

2017 • 2018  
Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen  
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

## Masterthesis

Onderzoek naar de problematiek rond het gebruik van 'minder hinder'-steenslag in de wegenbouw

PROMOTOR :

Prof. ir. Bart VAN ZEGBROECK

PROMOTOR :

Dhr. Jan HANNES

Thomas Gerrits, Arne Schruers

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

De transnationale Universiteit Limburg is een uniek samenwerkingsverband van twee universiteiten in twee landen: de Universiteit Hasselt en Maastricht University.



Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Agoralaan Gebouw D | BE-3590 Diepenbeek  
Universiteit Hasselt | Campus Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE-3500 Hasselt



2017 • 2018

Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen  
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

## Masterthesis

Onderzoek naar de problematiek rond het gebruik van 'minder hinder'-steenslag in de wegebouw

**PROMOTOR :**

Prof. ir. Bart VAN ZEGBROECK

**PROMOTOR :**

Dhr. Jan HANNES

**Thomas Gerrits, Arne Schruers**

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



**KU LEUVEN**



## Woord vooraf

Tijdens het verloop van deze masterproef is er veel hulp van buitenaf gekomen om het onderzoek in zo goed mogelijke banen te leiden. Om deze reden willen wij een aantal mensen bedanken. Allereerst willen wij onze promotoren, Prof. Ir. Bart van Zegbroeck (interne promotor) en Dhr. Jan Hannes (externe promotor, BESIX Infra), bedanken om ons doorheen het jaar goede richtlijnen te geven omtrent ons onderzoek. Zij hebben doorheen het jaar de teksten nagekeken en meegeholpen met zoeken naar oplossingen indien er zich problemen voordeden.

Vervolgens willen wij ook nog Dhr. Trudo Doucé en Dhr. Tim Vanthoor van BESIX Infra bedanken. Trudo heeft ervoor gezorgd dat er een werf ter beschikking kon gesteld worden om onze proeven op uit te voeren. Ook heeft hij ervoor gezorgd dat alle materialen op de werf geleverd konden worden. Tim heeft ons geholpen met de aanleg en coördinatie van de proefvakken. Hij heeft er ook voor gezorgd dat de uitgevoerde proeven in goede banen werden geleid.

Daarnaast willen wij ook nog Dhr. Elia Boonen en Dhr. Jochem Sneyers van het „Opzoekingscentrum voor Wegenbouw“ (OCW) bedanken. Zij hebben de tijd genomen om ons meer informatie te geven over verschillende methodes omtrent infiltratieproeven. Ook hebben zij ons doorheen de masterproef geholpen met het uitvoeren van infiltratieproeven door hun apparatuur aan ons ter beschikking te stellen.

Thomas Gerrits & Arne Schruers

As, Genk, juni 2018



# Inhoud

<b>Woord vooraf</b> .....	<b>I</b>
<b>Figurenlijst</b> .....	<b>V</b>
<b>Tabellenlijst</b> .....	<b>VII</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>IX</b>
<b>Abstract English</b> .....	<b>XI</b>
<b>1. Inleiding</b> .....	<b>1</b>
1.1    Situering .....	1
1.2    Probleemstelling.....	2
1.3    Doelstellingen.....	3
1.4    Materiaal en methode .....	3
<b>2. Literatuurstudie</b> .....	<b>5</b>
2.1.    ‘Minder hinder’-aanpak.....	5
2.2    ‘Minder hinder’-steenslag .....	6
2.3    Grondsoorten in Vlaanderen.....	8
2.4    Infiltratie in de grond.....	9
2.4.1    Wat is infiltratie?.....	9
2.4.2    Infiltratie in Vlaanderen .....	9
2.4.3    Bodemtoestand .....	10
2.4.4    Oppervlakedoorlatendheid van verschillende grondsoorten .....	10
2.4.5    Meten van de plaatselijke oppervlakedoorlaatbaarheid.....	11
2.5    Draagkracht van de grond – plaatproef .....	13
2.5.1    Benodigheden voor de plaatproef.....	13
2.5.2    Vorbereiding van de plaatproef .....	13
2.5.3    Uitvoering van de plaatproef .....	14
2.5.4    Berekenen samendrukbaarheidsmodulus .....	14
2.6    Infiltratie in de steenslag .....	14
2.6.1    Funderingen en onderfunderingen.....	14
2.6.2    Drainage .....	23
2.6.3    Geotextiel .....	24
2.7    Soorten steenslagmaterialen .....	25
2.8    Gekalkte leem-en kleigrond .....	27
<b>3. Praktisch onderzoek</b> .....	<b>29</b>
3.1.    Randvoorwaarden proefvakken.....	29
3.1.1.    Locatie.....	29

3.1.2	Materialen.....	30
3.1.3	Ondergrond.....	31
3.2	Proefvakken.....	32
3.2.1	Opbouw .....	32
3.2.2	Aanleg van de proefvakken .....	35
3.3	Uitvoering van de proeven .....	39
3.3.1	Infiltratieproef van de ondergrond.....	39
3.3.2	Plaatproeven .....	39
3.3.3	Infiltratieproef – ‘ringproef’ .....	40
<b>4.</b>	<b>Resultaten van het onderzoek .....</b>	<b>43</b>
4.1	Infiltratieproef – ‘open - end test’ op de ondergrond .....	43
4.2	Plaatproef.....	45
4.2.1	Meetresultaten meetklokken.....	45
4.2.2	Berekening samendrukbaarheidsmodulus .....	47
4.2.3	Resultaten samendrukbaarheidsmodulus.....	50
4.3	Evaluatie van de proefvakken .....	54
4.4	Doorslippen van voertuigen .....	59
4.5	Modder op de werf .....	60
4.6	Kostprijs .....	61
<b>5.</b>	<b>Discussie .....</b>	<b>63</b>
5.1	Infiltratieproef ondergrond .....	63
5.2	Plaatproeven proefvakken .....	63
5.3	Evaluatie van de proefvakken .....	64
5.4	Doorslippen van voertuigen .....	65
5.5	Modder op de werf .....	65
5.6	Kostprijs .....	65
<b>6.</b>	<b>Optimale type ‘minder hinder’-steenslag.....</b>	<b>67</b>
<b>7.</b>	<b>Besluit .....</b>	<b>69</b>
	<b>Bronnen .....</b>	<b>71</b>
	<b>Bijlage A: Technische fiche drainage .....</b>	<b>73</b>
	<b>Bijlage B: Technische fiche geotextiel.....</b>	<b>73</b>

## Figurenlijst

Figuur 1: De standaard opbouw van een wegenis [2] .....	2
Figuur 2: Minder hinder aanpak [4] .....	5
Figuur 3: Opbraak van het volledige wegdek [7] .....	6
Figuur 4: Opbraak van het halve wegdek [7] .....	6
Figuur 5: Gedeeltelijk opbraak van het wegdek [7] .....	7
Figuur 6: Toegankelijkheid in- en opritten [7] .....	7
Figuur 7: Soorten ondergronden in Vlaanderen [9] .....	8
Figuur 8: Infiltratiegevoeligheid van de bodem [9].....	9
Figuur 9: Infiltratiesnelheid bij steeds vochtiger wordende bodem [12, p. 16].....	10
Figuur 10: Dubbele ringproef [14] .....	12
Figuur 11: Open end-test [15] .....	12
Figuur 12: Mogelijkheden van de wegopbouw, afhankelijk van de verkeerscategorie, ondergrond en het funderingsmateriaal [13, p. 15].....	18
Figuur 13: Aantal vrachtvoertuigen ( $N_c$ ) waar men bij het dimensioneren van wegen moet rekening houden voor een gebruiksduur van 20 jaar [18, p. 5].....	19
Figuur 14: Bepaling van de modulus van de grond $E_s$ afhankelijk van de grondsoort [18, p. 8] .....	20
Figuur 15: Bepaling van de dikte van de korrelige onderfundering, afhankelijk van $E_s$ en $k \cdot N_c$ [18, p. 17].....	21
Figuur 16: Bepaling van de dikte van de bitumineuze laag en steenslagfundering in functie van $k \cdot N_c$ [18, p. 16] .....	21
Figuur 17: Dimensionering van een half-stijve structuur met kans op (as)overlading [18, p. 19].....	22
Figuur 18: Drainagesysteem, afhankelijk van de ondergrond [22, p. 34] .....	23
Figuur 19: Drainagesysteem in de wegconstructie [22, p. 35] .....	24
Figuur 20: Scheiding van lagen (links) en verhoging van het draagvermogen (rechts) [23] .....	24
Figuur 21: Silexsteen.....	26
Figuur 22: Glasschuim [29].....	26
Figuur 23: Ligging van de gemeente Diepenbeek in Vlaanderen .....	29
Figuur 24: Ligging van de St.-Janswijk in Diepenbeek .....	29
Figuur 25: Plantekening St.-Janswijk.....	30
Figuur 26: Aanleggen van de riolering doormiddel van een sleufbekisting.....	31
Figuur 27: Dwarsdoorsnede van de weg na aanleg van het riool.....	32
Figuur 28: Visuele interpretatie proefvakken (lengtes in [mm]).....	34
Figuur 29: Aanleg drainage in de aardebaan      Figuur 30: Aardebaan van de weg.....	35
Figuur 31: Conceptuele dwarsdoorsnede van de proefvakken op de aardebaan (lengtes in [mm]) .....	36
Figuur 32: Conceptuele interpretatie proefvakken (bovenaanzicht) .....	36
Figuur 33: Bordje met info steenslag .....	37
Figuur 34: Proefvak met en zonder geotextiel .....	37
Figuur 35: Aanleg silexsteen.....	37
Figuur 36: Afmetingen van de werkelijke proefvakken.....	38
Figuur 37: Uitvoeren van de open-end test .....	39
Figuur 38: Uitvoering plaatproef.....	40
Figuur 39: Uitvoering infiltratieproef.....	41
Figuur 40: Grafiek resultaten infiltratieproef .....	44
Figuur 41: Samendrukbaarheidsmodulus bij de proefvakken van de leemgrond.....	50
Figuur 42: Samendrukbaarheidsmodulus bij de proefvakken van de gekalkte leemgrond.....	52



Figuur 43: Samendrukbaarheidsmodulus bij de proefvakken van de drainage.....	53
Figuur 44: Betonpuin 20/63 vervuild met leem (week 1) .....	54
Figuur 45: Silexsteen vervuild met leem (week 1).....	55
Figuur 46: Proefvakken tijdens rioleringswerken (week 2) .....	56
Figuur 47: Aansluiten riolering aangelanden (week 2) .....	56
Figuur 48: Stabilisé gebruikt tijdens rioleringsaansluitingen aangelanden .....	57
Figuur 49: Steenslag na dichtgraven aansluitingen aangelanden (week 3).....	58
Figuur 50: Silexsteen na eerste week (24/04/18) .....	59
Figuur 51: Proefvakken met leemgrond als ondergrond .....	60
Figuur 52: Proefvakken met leemgrond en drainage als ondergrond.....	60

## Tabellenlijst

Tabel 1: Textuurklassen .....	8
Tabel 2: Doorlaatbaarheidsfactor van grondsoorten [13, p. 8].....	11
Tabel 3: Doorlaatbaarheidsfactor van grondcategorieën [13, p. 8] .....	11
Tabel 4: Bepaling van de infiltratiesnelheid aan de hand van de textuur van de grond [12, p. 15] .....	11
Tabel 5: Dikte van de fundering, afhankelijk van het verkeerstype [13, p. 10] .....	16
Tabel 6: Bepalen van het buffervolume [13, p. 13].....	17
Tabel 7: Kostprijs materialen .....	30
Tabel 8: Resultaten infiltratieproef ondergrond .....	43
Tabel 9: Resultaten van de plaatproef op de proefvakken van de leemgrond .....	45
Tabel 10: Resultaten van de plaatproef op de proefvakken van de gekalkte leemgrond.....	46
Tabel 11: Resultaten van de plaatproef op de proefvakken van de drainage .....	46
Tabel 12: Gemiddelde waarden voor de zettingen bij de proefvakken van de leemgrond .....	48
Tabel 13: Gemiddelde waarden voor de zettingen bij de proefvakken van de gekalkte leemgrond.....	48
Tabel 14: Gemiddelde waarden voor de zettingen bij de proefvakken van de drainage .....	49
Tabel 15: Zettingsverschil en samendrukbaarheidsmodulus voor de proefvakken van de leemgrond .	50
Tabel 16: Zettingsverschil en samendrukbaarheidsmodulus voor de proefvakken van de gekalkte leemgrond.....	51
Tabel 17: Zettingsverschil en samendrukbaarheidsmodulus voor de proefvakken van de drainage.....	53
Tabel 18: Kostprijs funderingsmaterialen .....	61
Tabel 19: Kostprijs drainagematerialen.....	61
Tabel 20: Kostprijs proefvakken per m <sup>2</sup> .....	62



## Abstract

BESIX Infra stelt de vraag om onderzoek te doen naar de problemen die ‘minder hinder’-steenslag (betonpuin 20/63) in de wegenbouw met zich meebrengt. Het doel van deze thesis is om deze problemen, die gepaard gaan met de ‘minder hinder’-steenslag, in kaart te brengen en een oplossing hiervoor te bieden.

Het praktisch onderzoek begint met het plaatsen van proefvakken die bestaan uit drie verschillende samenstellingen van steenslag: 25 cm ‘minder hinder’-steenslag, 25 cm silexsteen en een combinatie van 20 cm betonpuin 0/40 met 5 cm ‘minder hinder’-steenslag. Deze drie soorten samenstellingen worden dan ook nog op twee verschillende ondergronden (leem en gekalkte leem) gebruikt, met en zonder geotextiel en één maal met drainage. Allereerst worden open-end testen uitgevoerd op de leem en gekalkte leem. Ten tweede wordt met plaatproeven het proefvak met de beste draagkracht bepaald. Ten derde worden ringproeven uitgevoerd om de infiltratiesnelheid van de onderfunderingslaag zelf te bepalen. Vervolgens wordt de staat van de proefvakken grondig bestudeerd en wordt er ook gekeken naar economische oplossingen.

Uit het onderzoek blijkt allereerst dat de gekalkte leemgrond minder doorlatend is dan de gewone leemgrond. Vervolgens blijkt ook dat 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 met een geotextiel en drainage voor het minste hinder zal zorgen op wegenwerven met leemgrond. De ringproef blijkt niet geschikt te zijn om toe te passen op ondoorlatende gronden.



## Abstract English

BESIX Infra wants to investigate the problems that 'less nuisance' gravel (concrete rubble 20/63) causes in road construction. The aim of this thesis is to map out these problems, which are associated with the 'less nuisance' gravel, and to find a solution for these problems.

The practical research starts with the construction of test sections consisting of three different compositions of gravel: 25 cm of 'less nuisance' gravel, 25 cm of silex stone and a combination of 20 cm of concrete rubble 0/40 with 5 cm of 'less nuisance' gravel. These three types of compositions are then used on two different substrates (loam and limed loam), with and without geotextile and once with drainage. First, open-end tests are carried out on the loam and limed loam. Secondly, the test section with the best bearing capacity is determined with plate tests. Thirdly, ring tests are performed to determine the rate of infiltration of the sub-foundation layer itself. Then the state of the test sections is thoroughly studied and economic solutions are also looked at.

The research shows that the limed loam soil is less permeable than the ordinary loamy soil. It then also appears that 20 cm concrete rubble 0/40 and 5 cm concrete rubble 20/63 with a geotextile and drainage will give the least amount of nuisance on road construction sites with a loamy soil. The ring tests show that they are not suitable for use on impermeable soils.



# 1. Inleiding

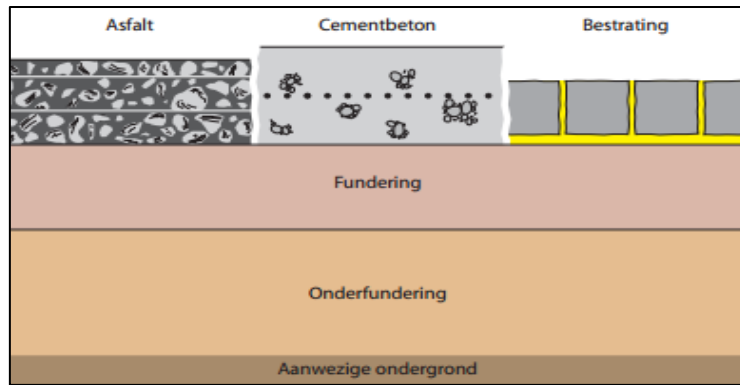
## 1.1 Situering

Om de kwaliteit van het wegennet in Vlaanderen te verbeteren, zullen automobilisten vaak geconfronteerd worden met wegenwerken. We gebruiken steeds meer en meer onze wegen en dit eist uiteindelijk zijn tol op de kwaliteit van ons wegennet. Omdat wegenwerken veel hinder kunnen veroorzaken, is het in ieders belang dat wegenwerken met zo min mogelijke hinder uitgevoerd kunnen worden. In Vlaanderen is men daarom overgegaan tot een planmatige aanpak die de organisatie bij wegenwerken moet verbeteren, ook wel de 'Minder Hinder aanpak' genoemd. De 'Minder Hinder aanpak' bestaat uit verschillende onderdelen die kunnen bijdragen tot minder hinder bij infrastructuurwerken. Eén van deze onderdelen is het gebruik van 'minder hinder'-steenslag op een wegwerf. 'Minder hinder'-steenslag is een laag van steenslag die bij infrastructuurwerken gebruikt kan worden voor verschillende doeleinden. Allereerst wordt deze laag gebruikt als laag waardoor het werfverkeer zich vlot over de werf kan verplaatsen. Achteraf kan deze laag dan toegepast worden als een onderfundering of als laag op de onderfundering voor de weg. Wanneer er geen onderfundering voorzien is, kan deze laag verwijderd worden.

Deze masterproef wordt in samenwerking met BESIX Infra gecoördineerd. BESIX Infra is een regionaal filiaal in België van de BESIX Groep die zich vooral te werk stelt als aannemer in infrastructuurwerken, aanleg van rioleringen, gebouwen, milieuprojecten,... Voor elke aannemer is het van belang om zo efficiënt mogelijk te kunnen werken en daarom heeft BESIX in België zowel een eigen beton- en recyclagesite als eigen asfaltproductie-installaties. Hoewel dit een groot pluspunt is, willen zij nog steeds voor eventuele problemen die zij ervaren, oplossingen vinden. Eén van deze problemen is het gebruik van de 'minder hinder'-steenslag op wegenwerven [1].

Bij de aanleg van nieuwe infrastructuurprojecten worden er veel verschillende stappen ondernomen bij de opbouw van wegen. Eén van deze stappen is het realiseren van de onderfundering van de weg. De onderfundering van de weg is een laag, gemaakt van korrelig materiaal, die op de aardebaan (ondergrond) van de weg ligt. De onderfundering heeft meerdere belangrijke functies met als doel de verdere opbouw van de weg in goede banen te kunnen leiden. Zo heeft de onderfundering de primaire functie om blijvende vervormingen van de aardebaan, door verkeer op de werf, te vermijden. De onderfundering zorgt er dus voor dat werftransport zich kan verplaatsen zonder schade aan de ondergrond te veroorzaken. Daarnaast zal de onderfundering ook de ontwatering van het weglichaam verzekeren en de indringing van vorst in de funderingsgrond beperken. Wanneer de weg zo goed als af is, zal de onderfundering nog meer voordelen opleveren. Zo zal een onderfundering ervoor zorgen dat de op de weg inwerkende belastingen de ondergrond minder belasten en dat de bovenliggende lagen (fundering en wegdek) minder kans hebben om door de grond verontreinigd te worden.





Figuur 1: De standaard opbouw van een wegnis [2]

Het korrelige materiaal dat gebruikt wordt om de onderfundering te realiseren kan bestaan uit puin, steenslag, grind, zand,... Een mogelijkheid voor een onderfundering is dus een onderfundering gemaakt van ‘minder hinder’-steenslag. ‘Minder hinder’-steenslag zorgt ervoor dat er geen plasvorming kan optreden en dat modder, slijk of grond niet op de aangebrachte steenslag blijven liggen. De meest frequent gebruikte korrelverdeling voor ‘minder hinder’-steenslag is 20/63 en wordt gelegd met een dikte van 20 cm - 25 cm. Dit type van steenslag zou dus moeten zorgen voor minder hinder op de werven van wegen, maar toch worden er nog problemen vastgesteld [3].

## 1.2 Probleemstelling

‘Minder hinder’-steenslag zou voor minder hinder moeten zorgen op de werf, maar toch ondervinden aannemers nog steeds problemen. Deze masterproef gaat over de problematiek die de ‘minder hinder’-steenslag veroorzaakt op de werf. Aquafin heeft omtrent deze ‘minder hinder’-steenslag een richtlijn uitgeschreven, maar deze richtlijn is niet zeer uitgebreid en houdt niet met alle invloedfactoren rekening. Aquafin heeft de intentie om op alle werven dezelfde soort steenslag voor te schrijven, namelijk betonpuinsteenslag met korrelgrootte 20/63 met een laagdikte van 20 cm/25 cm [3]. Echter is een éénduidig type steenslag voorschrijven in de praktijk moeilijk aangezien de ondergrond van de werf van groot belang is bij het bepalen van het type ‘minder hinder’-steenslag. Hierdoor geeft dit éénduidig type steenslag dikwijls problemen in winterperiodes of in periodes met langdurige regenval. Deze problemen komen voornamelijk voor bij leem-en kleigronden. Deze problemen ontstaan doordat de waterdoorlaatbaarheid van klei -en leemgronden slecht is. Bij zandgronden is er een goede waterdoorlaatbaarheid waardoor er bij zandgronden weinig problemen met betrekking tot de ondergrond ontstaan door ‘minder hinder’-steenslag.

Door de steenslag zal het water volledig kunnen doorsijpelen naar de ondergrond. Hierdoor zal een leem of kleigrond verzadigd geraken. Dit geeft problemen met de eisen met betrekking tot de draagkracht van de ondergrond en er ontstaan ook problemen om een goede verdichting van de fundering te kunnen realiseren. Daarnaast is er bij een slechte doorlatende ondergrond nog een bijkomend probleem. Bij veel regen zal het water blijven staan in de steenlaag-laag hierdoor zal er nog steeds modder aanwezig zijn op de werf en geeft dit bij vriestemperaturen kans op het opvriezen van de fundering.

