementpasta, waardoor water ter plaatse van de gaten of voegen onder de ringen doordringt. Wanneer dit optreedt in de binnenste cirkel, moet de meting stopgezet worden en een nieuwe worden aangevat. Bij een lekkage onder de buitenste cirkel hoeft de meting niet stopgezet te worden, omdat dit geen invloed heeft op de meetresultaten. Toch worden deze gaten opgevuld door middel van een truweel en cement zodat de buitenste cirkel terug functioneel is.

Een tweede probleem gedurende het onderzoek kwam voor bij het meten van zeer doorlatende bestratingen, namelijk het hoge waterverbruik bij de beproeving. Er werd getracht om meerdere locaties per dag uit te voeren met een reservoir van 600 liter maar bij een hoog verbruik van water wordt een tweede locatie moeilijk tot onmogelijk zonder extra water in te slaan. Een oplossing hiervoor is, tussen de beproevingen, extra water bij betoncentrales te halen of uit nabije beken/rivieren water op te pompen.

Een derde probleem ontstond gedurende de metingen wanneer er zich harde windstoten voordeden. Deze windstoten kunnen bewegingen veroorzaken in het water binnen de binnenste cirkel, waardoor de niveaudetector eerder of later sluit. Het vroeg- of laatijdig sluiten van de klep zal afwijkende meetgegevens geven, waardoor de infiltratiefactor  $k$  zal verschillen. Een noodoplossing hierbij is de overkapping, gebruikt bij regenval, in te zetten. Meetgegevens beïnvloed door invloeden van de wind zijn niet bruikbaar en dienen herdaan te worden.

### **2.1.1.3. Voordelen en nadelen van de methode**

De dubbele ringmethode heeft als voordeel dat de resultaten zeer nauwkeurig gemeten worden door de elektronische sturing. De doorlatendheidsfactor  $k$  wordt berekend met een gemeten tijd in milliseconden, waardoor de verhoudingsformule  $y = 0,0022 x^{-0,989}$  een zeer accurate uitkomst biedt.

Nadelig aan de methode zijn de hanteerbaarheid en de kostprijs gepaard met de proefmethode. Transport van de opstelling met de nodige hoeveelheid water naar de locatie vraagt immers al een grote laadruimte waardoor een bestelwagen voorzien moet worden. Zo zijn er ook behoorlijk wat uurloonkosten aan het voorbereiden van de proef (bestelwagen klaarmaken, water inslaan en proefmethode uittesten), het opstellen van de proef en het uitvoeren van de proef.

Een bijkomend probleem rond infiltratiemetingen met de dubbele ringmethode doet zich voor als er metingen op zeer doorlatende bestratingen worden uitgevoerd. Wanneer water sneller infiltreert dan het ingepompt kan worden in de ring, zal er geen constant niveau in de ring behouden worden. Hierdoor worden er geen sluitingstijden gemeten met als gevolg dat de proef geen infiltratieresultaat kan opleveren.

### 2.1.2. Enkele ringmethode [23]

Een alternatieve beproevingsmethode voor de dubbele ringproef is de enkele ringmethode. De testmethode is een vereenvoudigde versie van de dubbele ringmethode waarbij ook de infiltratiesnelheid gemeten wordt. De meting is niet vastgelegd in Belgische normering, maar is wel internationaal opgenomen in de ASTM C1781/C1781M-13.

#### 2.1.2.1. Proefmethode

##### Locatie van de proef

De enkele ringmethode is in het begin van het duurzaamheidsonderzoek binnen deze masterproef steeds op één meter afstand van de dubbele ringmethode uitgevoerd. Dit gaf de mogelijkheid om beide metingen gelijktijdig uit te voeren. Naar het einde van het onderzoek is ervoor geopteerd om de twee proeven op dezelfde plaats uit te voeren zodat steeds dezelfde oppervlakte werd getest.

##### Proefopstelling opbouwen

###### - Meetopstelling

Figuur 21 geeft de proefopstelling weer bij het beproeven door middel van een enkele ringbeproeving. De onderdelen van de doorlatendheidsmeting zijn op de figuur aangeduid en opgesomd hieronder:

1. Polyesterring, diameter 30 cm

Extra benodigdheden:

- Een weegschaal, tot op 10 gram nauwkeurig
- Maatbeker, 20 liter
- Timer, tot op 0,1 seconde nauwkeurig
- Water
- Cementmortel



Figuur 21: Onderdelen van een enkele ringmethode.



- Aanbrengen van krijtmarkeringen

Gelijkaardig aan de dubbele ringmethode dient ook een krijtmarkering aangebracht te worden op het bestratingsoppervlak van de polyesterring. De ring kan langs de binnenzijde en de buitenzijde afgetekend worden, zodat de breedte van de basis van de ring duidelijk wordt.

- Verlijming tussen de ring en het bestratingsoppervlak

Op dezelfde manier als aangehaald bij het verlijmen van de ringen bij de dubbele ringmethode, dient ook de polyesterring gelijkaardig verlijmd te worden aan het bestratingsoppervlak. De internationale norm schrijft hierbij voor dat de cementpasta niet meer dan 10 mm binnen de ring zichtbaar mag zijn.

- Plaatsen en aansluiten van de meettoestellen

De enkele ringmethode bevat geen toestellen die geplaatst moeten worden alvorens de meting te starten.

De enkele ringmeting uitvoeren

De beproeving start met een eerste meting waarbij 3,6 kg water met een afwijking van 0,05 kg wordt ingegoten in de ring. De polyesterring heeft een markering aan de binnenzijde, die is aangebracht op 10 en 15 mm vanuit de onderzijde. Tussen deze 2 hoogtes dient de waterstand tijdens het ingieten aangehouden te worden. Het water moet in de cirkel op de straatsteen ingegoten worden en niet op de voegen of drainageopeningen zodat er geen verplaatsing is van voegmaterialen. Ook is het aangeraden om het water niet hoger dan 15 mm in de ring te gieten.

De tijd wordt gemeten vanaf het moment dat het water de straatoppervlakte raakt en eindigt wanneer het water niet meer zichtbaar is op de oppervlakte van de straatsteen. Hierbij moet het water tussen de 2 markeringen binnenin de cirkel gehouden worden. De gemeten tijd dient genoteerd te worden op 0,1 seconde nauwkeurig.

Na de resultaten van de eerste meting kan bepaald worden of er bij de tweede meting 18 kg water met een afwijking van 0,05 kg nodig is of 3,6 kg water met een afwijking van 0,05 kg. Als de infiltratietijd in de eerste meting meer dan 30 seconden nodig heeft, dan dient er in de tweede meting gebruik gemaakt te worden van 3,6 kg water en indien minder dan 30 seconden, 18 kg water.

Afwijkend van de norm zijn er geen 3 verschillende proeven genomen, maar slechts één, waardoor geen gemiddelde hoeft berekend te worden. Deze keuze komt voort uit tijdsgebrek om drie opstellingen te beproeven.

Gegevens verwerken

Om de infiltratiesnelheid te bekomen bij een enkele ringmethode dient de onderstaande formule ingevuld te worden met de gemeten tijd in sec en het aantal kg water gebruikt bij de tweede meting.

Waterdoorlatendheidscoëfficiënt k:

$$k = \frac{K \cdot M}{D^2 \cdot t}$$

Met:

- $k$  = Snelheid van infiltratie in mm/h
- $M$  = Massa van het geïnfiltreerde water uitgedrukt in kg
- $D$  = Binnendiameter van de infiltratiering in mm
- $t$  = tijd die nodig was om het water te laten infiltreren binnen de ring, uitgedrukt in sec
- $K = 4\,583\,666\,000$ : Factor om  $I$  om te zetten naar mm/h uitgedrukt in  $(\text{mm}^3 \cdot \text{s})/(\text{kg} \cdot \text{h})$

Indien de resultaten worden vergeleken tussen de dubbele ringtest (m/s) en de enkele ringtest (mm/h) dient deze verscaling te gebeuren:

$$1\text{mm/h} = 2,7 * 10^{-7}\text{m/s}$$

$$1\text{m/s} = 3,6 * 10^6\text{mm/h}$$

### Opruimen van de opstelling

Gelijkaardig aan de dubbele ringmethode dienen de onderdelen van de opstelling en het bestratingsoppervlak opgeruimd en gepoetst te worden. Materialen en oppervlaktes die in contact zijn gekomen met de cementpasta worden best gereinigd met water en een borstel.

#### **2.1.2.2. Problemen gedurende metingen**

Het is moeilijk voor één persoon om de proef alleen uit te voeren. Zo moet het water in de ring gegoten worden op een bepaalde hoogte van het bestratingsoppervlak en moet de uitvoerder het water binnen de ring op een bepaalde minimumhoogte houden. Hierbij komt ook nog eens dat de uitvoerder de chronometer moet starten en stoppen.

De norm is niet duidelijk genoeg over het stoppen van de chronometer bij het laatste water dat in het bestratingsoppervlak infiltreert. Zo zegt de norm dat de meting stopt wanneer het water in de voegen is geïnfiltrerd. Maar bij hellingen, waarbij het niveau niet evenwijdig is met de bestrating, zal de uitvoerder van de enkele ringmethode een persoonlijke keuze moeten maken, wanneer hij de timer stopt. Deze persoonlijke keuze zal altijd invloed hebben op het uiteindelijke resultaat van de meting.

Gelijkaardig aan de verlijming bij de dubbele ringmethode is het niet eenvoudig om goede aanhechting met de ondergrond te verwezenlijken. Daarom is het testen van de naad tussen het oppervlak en de ring noodzakelijk voor het starten van de proef.

#### **2.1.2.3. Voordelen en nadelen van de methode**

Het voordeel bij de enkele ringmethode is de eenvoud ervan. Zo is de proefmethode zeer hanteerbaar in vervoer maar ook op locatie. De methode vereist immers geen grote hoeveelheid water of grote opstelling. Naast het eenvoudig verplaatsen is de uitvoering van de proef ook eenvoudig. Er zijn maar enkele handelingen noodzakelijk om de proef tot een goed einde te brengen.

Door het eenvoudige gebruik en de hanteerbaarheid worden kosten bespaard op manuren en verplaatsingskosten. Ook bestaat de proef enkel uit een polyesterring, waardoor er nooit dure herstellingen of vernieuwing van onderdelen noodzakelijk zijn.

Nadelig bij de enkele ringmethode is de nauwkeurigheid. Zo ligt het aan de uitvoerder van de proef om:

- De chronometer gelijktijdig te starten met het ingieten van het water
- Het op peil houden van het water tussen de twee aangeduide niveaus in de polyesterring
- Het stopzetten van de chronometer op het juiste moment wanneer het laatste water infiltreert.

Het resultaat wordt dus beïnvloed door persoonlijke opvattingen van de norm en ervaring van de uitvoerder.

### ***2.1.3. Vergelijking enkele en dubbele ringmethode***

In dit gedeelte worden de belangrijkste verschillen aangehaald tussen beide proefmethodes.

#### ***– Waterverzadiging***

Afwijkend tussen de twee methodes is de waterverzadiging van de onderstructuur. De enkele ringmethode gebruikt een beperkte hoeveelheid water om de onderstructuur te bevochten, waardoor er geen sprake is van volledige waterverzadiging. De dubbele ringmethode zal de onderstructuur trachten volledig te verzadigen wanneer de meting start omdat de methode met bijhorende formules enkel gelden bij volledige verzadiging van de onderstructuur. Daarom wordt het aanbevolen door het OCW om de meting bij de dubbele ring 30 minuten te laten draaien, zodat watersaturatie wordt bereikt.

#### ***– Variabel en constant waterniveau***

Bij een dubbele ringbeproeving zal het waterniveau in de binnenste ring altijd constant gehouden worden door de elektromagnetische sturing. Bij de beproeving met de enkele ring zal er getracht worden om het waterniveau tussen twee strepen te behouden waardoor een variërend waterniveau optreedt.

#### ***– Nauwkeurigheid***

De nauwkeurigheid tussen beide proeven wordt vergeleken in hoofdstuk drie met het duurzaamheidsonderzoek, maar nu wordt het al duidelijk dat de enkele ringmethode minder nauwkeurige resultaten zal opleveren dan de dubbele ringmethode. Zo wordt de enkele ringmeting geregistreerd op een tiende van seconde en de dubbele ringmethode op een duizendste van een seconde. Hiernaast geeft het manueel uitvoeren van de enkele ringmethode altijd nauwkeurigheidfouten ten opzichte van de geautomatiseerde dubbele ringmethode van het OCW.

#### ***– Snelheid***

De enkele ringmethode heeft een snelle op- en afbouwtijd ten opzichte van de dubbele ringmethode en zal bij een goed doorlatende grond een snelle proefmethode vormen omdat er geen verzadiging van de ondergrond dient te zijn en dit zelfs bij het uitvoeren van 3 proeven. Bij slecht doorlatende gronden kan de tijd, die noodzakelijk is om het afgewogen water te laten infiltreren, oplopen tot meer dan een uur. Daarom kan de enkele ringmethode ook een langere tijd vereisen dan een dubbele ringmethode die maar eenmalig op de locatie dient uitgevoerd te worden.

– Manuren, transport en praktische hanteerbaarheid

Zoals eerder aangehaald, is het transport van een dubbele ringtest meer belastend dan het vervoeren van een enkele ringtest en is de hanteerbaarheid van de dubbele ringopstelling op de proeflocaties moeizamer omwille van korte aansluitingen van en naar de onderdelen van de opstelling (hierdoor moet de bestelwagen zeer kort geparkeerd worden bij het te beproeven oppervlak) en creëert dit bij drukke straten of parkeerplaatsen moeilijke situaties omwille van plaatsgebrek. De enkele ringmethode heeft nagenoeg geen onderhoud of voorbereiding nodig; enkel dient er cement en een beperkte hoeveelheid water klaargezet te worden. Dit is bij de dubbele ringmeting een ander verhaal. Het toestel dient gekalibreerd te zijn alvorens de meting te starten, grote hoeveelheden water dienen in het reservoir gepompt te worden (600 liter) en herstellingen bij slijtage of storingen vallen duur uit.

– Gebruik bij hoge infiltratiesnelheden

Zoals eerder aangehaald in paragraaf 2.1.1.3 in deel 2 van deze scriptie, kan de dubbele ringmethode, die geautomatiseerd werd door het OCW, geen resultaten leveren voor waterdoorlatende bestratingen met hoge infiltratiesnelheden. Een alternatief voor bij deze situaties kan het gebruik van de enkele ringmethode zijn.

#### ***2.1.4. Gebruikte methodes in het buitenland***

Op internationaal vlak zijn de dubbele en enkele ringmethode ook bekend en gebruikelijk om waterdoorlatende bestratingen te beproeven op infiltratiesnelheden. Deze proeven zijn beschreven door de ASTM-normering. Afwijkend van de proefopstelling, opgenomen in de internationale norm, is het automatiseren van de dubbele ringmethode. Het OCW heeft de dubbele ringmethode volledig automatisch laten werken door een PLC-sturing te combineren met een ventiel en niveaudetector, waardoor de nauwkeurigheid van de proef verbeterd werd.

Normeringsdocumenten van ASTM internationaal:

- Enkele ringmethode: ASTM C1781/C1781M-13
- Dubbele ringmethode: ASTM D3385

## **DEEL 3: DUURZAAMHEIDSONDERZOEK**

Al meer dan een decennium zijn waterdoorlatende bestratingen een alternatieve oplossing voor het aanleggen van verhardingen in klassieke straatstenen, beton of asfalt. Ze combineren de voordelen van een verharde oppervlakte met bufferende en infiltrerende eigenschappen. Om die reden bieden de straatstenen een goede oplossing voor de huidige waterproblematiek. Maar hoe functioneren deze bestratingen nog na verloop van tijd en voldoen ze nog steeds om de hemelwaterproblematiek anno 2014 op te lossen? Deze onderzoeksvraag richt zich op de evolutie in de tijd van de waterdoorlatendheid van waterdoorlatende straatstenen bij uitgevoerde projecten in Vlaanderen.

Er wordt verwacht dat de waterdoorlatende bestratingen minder doorlatend zullen zijn dan bij de aanleg ervan. De bestrating is immers al een lange tijd onderhevig geweest aan het verkeer en invloeden van de natuur. Dit onderzoek kan nieuwe inzichten geven voor de federatie van betonstraatstenen en bijdragen leveren voor het herzien van de huidige normeringen over minimale doorlatendheidscoëfficiënten bij waterdoorlatende straatstenen. Ontwerpers en uitvoerders kunnen deze resultaten en conclusies ook meenemen naar ontwerp en uitvoering van toekomstige projecten.

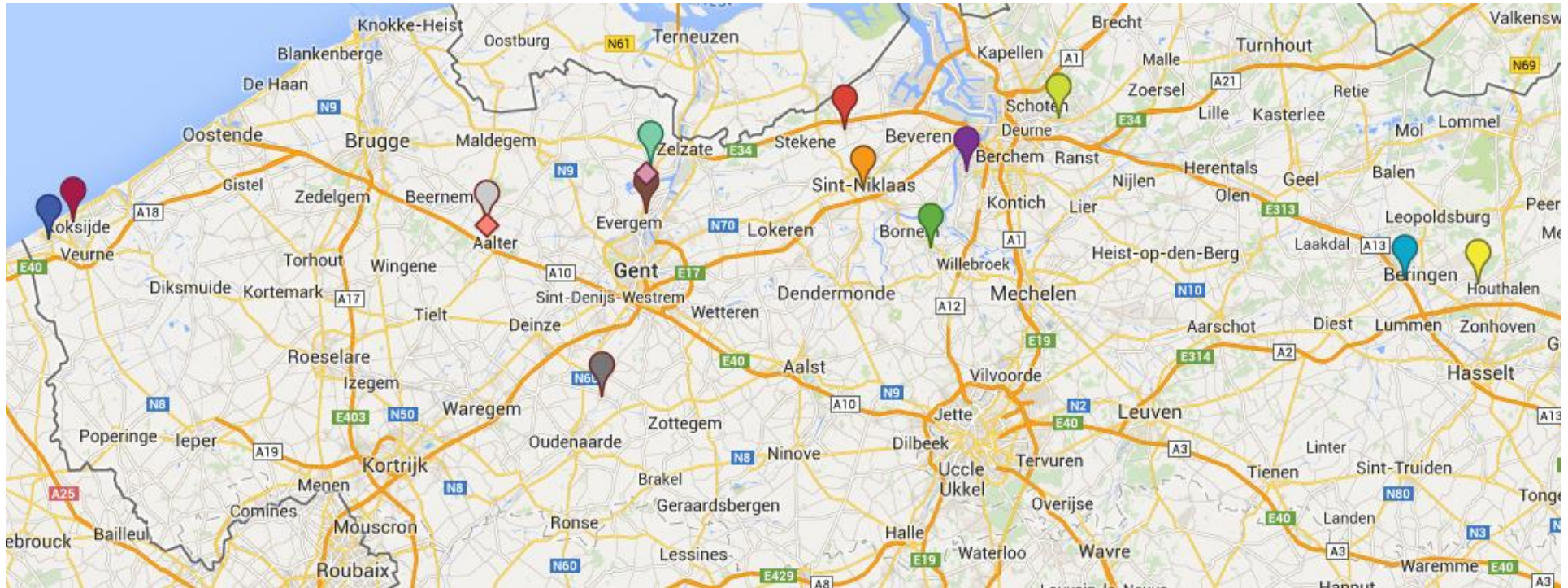
Het duurzaamheidsonderzoek in situ is gestart in november 2013 en werd afgerond in augustus 2014 waarbij 15 locaties werden beproefd. Om deze onderzoeksvraag te behandelen werd er gebruik gemaakt van de enkele en dubbele ringtest die in het vorig hoofdstuk beschreven werden. De twee testmethodes werden uitgevoerd onder toezicht van het labo van het OCW.

### **3.1. Proeflocaties**

Gedurende het duurzaamheidsonderzoek zijn er 15 locaties onderzocht. Deze locaties zijn gekozen uit de database met uitgevoerde projecten van het OCW en zijn gelegen in Vlaanderen en weergegeven op de kaart van België (Figuur 22) De keuze van de projecten in dit onderzoek is gebaseerd op meerdere redenen. Zo moesten de drie types van waterdoorlatende betonstraatstenen aan bod komen. Daarnaast is de toepassing van de bestrating op verschillende ondergronden bekeken. De laatste reden komt voort uit de schaarse beschikbaarheid van de proefopstelling van het OCW en de aanwezigheid van een laborant, waardoor de locaties in dezelfde omgeving werden gecombineerd. Hierdoor werd er zo weinig mogelijk tijd verloren met het verplaatsen van de ene naar de andere locatie en kon het aantal proeven per dag gemaximaliseerd worden.