Het type steenslag en de dikte die voorgeschreven wordt is ook niet optimaal voor de weggebruikers. Voornamelijk fietsers en voetgangers ervaren weinig comfort bij het berijden of bewandelen van dit soort ondergronden. Voor voertuigen bestaat er het risico tot “doorslijpen” van het voertuig. Daarnaast is er ook een economisch probleem aanwezig. Het produceren van een betonpuin steenslag

met een fractie van 20/63 of 20/40 wordt in de bouwsector als ongewoon beschouwd. Er zullen namelijk relatief grote hoeveelheden betonpuin gebroken en afgezeefd worden, wat resulteert in een relatief grote hoeveelheid betonpuin met fractie 0/20. Deze fractie betonpuin heeft minder relevante toepassingen, wat het geheel van het proces ongebruikelijk maakt en bijgevolg ook de beschikbaarheid op de markt [3]. Al deze problemen geven aanleiding tot het zoeken naar een betere oplossing voor het gebruik van onderfundering tijdens wegeniswerken.

### 1.3 Doelstellingen

Omdat er problemen ondervonden worden op werven bij het gebruik van 'minder hinder'-steenslag, is het nodig dat er een grondig onderzoek wordt gedaan naar de verschillende aspecten die het effect van de 'minder hinder'-steenslag kunnen beïnvloeden. De problemen en oorzaken zijn op dit moment nog nooit gedocumenteerd. Daarom zal in dit onderzoek alle problemen die 'minder hinder'-steenslag met zich meebrengen en de mogelijke oorzaken vastgelegd worden. Wanneer de problemen en oorzaken gevonden zijn zal er gefocust worden op een optimalisatie van het 'minder hinder'-steenslagproduct op vlak van het type materiaal, type kaliber, type ondergrond,... zodat de hinder tot een minimum beperkt kan worden. Het is dus de bedoeling dat er een betere richtlijn kan gecreëerd worden voor het gebruik van 'minder hinder'-steenslag, rekening houdend met alle verschillende invloedparameters (type, kaliber, samenstelling, ondergrond,...) die zich voordoen tijdens het verloop van de werf. Hierdoor zullen er zich voor de aannemers economischere oplossingen aanbieden.

De huidige kennis over 'minder hinder'-steenslag die aangeboden wordt door Aquafin en andere instellingen zoals bijvoorbeeld het Vlario (= een organisatie die alle actoren ondersteunt die betrokken zijn bij het beheer van hemel- en afvalwater) is niet omvangrijk genoeg om een duidelijke visie te hebben bij het gebruik van 'minder hinder'-steenslag. Dit zal uitgebreid moeten worden, zodat men op de werf de situatie juist kan inschatten bij het gebruiken van een onderfundering.

### 1.4 Materiaal en methode

Om het probleem te kunnen oplossen, wordt volgende methode gevolgd. Eerst en vooral zal er gekeken moeten worden of het huidige type steenslag betonpuin 20/63 vervangbaar is door een ander type materiaal. Hiervoor zal er eerst nagegaan moeten worden wat er in de bestekken en standaardbestekken voorgeschreven staat over het huidige type onderfundering.

Aan de hand van deze eisen kan er nagegaan worden of er andere materialen bestaan die aan deze eisen kunnen voldoen. Deze alternatieve materialen zullen gezocht worden in afvalproducten uit andere sectoren. De materialen die voldoen aan de eisen kunnen nadien via praktijktesten op een werf van BESIX Infra getest worden. Er zal op verschillende ondergronden (leemgrond en leemgrond met kalk) proefvakken gemaakt worden. Er kan dan eerst en vooral onderzocht worden of er een verschil is bij de verschillende type ondergronden qua doorlaatbaarheid van water. Ten tweede kan de invloed van de 'Minder hinder'-steenslag op de draagkracht en infiltratie van de ondergrond onderzocht worden door plaat- en infiltratieproeven uit te voeren. Als laatste kan onderzocht worden door wat en wie de 'minder hinder'-steenslag beïnvloed wordt en wat de evolutie is van de staat van de 'minder hinder'-steenslag tijdens de duur dat de werf opgevolgd wordt.



## 2. Literatuurstudie

### 2.1. 'Minder hinder'-aanpak

Het wegennet in Vlaanderen is dusdanig zwaar belast dat de minste bijkomende belasting belangrijke hinder tot gevolg heeft. Deze hinder is er niet enkel in de vorm van files, maar ook in de vorm van overlast voor de omwonenden. De overlast voor omwonenden is een gegeven dat zeker niet vergeten mag worden bij de aanleg van secundaire en lokale wegen. Om hinder te beperken is er door het Vlaams Instituut voor Mobiliteit een minder hinder draaiboek en een minder hindertoets uitgewerkt. Deze zorgen ervoor dat er een transparante en uniforme aanpak is, om hinder te beperken bij zowel grote als kleine werven. Elk project dat wegenwerken omvat, hoe klein ook, dient eerst en vooral te starten met een Minder Hindertoets. Dit is geen uitgebreide analyse maar eerder een snelle analyse op basis van enkele essentiële parameters zodat de Minder Hinder aanpak op een proactieve en geïntegreerde manier kan voorbereid worden. De Minder Hinder toets dient een antwoord te bieden op volgende vragen [4]:

1. In welke mate is er nood aan een 'Minder Hinder'-aanpak?
2. Wat dient hiervoor verder onderzocht te worden?
3. Welke elementen zijn nodig om dit te kunnen onderzoeken (gegevens, ... )

Aan de hand van de minder hindertoets kan er dan gekeken worden of hinder beperkt kan worden door bijvoorbeeld het tijdstip van de werf te verplaatsen, methode van uitvoering,... . Indien de hinder toch niet tot een minimum beperkt kan worden door voorgaande acties, dan moet er naar minder hinder maatregelen gekeken worden [4].



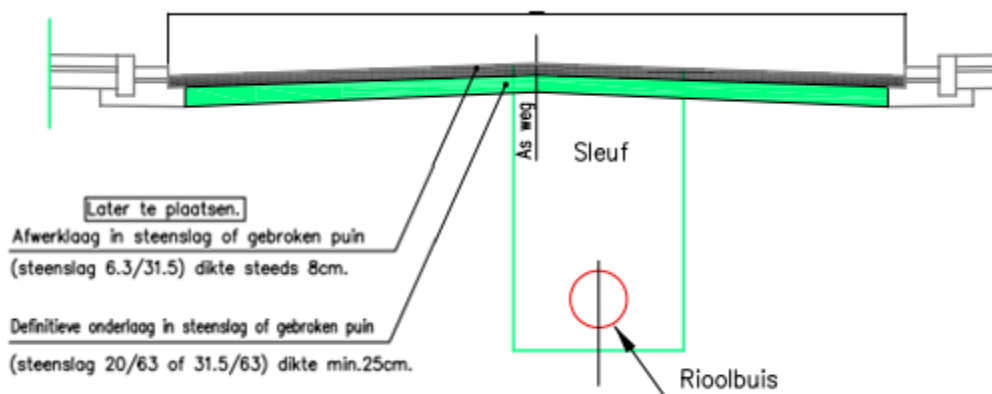
*Figuur 2: Minder hinder aanpak [4]*

De 'Minder Hinder'-aanpak speelt niet alleen in op de hinder die de weggebruiker ervaart maar ook op de hinder en problemen die de aangelanden ervaren. Bij het uitvoeren van een werf dienen alle actoren rekening te houden met elkaar. Het bestek wordt opgesteld door de opdrachtgever en de offerte wordt opgesteld door de opdrachtnemer maar bij uitvoering moeten opdrachtgever en opdrachtnemer zo goed mogelijk met elkaar samenwerken. Indien dit niet gebeurt, heeft dit een negatieve invloed op het vermijden van hinder. Aannemers, handelaars, bedrijven, omwonenden en overheden hebben veel voordelen bij een Minder Hinder aanpak die gebaseerd is op uniformiteit en transparantie. Dit start al bij de opmaak van de bestekken door de overheid. Wanneer de overheden de minder hinder maatregelen correct vermelden in het bestek, kan de aannemer door het nemen van de juiste maatregelen het rendement van hun werken verhogen. Voor de weggebruikers en aangelanden wordt de hinder en het economisch verlies bij openbare werken hierdoor tot een minimum beperkt [5].

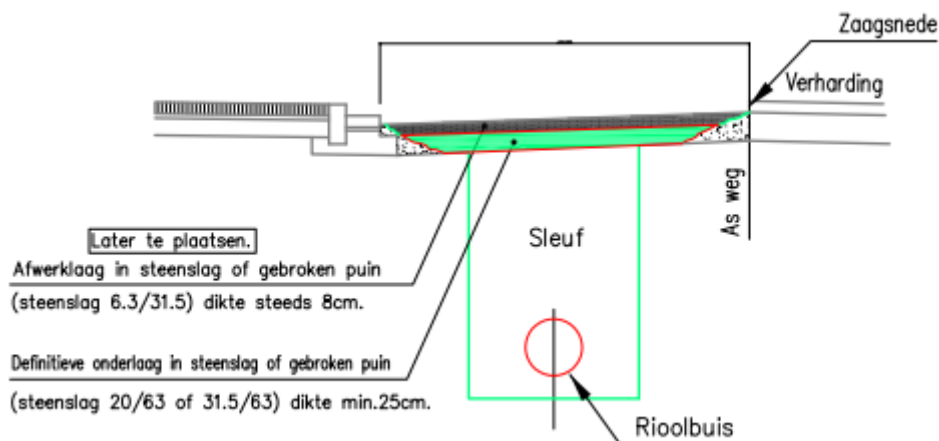
## 2.2 'Minder hinder'-steenslag

Zoals eerder al vermeld werd, is 'minder hinder'-steenslag een onderdeel van de 'Minder Hinder'-aanpak die werd opgesteld door Vlaanderen. Nadat men de riolering aangelegd heeft in de openbare weg en de aardebaan van de weg volledig aangebracht heeft, kan deze 'minder hinder'-steenslag als onderlaag aangelegd worden. Door deze steenslaglaag kunnen voertuigen er tegen een bepaalde snelheid (beperkt) over rijden. In de richtlijnen van Aquafin staat dat de 'minder hinder'-steenslag aan te brengen is met een dikte van 25 centimeter en bestaat uit betonpuin van het type 20/63. Hierboven komt dan een afwerkingslaag van 8 centimeter van betonpuin van het type 6,3/31,5. Hoewel het aanleggen van deze afwerkingslaag in de richtlijnen van Aquafin beschreven staat, wordt deze zelden toegepast. Dit komt door het feit dat deze afwerkingslaag meestal niet als aparte post in de meetstaat voorzien wordt. Het betonpuin geniet de voorkeur om COPRO-gecertificeerd te zijn tenzij anders wordt vermeld in de aanbestedingsdocumenten [6].

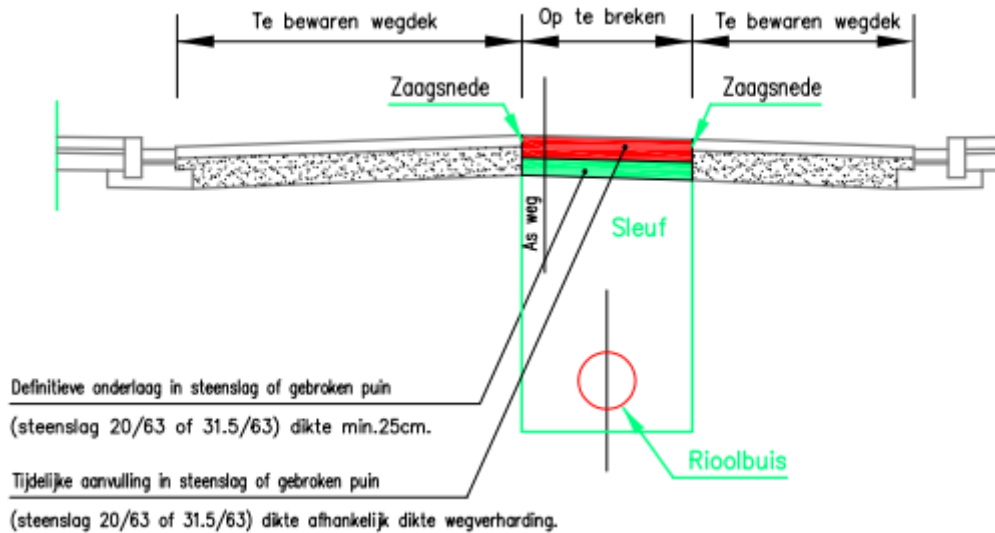
Bij wegenwerken zijn er verschillende soorten uitvoeringen als het gaat om het opbreken van het wegdek. Toch moet er bij al deze verschillende uitvoeringen een steenslaglaag worden aangelegd. Op de detailplannen die worden gegeven door figuren 3, 4 en 5 zijn de verschillende uitvoeringswijzen voor de verschillende toepassingen gedetailleerd [7]:



Figuur 3: Opbraak van het volledige wegdek [7]

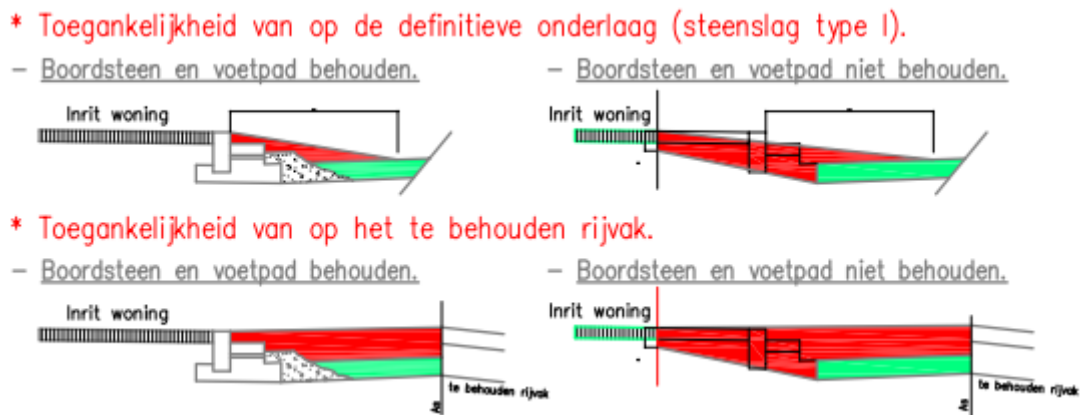


Figuur 4: Opbraak van het halve wegdek [7]



Figuur 5: Gedeeltelijk opbraak van het wegdek [7]

Bij de aanleg van de ‘minder hinder’-steenslag moet er ook rekening gehouden worden met de aangelanden. Het is belangrijk dat de toegankelijkheid van in- en opritten van de omwonenden ten alle tijden verzekerd is. Figuur 6 toont hoe de steenslag moet aangelegd worden bij de opritten van woningen die zich in de straat van de werken bevinden [7] :



Figuur 6: Toegankelijkheid in- en opritten [7]

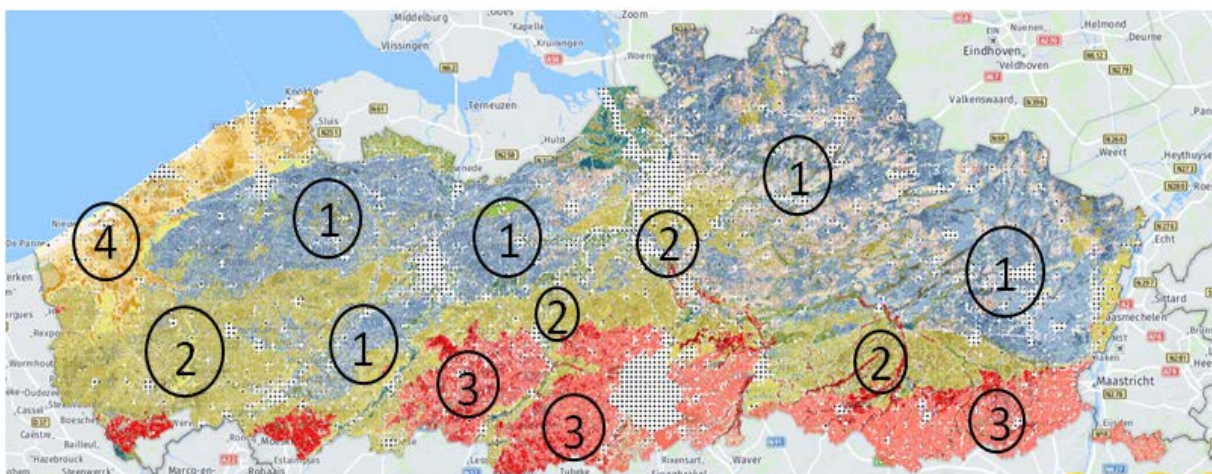
## 2.3 Grondsoorten in Vlaanderen

Wanneer men overgaat tot de start van de wegenwerken zal men op een bepaald moment beginnen met het uitgraven van de weg. Dit doet men om een aardebaan te creëren. De aardebaan is het uitgegraven deel bij een weglichaam dat er voor zorgt dat bovenliggende krachten worden afgedragen naar de ondergrond. Omdat Vlaanderen een zeer uitgestrekt gebied is, zal de ondergrond natuurlijk niet overal hetzelfde zijn. Het is dus van belang dat alle soorten ondergronden en de eigenschappen van deze verschillende soorten ondergronden goed in beeld worden gebracht. Een verschil in ondergrond kan eventueel een verschillend effect hebben op de werf in combinatie met een bepaald type onderfundering. Classificatie van de grondsoorten in België gebeurt vooral op basis van de afmetingen van de korrels van de grondsoort. In de onderstaande tabel wordt de classificatie weergegeven voor de grondsoorten die in Vlaanderen terug te vinden zijn door middel van textuurklassen [8]:

Tabel 1: Textuurklassen

Grondsoort	Korrelgrootte
<b>Klei</b>	< 0,002 mm
<b>Leem</b>	0,002 mm – 0,06 mm
<b>Zand</b>	0,06 mm – 2 mm
<b>Grind</b>	2 mm – 60 mm
<b>Keien</b>	> 60 mm

Figuur 7 geeft een globaal en visueel overzicht van welke soorten gronden waar precies in Vlaanderen terug te vinden zijn. Vlaanderen kan opgedeeld worden in een aantal zones waarin een bepaalde grondsoort kenmerkend is. Natuurlijk geeft dit geen garantie dat de grond op een bepaalde plaats in zo een gebied ook effectief die grondsoort is.



Figuur 7: Soorten ondergronden in Vlaanderen [9]

Het grootste gebied waar we een gelijkenis in grondsoort zien, namelijk gebied 1, is een gebied waar vooral zandgrond aanwezig is. Dit gebied strekt zich vooral uit over Noord-Limburg, Antwerpen en kleine delen van Oost- en West Vlaanderen. Gebied 2 wordt op zijn beurt gekenmerkt door zandleemgronden. In het rode en vooral zuidelijke gedeelte van Vlaanderen, gebied 3, bestaat de grond grotendeels uit leem. Ten slotte bestaat gebied 4, dat zich aan de kust bevindt, voornamelijk uit kleigronden.

## 2.4 Infiltratie in de grond

### 2.4.1 Wat is infiltratie?

Infiltratie is een verschijnsel dat plaatsvindt wanneer hemelwater door de bodem sijpelt en vervolgens bij het grondwater gevoegd wordt. Infiltratie heeft zowel voor de mens als de natuur grote voordelen. Zo zal een goede ontwatering van het hemelwater overstromingen in gebieden waar water snel verzamelt een overbelasting van het rioolnetwerk kunnen vermijden. Ook zal het aanvullen van het grondwaterpeil dat eventueel te laag staat de uitdroging van gewassen voorkomen.

### 2.4.2 Infiltratie in Vlaanderen

Ten behoeve van de watertoets heeft men voor Vlaanderen een kaart kunnen opmaken die de infiltratiegevoeligheid van de bodem weergeeft. Een watertoets gaat na of bepaalde werken schade kunnen aanrichten aan het watersysteem in een bepaald gebied. Moest deze watertoets aantonen dat de schade te groot is, kan de vergunning, plannen,... voor bepaalde werken afgekeurd worden [10]. De infiltratiegevoeligheid van de bodems in Vlaanderen wordt weergegeven in Figuur 8. Het grijze deel dat de kaart bedekt geeft het gebied weer waar bodems infiltratiegevoelig zijn. Dit betekent dat deze bodems hemelwater makkelijker laten insijpelen.



Figuur 8: Infiltratiegevoeligheid van de bodem [9]

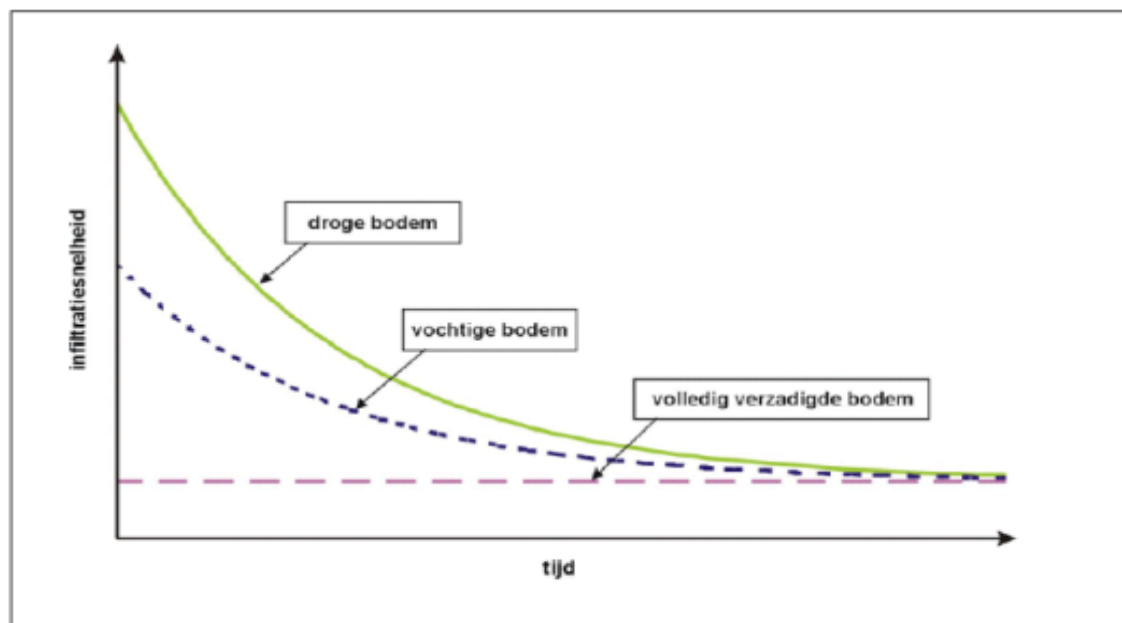
Deze kaart heeft enkele overeenkomsten met de kaart uit figuur 7. De grijze gebieden uit figuur 8 komen overeen met de blauwe (zandgrond) en groene (zandleemgrond) kleur uit de kaart van de grondsoorten (Figuur 8). Omdat zand- en zandleemgronden een grotere korrelstructuur hebben zal in deze grondsoorten ook makkelijker hemelwater infiltreren.



### 2.4.3 Bodemtoestand

De infiltratie in de bodem kan afhangen van verschillende factoren. Twee belangrijke factoren zijn de bodemtextuur en de bodemstructuur. De bodemtextuur is de samenstelling van korrelgroottes van de verschillende soorten gronden die aanwezig zijn op een bepaalde plaats. Bij het bestuderen van de bodemstructuur kijkt men dan weer meer naar de rangschikking en samenhang van de bodemdeeltjes. Naast de bodemtextuur en –structuur is er nog een belangrijke factor, namelijk de grondwaterstand [11]. De grondwaterstand is de hoogte van de grondwaterspiegel ten opzichte van het maaiveld. We kunnen de bodem dus opdelen in twee delen: de onverzadigde grond en de verzadigde grond. De onverzadigde zone is de grond die zich boven de grondwaterstand bevindt. Dit betekent dat de poriën die zich in dit deel van de grond bevinden niet of deels gevuld zijn met water. Wanneer de poriën volledig gevuld zijn spreken we over verzadigde grond. Beide zones zullen dus uiteraard ook een andere infiltratiecapaciteit hebben [12].

Figuur 9 geeft de infiltratiesnelheid weer in functie van de tijd van verschillende toestanden van de bodem. Hieruit kan men afleiden dat de infiltratiesnelheid in het begin sterk afhankelijk is van de toestand van de bodem. Naarmate de tijd toeneemt zullen de infiltratiesnelheden van de verschillende toestanden steeds dichter bij elkaar komen aangezien de onverzadigde bodem uiteindelijk verzadigd zal geraken [12].



Figuur 9: Infiltratiesnelheid bij steeds vochtiger wordende bodem [12, p. 16]

### 2.4.4 Oppervlakedoorlatendheid van verschillende grondsoorten

Het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, beter bekend als het OCW, stelt het dossier 'Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen' ter beschikking. Hierin is het volgende terug te vinden met betrekking tot de doorlaatbaarheid van verschillende soorten ondergronden. Omdat een wegconstructie opgebouwd is uit verschillende lagen, heeft men aangenomen dat elke laag van de waterdoorlatende constructie moet voldoen aan een minimale doorlatendheidsfactor  $k$ . Door rekening te houden met de meest voorkomende regenbuien in België en een veiligheidsfactor van 2 is men gekomen tot een doorlatendheidsfactor van  $5,4 \cdot 10^{-5}$  m/s voor elke laag in een wegconstructie. De doorlaatbaarheid is afhankelijk van de grondsoort en de doorlaatbaarheidsfactor  $k$  kan onderscheiden

worden voor verschillende categorieën grondsoorten. Deze zijn terug te vinden in Tabel 2 en Tabel 3. [13]

Tabel 2: Doorlaatbaarheidsfactor van grondsoorten [13, p. 8]

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

Tabel 3: Doorlaatbaarheidsfactor van grondcategorieën [13, p. 8]

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

#### 2.4.5 Meten van de plaatselijke oppervlakte-doorlaatbaarheid

De doorlaatbaarheid of infiltratiecapaciteit van een ondergrond is een factor die kan meespelen in het al dan niet verkrijgen van goede infiltratie, dus minder hinder, op de werf. De combinatie van de ondergrond met de ‘minder hinder’-steenslag kan gezien worden als een tijdelijke infiltratievoorziening die zo veel mogelijk moet infiltreren om zo weinig mogelijk hinder te veroorzaken. De doorlatendheid van de ondergrond is in dit systeem dus belangrijk. Omdat de meeste bodemkaarten niet meer actueel zijn en de bodem op dit moment dus kan veranderd zijn, gaat men via verschillende infiltratieonderzoeken in situ de doorlaatbaarheid van de bodem bepalen.

#### Textuurbepaling:

Een eerste methode die kan toegepast worden is die van de textuurbepaling. Dit is een zeer eenvoudige methode waarbij men door middel van de onderstaande tabel de infiltratiesnelheid op basis van de bodemtextuur bepaalt [12].

Tabel 4: Bepaling van de infiltratiesnelheid aan de hand van de textuur van de grond [12, p. 15]

Grondsoort	Infiltratiecapaciteit in mm/h				
	m/s	m/dag	mm/h l/h/m <sup>2</sup>	mm/dag l/dag/m <sup>2</sup>	l/h/100m <sup>2</sup>
Grof zand	$1,5 \cdot 10^{-4}$	12	500	12 000	50 000
Fijn zand	$5,6 \cdot 10^{-6}$	0,48	20	480	2 000
Leemachtig fijn zand	$3,1 \cdot 10^{-6}$	0,26	11	260	1 100
Lichte zavel	$2,8 \cdot 10^{-6}$	0,24	10	240	1 000
Löss	$1,7 \cdot 10^{-6}$	0,14	6	140	600
Veen	$6,1 \cdot 10^{-7}$	0,053	2,2	53	220
Leem	$5,8 \cdot 10^{-7}$	0,050	2,1	50	210
Lichte klei	$4,2 \cdot 10^{-7}$	0,036	1,5	36	150
Matig zware klei	$1,4 \cdot 10^{-7}$	0,012	0,5	12	50
Kleiige leem	$1,1 \cdot 10^{-7}$	0,0096	0,4	9,6	40

### **Dubbele ringproef:**

De dubbele ringproef is een proef die bestaat uit twee ringen met een verschillende diameter. Wanneer de twee ringen op het oppervlak zijn aangebracht, zal men beide ringen deels vullen met water. Het doel van de buitenste ring is om het water in de binnenste ring zo verticaal mogelijk te laten infiltreren in de grond en dus geen zijdelingse wegstromen te verkrijgen. Het doel van de binnenste ring is om het water in de ondergrond te laten infiltreren. Hierbij wordt het waterniveau in de beide ringen constant gehouden door een constante toevoer van water. Om de doorlatendheid van de grond te meten zal men kijken naar de uitlooptijd. Dit is de tijd die nodig zou zijn om de waterhoogte 1mm te laten zakken. Het debiet van de toevoer van het water zal hier ook een indicatie voor zijn [12], [13], [14] .



*Figuur 10: Dubbele ringproef [14]*

### **Open-end test:**

De ‘open-end test’, ook wel de ‘constant head test’ genaamd, is een methode waarbij water op een constante hoogte van één meter gehouden wordt in een buis op het te beproeven stuk grond. De waterhoogte wordt over een bepaalde periode gemeten en hieruit kan men dan de doorlaatbaarheid van de grond bepalen [15].



*Figuur 11: Open end-test [15]*

## 2.5 Draagkracht van de grond – plaatproef

In het Standaardbestek 250 staat beschreven aan welke specificaties een plaatproef moet voldoen. Met behulp van de plaatproef kunnen we testen welke elastische eigenschappen een ondergrond heeft. De plaatproef wordt uitgevoerd met behulp van meestal een cirkelvormige plaat waar er een belasting op geplaatst wordt. Hierdoor gaat de plaat verzakken en een zetting ontstaan. We kunnen met behulp van deze zetting een elasticiteitsmodulus bepalen.

### 2.5.1 Benodigdheden voor de plaatproef

Het materiaal om een plaatproef uit te voeren bestaat uit [16]:

- a) een belastingsplaat van 200 cm<sup>2</sup> oppervlakte;
- b) een belastingsplaat van 750 cm<sup>2</sup> oppervlakte;
- c) een belastingsstoel die een hydraulische vijzel bezit;
- d) enkele verlengstukken, een belastingskolom en een kogelscharnier die tussen de plaat en de kolom geplaatst kan worden;
- e) een dynamometrische ring met een capaciteit van 15 kN (voor een plaat van 200 cm<sup>2</sup>);
- f) een dynamometrische ring met een capaciteit van 50 kN (voor een plaat van 750 cm<sup>2</sup>);
- g) drie meetklokken (nauwkeurigheid: 1/100 mm);
- h) een referentiefraam dat de meetklokken draagt;

De plaat van 200 cm<sup>2</sup> wordt gebruikt bij proeven op [16]:

- klei;
- leem;
- natuurlijke steenslagmengsels met een diameter  $\leq 40$  mm;
- steenslagfunderingen met een diameter  $\leq 40$  mm.

De plaat van 750 cm<sup>2</sup> oppervlakte wordt gebruikt bij proeven op [16]:

- zand;
- natuurlijke steenslagmengsels met een diameter  $\leq 75$  mm en een minimumdiameter  $> 40$  mm;
- steenslagfunderingen met een diameter  $\leq 75$  mm en een minimumdiameter  $> 40$  mm;
- materialen met grove bestanddelen met een diameter  $\leq 75$  mm.

### 2.5.2 Voorbereiding van de plaatproef

Er wordt eerst onderzocht welk locatie geschikt is om de proef uit te voeren. Het oppervlak moet vlak en gelijk zijn. Daarnaast moet het oppervlak vrij zijn van iedere overbelasting in een straal van minimum 4x de diameter van de plaat. Het gekozen oppervlak mag niet uitgedroogd zijn door de zon, onderhevig zijn aan langdurige vorst, of beïnvloed worden door ophoping van water. Wanneer de geschikte locatie gevonden is, kan de proefopstelling gebouwd worden [16].

- 1) De plaat wordt op het te onderzoeken oppervlakte gelegd. Er wordt gecontroleerd met de waterpas als deze loodrecht ligt.
- 2) De drie meetklokken die de zetting meten worden geplaatst om de 120 graden op 6mm van de rand van de plaat. Deze drie meetklokken staan in verbinding met het referentiefraam. De steunen van het referentiefraam staan op minimum 4 maal de plaatdiameter vanaf het middelpunt van de plaat.

- 3) In het midden van de plaat wordt het kogelscharnier met de drukstempel geplaatst waarop de belasting uitgevoerd kan worden.

### 2.5.3 Uitvoering van de plaatproef

De proef verloopt in drie stappen. Er wordt eerst een voorbelasting op de plaat geplaatst van 20 kN/m<sup>2</sup>. De zetting wordt om de één minuut afgelezen op de meetklokken. Er wordt gestopt met de voorbelasting wanneer de zetting minder is dan 0,02mm/min. Het relatieve nulpunt kan berekend worden aan de hand van de gemiddelde zettingen van de laatste aflezingen. Hierna wordt er belast in trappen afhankelijk van de ondergrond [16]:

- a) Voor een wegbaan en een ophoging: met trappen van 50 kN/m<sup>2</sup> tot de maximumdruk van 0,25 MN/m<sup>2</sup>;
- b) voor een onderfundering: met trappen van 100 kN/m<sup>2</sup> tot de maximumdruk van 450 kN/m<sup>2</sup>;
- c) voor een fundering: met trappen van 100 kN/m<sup>2</sup> tot de maximumdruk van 550 kN/m<sup>2</sup>.

Om de minuut wordt de zetting op de drie meetklokken afgelezen. Wanneer er stabilisatie optreedt kan de druk verhoogd worden met een trap. De eerste belastingscyclus gaat door tot de maximumdruk is bereikt. Na de eerste belastingscyclus wordt de belasting verminderd tot 20 kN/m<sup>2</sup> gedurende één minuut. Na stabilisatie van de zetting wordt de proef herhaald zoals in de eerste belastingscyclus [16].

De proef is niet geldig wanneer één van de drie meetklokken een afwijking heeft die groter is dan 0,5 mm (plaat van 200m<sup>2</sup>) of 0,9 mm (plaat van 750 mm<sup>2</sup>) ten opzichte van het gemiddelde van de drie meetklokken [16].

### 2.5.4 Berekenen samendrukbaarheidsmodulus

De samendrukbaarheidsmodulus kan berekend worden aan de hand van de totale zetting tijdens de proef met behulp van de volgende formules [16]:

- Bij een plaat van 200 cm<sup>2</sup>:  $M1 = \frac{15,96}{\Delta s}$
- Bij een plaat van 750 cm<sup>2</sup>:  $M1 = \frac{30,91}{\Delta s}$ 
  - $\Delta s$  = verschil van de verticale zettingen s (= gemiddelde van de 3 aflezingen van de 3 meetklokken na stabilisering, uitgedrukt in mm, met twee decimalen) geregistreerd bij de eerste belastingscyclus en bij:
    - 0,15 MN/m<sup>2</sup> en 0,05 MN/m<sup>2</sup> druk voor grond of voor een ophoging;
    - 0,25 MN/m<sup>2</sup> en 0,15 MN/m<sup>2</sup> druk voor een onderfunderingen;
    - 0,35 MN/m<sup>2</sup> en 0,25 MN/m<sup>2</sup> druk voor een fundering.

## 2.6 Infiltratie in de steenslag

### 2.6.1 Funderingen en onderfunderingen

Bovenop de aardebaan zal er een eventuele onderfundering en fundering komen. In dit geval zal tijdens de werken een 'minder hinder'-steenslaglaag aangebracht worden waarbij de 'minder hinder'-steenslag ofwel de functie van de onderfundering zal aannemen ofwel een laag zal vormen op de onderfundering (dus een deel van de fundering). In de wegebouw zijn er verschillende types van onderfunderingen en funderingen. Voor beiden kunnen de volgende types onderscheiden worden [17] :

### **Onderfunderingen:**

- Type I: onderfundering van zand
  - Deze laag bestaat uit zand zoals deze voorgeschreven staat in het Standaard Bestek 250.
- Type II: onderfundering van steenslag (met zand)
  - Deze laag bestaat uit zand gemengd met steenslag of rolgrind zoals beiden voorgeschreven staat in het Standaard Bestek 250.
- Type III: onderfundering door stabilisatie van bodem
  - Dit type van onderfundering verkrijgt men door de aanwezige ondergrond met een bindmiddel (kalk, hydraulisch bindmiddel, cement,...) om zo het draagvermogen te verbeteren.

### **Funderingen:**

Een fundering kan gebonden (toevoeging van cement) of niet-gebonden zijn:

- Niet-gebonden fundering:
  - Steenslagfundering met niet-continue korrelverdeling;
  - Steenslagfundering met continue korrelverdeling zonder toevoegsel.
- Gebonden fundering:
  - Steenslagfundering met continue korrelverdeling met toevoegsel;
  - Zandcementfundering;
  - Fundering van schraal beton;
  - Fundering van drainerend schraal beton;
  - Fundering in walsbeton.
- Andere funderingen:
  - Fundering van vliegas-kalkmengsels;
  - Fundering van vliegas-cementmengsels;
  - Fundering door het stabiliseren van de bestaande verharding met cement (recycling in situ);
  - Fundering in teerhoudend asfaltgranulaatcement;
  - Fundering van ternair mengsel.

Net zoals de ondergrond is de 'minder hinder'-steenslaglaag ook een laag die bijdraagt tot de infiltratie en het draagvermogen van een wegenis. Volgens Aquafin moet de huidige 'minder hinder'-steenslag aangebracht worden met een dikte van 25 centimeter en een korrelverdeling van 20/63. Het is dus van belang om eerst te weten hoe de eigenschappen van zo'n onderfundering/fundering bepaald worden. Deze eigenschappen zullen afhankelijk zijn van het type weg dat er gebouwd zal worden. In het algemeen kunnen er drie soorten wegconstructies gebouwd worden: wegconstructie met waterdoorlatende verharding, met een bitumineuze verharding of met een betonverharding.

### 2.6.1.1 Waterdoorlatende bestratingen

Waterdoorlatende verhardingen zijn verhardingen die gemaakt zijn uit waterdoorlatende elementen zoals betonstraatstenen. De dimensionering van een onderfundering/fundering in steenslag bij waterdoorlatende bestratingen is afhankelijk van twee factoren: het verkeerstype en de ondergrond [13].

#### Verkeerstype:

Omdat er voertuigen van verschillende gewichtsklasse op de wegen rijden, zal dit uiteraard een effect hebben op draagkracht waaraan de steenslag moet voldoen. Daarom speelt voor het verkeerstype de steenslagdikte en het soort materiaal **van de fundering** een belangrijke rol. Tabel 5 geeft weer wat de dikte van de fundering moet zijn, afhankelijk van het type verkeer [13]:

Tabel 5: Dikte van de fundering, afhankelijk van het verkeerstype [13, p. 10]

Categorie	Type van verkeer			Fundering	
	Voetgangers, fietsers, bromfietzers	Lichte voertuigen (< 3,5 t)	Zware voertuigen (> 3,5 t)	Drainerend schraal beton	Ongebonden steenslag
I	Onbeperkt	Beperkt tot 5 000 per dag	Beperkt tot 400 per dag	-	-
II	Onbeperkt	Beperkt tot 5 000 per dag	Beperkt tot 100 per dag	20 cm	35 cm
III	Onbeperkt	Beperkt tot 500 per dag	Beperkt tot 20 per dag	15 cm	25 cm
IV	Onbeperkt	Occasioneel	Geen	-	15 cm

#### Ondergrond:

Voor het dimensioneren **van de onderfundering**, zijn de dikte en de buffercapaciteit ervan belangrijk. De buffercapaciteit van een onderfundering is de mate van het tijdelijk opslaan van hemelwater en het daarna vertraagd laten afvoeren via infiltratie. We kunnen vaststellen dat de onderfundering twee hoofdfuncties heeft [13]:

- Functioneren als een extra buffer voor de wegstructuur waarbij de infiltratiesnelheid een belangrijke rol speelt.
- Beschermen tegen de inwerking van vorst. De dikte zal dus zo bepaald worden dat de onderfundering de ondergrond zal beschermen tegen vorstinwerking. Vorstinwerking zou kunnen lijden tot een ophoging van de ondergrond.

Het is dus essentieel om de nodige (minimale) buffercapaciteit van een steenslaglaag die als onderfundering zal dienen te weten. De buffercapaciteit van steenslag is afhankelijk van de (opeenvolgende) regenval(len) en van de holle ruimtes die zich in de steenslag bevinden. Ook de eisen, die worden gesteld door de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening inzake hemelwaterputten, infiltratie- en buffervoorzieningen en gescheiden lozing van afval- en hemelwater moeten in acht genomen worden. De Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening eist dat een minimale buffercapaciteit van een onderfunderingslaag van 15 l/m<sup>2</sup> of 20 l/m<sup>2</sup> bij afvoer die door een

begrenzer vertraagd wordt. De buffercapaciteit van een bepaalde laag kan gevonden worden door middel van de volgende formule [13]:

- Buffervolume [l] = dikte van de laag [m] \* porositeit [%] \* oppervlakte [m<sup>2</sup>] \* 1000
- Buffercapaciteit [l/m<sup>2</sup>] = buffervolume [l] / oppervlakte [m<sup>2</sup>]

De minimale dikte van de onderfundering kan bepaald worden met de volgende formule:

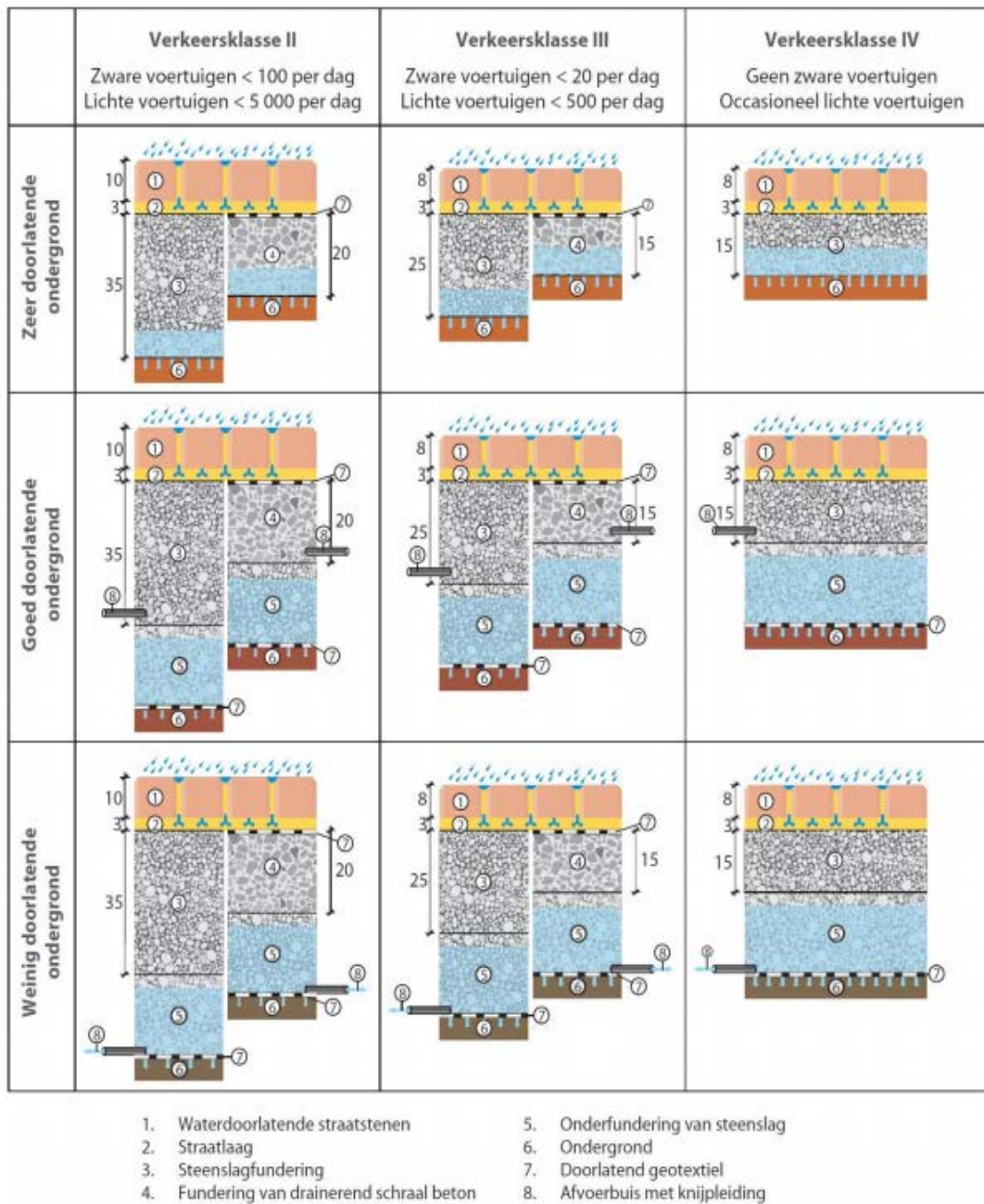
- Minimum dikte onderfundering =  $\frac{\text{nodig buffervolume [l]}}{\text{porositeit [%]}} * 1,5$ 
  - Bij opeenvolgende regenbuien kan het nodige buffervolume bepaald worden door in de volgende tabel te kijken. Het buffervolume is dan afhankelijk van het ledigingsdebiet (= infiltratiesnelheid) en welke terugkeerperiode van de regenbui er op het systeem inwerkt.