Tijdens het onderzoek zijn er drie locaties met klassieke betonstraatstenen en een waterdoorlatende onderstructuur beproefd door middel van de dubbele ringmethode. Deze onbedoelde metingen vonden plaats in het onderzoek door fouten in de database. Toch zijn deze metingen in het onderzoek niet verloren. Resultaten hiervan zijn ook wetenswaardig om te concluderen. De metingen vonden plaats in:

- Aalter, St. Godelievestraat (fietspad)
- Aalter, St. Godelievestraat (parkeerstroken)
- Koksijde, Zeelaan



Figuur 22: Een overzicht van de uitgevoerde proeven in Vlaanderen.

- |  |   |   |
|--|---|---|
|  Marktplein, Heusden-Zolder   |  Houtvoortstraat, Sint-Gillis-Waas |  Kerkplein, Zingem                     |
|  Zwanenbergstraat, Beringen   |  Kapelstraat, Sint-Niklaas         |  St-Godelievestraat, Aalter (fietspad) |
|  Reigerstraat, Wijnegem       |  Grovermansdreef, Evergem          |  St-Godelievestraat, Aalter (parking)  |
|  Robert Verbelenstraat, Puurs |  Guldensporenlaan, Evergem         |  Olmendreef, De Panne                  |
|  Van Amstelstraat, Antwerpen  |  Marktplein, Evergem               |  Zeelaan, Koksijde                     |

### 3.1.1. Specifieke kenmerken van de locaties

Onderstaande tabel 8 geeft de locaties met het type betonstraatsteen en de uitvoeringsdatum en ouderdom van de gerealiseerde projecten weer. Voor verdere specifieke eigenschappen van de locatie wordt er verwezen naar de verslagen van de metingen in de bijlage.

Locatie	Type straatsteen	Uitvoeringsdatum	Ouderdom
Heusden-Zolder, Marktplein	Verbrede voeg	2001	13
Beringen-Paal, Zwanenbergstraat	Verbrede voeg	2004	10
Wijnegem, Reigerstraat	Poreus	1999	15
Puurs, Robert Verbelenstraat	Poreus	2004	10
Hoboken, Van Amelstraat	Poreus	2005	9
Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat	Poreus	2003	11
Sint-Niklaas, Kapelstraat	Poreus	2003	11
Evergem, Grovermansdreef	Poreus	2002	12
Evergem, Guldersporenlaan	Drainage gaten	2003	11
Evergem, Marktplein	Drainage gaten	2004	10
Zingem, Kerkplein	Poreus	2005	9
De Panne, Olmendreef	Poreus	1998	16
Aalter, St. Godelievestraat	Klassiek	2004	10
Aalter, St. Godelievestraat (fietspad)	Klassiek	2004	10
Koksijde, Zeelaan	Klassiek	2004	10

Tabel 8: Locaties met hun type straatsteen, uitvoeringsdatum en ouderdom beproefd in het onderzoek.

In het onderzoek zijn er vier locaties gemeten met straatstenen van het type waterpasserend. Naast dit type straatsteen zijn er 8 locaties beproefd met het type poreuze betonstraatstenen en bij ongeluk drie waterdoorlatende onderstructuren met klassieke betonstraatstenen.

## 3.2. Resultaten van de proeflocaties

In dit deel van het duurzaamheidsonderzoek worden de resultaten weergegeven van de enkele en dubbele ringmethode. Na het grafisch weergeven van de resultaten zullen de resultaten toegelicht worden.

### 3.2.1. Resultaten van de enkele ringbeproeving

Door de infiltratiecoëfficiënt<sup>2</sup> voor de beproevingen uit te rekenen, bekomen we de waarden in tabel 9 voor de beproevingen in situ. Voor de eerste vier beproevingen zijn er geen metingen gebeurd omdat dat de testmethodiek nog niet bekend was. Het omvormen van de infiltratietijd naar het resultaat in m/s kan niet gebeuren met een constante factor omdat de hoeveelheid water gedurende de proef kan variëren en dus ook variabel is in de formule.

Locatie	Infiltratietijd bij enkele ring beproeving (sec)	Resultaat k-factor bij enkele ring beproeving (m/s)
Heusden-Zolder, Marktplein	Niet beproefd	Niet beproefd
Beringen-Paal, Zwanenbergstraat	Niet beproefd	Niet beproefd
Wijnegem, Reigerstraat	Niet beproefd	Niet beproefd
Puurs, Robert Verbelenstraat	132,34	$3,85 * 10^{-4}$
Hoboken, Van Amelstraat	Meting beëindigd <sup>3</sup>	/
Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat	70	$7,28 * 10^{-4}$
Sint-Niklaas, Kapelstraat	39,97	$1,27 * 10^{-3}$
Evergem, Grovermansdreef	1641,88	$3,10 * 10^{-5}$
Evergem, Guldersporenlaan	138	$3,69 * 10^{-4}$
Evergem, Marktplein	149,77	$3,4 * 10^{-4}$
Zingem, Kerkplein	114,46	$2,22 * 10^{-3}$
De Panne, Olmendreef	961,27	$5,3 * 10^{-5}$

Tabel 9: Resultaten enkele ring beproeving.

<sup>2</sup> Infiltratie coëfficiënt: ( $k = \frac{K.M}{D^2.t}$ ), verdere uitleg bij waterdoorlatendheidscoëfficiënt  $k$  in deel 2: doorlatendheidsmetingen

<sup>3</sup> Meting beëindigd omwille van de lange infiltratietijd gedurende de beproeving.



### ***3.2.1.1. Bespreking van de resultaten***

De resultaten van de enkele ringmethode geven een bepaalde waarde van infiltratiecoëfficiënt aan de geteste locatie, maar omwille van de onbekende nauwkeurigheid van de resultaten willen deze nog niets zeggen over de waterdoorlatendheid van de bestrating. Deze resultaten worden verder opgenomen in dit duurzaamheidsonderzoek bij de vergelijking tussen de enkele en dubbele ringmethode.

Na het omvormen van de registreerde tijden en het benodigde water is gebleken dat lange tijden (+ 30 minuten zoals bij de Grovermansdreef in Evergem) opgenomen gedurende de meting, bij deze proefmethode nog steeds doorlatende resultaten kunnen opleveren. Het is dus belangrijk bij de enkele ringmethode om het voorgeschreven water te laten infiltreren en te timen zelfs wanneer de tijden hoog oplopen.

### 3.2.2. Resultaten van de dubbele ringbeproeving

De resultaten van de dubbele ringmethode worden onderverdeeld in twee delen. In het eerste gedeelte komen de resultaten van de metingen op klassieke betonstraatstenen met een waterdoorlatende onderbouw. In het tweede gedeelte volgen de resultaten van de metingen op waterdoorlatende betonstraatstenen met een waterdoorlatende onderbouw.

### 3.2.3. Resultaten van de klassieke betonstraatstenen

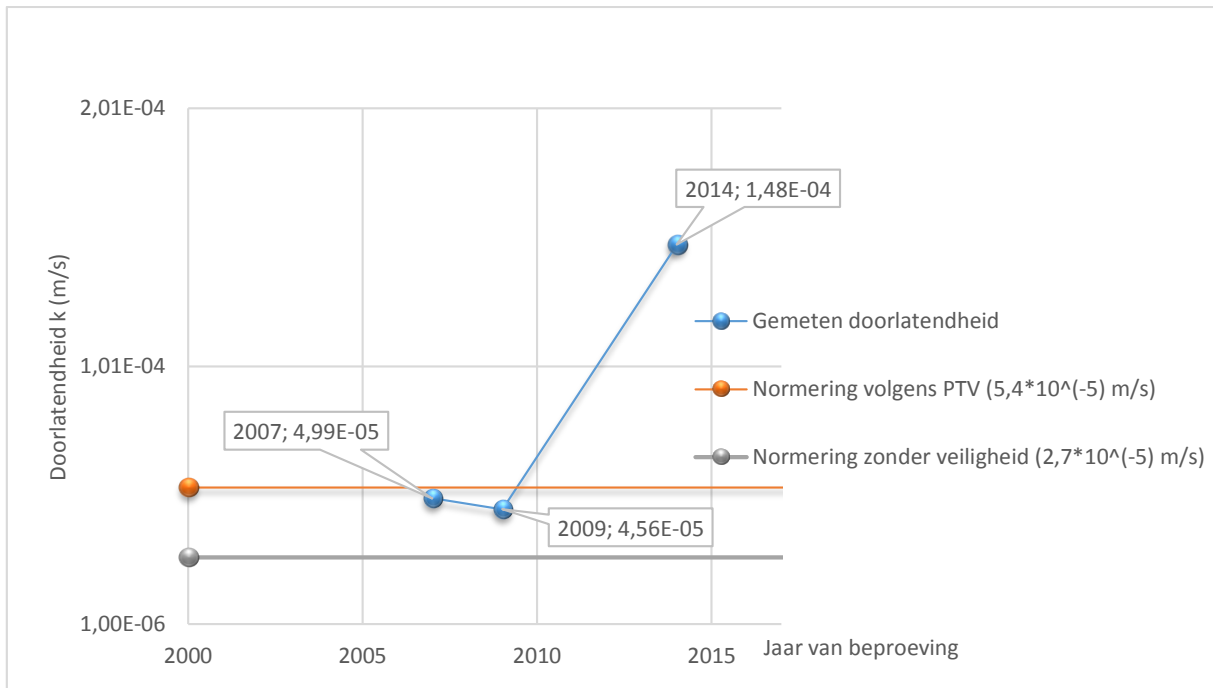
Tabel 10 geeft de resultaten weer van de dubbele ringbeproeving op bestratingen met klassieke betonstraatstenen en een waterdoorlatende onderbouw.

Locatie	Type betonstraatsteen	Resultaat dubbele ringbeproeving
Aalter, St. Godelievestraat (parkeerstroken)	Klassieke betonstraatsteen type "Forum"	$1,48 * 10^{-4}$
Aalter, St. Godelievestraat (fietspad)	Klassieke betonstraatsteen type "Forum"	$4,04 * 10^{-5}$
Koksijde, Zeelaan	Klassieke betonstraatsteen type "Forum"	$8,4 * 10^{-6}$

Tabel 10: Resultaten van de metingen op waterdoorlatende bestratingen met klassieke betonstraatstenen.

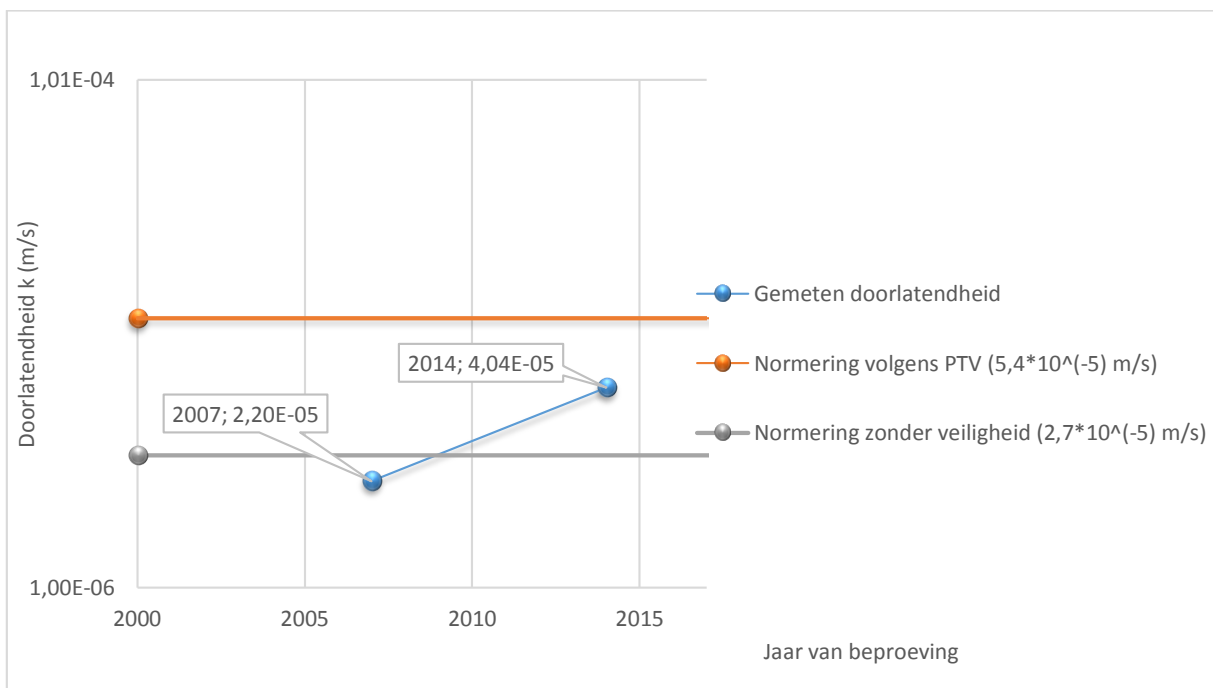
Op de volgende pagina's geven Figuren 23 tot en met 25 een grafische weergave van de resultaten. Met een oranje lijn wordt de huidige normering aangeduid. De grijze lijn geeft de minimale waarde van de doorlatendheid weer bij de normering zonder de veiligheidsfactor van twee. Zoals vermeld in de literatuurstudie, wordt deze factor gebruikt om mogelijke vergruizing van materialen, afname van waterdoorlatendheid en luchtinluitsels te voorkomen. De dubbele ringbeproevingen worden grafisch met een blauwe lijn aangeduid en indien deze boven de oranje lijn bevinden, voldoen ze nog steeds aan de normering.

### St. Godelievestraat, Aalter (parkeerstroken)



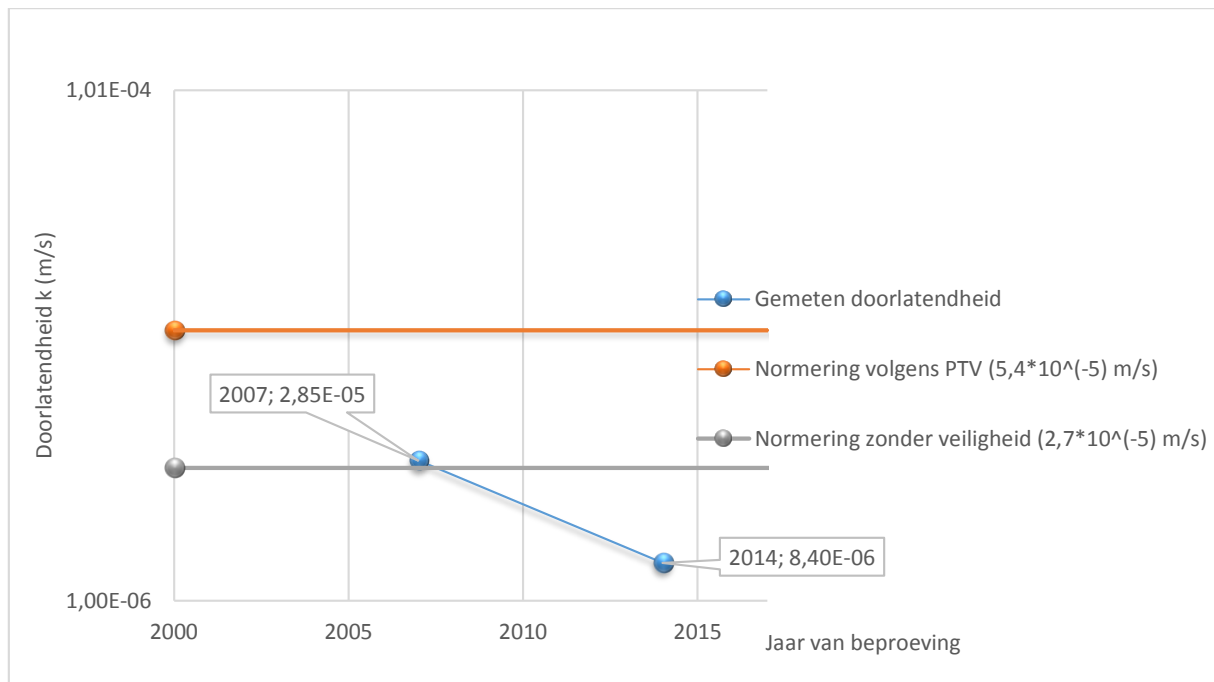
Figuur 23: Resultaten met de dubbele ringmethode: St. Godelievestraat, Aalter (parkeerstroken).

### St. Godelievestraat, Aalter (fietspad)



Figuur 24: Resultaten met de dubbele ringmethode: St. Godelievestraat, Aalter (fietspad).

## Zeelaan, Koksijde

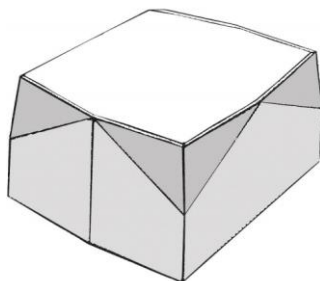


Figuur 25: Resultaten met de dubbele ringmethode: Zeelaan, Koksijde.

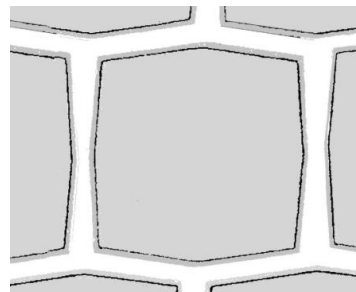
### 3.2.3.1. Bespreking van de resultaten

De resultaten voor de drie locaties tonen op het eerste zicht aan dat de klassieke straatstenen een minimum aan infiltratie bieden en dit zonder infiltrerende eigenschappen van de betonstraatsteen.

De verklaring hiervoor kan wellicht op de speciale vorm van de betonstraatsteen toegewezen worden. De betonstraatsteen heeft aan het bovenste gedeelte van de zijkanten een afschuinde kant waardoor bij uitvoering van deze betonstraatsteen groeven of kanalen ontstaan. Infiltratiewater kan dan tijdens de meting lateraal ontsnappen via deze kanalen naar nabij gelegen waterafvoeren of infiltratiemogelijkheden. Figuur 26 en 27 schetst de speciale vorm van de klassieke betonstraatsteen in perspectief en langs de bovenzijde.



Figuur 26: De klassieke betonstraatsteen in perspectief.



Figuur 27: Bovenaanzicht van de klassieke betonstraatsteen.

De meting op de parkeerstroken in Aalter geeft hogere infiltratiewaarden dan de twee andere locaties en dit zowel in het verleden als bij de nieuwe metingen. Dit kan verklaard worden door het ontwerp van de parkeerplaatsen. De hellingsgraad waarin de parkeerplaatsen zijn aangelegd, is hoger dan bij de twee andere locaties waardoor het infiltratiewater sneller lateraal zal afwateren via de kanalen gecreëerd door de vorm van de betonstraatsteen.

### 3.2.4. Metingen van de waterdoorlatende betonstraatstenen

De waarden in tabel 11 zijn het resultaat van de metingen in situ met de dubbele ringbeproeving die via de PLC-sturing digitaal gemeten werden.