Tabel 6: Bepalen van het buffervolume [13, p. 13]

Ledigingsdebiet	Terugkeerperiode overloop			
	2 jaar	5 jaar	10 jaar	20 jaar
30 l/s/ha			180 m <sup>3</sup> /ha	240 m <sup>3</sup> /ha
25 l/s/ha		160 m <sup>3</sup> /ha	200 m <sup>3</sup> /ha	240 m <sup>3</sup> /ha
20 l/s/ha	120 m <sup>3</sup> /ha	170 m <sup>3</sup> /ha	210 m <sup>3</sup> /ha	260 m <sup>3</sup> /ha
15 l/s/ha	140 m <sup>3</sup> /ha	190 m <sup>3</sup> /ha	240 m <sup>3</sup> /ha	290 m <sup>3</sup> /ha
10 l/s/ha	160 m <sup>3</sup> /ha	220 m <sup>3</sup> /ha	270 m <sup>3</sup> /ha	330 m <sup>3</sup> /ha
5 l/s/ha	210 m <sup>3</sup> /ha	280 m <sup>3</sup> /ha	340 m <sup>3</sup> /ha	410 m <sup>3</sup> /ha



De opbouw van een wegconstructie met waterdoorlatende bestrating kan er op de volgende manieren uitzien [13]:



Figuur 12: Mogelijkheden van de wegopbouw, afhankelijk van de verkeerscategorie, ondergrond en het funderingsmateriaal [13, p. 15]

### 2.6.1.2 Bitumineuze verhardingen

De meest gebruikte verhardingen bij wegen zijn de bitumineuze verhardingen. Deze verhardingen zijn ook wel beter bekend als asfaltverhardingen. Asfalt is een samenvoeging van steenslag, zand en een vulstof met bitumen (viskeuze vloeistof die ontstaat door verdamping van koolwaterstoffen uit ruwe aardolie) als bindmiddel. Het dimensioneren van zo'n wegstructuur met bitumineuze verharding is afhankelijk van een aantal parameters [18]:

#### Verkeer:

Wegen kunnen naargelang hun ligging verschillende functies en doeleinden hebben. Dit zorgt er ook voor dat er niet op alle wegen dezelfde verkeersbelastingen zullen ondervonden worden. Er zullen dus eisen moeten gesteld worden aan de onderfundering en fundering, afhankelijk van de verkeersbelasting. In deze verkeersbelasting speelt het aantal vrachtvoertuigen  $N_c$  dat gedurende een vooraf bepaalde periode, die de gebruiksduur wordt genoemd, verwerkt moet worden een belangrijke rol. Figuur 13 geeft de  $N_c$ -waarde die voor verschillende type wegen gebruikt wordt. De verdeling van de lasten dwars over het wegoppervlak kunnen verkregen worden door het aantal vrachtvoertuigen  $N_c$  met een factor  $k$  te vermenigvuldigen ( $k \cdot N_c$ ), waarbij  $k = 1$  (voor wegen met rijstroken  $\leq 3$  m breedte of  $k = 0,4$  (voor alle andere gevallen).

Typen van wegen	$N_c$ (*)
Autosnelweg (2 × 3 rijstroken)	$2,7 \times 10^7$
Autosnelweg (2 × 2 rijstroken)	$1,6 \times 10^7$
Primaire I (2 × 2 rijstroken)	$1,6 \times 10^7$
Primaire I (1 × 4 rijstroken)	$1,4 \times 10^7$
Primaire I (1 × 3 rijstroken)	$8,1 \times 10^6$
Primaire II (1 × 2 rijstroken van 3,50 m)	
Hoge intensiteit	$5,4 \times 10^6$
Middelmatige intensiteit	$1,6 \times 10^6$
Lage intensiteit	$5,4 \times 10^5$
Primaire II (1 × 2 rijstroken van 3 m)	
Hoge intensiteit	$3,75 \times 10^6$
Middelmatige intensiteit	$1,13 \times 10^6$
Lage intensiteit	$3,75 \times 10^5$
Secundaire (1 × 2 rijstroken)	
Hoge intensiteit	$1,2 \times 10^6$
Middelmatige intensiteit	$1,2 \times 10^5$
Lage intensiteit	$1,8 \times 10^4$

(\*) Als een andere gebruiksduur dan 20 jaar wordt gekozen, volstaat het de in de tabel opgegeven  $N_c$ -waarden verhoudingsgewijs aan te passen.

Figuur 13: Aantal vrachtvoertuigen ( $N_c$ ) waar men bij het dimensioneren van wegen moet rekening houden voor een gebruiksduur van 20 jaar [18, p. 5]

#### Aanwezige grond:

De aanwezige grond is de grond van de aardebaan die dus het wegverkeer moet dragen. Omdat de ondergrond niet overal hetzelfde is, zal het draagvermogen van de grond ook bepalend zijn voor de dimensionering van de bovenliggende structuur. Het is belangrijk dat de elasticiteitsmodulus  $E_s$  van de grond hiervoor bepaald wordt (zie Figuur 14).

Grond (basissymbool, cf. figuur 1)	Draineervermogen van de grond			
	Droge tot zeer droge grond gunstige drainering	Matige en onvoldoende drainering	Vochtige grond op permanente of tijdelijke grondwaterlaag	Zeer vochtige tot uiterst vochtige grond op permanente grondwaterlaag
Z, S, P, L	40	40	20	≤ 10
A, E	40	20	≤ 10	≤ 10
U	20	≤ 10	≤ 10	≤ 10

Z = zand  
S = lemig zand  
P = licht zandleem  
L = zandleem  
A = leem  
E = klei  
U = zware klei

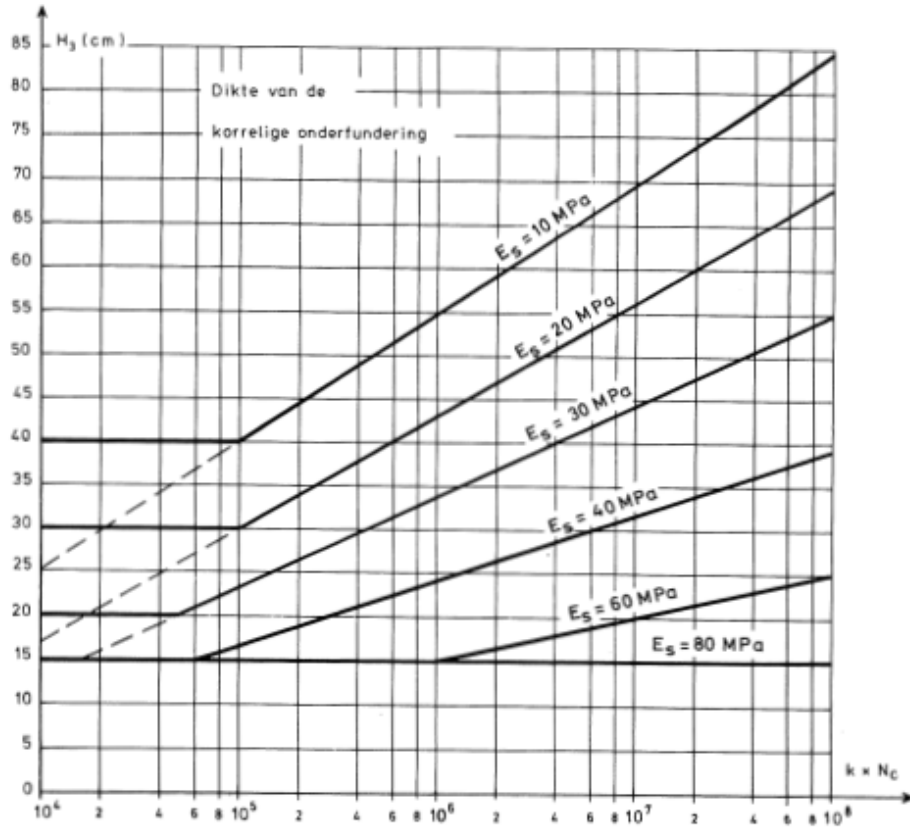
Figuur 14: Bepaling van de modulus van de grond Es afhankelijk van de grondsoort [18, p. 8]

### Gebruikte materialen:

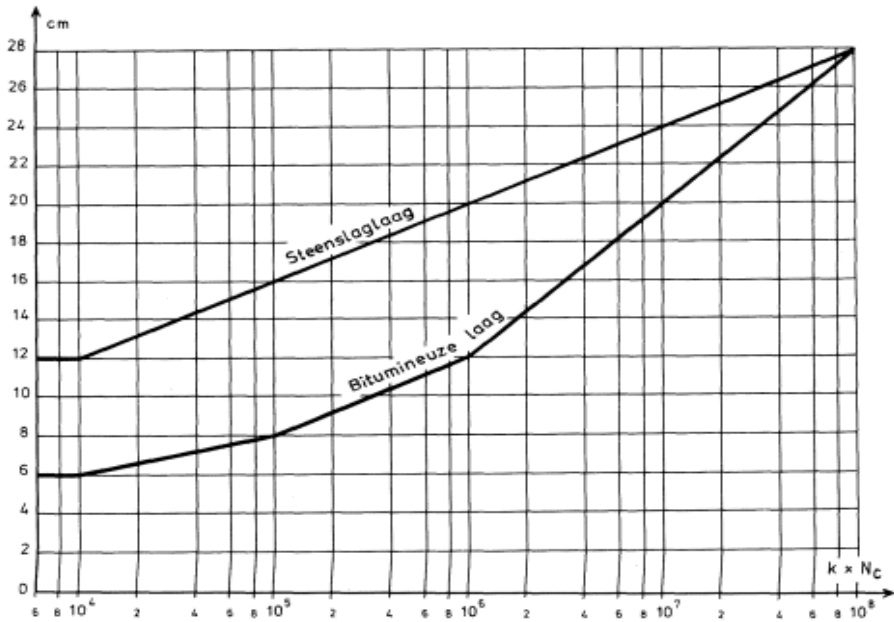
Voor de onderfundering en de fundering worden bij een bitumineuze wegverharding korrelige materialen gebruikt. Ook kan er voor de fundering een hydraulisch gebonden materiaal (schraal-beton) gebruikt worden. Bij het effectief dimensioneren van de wegconstructie wordt er eerst nog een onderscheid gemaakt tussen twee soorten structuren: flexibele structuren en half-stijve structuren. Dit onderscheid wordt gemaakt omdat bij flexibele structuren er de mogelijkheid is voor de korrels om te scharnieren in tegenstelling tot half-stijve structuren waarbij de korrels vast zitten ten opzichte van elkaar. Bij een flexibele structuur zullen daarom de (as)overladingen (= overbelasting door bijvoorbeeld intensiteit of frequentie van het verkeer) weinig invloed hebben op de dimensionering. Voor half-stijve structuren is dit niet het geval.

### Dimensioneren van een flexibele structuur:

Bij een flexibele structuur wordt de fundering voorzien met steenslagmateriaal. Bij het dimensioneren van de onderdelen van een flexibele wegstructuur wordt er gebruik gemaakt van Figuur 15 en Figuur 16. Figuur 15 geeft voor verschillende waarden van de vervormingsmodulus  $E_s$  van de grond de dikte weer die voor de korrelige onderfundering gebruikt moet worden, afhankelijk van het verkeer  $k \cdot N_c$ . Daarnaast geeft Figuur 16 de totale dikte weer die moet genomen worden voor de steenslagfundering en de bitumineuze laag in functie van het verkeer  $k \cdot N_c$ .



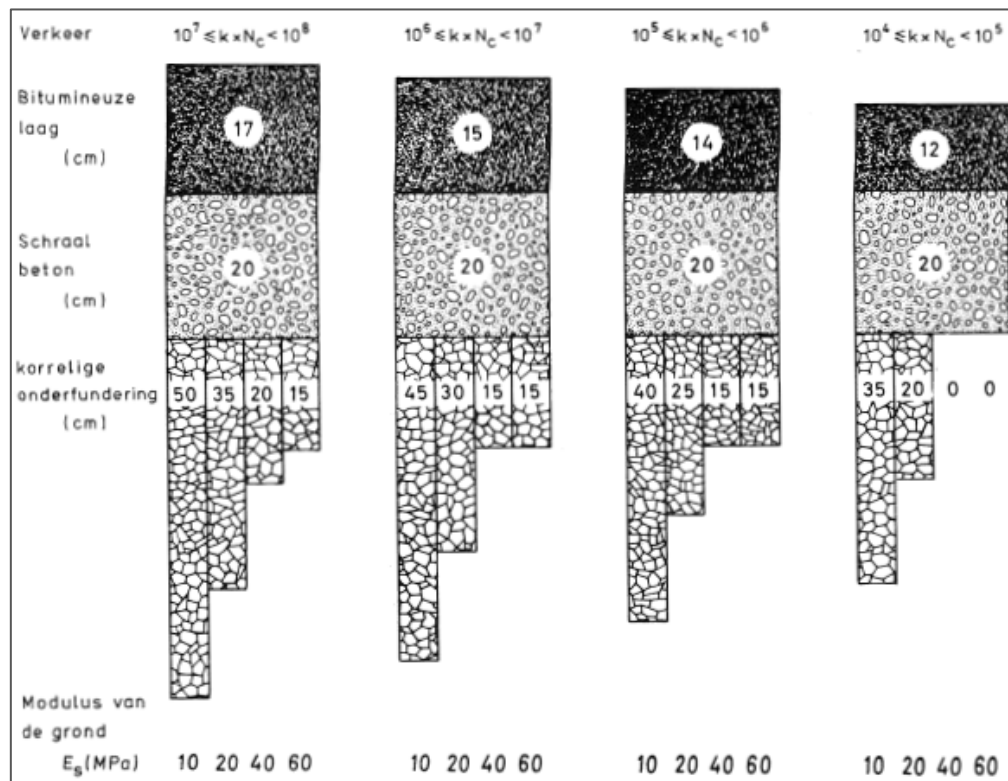
Figuur 15: Bepaling van de dikte van de korrelige onderfundering, afhankelijk van  $E_s$  en  $k \cdot N_c$  [18, p. 17]



Figuur 16: Bepaling van de dikte van de bitumineuze laag en steenslagfundering in functie van  $k \cdot N_c$  [18, p. 16]

### Dimensioneren van een half-stijve structuur:

Bij een half-stijve constructie werd de fundering vroeger voorzien met schraal-beton. Het bepalen van de onderfundering en fundering van een half-stijve wegconstructie met een bitumineuze verharding kon dan bepaald worden met Figuur 17 waarin rekening wordt gehouden met alle invloedparameters en ook met het risico op (as)overlading.



Figuur 17: Dimensionering van een half-stijve structuur met kans op (as)overlading [18, p. 19]

Tegenwoordig wordt er geen gebruik meer gemaakt van schraalbeton als fundering omdat dit heel wat problemen met betrekking tot scheurvorming heeft veroorzaakt bij asfaltwegen die zwaarbelast door verkeer zijn. Bij wegen die minder zwaar belast zijn door het verkeer is een fundering met schraal beton onaantrekkelijk omdat de minimale vereiste asfaltdiktes hoog zijn [19]. Omwille van deze twee problemen wordt er tegenwoordig gebruikgemaakt van een steenslag als fundering. Vaak wordt geopteerd voor het type IA of IIA voor deze steenslag.

#### 2.6.1.3 Cementbetonverhardingen

Bij cementbetonverhardingen worden ongeveer dezelfde invloedparameters in acht genomen, namelijk het verkeer ( $k \cdot N_c$ ), het draagvermogen van de ondergrond ( $E_s$ ), de temperatuurgradiënten die de verharding belasten en de aard en dikte van de lagen in de structuur. De dimensionering van de onderfundering en de fundering bij cementbetonverhardingen daarentegen zijn afhankelijk van eigen ondervindingen en aanbevelingen [20].

### Onderfundering:

Autosnelwegen, primaire wegen en industriewegen:

- Dikte: minstens 0,20 m;
- Materiaal: zand of grof aggregaat.

Bij secundaire wegen, wegen met lokale functie en landbouwwegen buiten de bebouwde kom:

- Klein draagvermogen van de ondergrond: de onderfundering kan de vermoeiingsgraad van de verharding verminderen;
- Groot draagvermogen van de ondergrond: onderfundering is niet noodzakelijk.

### **Fundering:**

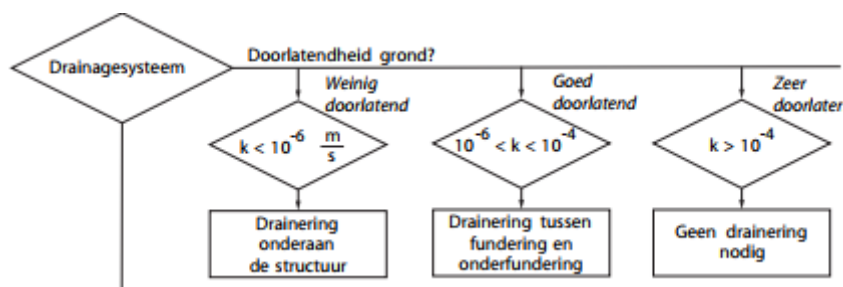
- Fundering van schraal beton: 0,18 – 0,25 m;
- Met hydraulische bindmiddelen behandelde steenslagfundering: 0,15 - 0,25 m dik, tot het grensaantal  $N_c = 1 \cdot 10^7$  vrachtvoertuigen in één rijrichting heeft;
- Onbehandelde steenslagfundering: 0,15 - 0,30 m dik, tot het grensaantal  $N_c = 4 \cdot 10^6$  vrachtvoertuigen in één rijrichting heeft.

### 2.6.2 Drainage

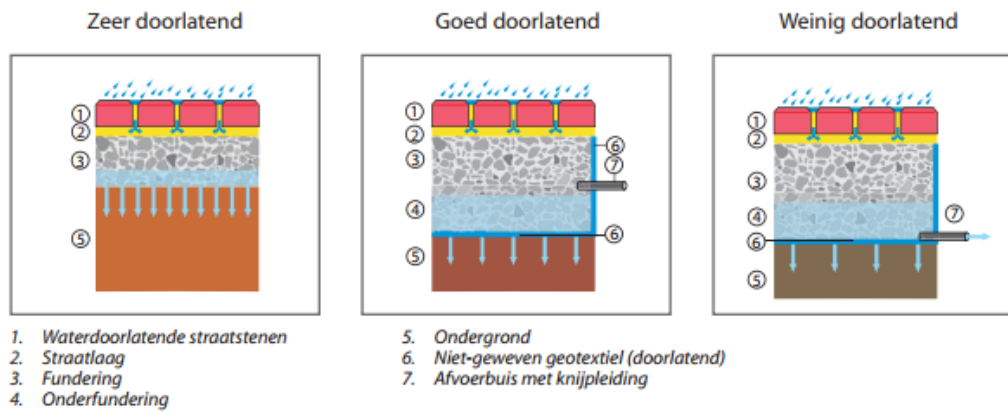
Bij een wegenisopbouw is het ook mogelijk dat er gebruik gemaakt wordt van een drainagesysteem. Men past een drainagesysteem toe wanneer het nodig is om de bodem van een bepaald gebied te ontwateren. Drainage kan men zowel over als door de grond uitvoeren en zal het water meestal naar een oppervlaktewater zoals een sloot, gracht,... leiden. Omdat dit onderzoek zich toespitst op de ondergrond en de 'minder hinder'-steenslag, is er dus de mogelijkheid om een drainagesysteem te gebruiken in beide lagen. Wanneer de ondergrond ondoorlatend is, is het aangeraden om de lagen erboven van een drainage te voorzien.

Drainagebuizen of knijpleidingen zijn een vaak toegepast product in drainagesystemen voor het regelen van het waterpeil in de grond. Een drainagebuis is zeer flexibel en heeft een geringe diameter. Deze diameter is afhankelijk van de toegelaten hoeveelheid water die mag afgevoerd worden en dus ook van de desbetreffende oppervlakte en capaciteit van het opvangbekken. Door middel van openingen zorgt de drainagebuis ervoor dat het water in de buis kan komen. Om te voorkomen dat deze openingen dichtslibben door de bodemdeeltjes, wordt er gebruik gemaakt van een omhullend materiaal (een filter). Veel voorkomende filtermaterialen bij drainagebuizen kokosvezels en polypropreenvezels (type PP 450 of PP 700) [21].

Zoals eerder vermeld worden in dit onderzoek alleen de ondergrond, de onderfundering en de fundering beschouwd bij de wegopbouw. Het bepalen of een drainagesysteem effectief nodig is, is zeer sterk afhankelijk van de doorlaatbaarheid van de ondergrond. Kijkend naar de wegopbouw zijn er drie verschillende mogelijkheden voor een drainagesysteem. Figuur 18 en Figuur 19 tonen deze mogelijkheden [22].



Figuur 18: Drainagesysteem, afhankelijk van de ondergrond [22, p. 34]



Figuur 19: Drainagesysteem in de wegconstructie [22, p. 35]

### 2.6.3 Geotextiel

De onderfundering van een wegconstructie kan eventueel ook beschermd worden. Omdat de ondergrond uit kleine deeltjes bestaat is er een kans dat deze deeltjes gaan indringen in de onderfundering die erop geplaatst wordt. Dit kan ervoor zorgen dat de infiltratie-/buffercapaciteit van de onderfundering kan veranderen. Om dit probleem op te lossen kan er een geotextiel aangebracht worden op de ondergrond. Een geotextiel heeft de volgende functies [23] :

- Scheiding van lagen: het geotextiel zorgt ervoor dat op elkaar liggende lagen niet met elkaar kunnen vermengen.
- Filter: het geotextiel is waterdoorlatend.
- Verhoging van het draagvermogen: het geotextiel zorgt ervoor dat de structuur versterkt wordt. Door middel van hun aanwezigheid worden de lasten op de structuur beter verdeeld en zal de draagkracht toenemen.



Figuur 20: Scheiding van lagen (links) en verhoging van het draagvermogen (rechts) [23]

## 2.7 Soorten steenslagmaterialen

Er zijn heel wat materialen op de markt beschikbaar die voldoen om als onderfundering en fundering te voldoen die voldoende water doorlaatbaarheid bezitten en vergelijkbare eigenschappen bezitten met de ‘minder hinder’-steenslag van dit moment. Uit nazicht van het Standaardbestek 250, blijken volgende materialen op dit moment aanvaard te worden [24] [25]:

### **Onderfundering:**

- Natuursteenslag;
- Gebroken hoogovenslak;
- Rode mijnsteen;
- Betongranulaat;
- Niet-teerhoudend asfaltgranulaat (maximaal 30 %);
- Menggranulaat;
- Metselwerkgranulaat;
- Beton- en asfaltgranulaat;
- Grof granulaat afkomstig van fysico-chemisch gewassen granulaat;
- Rolgrind.

### **Fundering:**

- Natuursteenslag;
- Gebroken hoogovenslak;
- Betongranulaat;
- Niet-teerhoudend asfaltgranulaat in gebonden toepassingen van het type A;
- Menggranulaat in gebonden toepassingen van het type A;
- Steenslag van gebroken roestvaststaalslakken in gebonden toepassingen van het type A.

Uit opzoekingen blijken er ook alternatieve materialen te bestaan die gebruikt kunnen worden als alternatief voor de ‘minder hinder’-steenslag van dit moment.



- Silixsteen:

Silixsteen is een materiaal dat bestaat uit ronde quartzgrind met een korrelgrootte van 0 tot 40mm. De grind bestaat uit een mengeling van witte, grijze en beige natuurstenen en wordt vaak gebruikt als element bij de aanleg van een oprit, terras of tuinpad. [26]



*Figuur 21: Silixsteen*

- Glasschuim

Glasschuim is een materiaal dat geproduceerd wordt uit het restproduct dat overblijft bij de recycling van glas. Schuimglas is een soort spons van glas, hierdoor is het materiaal zeer luchtig en licht, maar daarnaast ook zeer sterk waardoor een groot draagvermogen mogelijk is. Het granulaat heeft een zeer hoge drukbestendigheid, belastingen van meer dan de 50 kN/m<sup>2</sup> zijn toelaatbaar op het glasschuim. Glasschuim granulaat verouderd niet, is niet giftig, reukloos, stabiel van vorm en is bestand tegen insecten en knaagdieren [27] [28].



*Figuur 22: Glasschuim [29]*

## 2.8 Gekalkte leem-en kleigrond

Kalk wordt al duizenden jaren gebruikt als bindmiddel voor bouwwerken. Tegenwoordig wordt kalk vooral gebruikt om leem -en kleihoudende ondergronden te verbeteren. Wanneer bij de uitvoering van een project leem-of kleigronden hergebruikt willen worden is bekalking aangeraden. Klei- en leemgronden hebben namelijk niet al te beste eigenschappen op geotechnisch vlak en zijn ook moeilijk te verdichten en te berijden in de onbehandelde vorm [30].

Door de leem- of kleigrond te bekalken ontstaat er een exotherme hydratatiereactie tussen de ongebluste kalk en de bestaande ondergrond. Deze reactie zorgt ervoor dat er een sterke warmteontwikkeling is. Hierdoor droogt de grond uit en verlaagt het watergehalte van de grond. De kalk kan per percentage toegevoegde kalk ongeveer 3% watergehalte van de grond verlagen. Daarnaast ontstaat er een wijziging van het elektrostatisch veld tussen de kleideeltjes onderling. Dit heeft twee grote voordelen. Het eerste voordeel is dat de grond van een plastische toestand (kleverig) overgaat naar een vaste toestand (korrelig). In de vaste toestand is deze makkelijker verdichtbaar. Een tweede groot voordeel is dat de behandelde grond een veel groter (4 tot 10 maal) draagvermogen bezit dan de onbehandelde grond. Door deze methode moet er geen klei-of leemgrond afgegraven worden en vervangen door andere betere draagkrachtige grond [30].



### 3. Praktisch onderzoek

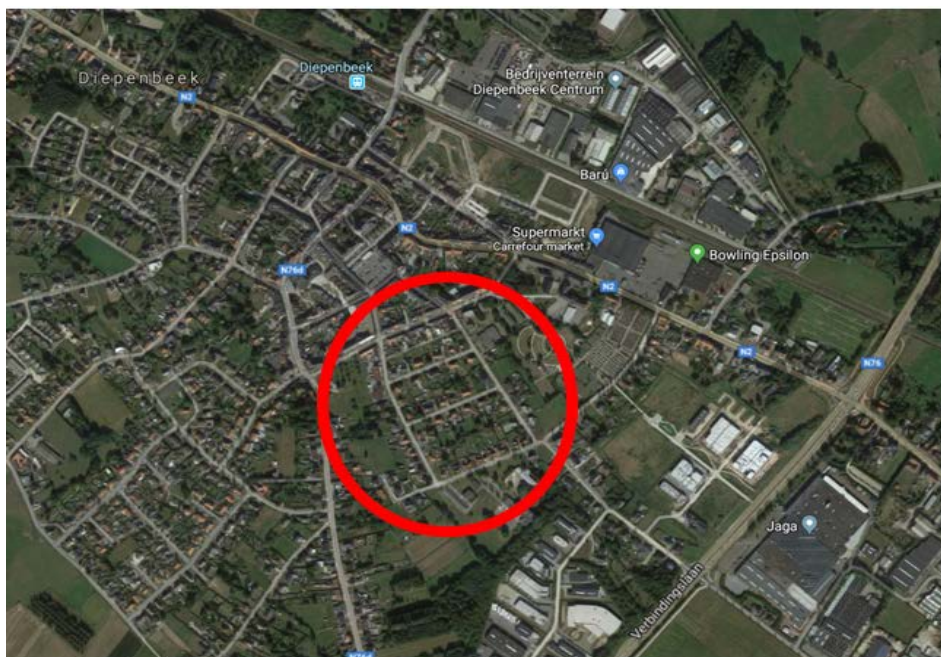
#### 3.1. Randvoorwaarden proefvakken

##### 3.1.1 Locatie

Om de testen uit te voeren voor dit onderzoek, moest er naar een plaats gezocht worden waar deze konden doorgaan. Daarom werd er beroep gedaan op BESIX Infra zelf. BESIX Infra is op dit moment bezig met het vernieuwen van de St.-Janswijk in Diepenbeek (zie de rode cirkel in Figuur 24) . De werken in deze wijk zijn van start gegaan op 5 maart 2018. De St.-Janswijk omvat de St.-Janslaan, Kerklaan, Meidoornlaan, Rozenlaan, Toekomststraat, Weenderikstraat en een gedeelte van de Kloosterstraat. Bij dit project wordt zowel een nieuw rioleringsstelsel als een nieuwe wegenis aangebracht. De proefvakken zelf werden uitgevoerd op een gedeelte van de Rozenlaan (zie Figuur 25). Het voordeel dat deze proeven op een echte werf konden uitgevoerd worden, was dat de proefvakken op die manier blootgesteld werden aan de werkelijke omstandigheden die zich op een wegenwerf voordoen.



*Figuur 23: Ligging van de gemeente Diepenbeek in Vlaanderen*



*Figuur 24: Ligging van de St.-Janswijk in Diepenbeek*



*Figuur 25: Plantekening St.-Janswijk*

### 3.1.2 Materialen

De proefvakken worden aangelegd met verschillende materialen. Hierbij is er ook opzoek gegaan naar alternatieve materialen die binnen de bouwsector een afvalproduct zijn. Daarnaast wordt er ook gekeken of de materialen economische rendabel zijn t.o.v. de huidige 'minder hinder'-steenslag. De meeste materialen die in het Standaardbestek 250 beschreven staan als materiaal voor fundering of onderfundering zijn als gebruik voor 'minder hinder'-steenslag door de bijzonder bestekken uitgesloten. Deze materialen zijn dan ook niet verder onderzocht in dit onderzoek als gebruik voor 'minder hinder'-steenslag. Volgende materialen zijn onderzocht op economische haalbaarheid en worden niet uitgesloten door bijzonder bestekken:

- Gebroken betonpuin 0/40;
- Gebroken betonpuin 20/63;
- Silexsteen 20/40;
- Glasschuim.

#### **Kostprijs materialen**

*Tabel 7: Kostprijs materialen*

<b>Funderingsmaterialen</b>	<b>Prijs/m<sup>3</sup></b>
Gebroken betonpuin 0/40	€18
Gebroken betonpuin 20/63	€20
Glasschuim	€128,26
Silexsteen	€12

Uit deze prijzen blijkt dat het materiaal glasschuim economisch niet rendabel is voor gebruik als ‘minder hinder’-steenslag. Daarom wordt beslist om op dit materiaal geen onderzoek te doen maar enkel op de silexsteen, gebroken betonpuin 20/63 en gebroken betonpuin 0/40.

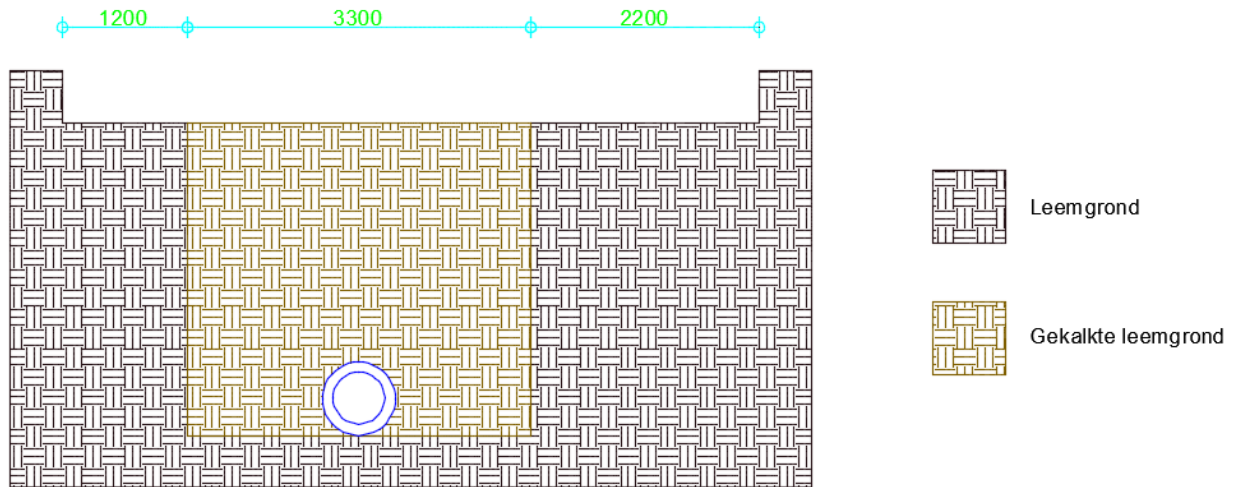
### 3.1.3 Ondergrond

Vooraleer de ‘minder hinder’-steenslag geplaatst wordt op de werf, wordt eerst de riolering in de ondergrond geplaatst. Dit gebeurt door in het midden van de weg een sleuf te voorzien waarin de rioleringsbuizen geplaatst zullen worden. Deze sleuf kan beveiligd worden door gebruik te maken van een sleufbekisting die ervoor zorgt dat de sleuf niet kan instorten en zo veilige werkomstandigheden creëert. (zie Figuur 26). De ondergrond in de St.-Janswijk bestaat uit leem. Door het plaatsen van de riolering ontstaat er een zone met leemgrond die verwijderd wordt. Na het plaatsen van de riolering, wordt er gekalkte leemgrond terug geplaatst. De grond die opgegraven wordt, wordt voor het terugplaatsen behandeld met kalk om het draagvermogen te verbeteren. Op deze werf wordt er een percentage van 3% kalk toegevoegd aan de leemgrond. Daarnaast is er ook nog een zone aanwezig die niet aangegraven wordt voor het plaatsen van de riolering. Hierdoor is er dus ook een niet-gekalkte zone leem aanwezig in de rijweg waar ‘minder hinder’-steenslag aangelegd wordt.



*Figuur 26: Aanleggen van de riolering doormiddel van een sleufbekisting*

Figuur 27 geeft een doorsnede weer van de wegkoffer bij het aanleggen van de riolering met de afmetingen van hoe het aanleggen op de werf in Diepenbeek werd toegepast:



Figuur 27: Dwarsdoorsnede van de weg na aanleg van het riool

## 3.2 Proefvakken

### 3.2.1 Opbouw

Voor het uitvoeren van de proeven is er op één locatie proefvakken voorzien. De proeven zullen uitgevoerd worden op de werf 'St.-Janswijk' te Diepenbeek. In Diepenbeek bestaat de ondergrond van de proefvakken uit leem en gekalkte leem. Na overleg met de aannemer werd gekozen om in totaal 18 verschillende proefvakken op te stellen op de werf. Er kan de keuze gemaakt worden om een proefvak aan te leggen met of zonder geotextiel. Een geotextiel zal zorgen voor een betere infiltratie, daarom worden er ook proefvakken aangelegd zonder geotextiel. Hierdoor kan het verschil in draagkracht en infiltratie vergeleken worden van de proefvakken met geotextiel en de proefvakken zonder geotextiel. De invloed van een drainage op infiltratie en draagkracht van de steenslag wordt ook onderzocht. Net zoals bij de geotextiel kiezen we om binnen hetzelfde steenslagmateriaal en binnen dezelfde ondergrond proefvakken aan te leggen met en zonder drainage.

Hierdoor ontstaan er drie grote categorieën van proefvakken. Er is eerst en vooral gekozen om het huidige voorgeschreven type steenslag betonpuin 20/63 25cm aan te leggen. Hierdoor kunnen de andere materialen die onderzocht worden vergeleken worden met de huidige type 'minder hinder'-steenslag binnen de wegenbouw. Daarnaast is er als tweede categorie een combinatie van twee materialen gekozen. Als onderlaag van de 'minder hinder'-steenslag wordt eerst 20 cm betonpuin 0/40 aangelegd met nadien 5cm van het huidige betonpuintype 20/63. Deze keuze van samenstelling is gemaakt op basis van ervaringen van de aannemer. Als derde grote categorie is er gekozen om 25cm silexsteen van het type 20/40 aan te leggen.

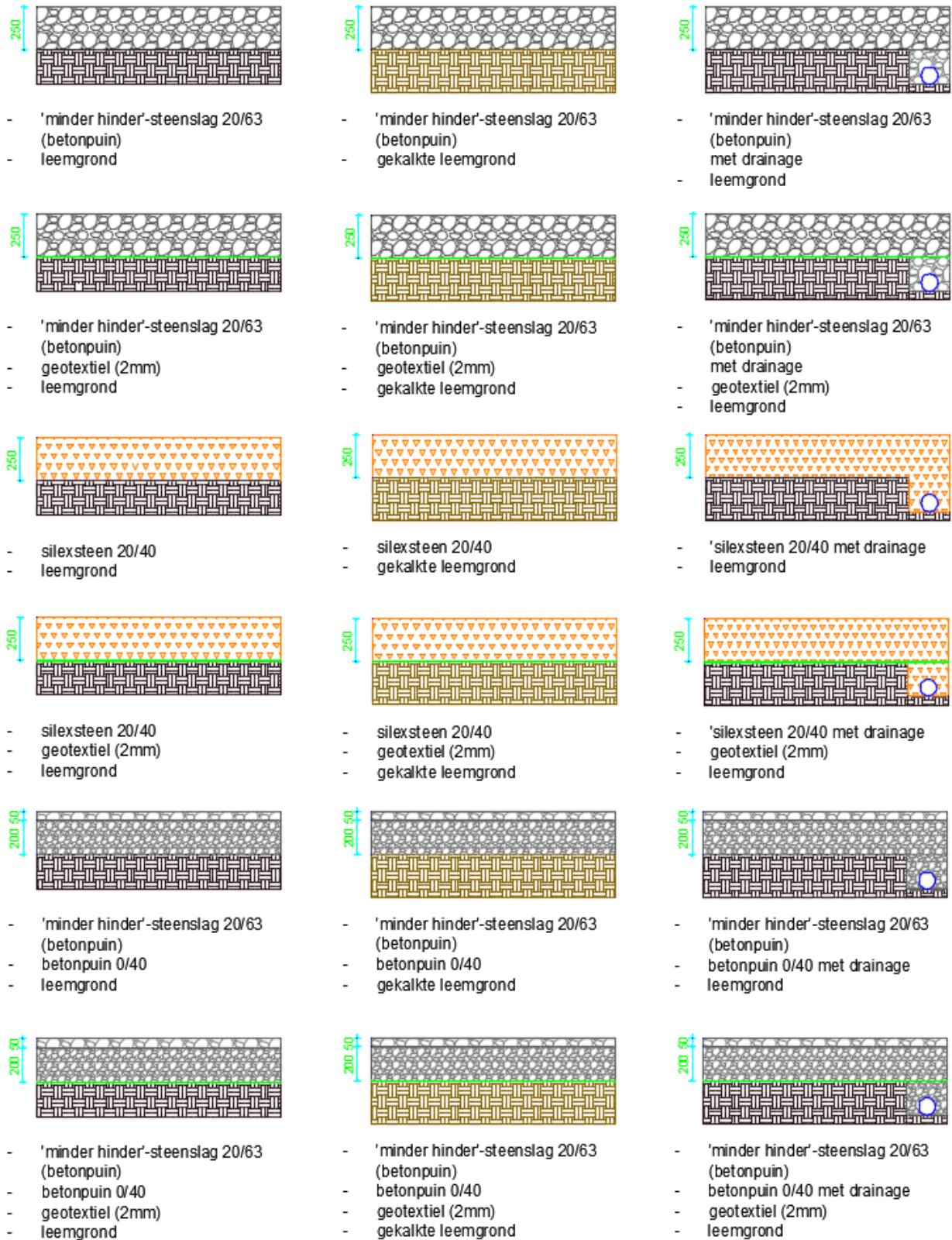
Deze combinatie van factoren zorgt voor onderstaande proefvakken:

- proefvak 25cm betonpuin 20/63 zonder geotextiel op gekalkte leem;
- proefvak 25cm betonpuin 20/63 zonder geotextiel op leem;
- proefvak 25cm betonpuin 20/63 zonder geotextiel op leem met drainage;

- proefvak 25cm betonpuin 20/63 met geotextiel op gekalkte leem;
- proefvak 25cm betonpuin 20/63 met geotextiel op leem;
- proefvak 25cm betonpuin 20/63 met geotextiel op leem met drainage;
- proefvak 20cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 zonder geotextiel op gekalkte leem;
- proefvak 20cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 zonder geotextiel op leem;
- proefvak 20cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 zonder geotextiel op leem met drainage;
- proefvak 20cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 met geotextiel op gekalkte leem;
- proefvak 20cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 met geotextiel op leem;
- proefvak 20cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 met geotextiel op leem met drainage;
- proefvak 25cm silexsteen 20/40 zonder geotextiel op gekalkte leem;
- proefvak 25cm silexsteen 20/40 zonder geotextiel op leem;
- proefvak 25cm silexsteen 20/40 zonder geotextiel op leem met drainage;
- proefvak 25cm silexsteen 20/40 met geotextiel op gekalkte leem;
- proefvak 25cm silexsteen 20/40 met geotextiel op leem;
- proefvak 25cm silexsteen 20/40 met geotextiel op leem met drainage.

Figuur 28 geeft een visuele interpretatie van de geteste proefvakken weer.





Figuur 28: Visuele interpretatie proefvakken (lengtes in [mm])

### 3.2.2 Aanleg van de proefvakken

#### **Creëren van de aardebaan**

Er werd al eerder aangehaald dat de proefvakken werden geplaatst op een gedeelte van Rozenlaan in de St.-Janswijk. Het plaatsen van het rioleringsstelsel en het aanleggen van de aardebaan gebeurde in de week van 9-15 april 2018 (zie Figuur 30). Na het aanleggen van de aardebaan werd er meteen een sleuf voorzien waarin de drainage aangebracht kon worden (zie Figuur 29). Er is gebruik gemaakt van een drainage PVC organisch omwikkeld met kokos diameter 80. In bijlage A is de technische fiche terug te vinden van de drainage.