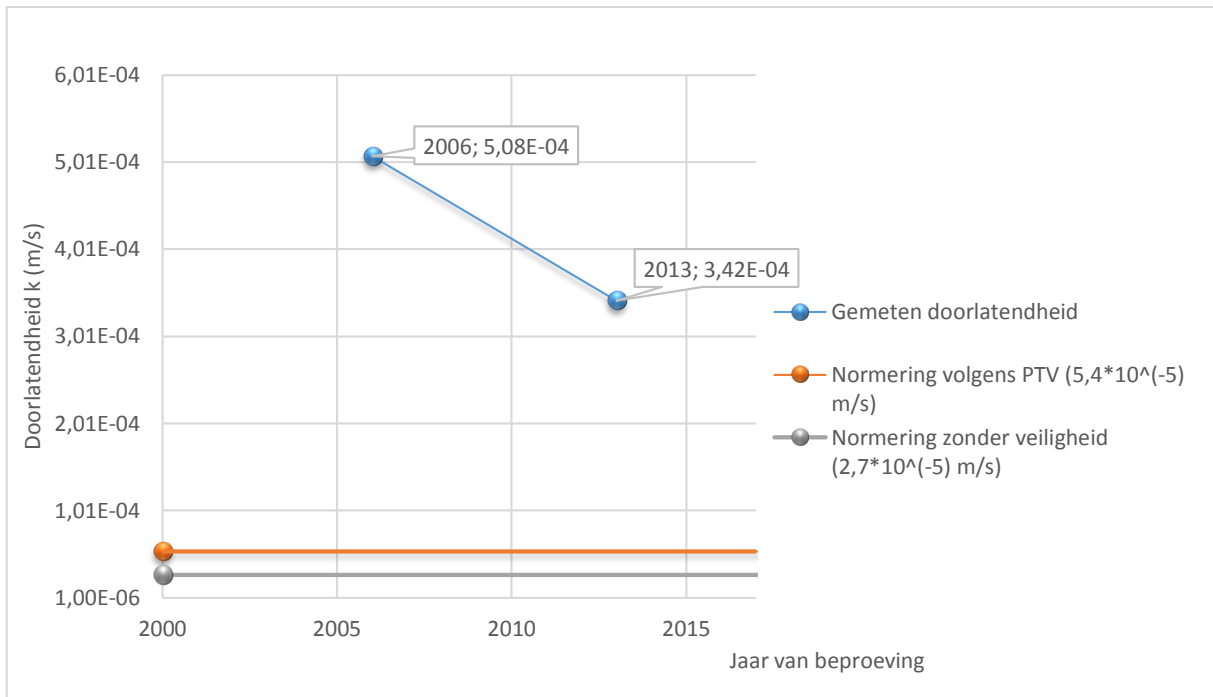
Locatie	Type straatsteen	Resultaat dubbele ringbeproeving (m/s)	Visuele evaluatie van het bestratingsoppervlak
Heusden-Zolder, Marktplein	Verbrede voeg	$3,42 * 10^{-4}$	Lage graad van aantasting door onkruid
Beringen-Paal, Zwanenbergstraat	Verbrede voeg	$4,05 * 10^{-4}$	Lage graad van aantasting door onkruid
Wijnegem, Reigerstraat	Poreus	$1,43 * 10^{-5}$	Vervuild met humus
Puurs, Robert Verbelenstraat	Poreus	$6,36 * 10^{-5}$	Hoge graad van aantasting door mosvorming
Hoboken, Van Amelstraat	Poreus	$5,46 * 10^{-6}$	Lage graad van aantasting door onkruid
Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat	Poreus	$7,28 * 10^{-4}$	Matige graad van aantasting door mosvorming
Sint-Niklaas, Kapelstraat	Poreus	Zeer doorlatend <sup>4</sup>	Lage graad van aantasting door onkruid
Evergem, Grovermansdreef	Poreus	$4,31 * 10^{-5}$	Vervuild met humus
Evergem, Guldersporenlaan	Drainage gaten	$1,19 * 10^{-4}$	Lage graad van aantasting door onkruid
Evergem, Marktplein	Drainage gaten	$1,98 * 10^{-4}$	Matige graad van aantasting door mosvorming
Zingem, Kerkplein	Poreus	$8,29 * 10^{-4}$	Zeer lage graad van aantasting door onkruid
De Panne, Olmendreef	Poreus	$2,25 * 10^{-5}$	Matige graad van aantasting door mosvorming en vervuiling door humus

Tabel 11: Resultaten van de dubbele ringmethode op de waterdoorlatende bestratingen.

Op Figuren 28 tot en met 39 worden de resultaten van de locaties met waterdoorlatende bestratingen grafisch weergegeven.

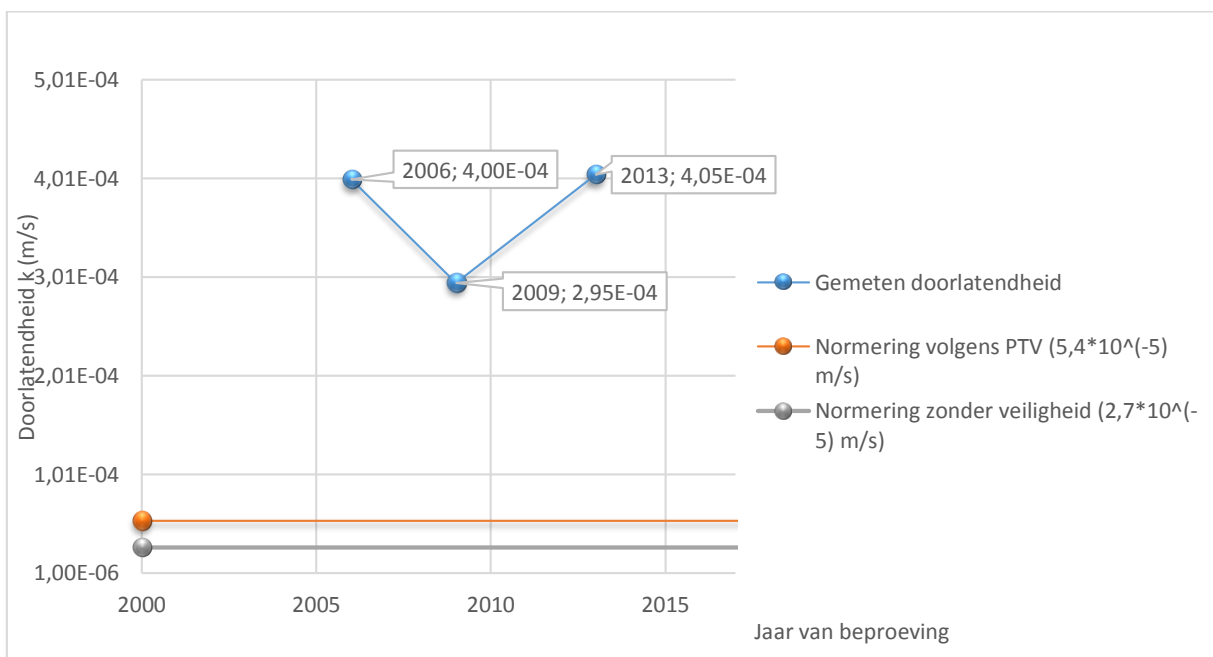
<sup>4</sup> Geen resultaat mogelijk doordat de ondergrond te doorlatend is voor de dubbele ringmethode. Verdere info hierrond in deel 2: doorlatendheidsmetingen, paragraaf 2.1.1.3.

## Marktpllein, Heusden-Zolder



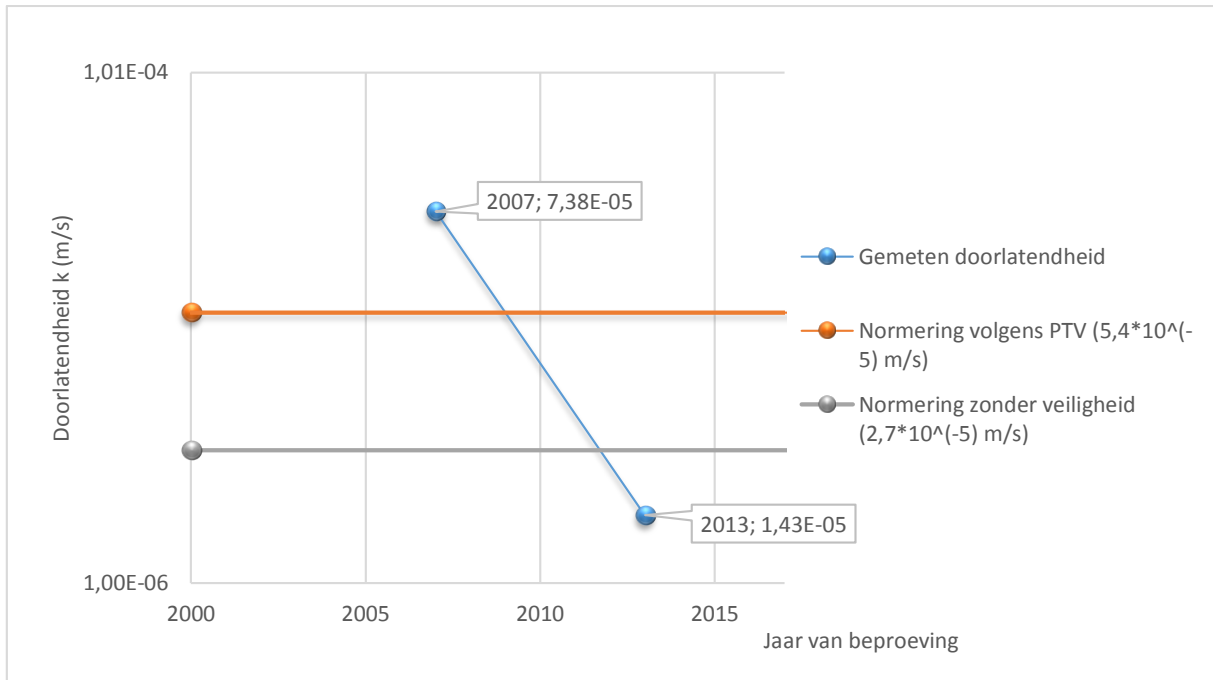
Figuur 28: Resultaten met de dubbele ringmethode: Marktpllein, Heusden-Zolder.

## Zwanenbergstraat, Beringen-Paal



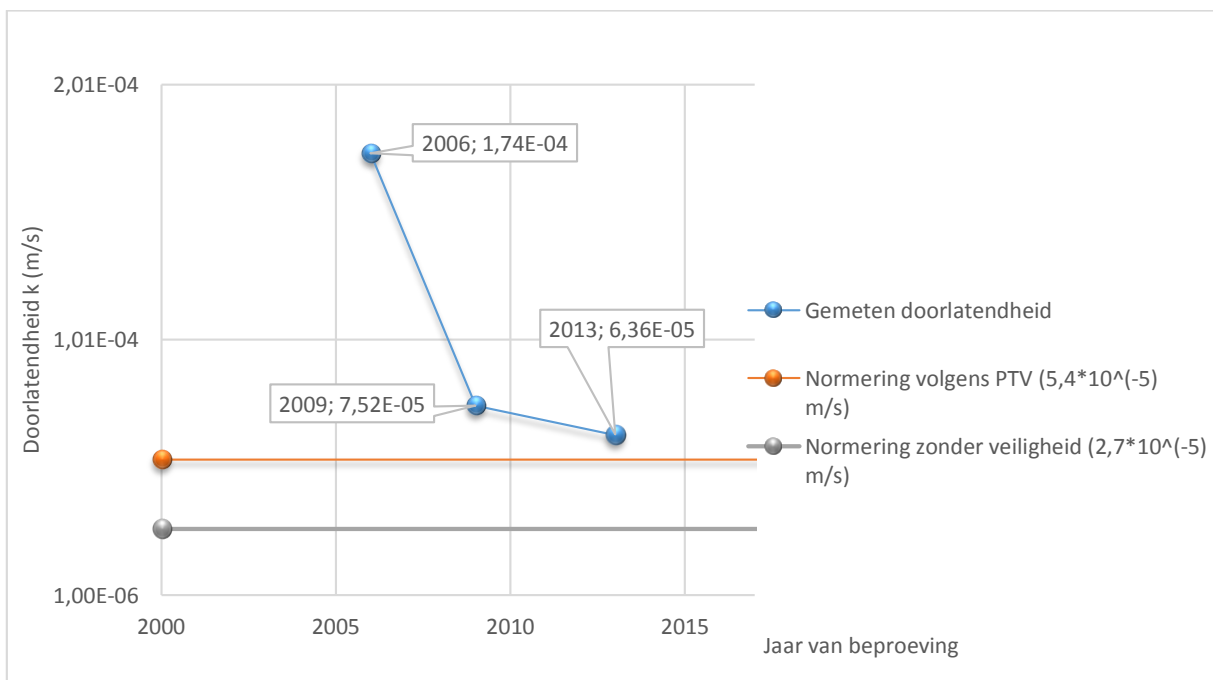
Figuur 29: Resultaten met de dubbele ringmethode: Zwanenbergstraat, Beringen-Paal.

## Reigerstraat, Wijnegem



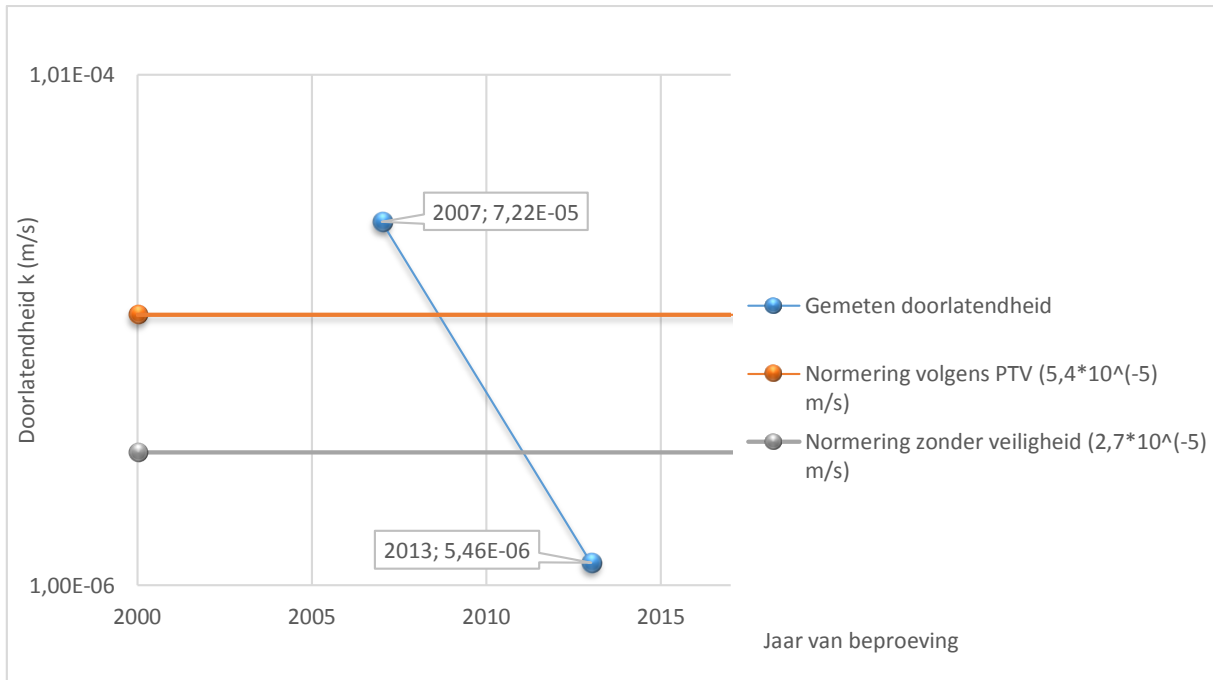
Figuur 30: Resultaten met de dubbele ringmethode: Reigerstraat, Wijnegem.

## Robert Verbelenstraat, Puurs



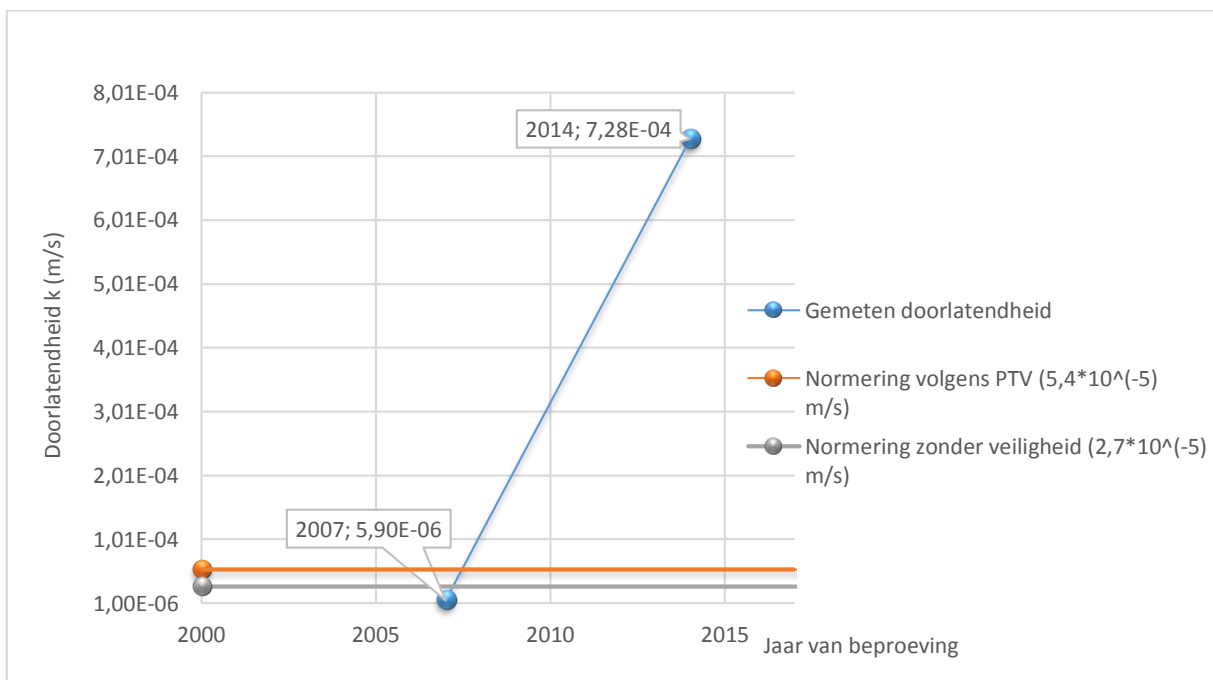
Figuur 31: Resultaten met de dubbele ringmethode: Robert Verbelenstraat, Puurs.

## Van Amelstraat, Hoboken



Figuur 32: Resultaten met de dubbele ringmethode: Van Amelstraat, Hoboken.

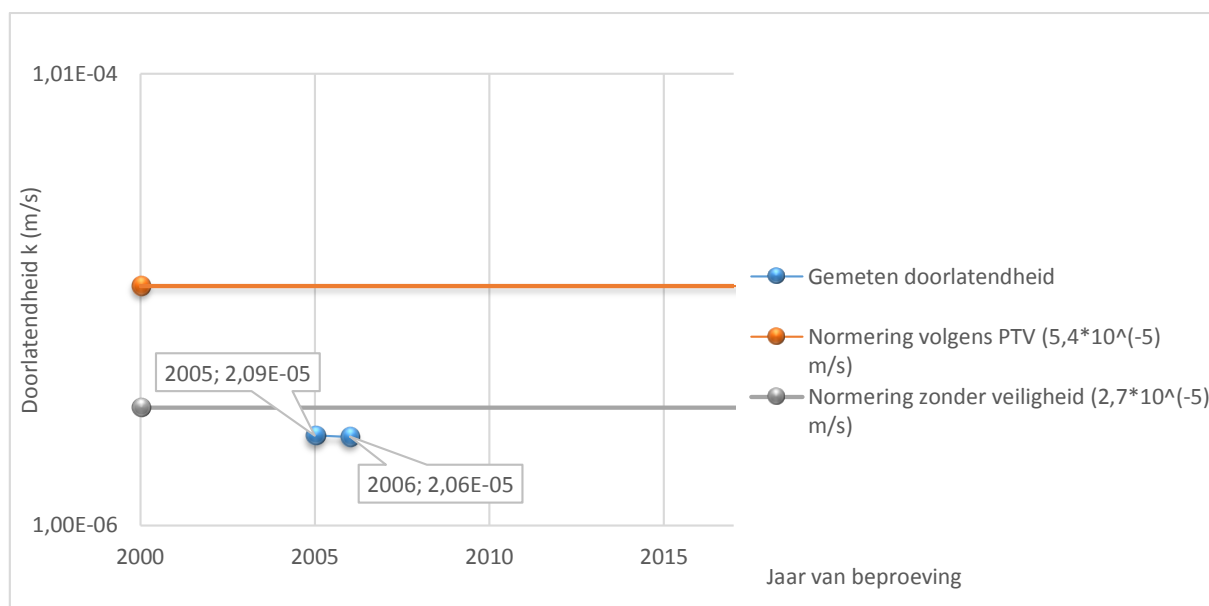
## Houtvoortstraat, Sint Gillis Waas



Figuur 33: Resultaten met de dubbele ringmethode: Houtvoortstraat, Sint Gillis Waas.