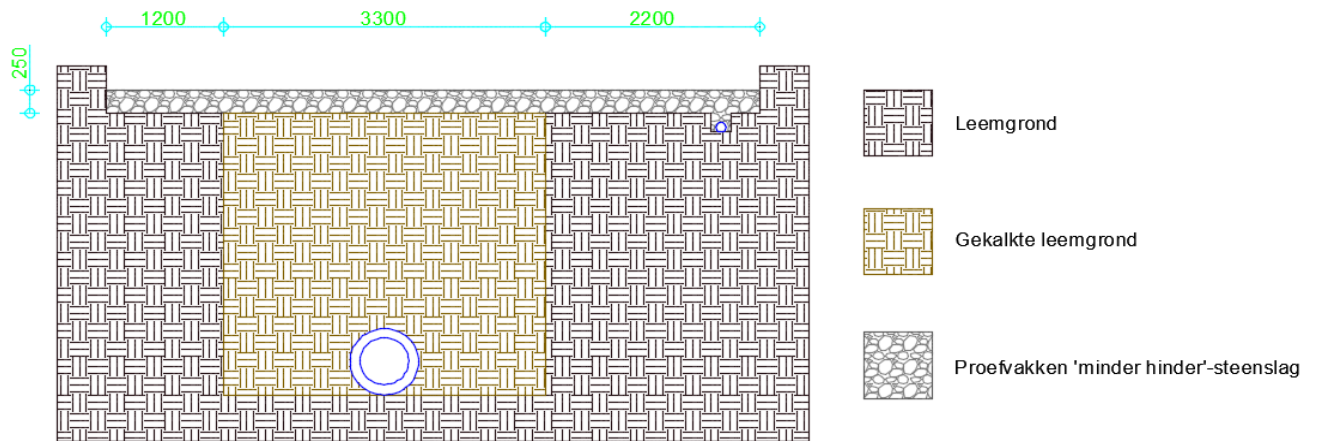
*Figuur 29: Aanleg drainage in de aardebaan*



*Figuur 30: Aardebaan van de weg*

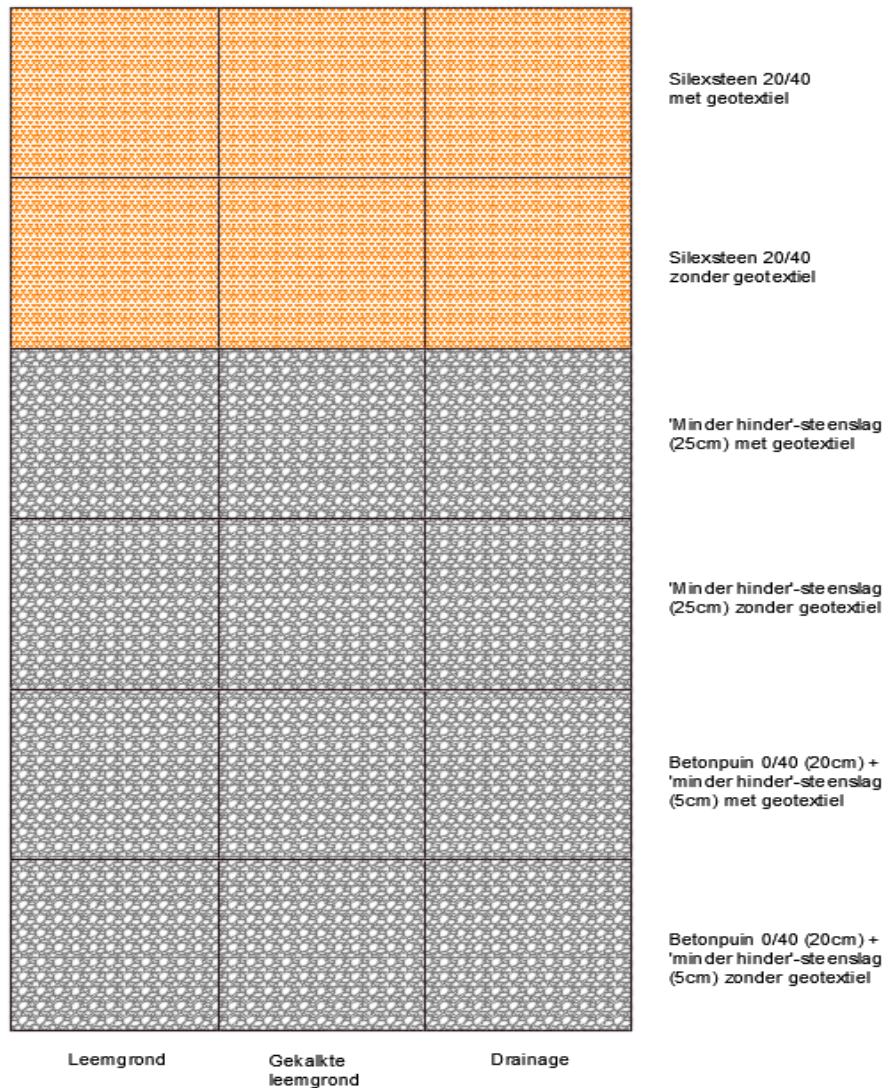
#### **Concept van de aanleg van de proefvakken**

De aardebaan werd aangelegd in de week van 9-15 april 2018. Vervolgens konden de proefvakken worden aangelegd. Allereerst geeft Figuur 31 een conceptuele doorsnede van de wegconstructie weer van een proefvak dat aangelegd werd op de aardebaan. Dit is conceptueel voor alle proefvakken hetzelfde. In Figuur 31 is ook duidelijk zichtbaar waar er gekalkte leem aanwezig is en onbehandelde, niet-gekalkte leem.



Figuur 31: Conceptuele dwarsdoorsnede van de proefvakken op de aardebaan (lengtes in [mm])

Om een goed beeld te geven van het concept waarmee de proefvakken werden aangelegd, wordt er in Figuur 32 een conceptueel bovenaanzicht gegeven van hoe de proefvakken op de weg aangebracht werden.



Figuur 32: Conceptuele interpretatie proefvakken (bovenaanzicht)

### Werkelijke aanleg van de proefvakken

Op 20 april 2018 werden alle proefvakken op de werf aangelegd. Het aanleggen van de proefvakken startte eerst met het uitrollen van de geotextiel op de plaatsen waar de proefvakken met geotextiel voorzien waren (Zie bijlage B: technische fiche van de geotextiel). Om gemakkelijk op de werf zelf te kunnen onthouden welke proefvakken waar lagen, werden er aan de kant van de weg bordjes geplaatst waar het aangelegde proefvak op beschreven staat. Zo was steeds duidelijk voor de arbeiders welk proefvak waar aangelegd moest worden en konden de grenzen van elk proefvak afgebakend worden. Vervolgens werd op elk deel van de aardebaan de juiste soort steenslag gelegd om zo de proefvakken compleet te maken. De foto's hieronder tonen de voortgang van de werken bij het aanleggen van de proefvakken.



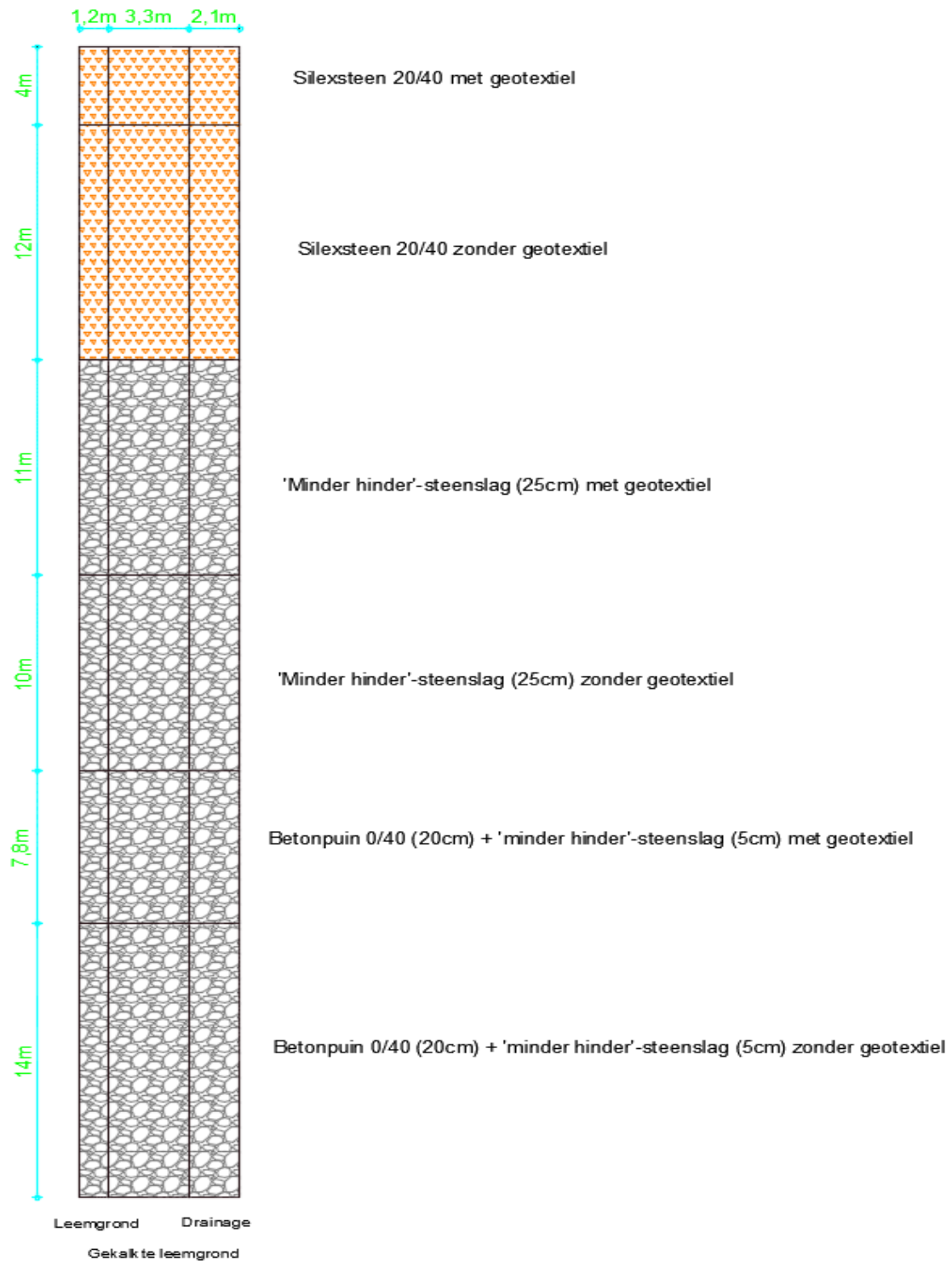
*Figuur 33: Bordje met info steenslag*



*Figuur 34: Proefvak met en zonder geotextiel*

*Figuur 35: Aanleg silexsteen*

De proefvakken hadden na het aanleggen niet allemaal dezelfde lengte en breedtes. Dit komt door het feit dat de gekalkte leem bijvoorbeeld over een grotere breedte van de weg wordt aangebracht dan de gewone leemgrond. Ook in lengte verschillen de proefvakken met elkaar. Figuur 36 toont de afmetingen van de proefvakken die op de Rozenlaan werden aangelegd.



Figuur 36: Afmetingen van de werkelijke proefvakken

### 3.3 Uitvoering van de proeven

#### 3.3.1 Infiltratieproef van de ondergrond

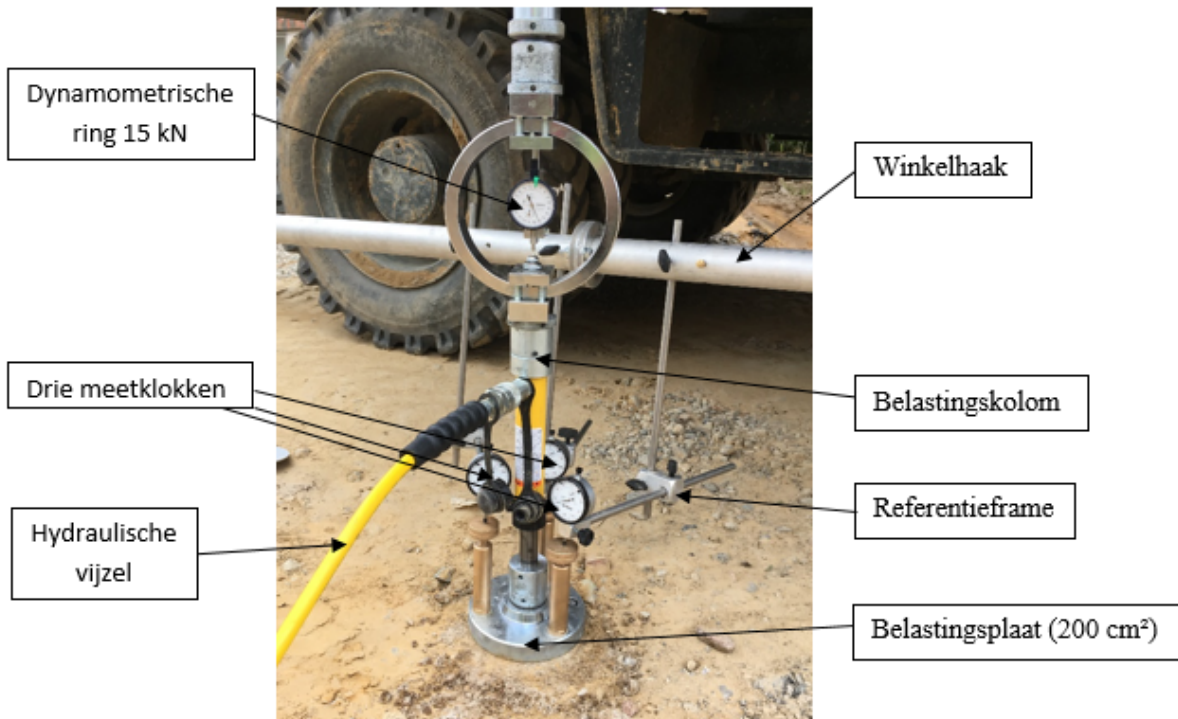
Voordat de proefvakken aangelegd werden, werd er eerst bepaald wat de infiltratiesnelheid van de gebruikte ondergronden was (gekalkte leem en niet-gekalkte leem). Dit wordt gedaan door middel van een infiltratieproef. Door het toepassen van deze infiltratieproef kon er ten eerste gekeken worden met welke soort ondergrond er effectief gewerkt werd. Ten tweede kon ook het verschil in infiltratiesnelheid tussen de verschillende soorten gebruikte ondergronden bepaald worden. Dit gegeven is belangrijk omdat de ondergrond een belangrijke factor speelt in het feit of er hinder door water is of niet. Daarnaast speelt de verzadiging van de grond door water een belangrijke rol bij het draagvermogen van de ondergrond. Na het uitvoeren van de infiltratieproeven konden de proefvakken aangelegd worden op de werf.



*Figuur 37: Uitvoeren van de open-end test*

#### 3.3.2 Plaatproeven

Nadat de proefvakken aangelegd werden, werd er enkele weken gewacht voordat de plaatproeven uitgevoerd werden. Het werfverkeer en de aangelanden hebben hierdoor enkele weken over de proefvakken kunnen rijden. De proefvakken komen hierdoor zoveel mogelijk overeen met een werkelijke situatie op een werf. Nadat de plaatproeven uitgevoerd werden op alle proefvakken kan er een vergelijking gemaakt worden van welk materiaal met welke eigenschappen de meeste draagkracht biedt. Figuur 38 toont hoe de plaatproef werd uitgevoerd.



*Figuur 38: Uitvoering plaatproef*

Allereerst werd de belastingsplaat van 200 cm<sup>2</sup> op het te beproeven vak geplaatst. Om deze plaat stabiel te houden bij een ondergrond met grote korrelgrootte, werd er eerst zand onder aangebracht. Op de belastingplaat werd vervolgens de belastingskolom aangebracht. Deze belastingkolom werd door middel van een hydraulische vijzel opgepompt. Als tegengewicht werd een graafmachine gebruikt. Daarna werd de winkelhaak, waaraan het referentiefraam met de meetklokken hing, zo geplaatst dat de meetklokken op de belastingsplaat aangebracht konden worden. Wanneer deze op hun plaats staan werd een voorbelasting van 20 kN/m<sup>2</sup> aangebracht op de plaat. Deze belasting is af te lezen op de meter van de dynamometrische ring. Hierna werden de drie meetklokken ingesteld op nul en werd de aangebrachte belasting telkens verhoogd tot 50 kN/m<sup>2</sup>, 150 kN/m<sup>2</sup> en 250 kN/m<sup>2</sup>.

### 3.3.3 Infiltratieproef – ‘ringproef’

Op 18 mei 2018 werden er door het OCW ringproeven uitgevoerd op de proefvakken. Deze ringproeven hadden als doel om de infiltratiesnelheid te bepalen van de drie verschillende soorten onderfunderingen die onderzocht werden in dit onderzoek. Zo kon er bepaald worden welke onderfundering er voor de beste ontwatering van het wegdek zorgde bij wegenwerken. Deze ringproeven werden uitgevoerd op het moment dat de proefvakken al een aantal weken aangelegd waren en dus al goed vervuild waren. Dit zou dus een reëel beeld geven van de ontwatering van het wegdek tijdens de werken.



*Figuur 39: Uitvoering infiltratieproef*

Bij het opbouwen van de infiltratieproef gebruikte men twee ringen die op de onderfundering aangebracht werden. Voor het plaatsten van de ringen werd eerst een laag cementmengsel gezet waar de ringen geplaatst werden. Deze laag moest zorgen dat het water dat in de ringen terecht kwam niet langs de zijanten kon weglopen. Nadat de ringen geplaatst waren, werd er in de binnenste ringen een sproeiconstructie geplaatst die hier voor watertoevoer zorgde. Ook werd er een sensor in de binnenste ring geplaatst die het niveau van het water in de binnenste ring meette. Om de metingen van start te laten gaan, werd de buitenste ring constant voorzien van water. Dit zorgde ervoor dat het water van de binnenste ring alleen maar verticaal kon infiltreren in de ondergrond. De resultaten uit de meting werden verkregen door de sensor. De sensor meette het waterniveau in de binnenste ring en wanneer dit niveau te laag was, stuurde de sensor aan om de binnenste ring bij te vullen.

Deze ringproef is normaal alleen maar geschikt om uit te voeren op straatstenen. Omdat er geen infiltratieproef bestaat die geschikt is voor uit te voeren op een ondergrond die bestaat uit materiaal met een grote korrelgrootte (20/40, 20/63) en met daartussen vervuiling (leem,...) werd ervoor gekozen, in samenspraak met het OCW, om de ringproef toe te passen. Al snel bleek dat er zich enkele problemen voordeden:

- Omdat er tussen het onderfunderingsmateriaal veel leem aanwezig was, kon het water in de buitenste ring moeilijk verticaal infiltreren. Dit had als gevolg dat het water een andere uitweg probeerde te vinden en zich dus horizontaal, door kleine gaatjes in het cementmengsel, uit de ring probeerde te verplaatsen.
- Omdat het onderfunderingsmateriaal niet volledig horizontaal werd aangelegd, stond het water in de binnenste ring niet overal even hoog. Dit zorgt voor foute meetresultaten.
- Na een tijd ontstond er, door het blijven toevoegen van water, een ring van water rond de proefopstelling. Dit komt omdat leemgrond slecht infiltreert en het water zich dus horizontaal in de steenslag ging verplaatsen. Bij goed doorlatende ondergronden is dit niet het geval omdat het water hier snel verticaal kan infiltreren. Omdat het water zich horizontaal verplaatste in de proefvakken gaf dit dan ook fouten op de meetresultaten.

De problemen zorgden er voor dat de infiltratiesnelheid van een steenslag met grote korrelgrootte, op een ondergrond van leem, niet gemeten konden worden met een ringproef.





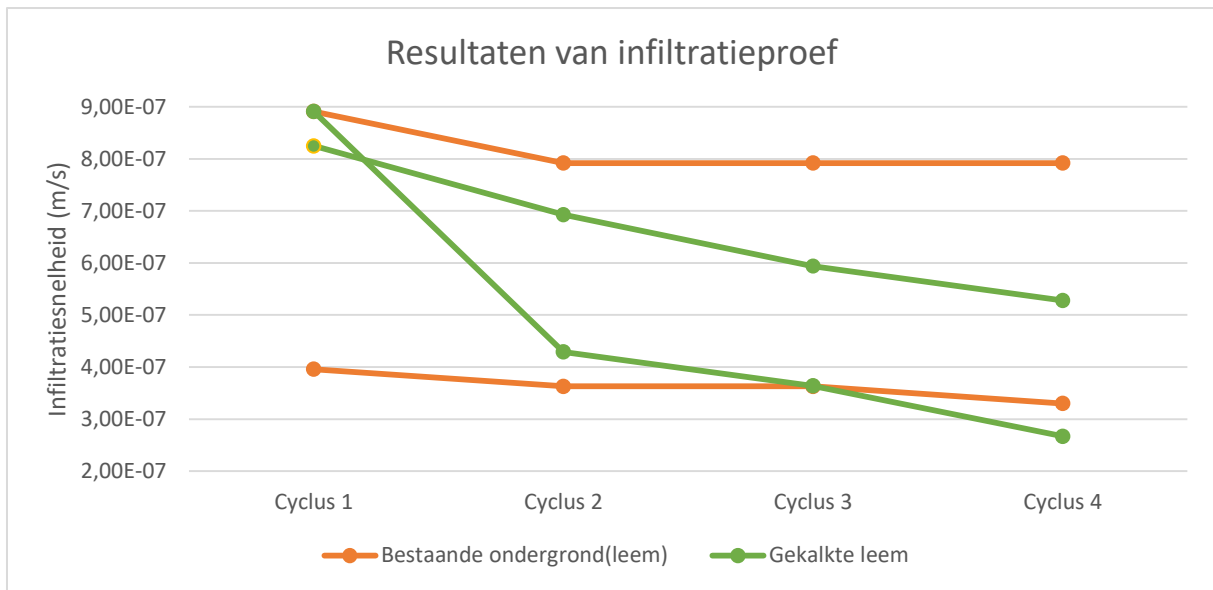
## 4. Resultaten van het onderzoek

### 4.1 Infiltratieproef – ‘open - end test’ op de ondergrond

De infiltratieproeven zijn door het opzoekingscentrum van de wegenbouw uitgevoerd op 16 april 2018. Er zijn in het totaal 4 infiltratieproeven uitgevoerd. Twee infiltratieproeven zijn uitgevoerd op de normale ondergrond die niet gekalkt is. Daarnaast zijn nog twee infiltratieproeven op de gekalkte leem uitgevoerd. De proeven worden uitgevoerd door een PVC-buis op de ondergrond te plaatsen. Deze PVC-buis wordt nadien gevuld met water tot een sensor de pomp stil legt om bij te vullen. Wanneer het water 1 mm gezakt is in de buis, stopt de meting en berekent het besturingssysteem de infiltratiesnelheid. Deze methode wordt herhaald totdat er stabiele waarden ontstaan. De resultaten van de infiltratieproeven op de ondergrond zijn weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8: Resultaten infiltratieproef ondergrond

<b>Bestaande ondergrond (leem)</b>	<b>Infiltratiesnelheid (m/s)</b>
Meting 1	3,96E-07
Meting 2	3,63E-07
Meting 3	3,63E-07
Meting 4	3,30E-07
<b>Bestaande ondergrond (leem)</b>	<b>Infiltratiesnelheid (m/s)</b>
Meting 1	8,91E-07
Meting 2	7,92E-07
Meting 3	7,92E-07
Meting 4	7,92E-07
<b>Gekalkte leem</b>	<b>Infiltratiesnelheid (m/s)</b>
Meting 1	8,91E-07
Meting 2	4,29E-07
Meting 3	3,64E-07
Meting 4	2,67E-07
<b>Gekalkte leem</b>	<b>Infiltratiesnelheid (m/s)</b>
Meting 1	8,25E-07
Meting 2	6,93E-07
Meting 3	5,94E-07
Meting 4	5,28E-07



*Figuur 40: Grafiek resultaten infiltratieproef*

Uit de resultaten van de metingen blijkt dat de bestaande ondergrond een doorlatendheidsfactor bezit die tussen  $3,30E-07$  m/s en  $7,92E-07$  m/s ligt. Uit deze infiltratiesnelheid kan er afgeleid worden dat de bodem bestaat uit gebieden met leemgrond en lichte kleigrond. De doorlatendheidsfactor van  $5,4 \cdot 10^{-5}$  m/s is niet behaald wat betekent dat de ondergrond als niet waterdoorlatend beschouwd moet worden. De bestaande ondergrond is dan ook matig tot slecht doorlatend in de proefopstelling. Uit de resultaten van de gekalkte leem, blijkt dat de doorlatendheidsfactor veel korter bij elkaar ligt, namelijk tussen  $2,67E-07$  m/s en  $5,28E-07$  m/s. Uit deze doorlatendheidsfactoren blijkt dat de gekalkte leem in het algemeen slechter doorlatend is dan de bestaande ondergrond.