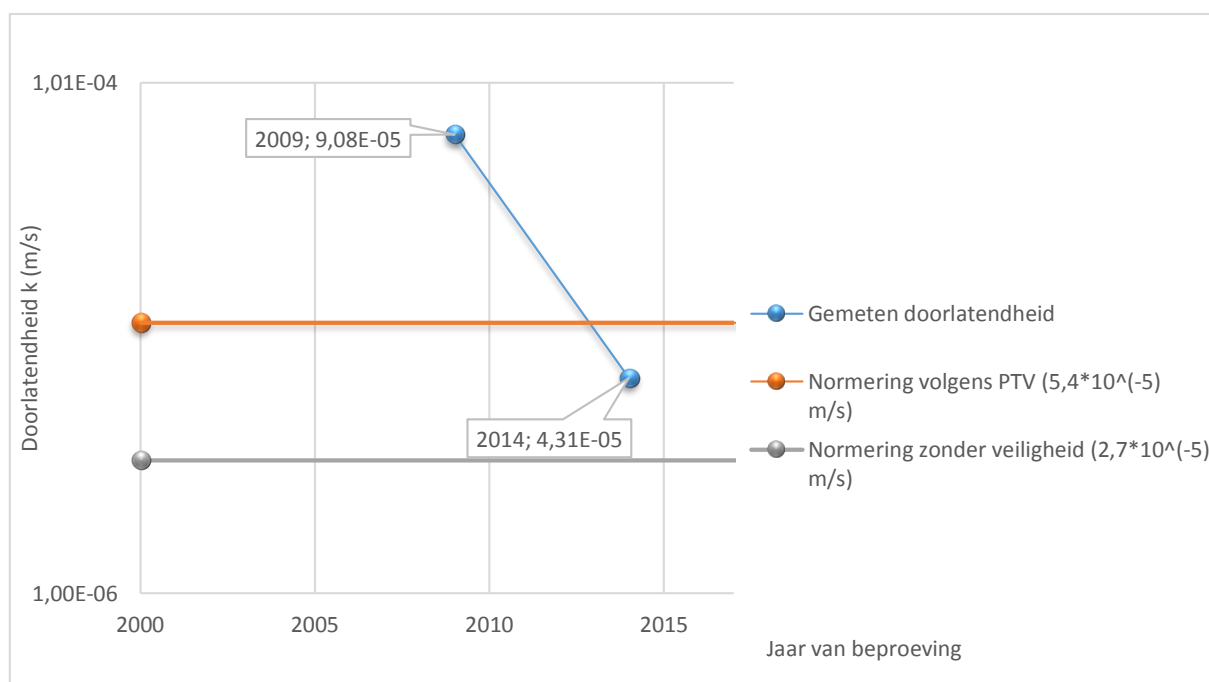
## Kapelstraat, Sint-Niklaas



Figuur 34: Resultaten met de dubbele ringmethode: Kapelstraat, Sint-Niklaas.

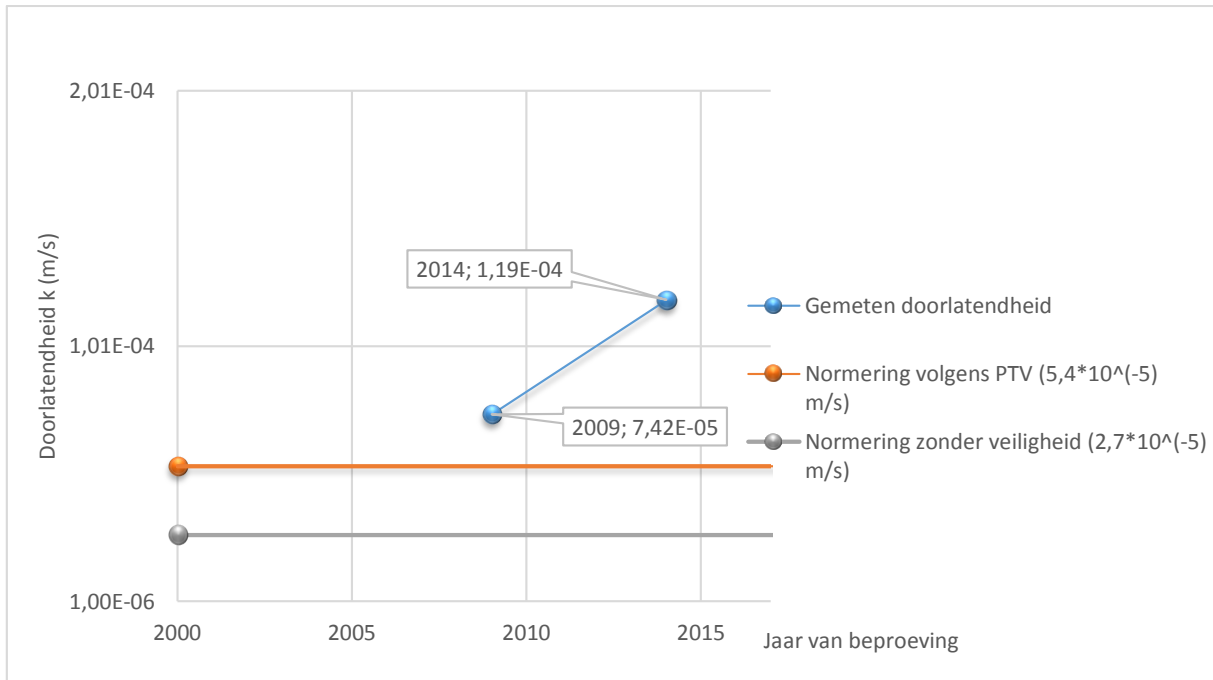
Grafisch kan er geen metingspunt gezet worden voor het jaar 2014 met de reden dat de onderstructuur te waterdoorlatend was om met de dubbele ringmethode te meten. Dit betekent dat de waterdoorlatende structuur sinds 2006 beter infiltreert.

## Grovermansdreef, Evergem



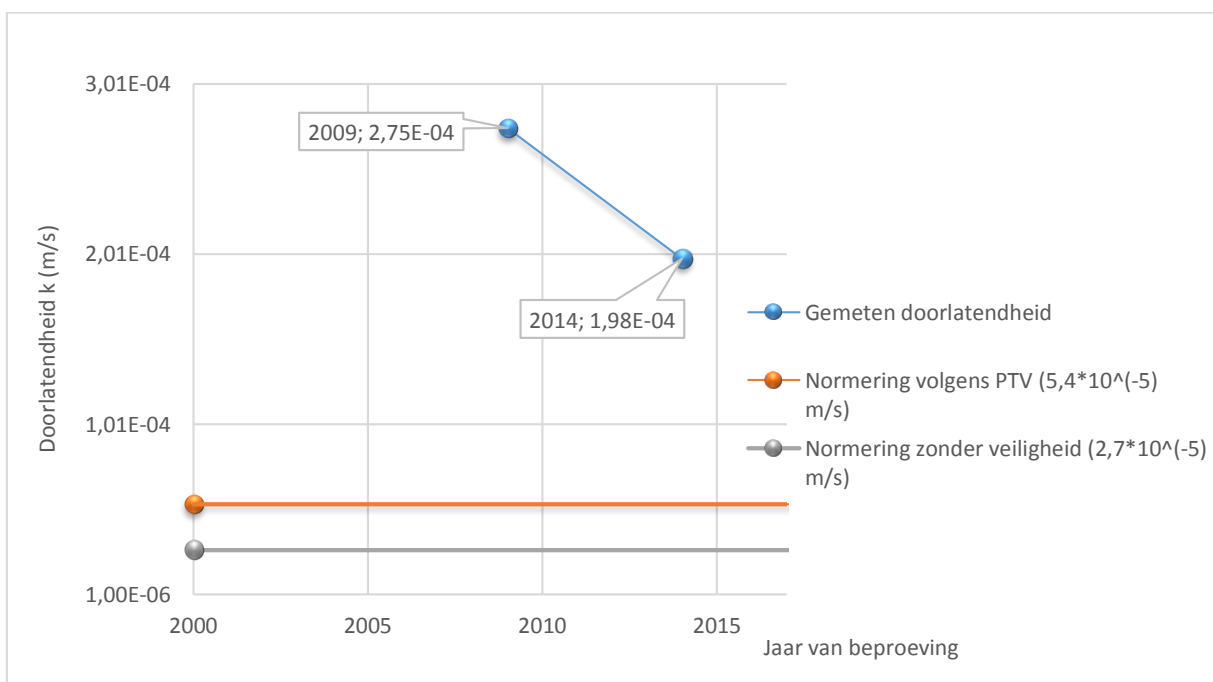
Figuur 35: Resultaten met de dubbele ringmethode: Grovermansdreef, Evergem.

## Guldersporenlaan, Evergem



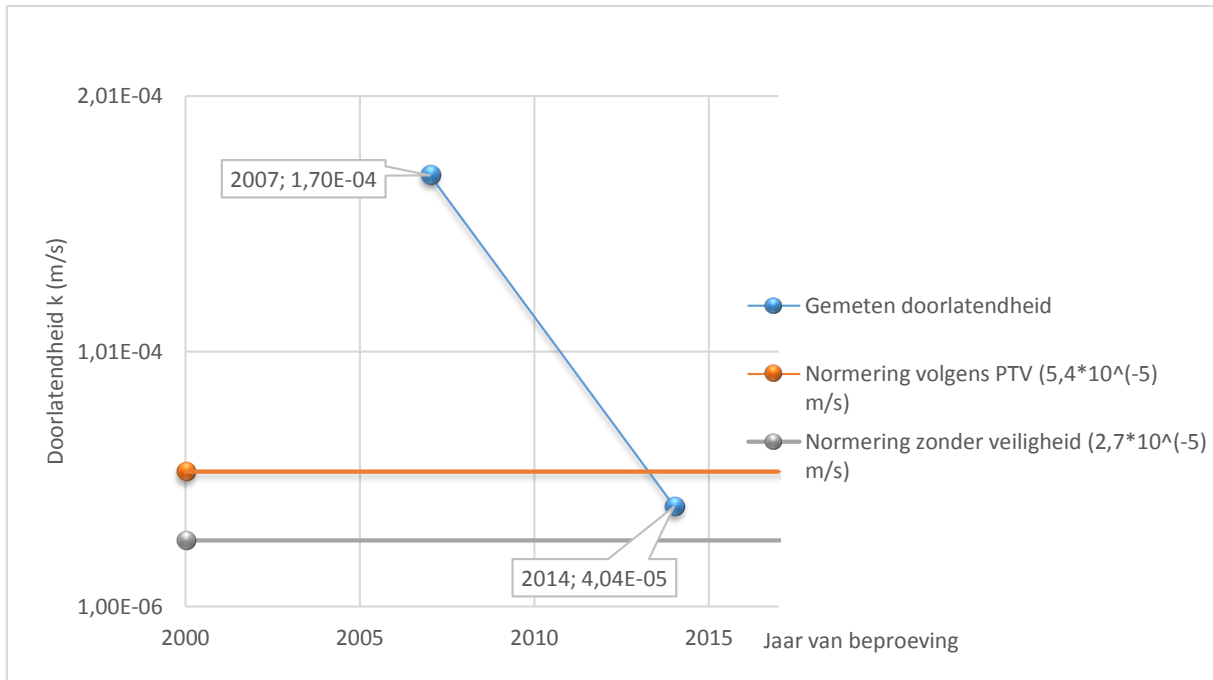
Figuur 36: Resultaten met de dubbele ringmethode: Guldersporenlaan, Evergem.

## Marktplein, Evergem



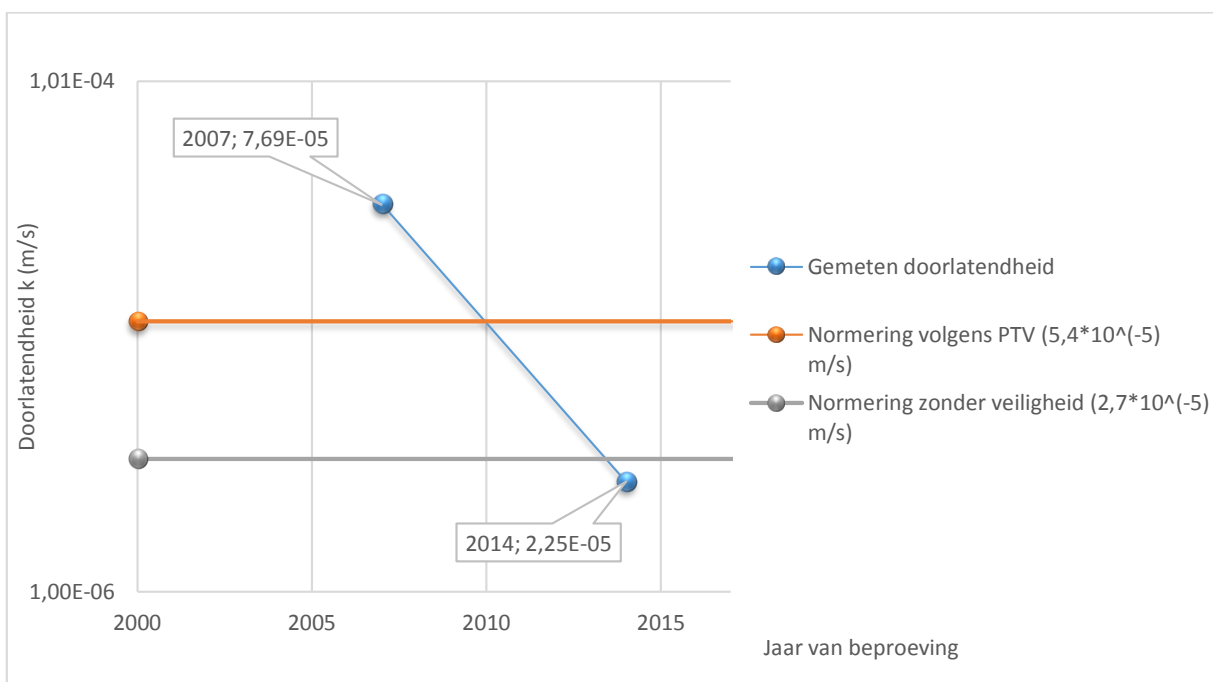
Figuur 37: Resultaten met de dubbele ringmethode: Marktplein, Evergem.

## Kerkplein, Zingem



Figuur 38: Resultaten met de dubbele ringmethode: Kerkplein, Zingem.

## Olmendreef, De Panne



Figuur 39: Resultaten met de dubbele ringmethode: Olmendreef, De Panne.

### 3.2.4.1. Bespreking van de resultaten

Grafisch wordt het snel duidelijk dat tien van de twaalf metingen een afname van waterdoorlatendheid vertonen door verloop van tijd. Waarom de twee andere een lichte verbetering vertonen is niet duidelijk en we kunnen alleen maar vermoeden dat dit aan verschillende redenen kan liggen. Zo kan de locatie van de dubbele ringmethode op de bestrating afwijken van de voorgaande meting(en) of zijn de omgevingsfactoren, zoals de temperatuur van de ondergrond, een bepalende factor bij het meten van de doorlatendheid.

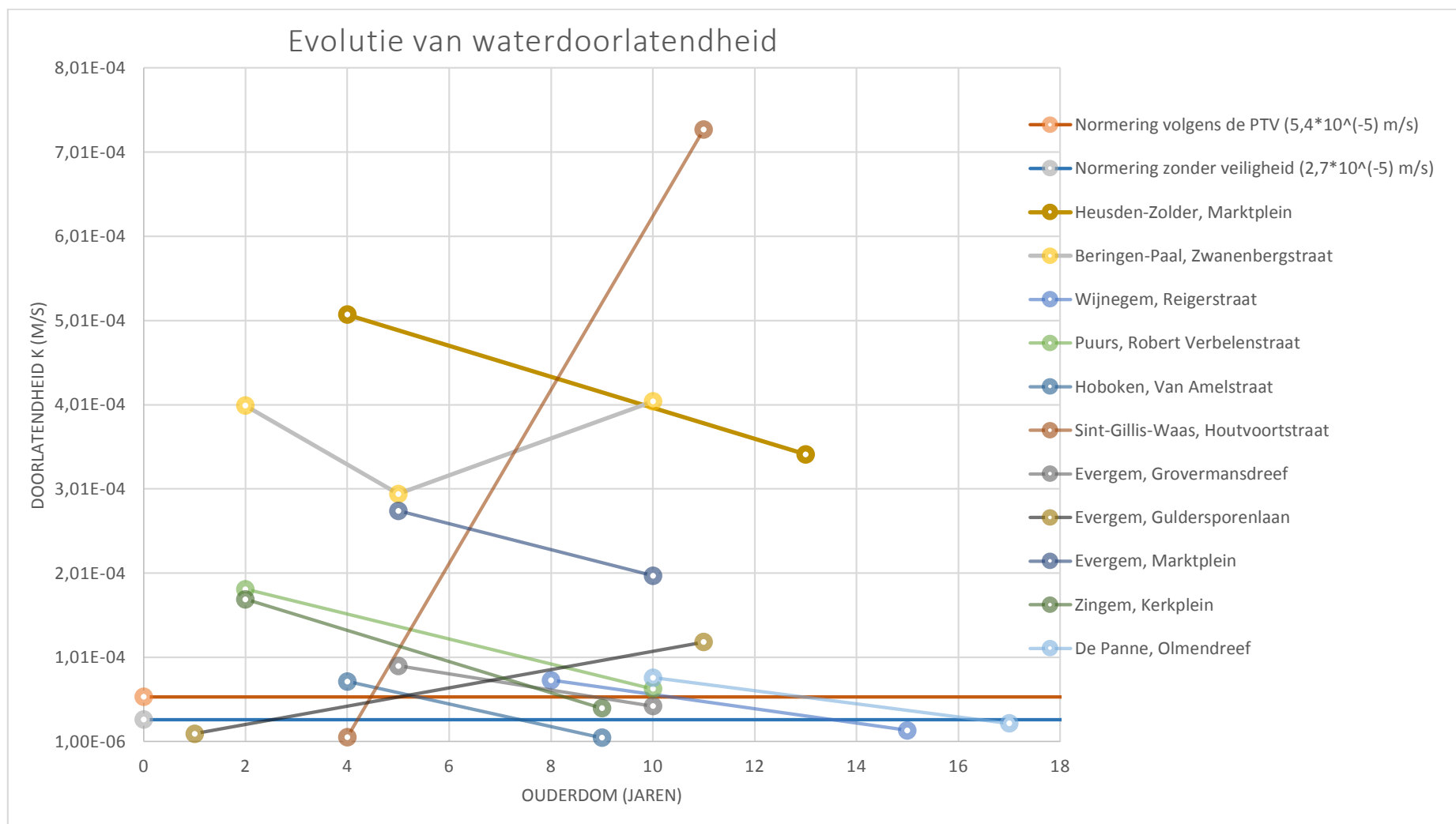
In tabel 12 is een samenvatting van voorgaande grafische resultaten gegeven, waarbij de locaties worden vergeleken met de PTV 827. Zoals aangehaald in de literatuurstudie moet een waterdoorlatende bestrating volgens deze norm een minimale doorlatendheid van  $5,4 * 10^{-5}$  m/s behalen.

Locatie	Type straatsteen	Ouderdom	Voldaan aan PTV 827 ( $> 5,4 * 10^{-5}$ m/s)	Voldaan aan PTV 827 zonder veiligheidsfactor ( $> 2,7 * 10^{-5}$ m/s)
Heusden-Zolder, Marktplein	Verbrede voeg	13	ja	ja
Beringen-Paal, Zwanenbergstraat	Verbrede voeg	10	ja	ja
Wijnegem, Reigerstraat	Poreus	15	nee	nee
Puurs, Robert Verbelenstraat	Poreus	10	ja	ja
Hoboken, Van Amelstraat	Poreus	9	nee	nee
Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat	Poreus	11	ja	ja
Sint-Niklaas, Kapelstraat	Poreus	11	ja	ja
Evergem, Grovermansdreef	Poreus	10	nee	ja
Evergem, Guldersporenlaan	Drainage gaten	11	ja	ja
Evergem, Marktplein	Drainage gaten	10	ja	ja
Zingem, Kerkplein	Poreus	9	nee	ja
De Panne, Olmendreef	Poreus	16	nee	nee

Tabel 12: Vergelijking type straatsteen en wetgeving anno 2014.

Van de twaalf metingen uitgevoerd op de locatie zijn er nog zes locaties die voldoen aan de PTV 827 normering. Als er dan gekeken wordt naar de normering zonder rekening te houden met de veiligheidsfactor van 2 dan zijn er nog negen van de twaalf locaties die theoretisch de wateroverlast kunnen verwerken.

### 3.2.5. Evolutie van de duurzaamheid in functie van de tijd



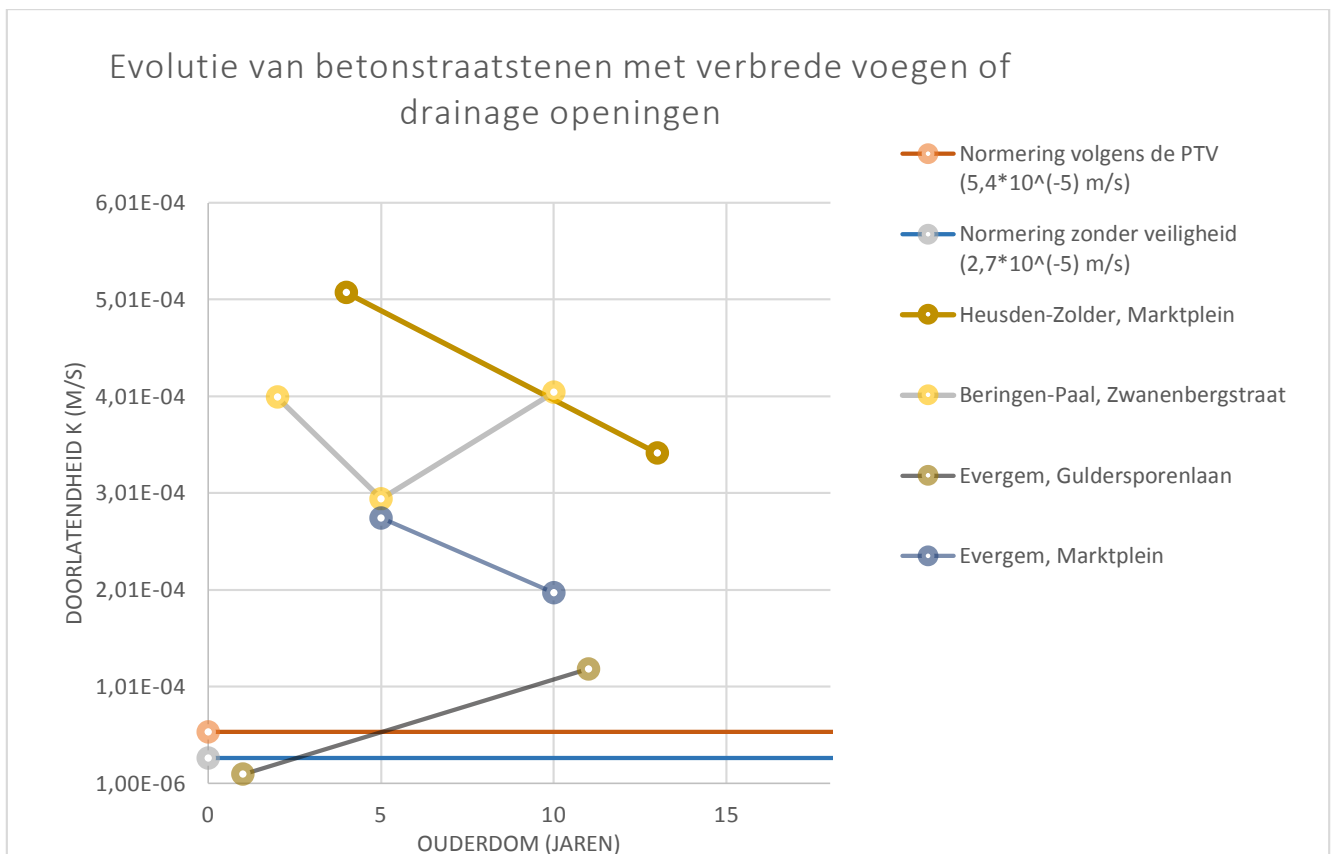
Figuur 40: Resultaten van de dubbele ringmetingen op de waterdoorlatende bestratingen in functie van de ouderdom.

### 3.2.5.1. Bespreking globale evolutie

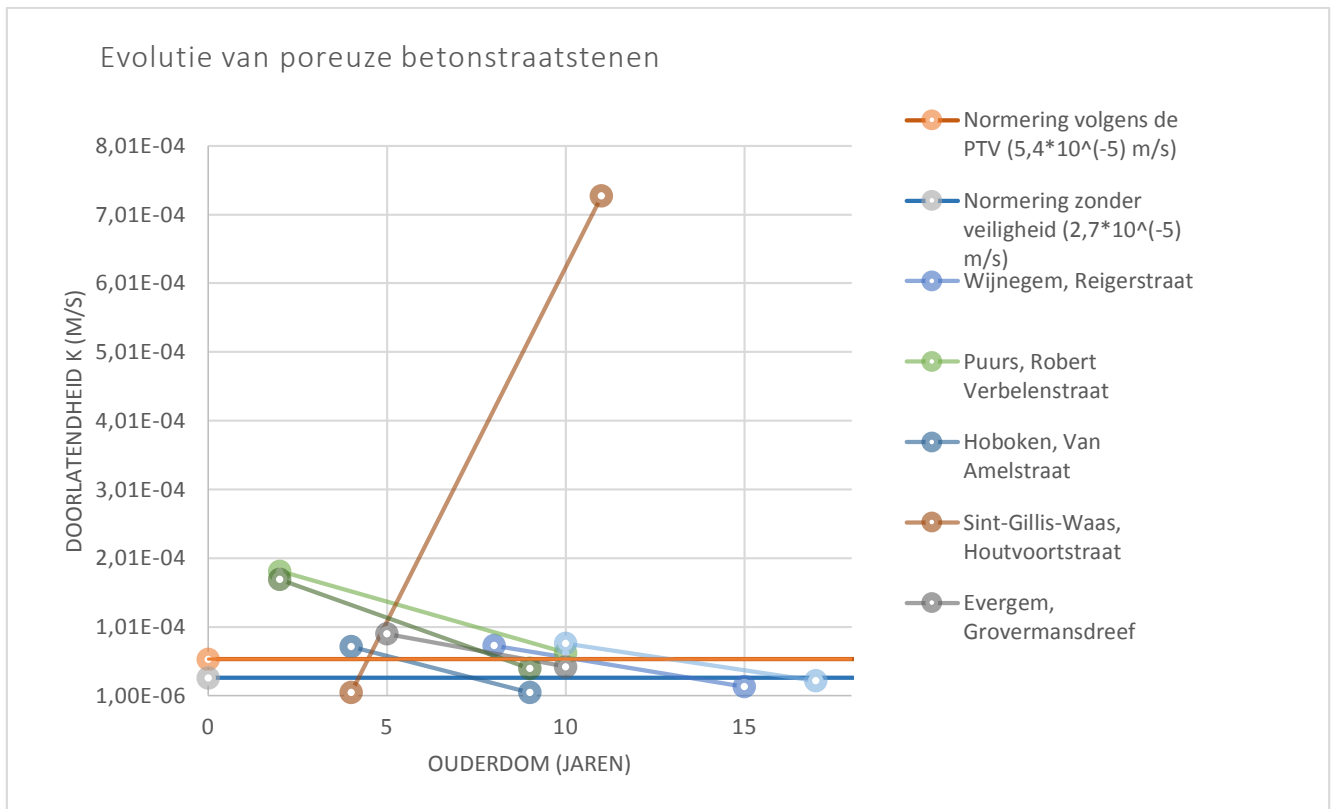
Figuur 40 geeft de doorlatendheid van de gemeten locaties in functie van de ouderdom weer. Zoals verwacht geven de meeste resultaten een daling in waterdoorlatendheid naarmate de ouderdom van de bestrating stijgt. Drie locaties geven een ander resultaat dan de verwachting en geven een betere doorlatendheid naarmate de ouderdom stijgt.

### 3.2.6. Verband tussen duurzaamheid en het type van waterdoorlatende straatsteen

De grafiek (Figuur 40) met het totale onderzoek door middel van de dubbele ringmethode kan worden opgesplitst in twee individuele grafieken met op de eerste grafiek de metingen op betonstraatstenen met verbrede voegen of drainageopeningen en op de tweede grafiek de resultaten van de metingen met poreuze straatstenen. Door deze splitsing kunnen conclusies getrokken worden i.v.m. de evolutie van de doorlatendheid per type waterdoorlatende betonstraatsteen.



Figuur 41: Evolutie van de doorlatendheid bij waterpasserende betonstraatstenen.



Figuur 42: Evolutie van de doorlatendheid bij poreuze betonstraatstenen.

### 3.2.6.1. Bespreking individuele evolutie

Door de grafieken (Figuur 41 & 42) met elkaar te vergelijken wordt het duidelijk dat de doorlatendheid bij poreuze betonstaatstenen met een ouderdom tussen de twee en vijf jaar kleiner is dan bij betonstraatstenen met verbrede voegen of drainagegaten met dezelfde ouderdom. Poreuze betonstraatstenen zullen hierdoor sneller niet meer voldoen aan de vooropgestelde minimale waarde van de waterdoorlatendheid opgelegd door de PTV normering.

Bij waterdoorlatende betonstraatstenen met verbrede voegen of drainageopeningen kunnen er geen uitspraken gedaan worden over een gelijke daling van de waterdoorlatendheid omdat er bij de vier metingen maar twee locaties een vermindering van de waterdoorlatendheid weergeven. De andere twee metingen vertonen een constante waterdoorlatendheidscoëfficiënt over de ouderdom of zelfs een lichte stijging. De poreuze betonstraatstenen vertonen daarentegen in de evolutie van de duurzaamheid een gelijkaardige vermindering van de waterdoorlatendheidscoëfficiënt.

### 3.2.7. *Vergelijking tussen de dubbele ringmethode en de enkele ringmethode*

Gedurende de beproevingen in situ zijn meestal zowel de enkele als de dubbele ringbeproeving uitgevoerd, waardoor er een interessante vergelijking over de nauwkeurigheid kan gemaakt worden. Deze nauwkeurigheid kan een belangrijk gegeven zijn om latere proeven eventueel enkel met de enkele ringmethode uit te voeren. Een beproeving met een enkele ringmethode zou tot een besparing van uurloon en materieel leiden.

Onderstaande tabel 13 geeft een samenvatting van de twee testmethodieken. Bij enkele projecten is er geen vergelijking mogelijk omdat de infiltratie te veel tijd in beslag nam of dat de enkele ringmethode nog niet bekend was in het begin van de metingen.

<b>Locatie</b>	<b>Resultaat dubbele ringbeproeving (m/s)</b>	<b>Resultaat enkele ringbeproeving (m/s)</b>
<b>Heusden-Zolder, Marktplein</b>	$3,42 * 10^{-4}$	Niet beproefd
<b>Beringen-Paal, Zwanenbergstraat</b>	$4,05 * 10^{-4}$	Niet beproefd
<b>Wijnegem, Reigerstraat</b>	$1,43 * 10^{-5}$	Niet beproefd
<b>Puurs, Robert Verbelenstraat</b>	$6,36 * 10^{-5}$	$3,85 * 10^{-4}$
<b>Hoboken, Van Amelstraat</b>	$5,46 * 10^{-6}$	/
<b>Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat</b>	$7,28 * 10^{-4}$	$7,28 * 10^{-4}$
<b>Sint-Niklaas, Kapelstraat</b>	Zeer doorlatend	$1,27 * 10^{-3}$
<b>Evergem, Grovermansdreef</b>	$4,31 * 10^{-5}$	$3,10 * 10^{-5}$
<b>Evergem, Guldersporenlaan</b>	$1,19 * 10^{-4}$	$3,69 * 10^{-4}$
<b>Evergem, Marktplein</b>	$1,98 * 10^{-4}$	$3,4 * 10^{-4}$
<b>Zingem, Kerkplein</b>	$8,29 * 10^{-4}$	$2,22 * 10^{-3}$
<b>De Panne, Olmendreef</b>	$2,25 * 10^{-5}$	$5,3 * 10^{-5}$

Tabel 13: *Afwijking tussen dubbele- en enkele ringbeproeving.*

#### 3.2.7.1. *Bespreking methodes*

Door de meetresultaten van de dubbele en enkele ringmethode naast elkaar weer te geven in tabel 13, worden de verwachtingen bevestigd. De enkele ringmethode geeft in het algemeen een resultaat met hetzelfde aantal decimalen achter de komma maar wijkt toch veel af van de dubbele ringmethode.



## **CONCLUSIE**

De evolutie van de waterdoorlatendheid van waterdoorlatende bestratingen in functie van de tijd werd bestudeerd door een 15-tal locaties verspreid over Vlaanderen te onderzoeken door middel van doorlatendheidsmetingen. Deze metingen bestonden uit de dubbele en enkele ringmethode waarvan de gelijkheid tussen beide resultaten onbekend was.

Als conclusie in deze thesis kan er gesteld worden dat de duurzaamheid van waterdoorlatende bestratingen in functie van de tijd een achteruitgang kent. Zowel de waterdoorlatende betonstraatstenen van het type poreus als de types met verbrede voegen of drainageopeningen ondervinden een vermindering van de waterdoorlatendheid naargelang de ouderdom stijgt. Uitzonderingen in de resultaten waarbij een stijging gemeten werd, zijn moeilijk te verklaren omdat we niet kunnen nagaan wat er gaande is in het volledige systeem van de waterdoorlatende bestrating of wat er plaats heeft gevonden op de bestrating sinds de plaatsing ervan.

Ondanks dat de waterdoorlatende bestratingen deze achteruitgang ondervinden, kan er gesteld worden dat de meeste (9 van de 12 locaties) nog steeds kunnen functioneren als verharde oppervlakte met bufferende en infiltrerende eigenschappen om het rioleringsstelsel te ontlasten van hemelwater. Hierbij moet er ook gesteld worden dat de 12 locaties weinig tot geen onderhoud hebben gekregen in de periode van plaatsing tot op heden.

Een andere conclusie die getrokken kan worden uit dit onderzoek is dat de poreuze betonstraatstenen met eenzelfde ouderdom als straatstenen met verbrede voegen of drainageopeningen minder waterdoorlatend zijn. De oorzaak hiervan ligt wellicht bij het eerder dichtslibben van de poreuze matrix van de straatsteen en de fijne voegen bij de poreuze betonstraatsteen dan bij de verbrede voegen of drainagegaten bij waterpasserende betonstraatstenen.

De enkele ringmethode geeft minder nauwkeurige resultaten dan de dubbele ringmethode maar levert wel resultaten in dezelfde grootteorde. Daarom kan het een interessante methode zijn voor metingen met een beperkt budget en waar de nauwkeurigheid geen primaire rol speelt.

Dit onderzoek is een bevestiging op de resultaten van Borgwardt, S. (2006) waar ook geconcludeerd kon worden dat het infiltratievermogen van waterdoorlatende bestratingen afnam naarmate de ouderdom steeg en dat poreuze straatstenen in verhouding tot waterpasserende straatstenen, lagere infiltratiecapaciteiten kennen op gelijke ouderdom.

## **AANBEVELINGEN & TOEKOMSTVISIE**

Doordat het onderzoek bevestigd heeft dat waterdoorlatende bestratingen een afname kennen van het infiltratievermogen, kan er voor periodieke onderhoudsbeurten gekozen worden zodat voldoende doorlatendheid gegarandeerd kan blijven: Door onderhoudsbeurten na vijf of tien jaar uit te voeren op de waterdoorlatende bestratingen kunnen de verstoppingen in het systeem weggehaald worden zodat het infiltratievermogen naar vroegere waardes stijgt. Deze inspanningen vereisen wel een financieel budget dat bij de start dient ingerekend te worden.



## **REFERENTIELIJST**

- [1] *Dossier 5: Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen.* (2008). Brussel: OCW.
- [2] *Handleiding voor het ontwerp en de uitvoering van verhardingen in betonstraatstenen.* (2009). Brussel: OCW.
- [3] *Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen. Deel 3: Bronmaatregelen.* (2012). Geraadpleegd op 10 juni 2014 via [http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/code-goede-praktijk-rioleringsystemen/CGP\\_deel3\\_bronmaatregelen\\_actualisatie20142.pdf/view](http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/code-goede-praktijk-rioleringsystemen/CGP_deel3_bronmaatregelen_actualisatie20142.pdf/view)
- [4] *Handleiding voor niet-chemisch(e) onkuidbeheer(sing) op verhardingen met kleinschalige elementen.* (2012). Brussel: OCW.
- [5] Beeldens, A. Donne, L. & Vijverman, L. (2009). *Waterdoorlatende bestratingen: hoe te dimensioneren?* Geraadpleegd op 10 juni 2014 via [https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/294651/1/II\\_18\\_A+Beeldens\\_Waterdoorlatende+bestratingen+hoe+te+dimensioneren+paper\\_DEF.doc](https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/294651/1/II_18_A+Beeldens_Waterdoorlatende+bestratingen+hoe+te+dimensioneren+paper_DEF.doc).
- [6] *Guide to the design, construction and maintenance of concrete block permeable pavements.* (2010). Leicester: Interpave.
- [7] *Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen.* (2008). Brussel: FEBESTRAL.
- [8] PTV 122. (2009). *Waterdoorlatende betonstraatstenen en –tegels.* Brussel: Probeton.
- [9] PTV 121. (2009). *Grasbetontegels.* Brussel: Probeton.
- [10] PTV 827. (2010). *Waterdoorlatende bestratingen: Systeem-, product- en plaatsingseisen.* Brussel: Copro vzw.
- [11] Standaardbestek 250 versie 2.2. (2012). *Hoofdstuk 5: Onderfundering en fundering.* Geraadpleegd op 10 februari 2014 via <http://www.wegenenverkeer.be/standaardbestek-250/category/standaardbestek-250.html>
- [12] *Katen: afkoppelen, bufferen en infiltreren.* (2005). Hoboken: VLARIO vzw.
- [13] *Technische documentatie: drainage.* (2003). Steenwijk: DYKA.
- [14] *Rioleringsproducten.* (z.j.). Genk: STRADUS. Geraadpleegd op 20 juli 2014 via [http://www.struykverwoaqua.nl/downloads/crh\\_riolering\\_1603\\_stradus.pdf](http://www.struykverwoaqua.nl/downloads/crh_riolering_1603_stradus.pdf)

- [15] *Infiltratieonderzoek*. (z.j.) Geraadpleegd op 30 juli via <http://www.aeres-milieu.nl/Pdf-bestanden/infiltratieonderzoek.pdf>
- [16] Standaardbestek 250 versie 2.2. (2012). *Hoofdstuk 14: Metingen en proeven*. Geraadpleegd op 10 februari 2014 via <http://www.wegenenverkeer.be/standaardbestek-250/category/standaardbestek-250.html>
- [17] *CE-markering: uitleg*. (2014). Delft: Themag B.V. Geraadpleegd op 21 juli via [http://www.themag.nl/pdf/ce-markering\\_uitleg.pdf](http://www.themag.nl/pdf/ce-markering_uitleg.pdf)
- [18] NBN EN 1338. (2003). *Betonstraatstenen – Eisen en beproevingsmethoden*. Brussel: Belgisch instituut voor normalisatie.
- [19] NBN B 21-311. (2006). *Betonstraatstenen – Toepassingsvoorschriften*. Brussel: Belgisch instituut voor normalisatie.
- [20] *Besluit van de Vlaamse Regering inzake hemelwater*. (2013). Geraadpleegd op 20 september 2013 via <http://www.ruimtelijkeordering.be/NL/Beleid/Wetgeving/Uitvoeringsbesluiten/Verordeningen/verordeninghemelwater2013>
- [21] *Besluit van de Vlaamse Regering inzake hemelwater*. (2004). Geraadpleegd op 20 september 2013 via <http://www.ruimtelijkeordering.be/NL/Beleid/Wetgeving/Uitvoeringsbesluiten/Verordeningen/VerordeningenHemelwater>
- [22] Alboort, J. (z.j.). *De nieuwe verordening hemelwater uit de doeken gedaan*. Geraadpleegd op 22 juli 2014 via <http://www.nav.be/pages/kdb.php?id=369>
- [23] Borgwardt, S. (2006). *Long-term in-situ infiltration performance of permeable concrete block pavement*. Geraadpleegd op 15 december 2013 via <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.365.9174&rep=rep1&type=pdf>
- [24] ASTM C1781/C1781M-13. (2013). *Standard Test Method for Surface Infiltration rate of Permeable Unit Pavement Systems*. West Conshohocken: ASTM International.