## 4.2 Plaatproef

De plaatproeven op de proefvakken werden door BESIX Infra uitgevoerd op 14 mei 2018. Er werden in het totaal 18 plaatproeven uitgevoerd. De resultaten van de plaatproeven zijn weergegeven in Tabel 9, Tabel 10 en Tabel 11. De drie meetklokken gaven voor elk proefvak telkens drie waarden voor de drie aangebrachte belastingen (50, 150 en 250 kN/m<sup>2</sup>). Deze waarden zijn de zettingen die door de klokken gemeten werden op de plaats van de drie punten waar de meetklokken zich bevonden. De waardes van de meetklokken zelf mochten onderling ook niet meer dan 0,5 mm van elkaar afwijken. Anders was de proef ongeldig.

### 4.2.1 Meetresultaten meetklokken

Tabel 9: Resultaten van de plaatproef op de proefvakken van de leemgrond

<i>Leemgrond</i>					
<b>Proefvak</b>	<b>Aangebrachte last (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Zetting meetklok 1 (mm)</b>	<b>Zetting meetklok 2 (mm)</b>	<b>Zetting meetklok 3 (mm)</b>	<b>Afwijking meetklokken &lt; 0,5 mm?</b>
Silexsteen 20/40 (25 cm) - zonder geotextiel -	50	0,03	0,10	0,06	0,07
	150	0,39	0,52	0,32	0,20
	250	0,88	1,06	0,71	0,35
Silexsteen 20/40 (25 cm) - met geotextiel -	50	0,00	0,05	0,03	0,05
	150	0,25	0,29	0,32	0,07
	250	0,85	0,59	0,64	0,26
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - zonder geotextiel -	50	0,01	0,01	0,07	0,06
	150	0,50	0,95	0,81	0,45
	250	1,68	1,49	1,55	0,19
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - met geotextiel -	50	0,02	0,10	0,08	0,08
	150	0,20	0,49	0,47	0,29
	250	0,75	0,95	1,05	0,30
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'-steenslag 20/63 (5 cm) - zonder geotextiel -	50	0,03	0,09	0,08	0,06
	150	0,41	0,55	0,48	0,14
	250	0,80	1,00	0,88	0,20
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'-steenslag 20/63 (5 cm) -met geotextiel -	50	0,08	0,09	0,09	0,01
	150	0,45	0,44	0,52	0,08
	250	0,79	0,75	0,91	0,16

Tabel 10: Resultaten van de plaatproef op de proefvakken van de gekalkte leemgrond

<i>Gekalkte leemgrond</i>					
<b>Proefvak</b>	<b>Aangebrachte last (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Zetting meetklok 1 (mm)</b>	<b>Zetting meetklok 2 (mm)</b>	<b>Zetting meetklok 3 (mm)</b>	<b>Afwijking meetklokken &lt; 0,5 mm?</b>
Silexsteen 20/40 (25 cm) - zonder geotextiel -	50	0,06	0,24	0,24	0,18
	150	0,63	0,82	0,80	0,19
	250	1,19	1,05	1,25	0,20
Silexsteen 20/40 (25 cm) - met geotextiel -	50	0,06	0,07	0,08	0,02
	150	0,25	0,45	0,36	0,20
	250	0,52	0,93	0,71	0,41
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - zonder geotextiel -	50	0,00	0,00	0,00	0,00
	150	0,03	0,25	0,13	0,22
	250	0,34	0,62	0,46	0,28
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - met geotextiel -	50	0,01	0,01	0,01	0,00
	150	0,11	0,07	0,25	0,18
	250	0,35	0,30	0,75	0,45
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'-steenslag 20/63 (5 cm) - zonder geotextiel -	50	0,06	0,04	0,01	0,05
	150	0,21	0,29	0,17	0,12
	250	0,4	0,47	0,29	0,18
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'-steenslag 20/63 (5 cm) - met geotextiel -	50	0,03	0,06	0,03	0,03
	150	0,19	0,27	0,20	0,08
	250	0,31	0,45	0,36	0,14

Tabel 11: Resultaten van de plaatproef op de proefvakken van de drainage

<i>Drainage</i>					
<b>Proefvak</b>	<b>Aangebrachte last (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Zetting meetklok 1 (mm)</b>	<b>Zetting meetklok 2 (mm)</b>	<b>Zetting meetklok 3 (mm)</b>	<b>Afwijking meetklokken &lt; 0,5 mm?</b>
Silexsteen 20/40 (25 cm) - zonder geotextiel -	50	0,02	0,12	0,24	0,22
	150	1,28	1,38	1,29	0,10
	250	2,17	2,36	1,96	0,40
Silexsteen 20/40 (25 cm) - met geotextiel -	50	0,09	0,08	0,04	0,05
	150	0,63	0,71	0,55	0,16
	250	1,40	1,44	1,11	0,33
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - zonder geotextiel -	50	0,01	0,09	0,09	0,08
	150	0,50	0,65	0,70	0,20
	250	1,05	1,28	1,32	0,27
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - met geotextiel -	50	0,01	0,05	0,14	0,13
	150	0,19	0,27	0,38	0,19
	250	0,29	0,69	0,75	0,46

Drainage					
Proefvak	Aangebrachte last (kN/m <sup>2</sup> )	Zetting meetklok 1 (mm)	Zetting meetklok 2 (mm)	Zetting meetklok 3 (mm)	Afwijking meetklokken < 0,5 mm?
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'-steenslag 20/63 (5 cm) - zonder geotextiel -	50	0,26	0,30	0,34	0,08
	150	1,17	1,38	1,50	0,33
	250	2,20	2,50	2,66	0,46
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'-steenslag 20/63 (5 cm) - met geotextiel -	50	0,01	0,04	0,02	0,03
	150	0,21	0,28	0,22	0,07
	250	0,65	0,70	0,85	0,20

#### 4.2.2 Berekening samendrukbaarheidsmodulus

Voor het berekenen van het draagvermogen is de samendrukbaarheidsmodulus van elk proefvak berekend. Dit werd gedaan met de volgende formule (1) [16]:

$$M1 = \frac{D \cdot \Delta p}{\Delta s} \text{ (voor een plaat van 200 cm}^2\text{)} \quad (1)$$

Met:

D = diameter van de plaat (in mm);

$\Delta p$  = drukverschil tussen twee belastingstrappen (in MN/m<sup>2</sup>);

$\Delta s$  = zettingsverschil, overeenstemmend met  $\Delta p$  (in mm).

Hieruit volgt formule (2) uit 2.5.4:

$$M1 = \frac{159,6 \text{ mm} \cdot 0,1 \text{ MN/m}^2}{\Delta s} = \frac{15,96 \text{ cm}}{\Delta s} \quad (2)$$

De samendrukbaarheidsmodulus M1 is berekend voor elk proefvak waarvan de waarde  $\Delta s$  gekend was.  $\Delta s$  stelt het zettingsverschil voor, deze werd berekend op volgende manier:

- Eerst werd de gemiddelde zetting berekend uit de drie aflezingen van de meetklokken voor iedere belastingscyclus (50,100 en 250 kN/m<sup>2</sup>). Deze waardes zijn weergegeven in tabel 15,16 en 17.;
- Als tweede stap is het zettingsverschil berekend. Dit werd gedaan door het verschil te nemen van de gemiddelde zetting bij 250 kN/m<sup>2</sup> en 150 kN/m<sup>2</sup>.;
- Als laatste stap kan met behulp van het berekende zettingsverschil de samendrukbaarheidsmodulus berekend worden met behulp van formule (2).

Tabel 12: Gemiddelde waarden voor de zettingen bij de proefvakken van de leemgrond

Leemgrond		
Proefvak	Aangebrachte last (kN/m <sup>2</sup> )	Gemiddelde zetting (mm)
Silexsteen 20/40 (25 cm) - zonder geotextiel -	50	0,06
	150	0,41
	250	0,88
Silexsteen 20/40 (25 cm) - met geotextiel -	50	0,03
	150	0,29
	250	0,69
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - zonder geotextiel -	50	0,03
	150	0,75
	250	1,57
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - met geotextiel -	50	0,07
	150	0,39
	250	0,92
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'- steenslag 20/63 (5 cm) - zonder geotextiel -	50	0,07
	150	0,48
	250	0,89
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'- steenslag 20/63 (5 cm) -met geotextiel -	50	0,09
	150	0,47
	250	0,82

Tabel 13: Gemiddelde waarden voor de zettingen bij de proefvakken van de gekalkte leemgrond

Gekalkte leemgrond		
Proefvak	Aangebrachte last (kN/m <sup>2</sup> )	Gemiddelde zetting (mm)
Silexsteen 20/40 (25 cm) - zonder geotextiel -	50	0,18
	150	0,75
	250	1,16
Silexsteen 20/40 (25 cm) - met geotextiel -	50	0,07
	150	0,35
	250	0,72
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - zonder geotextiel -	50	0,00
	150	0,14
	250	0,47
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - met geotextiel -	50	0,01
	150	0,14
	250	0,47
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'- steenslag 20/63 (5 cm) - zonder geotextiel -	50	0,04
	150	0,22
	250	0,39
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'- steenslag 20/63 (5 cm) -met geotextiel -	50	0,04
	150	0,22
	250	0,37

Tabel 14: Gemiddelde waarden voor de zettingen bij de proefvakken van de drainage

<i>Drainage</i>		
<b>Proefvak</b>	<b>Aangebrachte last (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Gemiddelde zetting (mm)</b>
Silexsteen 20/40 (25 cm) - zonder geotextiel -	50	0,13
	150	1,32
	250	2,16
Silexsteen 20/40 (25 cm) - met geotextiel -	50	0,07
	150	0,63
	250	1,32
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - zonder geotextiel -	50	0,06
	150	0,62
	250	1,22
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - met geotextiel -	50	0,07
	150	0,28
	250	0,58
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'- steenslag 20/63 (5 cm) - zonder geotextiel -	50	0,30
	150	1,35
	250	2,45
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'- steenslag 20/63 (5 cm) -met geotextiel -	50	0,02
	150	0,24
	250	0,73



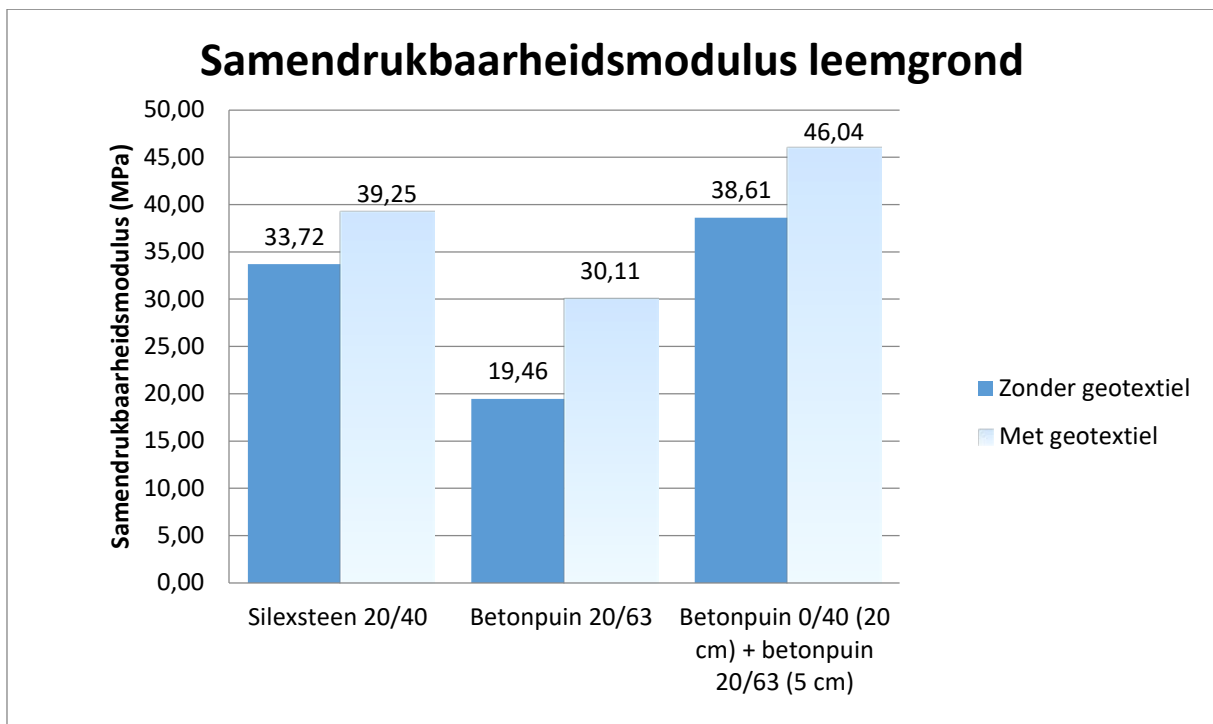
#### 4.2.3 Resultaten samendrukbaarheidsmodulus

##### Leemgrond

In Tabel 15 zijn de samendrukbaarheidsmodulussen terug te vinden voor de 6 verschillende proefvakken op leemgrond.

Tabel 15: Zettingsverschil en samendrukbaarheidsmodulus voor de proefvakken van de leemgrond

Leemgrond		
Proefvak	Zettingsverschil $\Delta s$	Samendrukbaarheidsmodulus M1 (MPa)
Silexsteen 20/40 (25 cm) - zonder geotextiel -	0,47	33,72
Silexsteen 20/40 (25 cm) - met geotextiel -	0,41	39,25
'Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - zonder geotextiel -	0,82	19,46
'Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - met geotextiel -	0,53	30,11
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'-steenslag 20/63 (5 cm) - zonder geotextiel -	0,41	38,61
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'-steenslag 20/63 (5 cm) - met geotextiel -	0,35	46,04



Figuur 41: Samendrukbaarheidsmodulus bij de proefvakken van de leemgrond

In Figuur 41 zijn de samendrukbaarheidsmodulussen van zes proefvakken terug te vinden voor de ondergrond die bestaat uit leem. Uit de meetresultaten is duidelijk af te leiden dat het proefvak met 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 de meeste draagkracht biedt. Het proefvak met 25cm silexsteen is het tweede meest draagkrachtige materiaal binnen de ondergrond leem. Het huidige gebruikte type 'minder hinder'-steenslag (25 cm betonpuin 20/63) bezit het minste draagkracht binnen de ondergrond leem.

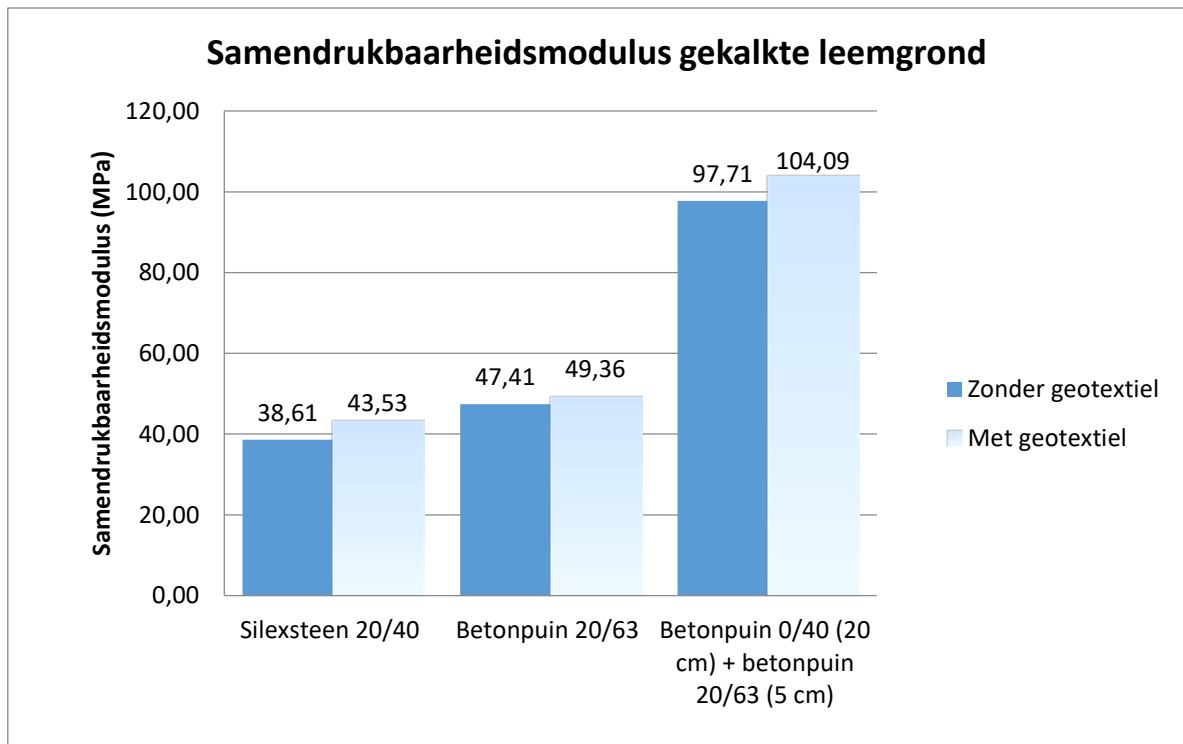
Er is binnen dezelfde materiaalgroep een significant verschil in draagkracht tussen een proefvak met en zonder geotextiel. Bij de proefvakken waarbij er een steenslagtype betonpuin gebruikt is met een geotextiel, is er gemiddeld een verbetering in draagkracht van de ondergrond van  $\pm 10$  MPa tegenover de proefvakken zonder geotextiel. Bij de silexsteen is er een minder groot verschil in draagkracht,  $\pm 6$  MPa, op te merken tussen de proefvakken met of zonder geotextiel. Het valt op dat het huidige type 'minder hinder'-steenslag op leemgrond niet de beste oplossing is qua draagvermogen. Beter wordt gekozen voor een laag van 20 cm betonpuin type 0/40 en 5 cm betonpuin type 20/63. Het proefvak silexsteen met geotextiel en proefvakken 20cm betonpuin type 0/40 + 5cm betonpuin 20/63 met en zonder geotextiel behalen de norm van 35 MPa en voldoen dus als onderfundering qua draagkracht. Geen enkel materiaal voldoet echter aan de norm van 110 MPa om te voldoen als fundering binnen de wegkoffer.

### **Gekalkte leemgrond**

In Tabel 16 zijn de samendrukbaarheidsmodulussen terug te vinden voor de 6 verschillende proefvakken op gekalkte leemgrond.

*Tabel 16: Zettingsverschil en samendrukbaarheidsmodulus voor de proefvakken van de gekalkte leemgrond*

<i>Gekalkte leemgrond</i>		
<b>Proefvak</b>	<b>Zettingsverschil <math>\Delta s</math></b>	<b>Samendrukbaarheidsmodulus <math>M_1</math> (MPa)</b>
Silexsteen 20/40 (25 cm) - zonder geotextiel -	0,64	38,61
Silexsteen 20/40 (25 cm) - met geotextiel -	0,37	43,53
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - zonder geotextiel -	0,34	47,41
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - met geotextiel -	0,32	49,36
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'-steenslag 20/63 (5 cm) - zonder geotextiel -	0,15	97,71
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'-steenslag 20/63 (5 cm) -met geotextiel -	0,16	104,09



*Figuur 42: Samendrukbaarheidsmodulus bij de proefvakken van de gekalkte leemgrond*

In Figuur 42 zijn de samendrukbaarheidsmodulussen van zes proefvakken terug te vinden voor de ondergrond die bestaat uit gekalkte leem. Uit de meetresultaten is duidelijk af te leiden dat het proefvak met 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 de meeste draagkracht biedt. Dit proefvak biedt dubbel zoveel draagkracht tegenover de twee andere materialen, zowel met als zonder geotextiel. Het proefvak met het huidige gebruikte type ‘minder hinder’-steenslag (25 cm betonpuin 20/63) is het tweede meest draagkrachtige materiaal binnen de groep van gekalkte leem. De silexsteen biedt het minste draagkracht bij een ondergrond met gekalkte leem.

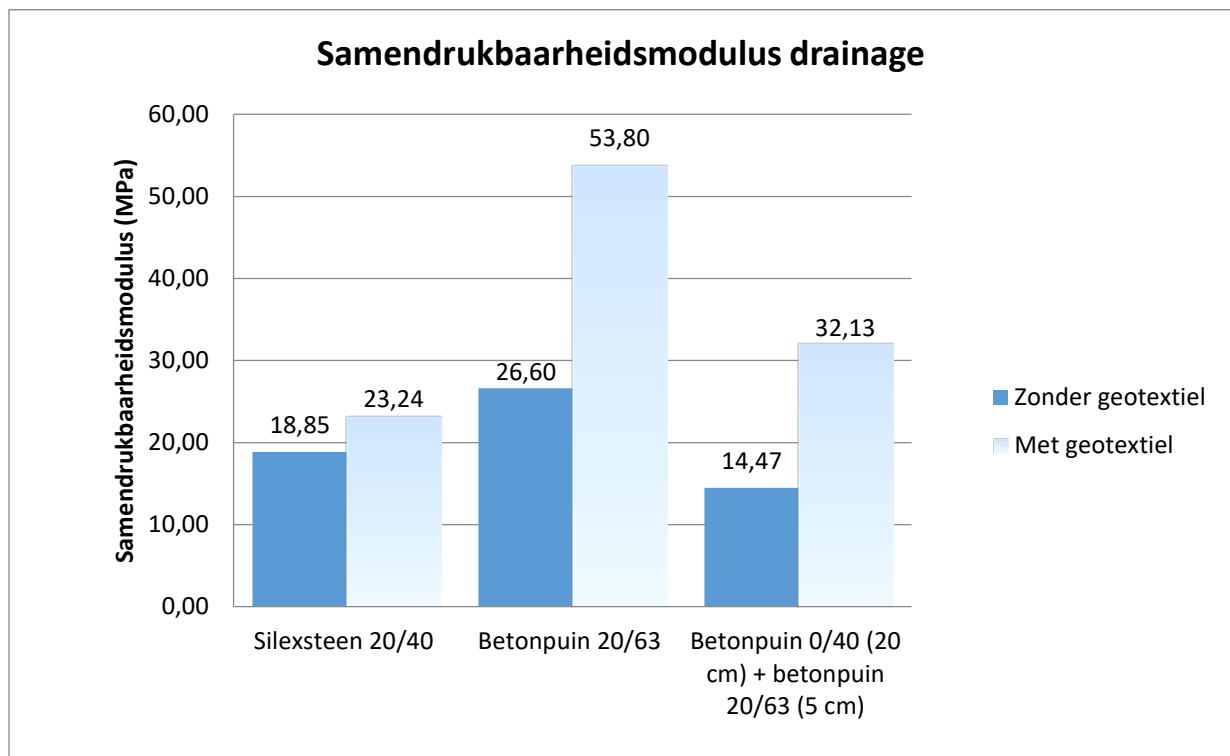
Er is binnen dezelfde materiaalgroep een verschil in draagkracht tussen een proefvak met en zonder geotextiel. Het verschil in draagkracht tussen het proefvak met geotextiel en zonder geotextiel is gemiddeld  $\pm 5$  MPa. Net zoals bij de leemgrond is het huidige type ‘minder hinder’-steenslag niet de beste oplossing qua draagvermogen. Beter wordt gekozen voor een laag van 20 cm betonpuin type 0/40 en 5 cm betonpuin type 20/63. Alle proefvakken buiten het proefvak silexsteen zonder geotextiel behalen de norm van 35 MPa en voldoen dus als onderfundering qua draagkracht. Geen enkel proefvak behaalt de norm van 110 MPa om te voldoen als fundering binnen de wegkoffer. Het proefvak met opbouw 20 cm betonpuin type 0/40 en 5 cm betonpuin type 20/63 haalt net de norm om te voldoen als fundering niet.