## **BIJLAGE A: Voorstelling van FEBE**

FEBE is de federatie van de Belgische prefab betonindustrie (Figuur 43). De federatie heeft als doel gunstige condities te creëren voor haar lidbedrijven en hun gemeenschappelijke doelstellingen op een kwaliteitsvolle en professionele manier te behartigen.

De federatie is opgericht in 1936 en vertegenwoordigt haar 80 lidbedrijven verspreid over 110 productiezetels. Deze nemen een 85% van de omzet van de sector voor hun rekening. Zo zijn er in de sector 225 ondernemingen met samen 6800 werknemers die goed zijn voor een omzet van jaarlijks 1,3 miljard euro. Daarnaast is de sector goed voor een productie van 12 miljoen ton aan prefab betonproducten.

In commissies op nationaal en internationaal niveau vertegenwoordigt FEBE de sector en brengt er de standpunten naar voor van diverse groeperingen. Verder staat de federatie ook klaar om te informeren en advies op maat te geven i.v.m. sociale reglementering, normalisatie en regelgeving, juridische dossiers, communicatieve- en verkoopsaangelegenheden en de producten van haar leden. Ook staan ze klaar om opleidingen te organiseren in samenwerking met VDAB en andere opleidingsinstellingen. Daarnaast promoot FEBE prefab beton. Er wordt gezorgd voor een correcte beeldvorming bij bedrijven, werknemers, werkzoekende, overheden, consumenten en vakbonden. Deze promotie vindt zijn weg via het tijdschrift 'Beton' en publicaties door productverenigingen binnen FEBE.

Naast al deze activiteiten zorgt de federatie ook voor netwerkmanifestaties voor al haar leden. Bovendien worden productgerelateerde fabrikanten samengebracht door de verschillende productverenigingen om gemeenschappelijke belangen te overleggen en te verdedigen.

De federatie van de Belgische prefab betonindustrie is gelegen in de Vorstlaan nummer 68 te Brussel (Watermaal-Bosvoorde).



*Figuur 43: Logo FEBE*



## **BIJLAGE B: Voorstelling van het OCW**

In 1952 werd bij koninklijk besluit ter uitvoering van een besluitwet van 1947 tot bevordering van de vooruitgang van het onderzoek het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) in het leven geroepen (Figuur 44). Dit is sindsdien een private onderzoeksinstelling van openbaar nut.



*Figuur 44: Logo OCW*

De onderzoeksinstelling houdt zich bezig met een aantal kernactiviteiten:

- Standaardproeven, tegenproeven en expertises.
- Specifieke studies en proeven voor nieuwe producten, nieuwe aanleg- of onderhoudstechnieken en nieuw materieel.
- Toegepast onderzoek.
- Verspreiden van onderzoeksresultaten.
- Verlenen van technische, organisatorische en documentaire bijstand.
- Software ontwikkelen.
- Opleiding verstrekken en technologie overbrengen.
- Samenwerking bij het opstellen van regels, voorschriften en normen op nationaal en internationaal niveau.
- Hulp bij het oprichten van kwaliteitszorgsystemen in de wegenbouw.

Het centrum wordt geleid door een Algemene Raad en een Bestendig Comité. Het comité heeft 7 leden en de raad bestaat uit 28 leden die alle bij de wegenbouw betrokken partijen vertegenwoordigen. Verder wordt de instelling aangevuld met een honderdtal medewerkers vertegenwoordigd uit alle soorten opleidingen (ingenieurs, fysici, chemici, economen, milieudeskundigen, enz.)

Als inkomstenbron is het onderzoekscentrum afhankelijk van subsidies van gewestelijke, federale en Europese instanties voor wetenschappelijk onderzoek. Bovendien is elke Belgische of buitenlandse aannemer door de besluitwet van 1947 en het koninklijk besluit van 1952 verplicht om een toelage van 0,8 % te betalen aan het centrum, berekend op het totale bedrag van de werken die hij uitgevoerd heeft op Belgische bodem. Hierbij maakt het niet uit of deze werken openbaar, via beperkte aanbesteding of via onderhands gesloten contracten toegekend zijn. Als laatste verkrijgt het OCW ook inkomsten via dienstverrichting, uit contributies van steunende leden, uit royalties en uit de verkoop van publicaties.

Het OCW heeft 3 adressen in België, namelijk de maatschappelijke zetel in Brussel (Woluwedal 42) en 2 laboratoria in Sterrebeek (Fokkersdreef 21) en Waver (Avenue Lavoisier 14)





## **BIJLAGE C: Verslagen van de in situ metingen**

### *Projectgegevens: Heusden-Zolder, Marktpluin*

#### **Locatie:**

<b>Provincie:</b>	Limburg
<b>Stad:</b>	Heusden-Zolder
<b>Straat:</b>	Marktpluin
<b>Extra info locatie:</b>	Cedubo

#### **Realisatie:**

<b>Applicatie:</b>	Parking
<b>Type verkeer:</b>	Voornamelijk personenwagens
<b>Datum:</b>	2001
<b>Oppervlakte:</b>	13 200m <sup>2</sup>
<b>Opdrachtgever:</b>	Gemeente Heusden-Zolder
<b>Studiebureau:</b>	Technum nv
<b>Aannemer:</b>	Vanbroekhoven TV Betonac
<b>Leverancier straatstenen:</b>	Ebema

#### **Contact:**

<b>Contactpersoon:</b>	<i>Paul Byloos</i>
<b>E-mail:</b>	<i>011/80 80 87</i>
<b>Telefoon:</b>	<i>paul.byloos@heusden-zolder.be</i>

#### **Structuur:**

<b>Grondsoort:</b>	Leemhoudend zand
<b>Onderfundering:</b>	Geen
<b>Fundering:</b>	50 cm steenslag 20/56 en 9 cm 20/32 gemengd met grofzand
<b>Geotextiel:</b>	Ja
<b>Straatlaag:</b>	4 cm steenslag 2/5
<b>Voegvulling:</b>	Porfier 2/4
<b>Type straatsteen:</b>	Openvoegen met afstandhouders
<b>Mogelijke drainage:</b>	Kokosomhulde draineerbuizen dia 50 mm

Tabel 14: Heusden-Zolder, Marktpluin: projectgegevens

### Voorafgaande metingen in het verleden

<b>Datum:</b>	<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
1/12/2005	Dubbel-ring	1,00 * 10 <sup>-4</sup>	
31/05/2006	Dubbel-ring	2,28 * 10 <sup>-4</sup>	Rijweg
31/05/2006	Dubbel-ring	5,08 * 10 <sup>-4</sup>	Parkeerstrook

Tabel 15: Heusden-Zolder, Marktplein: dubbel-ring metingen in het verleden

### Dubbel-ring beproeving 2013-2014

#### **In situ gegevens:**

<b>Datum beproeving:</b>	12/11/2013
<b>Uitgevoerd door:</b>	Martial Priem
<b>Omgevingstemperatuur:</b>	9°C
<b>Regenval vorige dagen:</b>	Ja
<b>Is de oppervlakte van de bestrating zuiver?:</b>	Neen
<b>Zijn er beschadigingen aan de straatstenen?:</b>	Neen
<b>Zijn er vermoedens van zwaar verkeer?:</b>	Ja, er ligt een werf in de nabijheid.
<b>Zijn er in de omgeving straatkolken om water af te voeren?:</b>	Neen
<b>Staan er in de omgeving bomen?:</b>	Ja
<b>Is de applicatie nog steeds hetzelfde?:</b>	Neen, dient ook als een werfinrichting.
<b>Wordt de proef op het hoogste punt uitgevoerd?:</b>	Neen, ½ van het hoogste punt.

Tabel 16: Heusden-Zolder, Marktplein: in situ gegevens

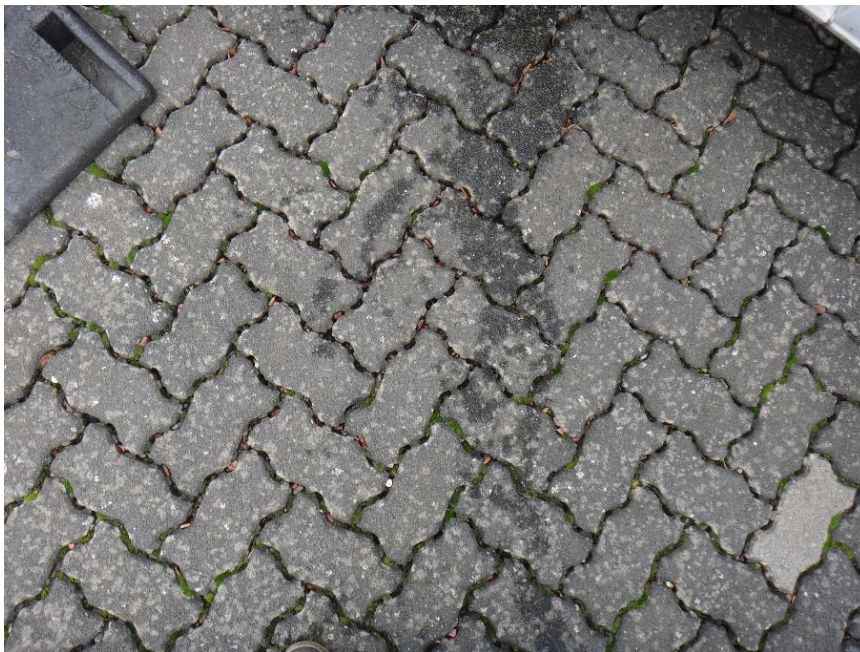
<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
Enkel-ring methode	/	Zie verwijzingsschets
Dubbel-ring methode	3,42 * 10 <sup>-4</sup>	Zie verwijzingsschets

Tabel 17: Heusden-Zolder, Marktplein: resultaten proeven

## Verwijzingschetsen en in-situ foto's



Figuur 45: Heusden-Zolder, Marktplein: verwijzingschets



Figuur 46: Heusden-Zolder, Marktplein: Boveanaanzicht straatstenen



Figuur 47: Heusden-Zolder, Marktplein: terreinfoto 1



Figuur 48: Heusden-Zolder, Marktplein: terreinfoto 2

### Opmerkingen

*Tijdens de visuele inspectie van de parking werd er weinig of geen voegvulling gevonden. Verder is er op de parking ook een werf opgericht waardoor de parking als werfinrichting dient (Figuur 48). Hierdoor komt er zwaar verkeer op de bestrating en fundering. Dit zwaar verkeer en de werf brengen ook een grote vervuiling met zich mee voor de waterdoorlatende parking. Als laatste punt van de visuele inspectie bleken er gevallen te zijn van dichtslibbing in de buurt van groenstroken tussen de parkeerplaatsen (Figuur 47)*

## Projectgegevens: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat

### Locatie:

<b>Provincie:</b>	Limburg
<b>Stad:</b>	Beringen-Paal
<b>Straat:</b>	Zwanenbergstraat
<b>Extra info locatie:</b>	N29 - carpooling

### Realisatie:

<b>Applicatie:</b>	Parking
<b>Type verkeer:</b>	Personenwagens
<b>Datum:</b>	2003-2004
<b>Oppervlakte:</b>	1000m <sup>2</sup>
<b>Opdrachtgever:</b>	Gemeente Beringen-Paal
<b>Studiebureau:</b>	
<b>Aannemer:</b>	Kumpen nv
<b>Leverancier straatstenen:</b>	Ebema

### Contact:

<b>Contactpersoon:</b>	/
<b>E-mail:</b>	/
<b>Telefoon:</b>	/

### Structuur:

<b>Grondsoort:</b>	/
<b>Onderfundering:</b>	/
<b>Fundering:</b>	/
<b>Geotextiel:</b>	/
<b>Straatlaag:</b>	/
<b>Voegvulling:</b>	/
<b>Type straatsteen:</b>	Verbrede voegen
<b>Mogelijke drainage:</b>	/

Tabel 18: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat: projectgegevens

### Voorafgaande metingen in het verleden

<b>Datum:</b>	<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
6/05/2003	Open-end	$1,20 * 10^{-5}$	Ondergrond
19/10/2006	Dubbel-ring	$4,00 * 10^{-4}$	Parkeerstrook
28/06/2009	Dubbel-ring	$2,95 * 10^{-4}$	Parkeerstrook

Tabel 19: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat: dubbel-ring metingen in het verleden,

### Dubbel-ring beproeving 2013-2014

#### **In situ gegevens:**

<b>Datum: beproeving:</b>	12/11/2013
<b>Uitgevoerd door:</b>	Martial Priem
<b>Omgevingstemperatuur:</b>	9°C
<b>Regenval vorige dagen:</b>	Ja
<b>Is de oppervlakte van de bestrating zuiver?:</b>	Neen, lichte vorming van onkruid op de oppervlakte.
<b>Zijn er beschadigingen aan de straatstenen?:</b>	Neen
<b>Zijn er vermoedens van zwaar verkeer?:</b>	Neen
<b>Zijn er in de omgeving straatkolken om water af te voeren?:</b>	Neen
<b>Staan er in de omgeving bomen?:</b>	Neen
<b>Is de applicatie nog steeds hetzelfde?:</b>	Ja
<b>Wordt de proef op het hoogste punt uitgevoerd?:</b>	Neen, ½ van het hoogste punt.

Tabel 20: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat: in situ gegevens

<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
Enkel-ring methode	/	Zie verwijzingsschets
Dubbel-ring methode	$4,05 * 10^{-4}$	Zie verwijzingsschets

Tabel 21: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat: resultaten proeven

## Verwijzingsschets



Figuur 49: Beringen-Paal, Zwanebergstraat: verwijzingsschets

## In-situ foto's



Figuur 50: Beringen-Paal, Zwanebergstraat: bovenaanzicht straatstenen



Figuur 51: Beringen-Paal, Zwanenbergstraat: terreinfoto

### Opmerkingen:

*Tijdens de visuele inspectie van de parking werd er weinig of geen voegvulling gevonden. De parking wordt dagelijks gebruikt en onkruidvorming vind enkel plaats aan kantstroken of weinig gebruikte plaatsen. Een algemene opmerking over de waterdoorlatende straatstenen: de poreuze straatstenen hebben een grove bovenlaag en lijken minder geschikt te zijn voor recreatieve doelen, zoals speelplaatsen en sportterreinen.*



## Projectgegevens: Wijnegem, Reigerstraat

### Locatie:

<b>Provincie:</b>	Antwerpen
<b>Stad:</b>	Wijnegem
<b>Straat:</b>	Reigerstraat
<b>Extra info locatie:</b>	Fietspad gelegen tussen twee velden

### Realisatie:

<b>Applicatie:</b>	Fiets- en wandelpad
<b>Type verkeer:</b>	Fietsers en voetgangers
<b>Datum:</b>	1999
<b>Oppervlakte:</b>	400m <sup>2</sup>
<b>Opdrachtgever:</b>	Schillebeeckx, Malle
<b>Studiebureau:</b>	
<b>Aannemer:</b>	Marcel Nijs, Oud Turnhout
<b>Leverancier straatstenen:</b>	Bleijko

### Contact:

<b>Contactpersoon:</b>	
<b>E-mail:</b>	
<b>Telefoon:</b>	

### Structuur:

<b>Grondsoort:</b>	/
<b>Onderfundering:</b>	Betonpuin
<b>Fundering:</b>	/
<b>Geotextiel:</b>	/
<b>Straatlaag:</b>	Puinbrekerszand 4cm
<b>Voegvulling:</b>	/
<b>Type straatsteen:</b>	Poreuze betonstraatstenen
<b>Mogelijke drainage:</b>	/

Tabel 22: Wijnegem, Reigerstraat: projectgegevens

### Voorafgaande metingen in het verleden

<b>Datum:</b>	<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
17/08/2007	Dubbel-ring	$7,38 * 10^{-5}$	Start van het fietspad aan de Reigerstraat

Tabel 23: Wijnegem, Reigerstraat: dubbel-ring metingen in het verleden

### Dubbel-ring beproeving 2013-2014

#### **In situ gegevens:**

<b>Datum: beproeving:</b>	14/11/2013
<b>Uitgevoerd door:</b>	Martial Priem
<b>Omgevingstemperatuur:</b>	10°C
<b>Regenval vorige dagen:</b>	Ja
<b>Is de oppervlakte van de bestrating zuiver?:</b>	Neen, veel onkruid en humus op de bestrating.
<b>Zijn er beschadigingen aan de straatstenen?:</b>	Ja, zettingen in het fietspad
<b>Zijn er vermoedens van zwaar verkeer?:</b>	Ja, landbouwverkeer
<b>Zijn er in de omgeving straatkolken om water af te voeren?:</b>	Neen
<b>Staan er in de omgeving bomen?:</b>	Ja , een bos enkele meters verder
<b>Is de applicatie nog steeds hetzelfde?:</b>	Neen, ook sporen van landbouwverkeer
<b>Wordt de proef op het hoogste punt uitgevoerd?:</b>	Ja

Tabel 24: Wijnegem, Reigerstraat: in situ gegevens

<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
Enkel-ring methode	/	/
Dubbel-ring methode	$1,43 * 10^{-5}$	Zie verwijzingsschets

Tabel 25: Wijnegem, Reigerstraat: resultaten proeven

## Verwijzingsschetsen



Figuur 52: Wijnegem, Reigerstraat: verwijzingsschets

## In-situ foto's



Figuur 53: Wijnegem, Reigerstraat: bovenaanzicht straatstenen



Figuur 54: Wijnegem, Reigerstraat: terreinfoto

### Opmerkingen

*Het fietspad wordt niet intensief gebruikt en ondervindt ook last van de landbouwers die met hun tractoren aan de percelen moeten kunnen geraken. Hiervan is het gevolg dat het fietspad gedeeltelijk is afgezakt. De poreuze straatsteen lijkt bedekt te zijn met een fijne humuslaag van het naast gelegen bos waardoor er maar weinig waterdoorsijpeling mogelijk is.*

## Projectgegevens: Puurs, Robert Verbelenstraat

### Locatie:

<b>Provincie:</b>	Antwerpen
<b>Stad:</b>	Puurs
<b>Straat:</b>	Robert Verbelenstraat
<b>Extra info locatie:</b>	Verkaveling Keulendam, Parking rond wadi

### Realisatie:

<b>Applicatie:</b>	Parking
<b>Type verkeer:</b>	Personenwagens
<b>Datum:</b>	2004
<b>Oppervlakte:</b>	1000m <sup>2</sup>
<b>Opdrachtgever:</b>	Gemeente Puurs
<b>Studiebureau:</b>	
<b>Aannemer:</b>	
<b>Leverancier straatstenen:</b>	

### Contact:

<b>Contactpersoon:</b>	<i>Peter Oosterlinck</i>
<b>E-mail:</b>	<a href="mailto:Peter.oosterlink@puurs.be">Peter.oosterlink@puurs.be</a>
<b>Telefoon:</b>	0478/25.27.00

### Structuur:

<b>Grondsoort:</b>	/
<b>Onderfundering:</b>	Type I 25cm
<b>Fundering:</b>	Continue steenslag type II 25cm
<b>Geotextiel:</b>	/
<b>Straatlaag:</b>	Ternair mengel 3 cm
<b>Voegvulling:</b>	Ternair mengel 3 cm
<b>Type straatsteen:</b>	Poreus
<b>Mogelijke drainage:</b>	/

Tabel 26: Puurs, Robert Verbelenstraat :projectgegevens

### Voorafgaande metingen in het verleden

<b>Datum:</b>	<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
5/05/2006	Dubbel-ring	$1,84 * 10^{-4}$	Sectie rood: ring 1
5/05/2006	Dubbel-ring	$1,74 * 10^{-4}$	Sectie rood: ring 2
23/06/2009	Dubbel-ring	$7,52 * 10^{-5}$	Sectie rood: ring 2

Tabel 27: Puurs, Robert Verbelenstraat: dubbel-ring metingen in het verleden

### Dubbel-ring beproeving 2013-2014

#### **In situ gegevens:**

<b>Datum: beproeving:</b>	28/11/2013
<b>Uitgevoerd door:</b>	Martial Priem
<b>Omgevingstemperatuur:</b>	9°C
<b>Regenval vorige dagen:</b>	Ja
<b>Is de oppervlakte van de bestrating zuiver?:</b>	Neen, lichte aantasting door onkruid
<b>Zijn er beschadigingen aan de straatstenen?:</b>	Neen
<b>Zijn er vermoedens van zwaar verkeer?:</b>	Neen
<b>Zijn er in de omgeving straatkolken om water af te voeren?:</b>	Neen
<b>Staan er in de omgeving bomen?:</b>	Neen
<b>Is de applicatie nog steeds hetzelfde?:</b>	Ja
<b>Wordt de proef op het hoogste punt uitgevoerd?:</b>	Neen, ½ van het hoogste punt

Tabel 28: Puurs, Robert Verbelenstraat: in situ gegevens Puurs

<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
Enkel-ring methode	$3,85 * 10^{-4}$	Zie verwijzingsschets
Dubbel-ring methode	$6,36 * 10^{-5}$	Zie verwijzingsschets

Tabel 29: Puurs, Robert Verbelenstraat: resultaten proeven Puurs

## Verwijzingsschetsen



Figuur 55: Puurs, Robert Verbelenstraat: verwijzingsschets

## In-situ foto's



Figuur 56: Puurs, Robert Verbelenstraat: bovenaanzicht straatstenen



*Figuur 57: Puurs , Robert Verbelenstraat: Terreinfoto 1*



*Figuur 58: Puurs, Robert Verbelenstraat: schade aan straatstenen*

### *Opmerkingen*

*Bij de parking van residentie Keulendam heeft de poreuze straatsteen erg geleden van het verkeer en weersinvloeden. De toplaag van de straatstenen is op bepaalde plaatsen erg afgesleten (Figuur 58). Op deze locatie is voor het eerst zowel de dubbele ring test uitgevoerd als de enkele ring test.*



## Projectgegevens: Hoboken, Van Amelstraat

### Locatie:

<b>Provincie:</b>	Antwerpen
<b>Stad:</b>	Hoboken
<b>Straat:</b>	Van Amelstraat
<b>Extra info locatie:</b>	Parkeerplaatsen gelegen aan de zijde van het stadspark.

### Realisatie:

<b>Applicatie:</b>	Parking
<b>Type verkeer:</b>	Personenwagens
<b>Datum:</b>	04/2005
<b>Oppervlakte:</b>	1200m <sup>2</sup>
<b>Opdrachtgever:</b>	Stad Antwerpen, district Hoboken
<b>Studiebureau:</b>	
<b>Aannemer:</b>	Janssens
<b>Leverancier straatstenen:</b>	

### Contact:

<b>Contactpersoon:</b>	Eddy Beuckels
<b>E-mail:</b>	
<b>Telefoon:</b>	03/821.04.24

### Structuur:

<b>Grondsoort:</b>	Zandgrond
<b>Onderfundering:</b>	/
<b>Fundering:</b>	Drainerend schraalbeton 20 cm
<b>Geotextiel:</b>	Ja
<b>Straatlaag:</b>	Zandbed 3 cm
<b>Voegvulling:</b>	Zoals gewone BSS
<b>Type straatsteen:</b>	Poreus
<b>Mogelijke drainage:</b>	/

Tabel 30: Hoboken, Van Amelstraat: Projectgegevens

### Voorafgaande metingen in het verleden

<b>Datum:</b>	<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
23/06/2007	Dubbel-ring	$7,22 * 10^{-5}$	Parkeerplaats tegenover huisnummer 90 middenvak

Tabel 31: Hoboken, Van Amelstraat: dubbel-ring metingen in het verleden

### Dubbel-ring beproeving 2013-2014

#### **In situ gegevens:**

<b>Datum: beproeving:</b>	28/11/2013
<b>Uitgevoerd door:</b>	Martial Priem
<b>Omgevingstemperatuur:</b>	8-9°C
<b>Regenval vorige dagen:</b>	Ja
<b>Is de oppervlakte van de bestrating zuiver?:</b>	Neen, de oppervlakte is gedeeltelijk bedekt met bladeren.
<b>Zijn er beschadigingen aan de straatstenen?:</b>	Neen
<b>Zijn er vermoedens van zwaar verkeer?:</b>	Ja, parkeerplaatsen die gebruikt worden door vrachtwagens (marktkramers) en werkverkeer (Figuur 62)
<b>Zijn er in de omgeving straatkolken om water af te voeren?:</b>	Ja, er zijn slokkers aanwezig aan de rijweg
<b>Staan er in de omgeving bomen?:</b>	Ja, in het stadspark naast de parking.
<b>Is de applicatie nog steeds hetzelfde?:</b>	Neen, ook gebruik door vrachtverkeer
<b>Wordt de proef op het hoogste punt uitgevoerd?:</b>	Ja

Tabel 32: Hoboken, Van Amelstraat: in situ gegevens

<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
<b>Enkel-ring methode</b>	Meting stopgezet omwille van slechte infiltratietijd.	Zie verwijzingsschets
<b>Dubbel-ring methode</b>	$5,46 * 10^{-6}$	Zie verwijzingsschets

Tabel 33: Hoboken, Van Amelstraat: resultaten proeven

## Verwijzingsschetsen



Figuur 59: Hoboken, Van Amelstraat: verwijzingsschets

## In-situ foto's



Figuur 60: Hoboken, Van Amelstraat: Bovenaanvicht straatstenen



*Figuur 61: Hoboken, Van Amelstraat: terreinfoto 1*



*Figuur 62: Hoboken, Van Amelstraat: terreinfoto 2*



Figuur 63: Hoboken, Van Amelstraat: detail structuuropbouw

### Opmerkingen

*Op deze locatie is er zowel de enkele als de dubbele ringtest uitgevoerd. Bij de enkele ringbeproeving stond het water in de ring na 40 minuten nog altijd op 1 cm hoogte. Als er dan gekeken wordt naar het waterverbruik bij de dubbele ringtest, kwam er veel meer water aan te pas bij de enkele ringtest. Moet er rekening gehouden worden met de locatie van de proefopstelling? Zijn er grote verschillen tussen beproevingen op plaatsen waar de banden overrijden of niet?*

*Omdat de enkele ringopstelling zo een minieme waterdoorlating gaf, is er gekeken naar de doorlatendheid van de straatlaag. Door de straatlaag aan te vullen met water kon men duidelijk zien dat het water even langzaam wegtrok als op de poreuze straatsteen. Vervolgens werd de geotextiel getest door het wegnemen van de straatlaag. Ook hierbij werd er weinig waterdoorlatendheid waargenomen. Na het wegnemen van de geotextiel en het terugplaatsen van de straatlaag waren er visueel goede resultaten op de waterdoorlatendheid. Is de geotextiel in combinatie met een zandbed geen goede opbouw voor de waterdoorlatendheid?*

## Projectgegevens: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat

### Locatie:

<b>Provincie:</b>	Oost-Vlaanderen
<b>Stad:</b>	Sint-Gillis-Waas
<b>Straat:</b>	Houtvoortstraat
<b>Extra info locatie:</b>	Parking aan voetbalterrein 'Houtvoort'

### Realisatie:

<b>Applicatie:</b>	Parking
<b>Type verkeer:</b>	Personenwagens
<b>Datum:</b>	
<b>Oppervlakte:</b>	2000m <sup>2</sup>
<b>Opdrachtgever:</b>	Jouret, Sint-Niklaas
<b>Studiebureau:</b>	
<b>Aannemer:</b>	Gebr. Van Den Berghe, Verrebroek
<b>Leverancier straatstenen:</b>	Bleijko

### Contact:

<b>Contactpersoon:</b>	/
<b>E-mail:</b>	/
<b>Telefoon:</b>	/

### Structuur:

<b>Grondsoort:</b>	/
<b>Onderfundering:</b>	/
<b>Fundering:</b>	/
<b>Geotextiel:</b>	/
<b>Straatlaag:</b>	/
<b>Voegvulling:</b>	/
<b>Type straatsteen:</b>	Poreus
<b>Mogelijke drainage:</b>	/

Tabel 34: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: projectgegevens

### Voorafgaande metingen in het verleden

<b>Datum:</b>	<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
10/08/2007	Dubbel-ring	5,90 * 10 <sup>-6</sup>	Weg tussen parkeerstroken.

Tabel 35: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: dubbel-ring metingen in het verleden

### Dubbel-ring beproeving 2013-2014

#### **In situ gegevens:**

<b>Datum: beproeving:</b>	17/02/2014
<b>Uitgevoerd door:</b>	Martial Priem
<b>Omgevingstemperatuur:</b>	12°C
<b>Regenval vorige dagen:</b>	Ja
<b>Is de oppervlakte van de bestrating zuiver?:</b>	Neen, vorming van mos tussen de straatstenen
<b>Zijn er beschadigingen aan de straatstenen?:</b>	Neen
<b>Zijn er vermoedens van zwaar verkeer?:</b>	Neen
<b>Zijn er in de omgeving straatkolken om water af te voeren?:</b>	Ja er zijn slokkers aanwezig (Figuur 66)
<b>Staan er in de omgeving bomen?:</b>	Neen
<b>Is de applicatie nog steeds hetzelfde?:</b>	Ja
<b>Wordt de proef op het hoogste punt uitgevoerd?:</b>	Neen, ½ van het hoogste punt.

Tabel 36: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: in situ gegevens

<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
<b>Enkel-ring methode</b>	7,28*10 <sup>-4</sup>	Zie verwijzingsschets
<b>Dubbel-ring methode</b>	7,28*10 <sup>-4</sup>	Zie verwijzingsschets

Tabel 37: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: resultaten proeven

## Verwijzingsschetsen



Figuur 64: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: verwijzingsschets

## In-situ foto's



Figuur 65: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: bovenaanzicht straatstenen





Figuur 66: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: terreinfoto 1



Figuur 67: Sint-Gillis-Waas, Houtvoortstraat: terreinfoto 2

### Opmerkingen

*Deze parking aan het sportterrein lijkt niet veel gebruikt te worden omdat de parkeerplaatsen bedekt zijn met mos en onkruidvorming (Figuur 67). De rijweg op deze parking heeft minder onkruidvorming en werd getest via zowel dubbele ringbeproeving als enkele ringproef. Belangrijke opmerking bij deze locatie is het feit dat de parking is aangelegd met slokkers.*

## Projectgegevens: Sint-Niklaas, Kapelstraat

### Locatie:

<b>Provincie:</b>	Oost-Vlaanderen
<b>Stad:</b>	Sint-Niklaas
<b>Straat:</b>	Kapelstraat
<b>Extra info locatie:</b>	Parking Waasland Shopping Center

### Realisatie:

<b>Applicatie:</b>	Parking
<b>Type verkeer:</b>	Personenwagens
<b>Datum:</b>	26/06/2003
<b>Oppervlakte:</b>	12 000m <sup>2</sup>
<b>Opdrachtgever:</b>	
<b>Studiebureau:</b>	
<b>Aannemer:</b>	Heijmans
<b>Leverancier straatstenen:</b>	Bleijko

### Contact:

<b>Contactpersoon:</b>	Patrick Relecom
<b>E-mail:</b>	<a href="mailto:p.relecom@devimo.be">p.relecom@devimo.be</a>
<b>Telefoon:</b>	0497/57.44.75

### Structuur:

<b>Grondsoort:</b>	Kleiachtig
<b>Onderfundering:</b>	Type II
<b>Fundering:</b>	Drainerend mager beton (20 cm)
<b>Geotextiel:</b>	Tussen fundering en straatlaag
<b>Straatlaag:</b>	Split 2/5
<b>Voegvulling:</b>	Splot 2/7 (4 cm)
<b>Type straatsteen:</b>	Poreus 22x11x10, rood en zwart
<b>Mogelijke drainage:</b>	/

Tabel 38: Sint-Niklaas, Kapelstraat: projectgegevens

### Voorafgaande metingen in het verleden

<b>Datum:</b>	<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
14/08/2003	<i>Dubbel ring</i>	$5,00 * 10^{-4}$	
7/10/2005	Dubbel ring	$7,83 * 10^{-5}$	Sectie B4 – 1 zonder voegvulling
	<i>Dubbel ring</i>	$6,11 * 10^{-5}$	<i>Sectie B4 – 1 zonder voegvulling</i>
	Dubbel ring	$2,27 * 10^{-5}$	Sectie C7 – 1 met voegvulling
	<i>Dubbel ring</i>	$2,09 * 10^{-5}$	<i>Sectie C7 – 2 met voegvulling</i>
5/05/2006	Dubbel ring	$6,27 * 10^{-5}$	Sectie B4 – 1 met voegvulling
	<i>Dubbel ring</i>	$3,18 * 10^{-5}$	<i>Sectie B4 – 1 met voegvulling</i>
	Dubbel ring	$3,19 * 10^{-5}$	Sectie C7 – 1 met voegvulling
	<i>Dubbel ring</i>	$2,06 * 10^{-5}$	<i>Sectie C7 – 2 met voegvulling</i>
23/07/2008	Dubbel ring	$5,03 * 10^{-4}$	Sectie B4 - 1

Tabel 39: Sint-Niklaas, Kapelstraat: dubbel-ring metingen in het verleden

### Dubbel-ring beproeving 2013-2014

#### **In situ gegevens:**

<b>Datum: beproeving:</b>	17/02/2014
<b>Uitgevoerd door:</b>	Martial Priem
<b>Omgevingstemperatuur:</b>	12°C
<b>Regenval vorige dagen:</b>	Ja
<b>Is de oppervlakte van de bestrating zuiver?:</b>	Neen, vorming van mos tussen en op de straatstenen
<b>Zijn er beschadigingen aan de straatstenen?:</b>	Neen
<b>Zijn er vermoedens van zwaar verkeer?:</b>	Neen
<b>Zijn er in de omgeving straatkolken om water af te voeren?:</b>	Neen
<b>Staan er in de omgeving bomen?:</b>	Neen
<b>Is de applicatie nog steeds hetzelfde?:</b>	Ja
<b>Wordt de proef op het hoogste punt uitgevoerd?:</b>	Ja

Tabel 40: Sint-Niklaas, Kapelstraat: in situ gegevens

<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
<b>Enkel-ring methode</b>	1,27*10 <sup>-3</sup>	Parking C7
<b>Dubbel-ring methode</b>	Te doorlatend voor dubbel-ring beproeving	Parking B5
<b>Dubbel-ring methode</b>	Te doorlatend voor de dubbele ringmethode	Parking C7

Tabel 41: Sint-Niklaas, Kapelstraat :resultaten proeven

### Verwijzingsschetsen



Figuur 68: Sint-Niklaas, Kapelstraat: verwijzingsschets

*In-situ foto's*



*Figuur 69: Sint-Niklaas, Kapelstraat: bovenaanzicht straatstenen*



*Figuur 70: Sint-Niklaas, Kapelstraat : terreinfooto 1*



Figuur 71: Sint-Niklaas, Kapelstraat : terreinfoto 2

### Opmerkingen

*De Waasland Shopping wordt druk bezocht en dus krijgt de parking dagelijks veel verkeer te verwerken. Dit verkeer beïnvloedt positief de mos- en onkruidvorming op deze parking. De eerste beproeving ter hoogte van sectie B5 gaf zo 'n hoge waterdoorlatendheid dat we deze niet konden meten met de dubbele ringbeproeving.*

## Projectgegevens: Evergem, Grovermansdreef

### Locatie:

<b>Provincie:</b>	Oost-Vlaanderen
<b>Stad:</b>	Evergem
<b>Straat:</b>	Grovermansdreef
<b>Extra info locatie:</b>	Parking

### Realisatie:

<b>Applicatie:</b>	Parking
<b>Type verkeer:</b>	Personenwagens
<b>Datum:</b>	2002
<b>Oppervlakte:</b>	/
<b>Opdrachtgever:</b>	Evergem
<b>Studiebureau:</b>	/
<b>Aannemer:</b>	/
<b>Leverancier straatstenen:</b>	/

### Contact:

<b>Contactpersoon:</b>	/
<b>E-mail:</b>	/
<b>Telefoon:</b>	/

### Structuur:

<b>Grondsoort:</b>	/
<b>Onderfundering:</b>	/
<b>Fundering:</b>	/
<b>Geotextiel:</b>	/
<b>Straatlaag:</b>	/
<b>Voegvulling:</b>	/
<b>Type straatsteen:</b>	Poreus
<b>Mogelijke drainage:</b>	/

Tabel 42: Evergem, Grovermansdreef: projectgegevens

### Voorafgaande metingen in het verleden

<b>Datum:</b>	<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
31/07/2009	Dubbel-ring	9,08*10 <sup>-5</sup>	Rechter parkeerstroken

Tabel 43: Evergem, Grovermansdreef: dubbel-ring metingen in het verleden

### Dubbel-ring beproeving 2013-2014

#### **In situ gegevens:**

<b>Datum: beproeving:</b>	19/02/2014
<b>Uitgevoerd door:</b>	Martial Priem
<b>Omgevingstemperatuur:</b>	9°C
<b>Regenval vorige dagen:</b>	Ja
<b>Is de oppervlakte van de bestrating zuiver?:</b>	Neen
<b>Zijn er beschadigingen aan de straatstenen?:</b>	Neen
<b>Zijn er vermoedens van zwaar verkeer?:</b>	Neen
<b>Zijn er in de omgeving straatkolken om water af te voeren?:</b>	Ja
<b>Staan er in de omgeving bomen?:</b>	Ja
<b>Is de applicatie nog steeds hetzelfde?:</b>	Ja
<b>Wordt de proef op het hoogste punt uitgevoerd?:</b>	½ van het hoogste punt en de slokker

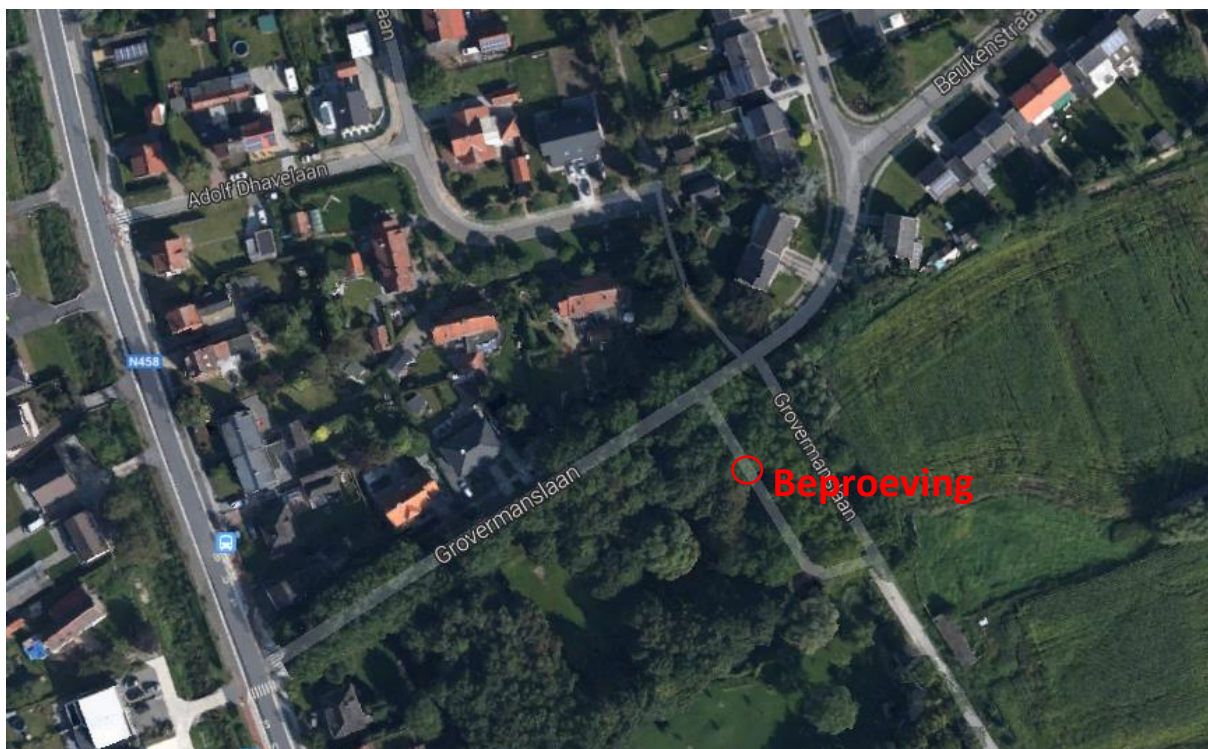
Tabel 44: Evergem, Grovermansdreef: in situ gegevens

<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
<b>Enkel-ring methode</b>	3,1*10 <sup>-5</sup>	Zie verwijzingsschets
<b>Dubbel-ring methode</b>	4,31*10 <sup>-5</sup>	Zie verwijzingsschets

Tabel 45: Evergem, Grovermansdreef: resultaten proeven



## Verwijzingsschetsen



Figuur 72: Evergem, Grovermansdreef: verwijzingsschets

## In-situ foto's



Figuur 73: Evergem, Grovermansdreef: terreinfoto 1



*Figuur 74: Evergem, Grovermansdreef: bovenaanzicht beproeving*



*Figuur 75: Evergem, Grovermansdreef: terreinfoto 2*



*Figuur 76: Evergem, Grovermansdreef: terreinfoto 3*

### *Opmerkingen*

*De parking gelegen in de Grovermansdreef heeft erg te lijden onder mosvorming op de waterpasserende straatsteen. De parking ligt in natuurlijke omgeving en wordt weinig gebruikt. Van onderhoud is hier zeker geen sprake! De parking is hier ook voorzien van een waterafvoer (straatkolk)!.*

## Projectgegevens: Evergem, Guldensporenlaan

### Locatie:

<b>Provincie:</b>	Oost-Vlaanderen
<b>Stad:</b>	Evergem
<b>Straat:</b>	Guldensporenlaan
<b>Extra info locatie:</b>	Toegangsweg aan Sportcentrum Hoge Wal

### Realisatie:

<b>Applicatie:</b>	Toegangsweg sportcentrum
<b>Type verkeer:</b>	Voetgangers, fietsers en personenwagens
<b>Datum:</b>	2003
<b>Oppervlakte:</b>	200 m <sup>2</sup>
<b>Opdrachtgever:</b>	Gemeente Evergem
<b>Studiebureau:</b>	H. de Moor (Thierry Delvaux), Gent
<b>Aannemer:</b>	J. De Roeck
<b>Leverancier straatstenen:</b>	Bleijko

### Contact:

<b>Contactpersoon:</b>	<i>Peter VandeVeire</i>
<b>E-mail:</b>	<i>peter.vandeVeire@evergem.be</i>
<b>Telefoon:</b>	/

### Structuur:

<b>Grondsoort:</b>	/
<b>Onderfundering:</b>	/
<b>Fundering:</b>	/
<b>Geotextiel:</b>	/
<b>Straatlaag:</b>	/
<b>Voegvulling:</b>	/
<b>Type straatsteen:</b>	Betonstraatsteen met drainage openingen
<b>Mogelijke drainage:</b>	/

Tabel 46: Evergem, Guldensporenlaan: projectgegevens

### Voorafgaande metingen in het verleden

<b>Datum:</b>	<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
31/07/2009	Dubbel-ring	$7,42 \cdot 10^{-5}$	Sporthal
29/04/2004	Dubbel-ring	$1,02 \cdot 10^{-5}$	Toegang sporthal

Tabel 47: Evergem, Guldensporenlaan: dubbel-ring metingen in het verleden

### Dubbel-ring beproeving 2013-2014

#### **In situ gegevens:**

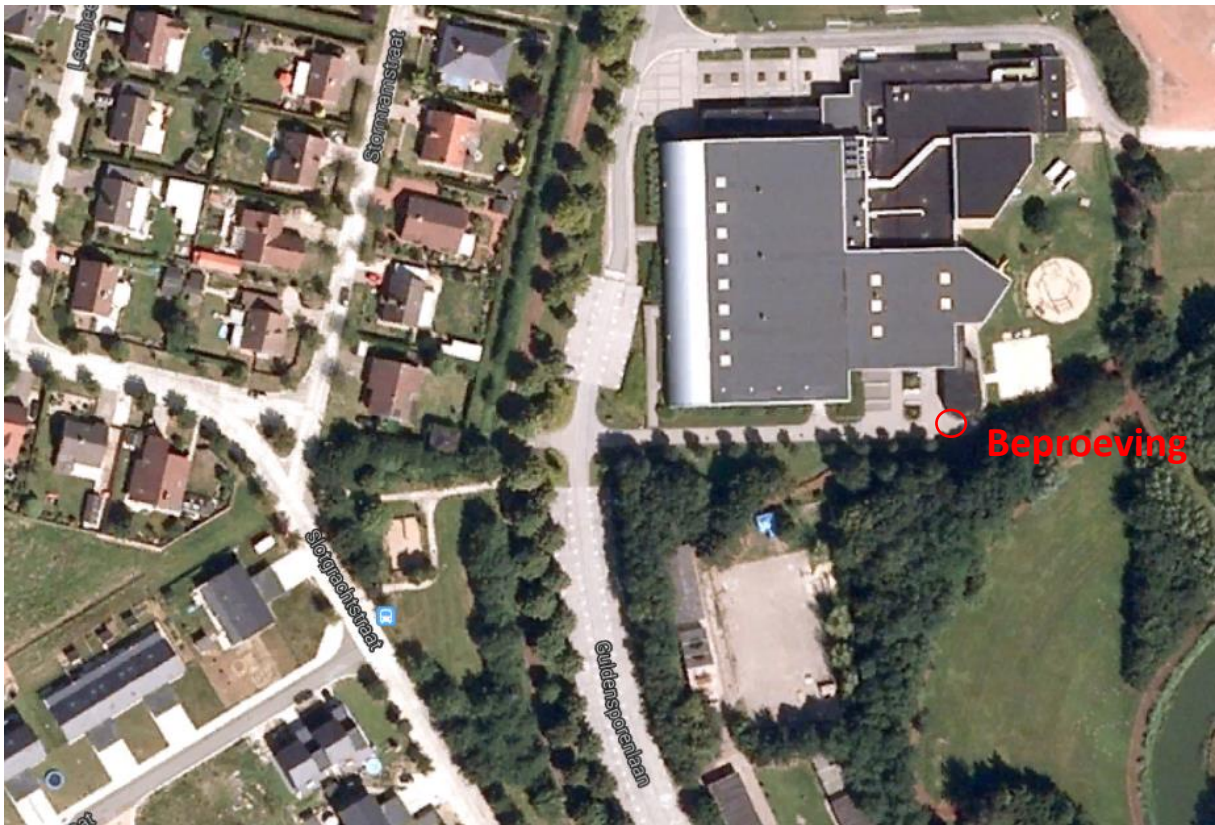
<b>Datum: beproeving:</b>	19/02/2014
<b>Uitgevoerd door:</b>	Martial Priem
<b>Omgevingstemperatuur:</b>	9°C
<b>Regenval vorige dagen:</b>	Ja
<b>Is de oppervlakte van de bestrating zuiver?:</b>	Neen, lichte mosvorming
<b>Zijn er beschadigingen aan de straatstenen?:</b>	Neen
<b>Zijn er vermoedens van zwaar verkeer?:</b>	Neen
<b>Zijn er in de omgeving straatkolken om water af te voeren?:</b>	Neen
<b>Staan er in de omgeving bomen?:</b>	Neen
<b>Is de applicatie nog steeds hetzelfde?:</b>	Ja
<b>Wordt de proef op het hoogste punt uitgevoerd?:</b>	Ja

Tabel 48: Evergem, Guldensporenlaan: in situ gegevens

<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
Enkel-ring methode	$3,69 \cdot 10^{-4}$	Zie verwijzingsschets
Dubbel-ring methode	$1,19 \cdot 10^{-4}$	Zie verwijzingsschets

Tabel 49: Evergem, Guldensporenlaan: resultaten proeven

## Verwijzingsschetsen



Figuur 77: Evergem, Guldensporenlaan: verwijzingsschets

## In-situ foto's



Figuur 78: Evergem, Guldensporenlaan: bovenaanzicht straatstenen



*Figuur 79: Evergem, Guldensporenlaan: terreinfoto 1*

### *Opmerkingen*

*De toegangsweg aan het sportcentrum heeft licht te lijden onder onkruidvorming maar is nog steeds in goede conditie. Over de toegangsweg komen dagelijks veel sportievelingen met de fiets of te voet naar het sportcentrum, enkelingen worden met de auto aan de deur afgezet.*

## Projectgegevens: Evergem, Marktplein

### Locatie:

<b>Provincie:</b>	Oost-Vlaanderen
<b>Stad:</b>	Evergem
<b>Straat:</b>	Marktplein
<b>Extra info locatie:</b>	Parkeerstroken gelegen aan huisnummers 18-20

### Realisatie:

<b>Applicatie:</b>	Parking, standplaats voor marktkramers
<b>Type verkeer:</b>	Personenwagens, marktkramers
<b>Datum:</b>	2004
<b>Oppervlakte:</b>	1100 m <sup>2</sup>
<b>Opdrachtgever:</b>	Gemeente Evergem
<b>Studiebureau:</b>	/
<b>Aannemer:</b>	/
<b>Leverancier straatstenen:</b>	Bleijko

### Contact:

<b>Contactpersoon:</b>	<i>Peter VandeVeire</i>
<b>E-mail:</b>	<i>peter.vandeVeire@evergem.be</i>
<b>Telefoon:</b>	/

### Structuur:

<b>Grondsoort:</b>	Zand
<b>Onderfundering:</b>	/
<b>Fundering:</b>	steenslag 4-8/32 40cm
<b>Geotextiel:</b>	/
<b>Straatlaag:</b>	Split 2/5 4-5cm
<b>Voegvulling:</b>	split 2/5 5cm
<b>Type straatsteen:</b>	Drainage openingen
<b>Mogelijke drainage:</b>	/

Tabel 50: Evergem, Marktplein: projectgegevens



### Voorafgaande metingen in het verleden

<b>Datum:</b>	<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
31/07/2009	Dubbel-ring	$2,75 \cdot 10^{-4}$	Gelegen aan huisnummers 18-20

Tabel 51: Evergem, Marktplein: dubbel-ring metingen in het verleden

### Dubbel-ring beproeving 2013-2014

#### **In situ gegevens:**

<b>Datum: beproeving:</b>	19/02/2014
<b>Uitgevoerd door:</b>	Martial Priem
<b>Omgevingstemperatuur:</b>	9°C
<b>Regenval vorige dagen:</b>	Ja
<b>Is de oppervlakte van de bestrating zuiver?:</b>	Neen, Onkruid + restanten markt
<b>Zijn er beschadigingen aan de straatstenen?:</b>	Neen
<b>Zijn er vermoedens van zwaar verkeer?:</b>	Ja, marktkramers
<b>Zijn er in de omgeving straatkolken om water af te voeren?:</b>	Neen
<b>Staan er in de omgeving bomen?:</b>	Ja
<b>Is de applicatie nog steeds hetzelfde?:</b>	Ja
<b>Wordt de proef op het hoogste punt uitgevoerd?:</b>	Ja

Tabel 52: Evergem, Marktplein: in situ gegevens

<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
<b>Enkel-ring methode</b>	$3,4 \cdot 10^{-4}$	Zie verwijzingsschets
<b>Dubbel-ring methode</b>	$1,98 \cdot 10^{-4}$	Zie verwijzingsschets

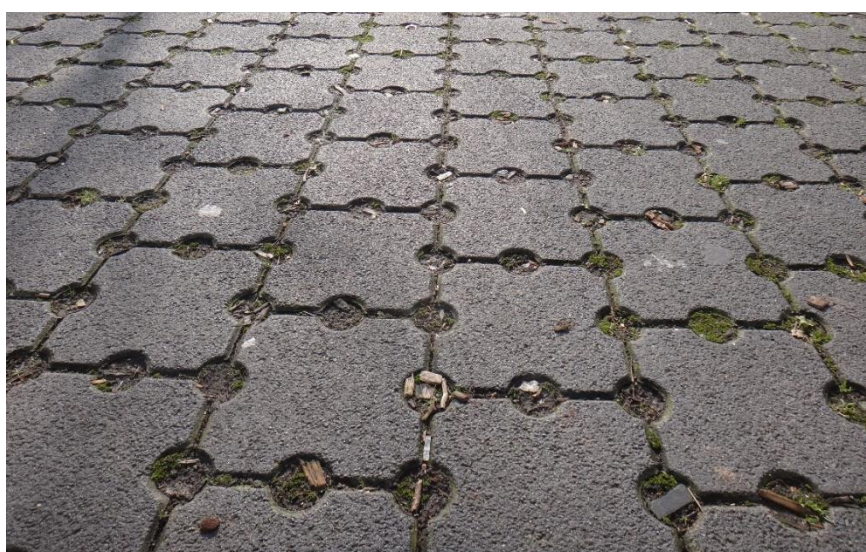
Tabel 53: Evergem, Marktplein: resultaten proeven

## Verwijzingsschetsen



Figuur 80: Evergem, Marktplein: verwijzingsschets

## In-situ foto's



Figuur 81: Evergem, Marktplein: aanzicht oppervlak straatstenen



Figuur 82: Evergem, Marktplein: terreinfoto 1



Figuur 83: Evergem, Marktplein: terreinfoto 2

### Opmerkingen

*De draineringsgaten zijn gedeeltelijk vervuild door restanten van de wekelijkse markt in Evergem waarbij de straatstenen zijn aangetast door onkruidvorming. Op de dag van de beproeving stonden de marktkramers met hun vrachtwagens op de verharding dus er is zeker sprake van zwaar verkeer op de straatstenen.*

## Projectgegevens: Zingem, Kerkplein

### Locatie:

<b>Provincie:</b>	Oost-Vlaanderen
<b>Stad:</b>	Zingem
<b>Straat:</b>	Dorpsstraat
<b>Extra info locatie:</b>	Kerkplein

### Realisatie:

<b>Applicatie:</b>	Parking
<b>Type verkeer:</b>	Personenwagens
<b>Datum:</b>	Maart 2005
<b>Oppervlakte:</b>	/
<b>Opdrachtgever:</b>	/
<b>Studiebureau:</b>	/
<b>Aannemer:</b>	/
<b>Leverancier straatstenen:</b>	Bleijko

### Contact:

<b>Contactpersoon:</b>	<i>Technische dienst Zingem</i>
<b>E-mail:</b>	<i>technischediens@zingem.be</i>
<b>Telefoon:</b>	

### Structuur:

<b>Grondsoort:</b>	/
<b>Onderfundering:</b>	/
<b>Fundering:</b>	Drainerend schraalbeton
<b>Geotextiel:</b>	/
<b>Straatlaag:</b>	Split
<b>Voegvulling:</b>	/
<b>Type straatsteen:</b>	Poreus
<b>Mogelijke drainage:</b>	/

Tabel 54: Zingem, Kerkplein: projectgegevens

### Voorafgaande metingen in het verleden

<b>Datum:</b>	<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
7/08/2007	Dubbel-ring	$1,7 \cdot 10^{-4}$	4 <sup>e</sup> parkeerstrook, laatste vak

Tabel 55: Zingem, Kerkplein: dubbel-ring metingen in het verleden

### Dubbel-ring beproeving 2013-2014

#### **In situ gegevens:**

<b>Datum: beproeving:</b>	6/03/2014
<b>Uitgevoerd door:</b>	Martial Priem
<b>Omgevingstemperatuur:</b>	11°C
<b>Regenval vorige dagen:</b>	Ja
<b>Is de oppervlakte van de bestrating zuiver?:</b>	Neen, vervuiling zoals sigaretten en kauwgum + onkruidvorming
<b>Zijn er beschadigingen aan de straatstenen?:</b>	Neen
<b>Zijn er vermoedens van zwaar verkeer?:</b>	Ja, wegenwerken in de buurt + jaarlijkse kermis vint op dezelfde locatie plaats
<b>Zijn er in de omgeving straatkolken om water af te voeren?:</b>	Neen
<b>Staan er in de omgeving bomen?:</b>	Neen
<b>Is de applicatie nog steeds hetzelfde?:</b>	Ja
<b>Wordt de proef op het hoogste punt uitgevoerd?:</b>	Neen, ½ van het hoogste punt

Tabel 56: Zingem, Kerkplein: in situ gegevens

<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
<b>Enkel-ring methode</b>	$2,22 \cdot 10^{-3}$	Zie verwijzingsschets
<b>Dubbel-ring methode</b>	$4,04 \cdot 10^{-5}$	Zie verwijzingsschets

Tabel 57: Zingem, Kerkplein: resultaten proeven

## Verwijzingsschetsen



Figuur 84: Zingem, Kerkplein: verwijzingsschets

## In-situ foto's



Figuur 85: Zingem, Kerkplein: Detail straatsteenoppervlak



*Figuur 86: Zingem, Kerkplein: terreinfoto 1*



*Figuur 87: Zingem, Kerkplein: bovenaanzicht straatstenen*

### *Opmerkingen*

*Langs het kerkplein waren er wegeniswerken bezig waardoor er vrachtwagens op de parking stonden geparkeerd. Ook was er te merken dat op sommige plekken er zeer weinig voegvulling aanwezig was in de bestrating.*

## Projectgegevens: De Panne, Olmendreef

### Locatie:

<b>Provincie:</b>	West-Vlaanderen
<b>Stad:</b>	De Panne
<b>Straat:</b>	Olmendreef
<b>Extra info locatie:</b>	Parking De Nachtegaal

### Realisatie:

<b>Applicatie:</b>	Parking
<b>Type verkeer:</b>	Personenwagens
<b>Datum:</b>	1998
<b>Oppervlakte:</b>	1500 m <sup>2</sup>
<b>Opdrachtgever:</b>	/
<b>Studiebureau:</b>	/
<b>Aannemer:</b>	NV Seru en Zonen-Veurne
<b>Leverancier straatstenen:</b>	Litobeton

### Contact:

<b>Contactpersoon:</b>	/
<b>E-mail:</b>	/
<b>Telefoon:</b>	/

### Structuur:

<b>Grondsoort:</b>	
<b>Onderfundering:</b>	
<b>Fundering:</b>	
<b>Geotextiel:</b>	
<b>Straatlaag:</b>	
<b>Voegvulling:</b>	
<b>Type straatsteen:</b>	Poreus
<b>Mogelijke drainage:</b>	/

Tabel 58: De Panne, Olmendreef: projectgegevens



### Voorafgaande metingen in het verleden

<b>Datum:</b>	<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
3/09/2007	Dubbel-ring	$7,69 \cdot 10^{-5}$	Niet bekend

Tabel 59: De Panne, Olmendreef: dubbel-ring metingen in het verleden

### Dubbel-ring beproeving 2013-2014

#### **In situ gegevens:**

<b>Datum: beproeving:</b>	20/03/2014
<b>Uitgevoerd door:</b>	Martial Priem
<b>Omgevingstemperatuur:</b>	24°C
<b>Regenval vorige dagen:</b>	Neen
<b>Is de oppervlakte van de bestrating zuiver?:</b>	Neen, onkruidvorming
<b>Zijn er beschadigingen aan de straatstenen?:</b>	Neen
<b>Zijn er vermoedens van zwaar verkeer?:</b>	Neen
<b>Zijn er in de omgeving straatkolken om water af te voeren?:</b>	Neen
<b>Staan er in de omgeving bomen?:</b>	Ja
<b>Is de applicatie nog steeds hetzelfde?:</b>	Ja
<b>Wordt de proef op het hoogste punt uitgevoerd?:</b>	Ja

Tabel 60: De Panne, Olmendreef: in situ gegevens

<b>Meting:</b>	<b>Bekomen waarde:</b>	<b>Locatie proef:</b>
<b>Enkel-ring methode</b>	$5,3 \cdot 10^{-5}$	Zie verwijzingsschets
<b>Dubbel-ring methode</b>	$2,25 \cdot 10^{-5}$	Zie verwijzingsschets

Tabel 61: De Panne, Olmendreef: resultaten proeven

## Verwijzingsschetsen



Figuur 88: De Panne, Olmendreef: verwijzingsschets

## In-situ foto's



Figuur 89: De Panne, Olmendreef: bovenaanzicht straatstenen



*Figuur 90: De Panne, Olmendreef: terreinfoto 1*



*Figuur 91: De Panne, Olmendreef: terreinfoto 2*

## Opmerkingen

/

## Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

**Onderzoek naar de waterdoorlatendheid van bestratingen in functie van de tijd**

Richting: **master in de industriële wetenschappen: bouwkunde**

Jaar: **2014**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

**Van Helden, Philip**

Datum: **25/08/2014**