## Leem met drainage

In Tabel 16 zijn de samendrukbaarheidsmodulussen terug te vinden voor de 6 verschillende proefvakken op de ondergrond met drainage.

Tabel 17: Zettingsverschil en samendrukbaarheidsmodulus voor de proefvakken van de drainage

Drainage		
Proefvak	Zettingsverschil $\Delta s$	Samendrukbaarheidsmodulus M1 (MPa)
Silexsteen 20/40 (25 cm) - zonder geotextiel -	0,85	18,85
Silexsteen 20/40 (25 cm) - met geotextiel -	0,69	23,24
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - zonder geotextiel -	0,60	26,60
Minder hinder'-steenslag 20/63 (25 cm) - met geotextiel -	0,30	53,80
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'-steenslag 20/63 (5 cm) - zonder geotextiel -	1,10	14,47
Betonpuin 0/40 (20 cm) + 'minder hinder'-steenslag 20/63 (5 cm) - met geotextiel -	0,5	32,13



Figuur 43: Samendrukbaarheidsmodulus bij de proefvakken van de drainage

In Figuur 43 zijn de samendrukbaarheidsmodulussen van zes proefvakken terug te vinden voor de ondergrond van leem met drainage. Het meetresultaat van betonpuin type 20/63 met geotextiel is een uitschieter binnen deze groep van meetwaardes. Dit kan verklaard worden omdat deze plaatproef uitgevoerd is ter hoogte van een oprit van een woning. Hierdoor is de steenslag ter hoogte van deze locatie veel beter verdicht wat leidt tot een beter draagvermogen. Deze waarde kan dan ook niet vergeleken worden met de waardes van de andere proefvakken.

Wanneer de uitschieter buiten beschouwing gelaten wordt gelaten, is ook hier af te leiden dat het proefvak met 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 de meeste draagkracht biedt. Algemeen is de draagkracht bij de proefvakken van een leemondergrond met drainage veel lager dan bij dan andere types onderzochte ondergronden. Geen enkel proefvak behaalt de norm van 35 MPa draagkracht als onderfundering.

### 4.3 Evaluatie van de proefvakken

Na het aanleggen van de proefvakken werden de proefvakken wekelijks opgevolgd. Omdat er bij de meeste projecten na het plaatsen van de steenslag nog altijd verschillende werken plaatsvinden op en naast de weg zal de steenslag nooit in dezelfde toestand kunnen gehouden worden als dat ze afgeleverd is. Het was dus ook van belang om te onderzoeken wat de oorzaken waren voor deze verandering van de samenstelling van de steenslaglaag doorheen de werken en wat de gevolgen hiervan waren.

#### **Eén week na de aanleg:**

In de week van 23-29 april werden er enkele voorbereidende werken uitgevoerd om de aangelanden te kunnen aansluiten op de nieuwe gescheiden riolering. Bij deze werken is er gestart aan de kant van de Rozenlaan waar de proefvakken aangelegd waren. Er is duidelijk op Figuur 44 te zien dat er graafwerken uitgevoerd zijn. Hierdoor is de aangelegde steenslag ter hoogte van de graafputten licht vervuild geraakt met niet-gekalkte leem.



*Figuur 44: Betonpuin 20/63 vervuild met leem (week 1)*



*Figuur 45: Silexsteen vervuild met leem (week 1)*

Op Figuur 45 is duidelijk te zien dat door vervuiling aan de banden van vrachtwagens en graafmachines er leem op de proefvakken is vrijgekomen. Dit is duidelijk te zien aangezien er enkel stukken waar er gereden wordt duidelijk leem aanwezig is

**Twee weken na de aanleg:**

In de week van 30 april - 6 mei zijn er werken gestart door de aannemer om de rioleringsbuizen van de aangelanden aan te sluiten op de nieuwe rioleringsbuizen.



*Figuur 46: Proefvakken tijdens rioleringswerken (week 2)*



*Figuur 47: Aansluiten riolering aangelanden (week 2)*



*Figuur 48: Stabilisé gebruikt tijdens rioleringsaansluitingen aangelanden*

Tijdens de werken die in week 2 zijn gebeurd is duidelijk te zien dat de proefvakken ernstig vervuild geraken met leemgrond. Om de aangelanden hun riolering te zoeken en aan te sluiten moet er overal gegraven worden in de buurt van de 'minder hinder'-steenslag. De grond die vrijkomt om de rioleringsaansluitingen te kunnen doen, wordt vaak op de steenslag gelegd wegens plaatsgebrek.

Een tweede vervuiler van de 'minder hinder'-steenslag is de stabilisé welke gebruikt wordt in de uitgegraven putten van de rioleringsaansluitingen. Deze stabilisé wordt ook langs de proefvakken gelegd en tijdens het invoegen van de stabilisé in de putten valt er regelmatig stabilisé op de 'minder hinder'-steenslag.

Nadat de riolering is aangesloten van de aangelanden worden de putten terug dicht gegraven. Hierdoor wordt er bij het nemen van grond vanop de steenslaglaag onbedoeld steenslag mee verwijderd van de wegkoffer. Hierdoor ontstaan er plaatsen waar er minder dikke lagen steenslag aanwezig zijn.



### **Drie weken na de aanleg:**

In de week van 7 - 13 mei zijn de werken om de rioleringsbuizen van de aangelanden aan te sluiten op de nieuwe riolering afgewerkt.



*Figuur 49: Steenslag na dichtgraven aansluitingen aangelanden (week 3)*

Op Figuur 49 is duidelijk te zien dat de steenslag door de verschillende werken er veel slechter bij ligt dan afgeleverd in week 1.

#### 4.4 Doorslippen van voertuigen

Het proefvak dat aangelegd is met 25 cm silexsteen heeft tijdens de periode van het onderzoek voor problemen gezorgd op vlak van doorslippen bij voertuigen. Enkele uren nadat dit proefvak aangelegd was, is een voertuig vast komen te zitten in de silexsteen. Bij de twee andere typen van proefvakken is er geen melding gemaakt van doorslippen van voertuigen. Uit navraag bij de werfleiding over welke ervaringen hij heeft opgedaan omtrent het doorslippen van voertuigen en comfort van voetgangers en fietsers tijdens de periode dat de proefvakken aanwezig waren, blijkt dat het proefvak met het 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm van het type betonpuin 20/63 erboven voor het meeste comfort en stabiliteit bij de weggebruikers leidt. Het proefvak met 25 cm betonpuin 20/63 is een dik pakket met een vrij groot kaliber betonpuin. Het risico op het doorslippen van een voertuig is bij dit type vrij groot. Uit navraag bij andere werfleiders binnen de BESIX-groep blijkt ook dat er regelmatig voertuigen vast komen te zitten in het betonpuin type 20/63.



*Figuur 50: Silexsteen na eerste week (24/04/18)*

## 4.5 Modder op de werf

Een belangrijke functie van de ‘minder hinder’-steenslag is het beperken van modder op de werf. Er is na een zware regenbui gekeken of er een zichtbaar verschil qua modder tussen de proefvakken was. Figuur 51 en Figuur 52 geven de situatie weer na een regenbui.



*Figuur 51: Proefvakken met leemgrond als ondergrond*



*Figuur 52: Proefvakken met leemgrond en drainage als ondergrond*

Een eerste vaststelling na de regenbui was dat bij de proefvakken waarbij er geen drainage gelegd was beduidend meer water op het proefvak blijft staan (Figuur 51). Alle proefvakken met drainage hadden duidelijk minder last van plasvorming en dus ook modder. Tussen de proefvakken met geotextiel en

zonder geotextiel was er geen verschil te merken op vlak van minder modder. Tussen de drie verschillende materialen/samenstellingen van de proefvakken is er ook geen verschil op vlak van modder op te merken.

#### 4.6 Kostprijs

De kostprijs van de proefvakken werd ook bekeken. Dit is een belangrijk aspect voor de aannemer aangezien de kosten zo laag mogelijk moeten zijn om winst te kunnen maken. Er is van alle verschillende materialen prijs nagevraagd bij een groothandel waar aannemers deze materialen kunnen aankopen. In onderstaande tabel zijn de prijzen van de gebruikte materialen voor de proefvakken terug te vinden. De arbeidskosten worden niet in rekening gebracht bij de prijsberekening. De arbeidskosten zijn in verhouding veel hoger dan in een werkelijke situatie omdat de proefvakken redelijk klein zijn. Hierdoor is een prijsberekening van de arbeidskosten niet representatief voor deze situatie en wordt buiten beschouwing gelaten.

Tabel 18: Kostprijs funderingsmaterialen

Funderingsmaterialen	Prijs/m <sup>3</sup>
Gebroken betonpuin 0/40	€18
Gebroken betonpuin 20/63	€20
Silexsteen	€12

Tabel 19: Kostprijs drainagematerialen

Drainagematerialen	Prijs
Geotextiel geweven 87g/m <sup>2</sup>	€0,612/m <sup>2</sup>
Draineerbuis met kokosvel 100 mm	€2,22/m

De kostprijs van de proefvakken is berekend per m<sup>2</sup>. Hierbij is er steeds vanuit gegaan dat de proefvakken 25 cm dik zijn. De berekening van de kostprijs is voor steenslag betonpuin 20/63 hieronder volledig uitgewerkt. Tabel 20 geeft een samenvatting weer van de kostprijs per materiaal en gebruikt drainage materiaal.

- Kostprijs per m<sup>2</sup> van proefvak 25 cm betonpuin 20/63 zonder geotextiel  
 25 cm gebroken betonpuin 20/63 geeft 0,25 m<sup>3</sup> op 1 m<sup>2</sup>  
**Totale kostprijs 25 cm betonpuin 20/63 = 0,25m<sup>3</sup> x €20/m<sup>3</sup> = €5,00/m<sup>2</sup>**
- Kostprijs per m<sup>2</sup> van proefvak 25 cm betonpuin 20/63 met geotextiel  
 25 cm gebroken betonpuin 20/63 geeft 0,25 m<sup>3</sup> op 1 m<sup>2</sup>  
 Kostprijs 25 cm betonpuin 20/63 = 0,25m<sup>3</sup> x €20/m<sup>3</sup> = €5,00/m<sup>2</sup>  
 Kostprijs geotextiel: 1m<sup>2</sup> x €0,612 = €0,612/m<sup>2</sup>  
**Totale kostprijs proefvak 25 cm betonpuin 20/63 met geotextiel: €5,61/m<sup>2</sup>**
- Kostprijs per m<sup>2</sup> van proefvak met drainage  
 Kostprijs 25 cm betonpuin 20/63 = 0,25m<sup>3</sup> x €20/m<sup>3</sup> = €5,00/m<sup>2</sup>  
 De drainage wordt gemiddeld om de 4-5 meter breedte gelegd. Dit resulteert tot onderstaande vierkante meter prijs.  
 Kostprijs drainage = 1/5 x €2,22/m x 1m = €0,44/m<sup>2</sup>  
**Totale kostprijs proefvak 25 cm betonpuin 20/63 met drainage: €5,44/m<sup>2</sup>**

➤ Kostprijs per m<sup>2</sup> van proefvak met drainage en geotextiel

Kostprijs 25 cm betonpuin 20/63 = 0,25m<sup>3</sup> x €20/m<sup>3</sup> = €5,00/m<sup>2</sup>

Kostprijs geotextiel: 1m<sup>2</sup> x €0,612 = €0,612/m<sup>2</sup>

Kostprijs drainage = 1/5 x €2,22/m x 1m = €0,44/m<sup>2</sup>

**Totale kostprijs proefvak 25 cm betonpuin 20/63 met drainage en geotextiel: €6,05/m<sup>2</sup>**

Tabel 20: Kostprijs proefvakken per m<sup>2</sup>

Kostprijs/m <sup>2</sup>	Zonder geotextiel	Met geotextiel	Met drainage	Met drainage en geotextiel
25cm gebroken betonpuin 20/63	€5,00 /m <sup>2</sup>	€5,61/m <sup>2</sup>	€5,44 /m <sup>2</sup>	€6,05/m <sup>2</sup>
25cm silexsteen 20/40	€3,00/m <sup>2</sup>	€3,61/m <sup>2</sup>	€3,44/m <sup>2</sup>	€4,05/m <sup>2</sup>
20cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63	€4,60/m <sup>2</sup>	€5,21/m <sup>2</sup>	€5,04 /m <sup>2</sup>	€5,65/m <sup>2</sup>

## 5. Discussie

In volgend hoofdstuk worden de gevonden resultaten en de verwerking van deze resultaten besproken. Hierbij wordt ook aangegeven of deze overeenkomen met de verwachtingen. Daarnaast wordt ook aangegeven wat de eventuele beperkingen van het onderzoek zijn en eventuele suggesties bij een volgend onderzoek.

### 5.1 Infiltratieproef ondergrond

Uit de infiltratieproeven op de ondergrond blijkt duidelijk dat er te maken is met een leemgrond. De onbehandelde leemgrond is hierbij algemeen beter doorlatend dan de gekalkte leemgrond. De slechtere doorlatendheid van de gekalkte leemgrond is toch opmerkelijk aangezien door het behandelen van de ondergrond de grond korreliger wordt. Hierdoor wordt er ook vaak in de praktijk vanuit gegaan dat de gekalkte ondergrond beter doorlatend is wat uit deze resultaten blijkt dat niet altijd correct is. De slechtere doorlatendheid van de gekalkte leemgrond kan verklaard worden doordat de gekalkte leemgrond, nadat de riolering geplaatst is, verdicht wordt om voldoende draagkracht te garanderen. Doordat de grond verdicht is zal de bodem sneller verzadigd geraken en bezit de gekalkte ondergrond dus minder capaciteit om water te infiltreren.

### 5.2 Plaatproeven proefvakken

Uit de plaatproeven op de 18 verschillende proefvakken zijn er enkele fenomenen die besproken worden.

#### **Gekalkte ondergrond:**

Een eerste resultaat is dat de proefvakken die zich bevinden ter hoogte van de gekalkte ondergrond een veel betere draagkracht bezitten dan de overige ondergronden (leemgrond of leemgrond met drainage). Dit is een gekend resultaat en is ook vermeld geweest in de literatuurstudie. Uit de plaatproeven bij de gekalkte ondergrond blijkt dat de samenstelling van 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 de meeste draagkracht biedt. Deze samenstelling biedt een draagkracht die bijna dubbel zo groot is dan de proefvakken waarbij andere materialen of samenstellingen gebruikt zijn. De draagkracht bij dit proefvak zal beter zijn omdat het type steenslag betonpuin 0/40 een zeer kleine fractie bevat. Hierdoor zal er bij het uitvoeren van een plaatproef beter samenhang zijn tussen de betonpuin wat tot een hogere draagkracht leidt.

#### **Met en zonder geotextiel:**

Bij alle proefvakken blijkt dat er een duidelijk verschil is tussen de draagkracht van de ondergrond met of zonder geotextiel. Een geotextiel is in alle gevallen aan te raden aangezien het de draagkracht van de ondergrond verhoogt. Een algemeen fenomeen dat te vinden is in de resultaten, is dat het verschil in draagkracht tussen de proefvakken van silexsteen met of zonder geotextiel kleiner is dan bij de proefvakken waarbij betonpuin gebruikt is. Een mogelijke verklaring voor dit fenomeen is dat de silexsteen een rond materiaal is. De betonpuin is eerder een meer hoekig, ruw materiaal, hierdoor kan de betonpuin zich beter vastklemmen in het geotextiel dan een afgerond materiaal. Er zal dus algemeen op een geotextiel een betere draagkracht verkregen worden bij hoekige materialen dan bij ronde materialen.

### **Drainage:**

Uit de resultaten van de proefvakken waarbij een drainage aangelegd is, blijkt dat de draagkracht algemeen slechter is dan bij de proefvakken met ondergrond die bestaat uit leem of gekalkte leem. Dit is een resultaat dat niet te verwachten is. Dit resultaat is te verklaren door het feit dat de het opvulmateriaal dat gebruikt is bij de drainage onvoldoende verdicht is. Hierdoor is de draagkracht negatief beïnvloed. Bij het plaatsen van een drainage is het belangrijk dat het opvulmateriaal van de drainage altijd voldoende verdicht wordt. De resultaten van de proefvakken met drainage kunnen dan ook moeilijk vergeleken worden met de proefvakken met leemgrond of gekalkte leemgrond als ondergrond.

### **20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63:**

Algemeen blijkt dat qua draagkracht 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 met een geotextiel de beste oplossing is. Deze samenstelling is beter dan het huidige pakket van 25 cm betonpuin 20/63 dat gebruikt wordt als 'minder hinder'-steenslag. De norm van 35 MPa om te voldoen als onderfundering wordt bij dit type zonder probleem behaald (buiten resultaten met drainage).

## 5.3 Evaluatie van de proefvakken

Tijdens de aanleg van de proefvakken zijn er een aantal dingen opgevallen die belangrijk zijn en de resultaten kunnen beïnvloeden bij de keuze welk soort materiaal het beste als 'minder hinder'-steenslag gebruikt kan worden.

- Het aanleggen van een drainage zorgt ervoor dat er een extra gleuf gegraven moet worden om de drainage te plaatsen. De drainage moet met de hand geplaatst worden en is arbeidsintensief. Deze arbeidskost mag zeker niet verwaarloosd worden bij het bepalen van de beste oplossing in de praktijk.
- Het plaatsen van een geotextiel rondom uitstekend aansluitingen voor riolering werd niet altijd correct gedaan. Op figuur 29 is duidelijk zichtbaar dat er rondom de rioleringsbuis een gebied grond is waar er geen geotextiel rond aanwezig is.
- Het plaatsen van twee types steenslag zorgt bij de arbeiders snel voor verwarring en er dient een constante aanvoer van de twee types steenslag te zijn om een correcte opbouw van de 'minder hinder'-steenslag te garanderen. Bij het niet aanwezig zijn van beiden types steenslag raken arbeiders in verleiding om dikkere lagen betonpuin 0/40 of betonpuin 20/63 aan te leggen.

Algemeen is er bij de proefvakken te zien dat ze op de werf. Doordat de steenslag vervuild is zal er sneller modder kunnen ontstaan, meer stofhinder zijn en zal water slechter kunnen infiltreren in de grond. Deze problemen zouden net vermeden moeten worden door de 'minder hinder'-steenslag. Eén van de oorzaken hiervan is werfverkeer dat leemgrond aan en tussen de banden heeft hangen. Wanneer er over de 'minder hinder'-steenslag gereden wordt, kan er leemgrond loskomen van de banden en zo belanden op de 'minder hinder'-steenslag. De grootste oorzaak van de vervuiling is het uitvoeren van werken waarbij leemgrond op de 'minder hinder'-steenslag geplaatst wordt. Een eenvoudige oplossing is uitgegraven grond gewoonweg niet op de 'minder hinder'-steenslag te plaatsen maar op locaties waar geen steenslag aanwezig is. Dit is in de praktijk echter niet altijd haalbaar. Een alternatieve oplossing na afloop van zware graafwerken is het verwijderen van de eerste 5 cm 'minder hinder'-steenslag en nieuwe steenslag aanbrengen. Dit is echter een economische onaantrekkelijke oplossing en er moet dan ook afgewogen worden of de hinder die er veroorzaakt wordt opweegt tegen de extra kosten die er gemaakt moeten worden.

## 5.4 Doorslippen van voertuigen

Het doorslippen van de voertuigen is niet getest binnen dit onderzoek. Er is uit bevindingen ter plaatse op de werf gebleken dat silexsteen onmiddellijk voor problemen op de werf heeft gezorgd. Doordat silexsteen een rond materiaal van groot kaliber is, biedt het weinig grip aan een voertuig waardoor doorslippen snel gebeurt. Uit navraag bij de werfleiding blijkt dat 25 cm betonpuin 20/63 op andere werven vaak voor problemen zorgt op vlak van doorslippen. Hierbij kan de oorzaak net zoals bij de silexsteen bij de grootte van het kaliber gelegd worden.

## 5.5 Modder op de werf

Uit de bevindingen ter plaatse blijkt dat proefvakken met drainage voor minder modder zorgen op de werf. Dit kan verklaard worden doordat bij de proefvakken met drainage het water afgevoerd kan worden via de drainage naar de riolering. De ondergrond bij de proefvakken bestaat uit slecht doorlatende ondergrond. Hierdoor kan water slecht infiltreren en blijft dus staan in het pakket van steenslag of silexsteen. Tussen de materialen onderling en de proefvakken met of zonder geotextiel is er geen verschil qua infiltratie van water en modder op te merken. Er kan dus gesteld worden dat het steenslagmateriaal in dit onderzoek geen invloed op de modder heeft gehad. Een drainage heeft een positieve invloed op de hinder van modder en is dus aan te raden bij slecht doorlatende ondergronden.

## 5.6 Kostprijs

Uit de kostenberekening blijkt dat een pakket van 25 cm silexsteen het goedkoopste aan te leggen is qua materiaalkost afhankelijk van de keuze met of zonder drainage en met of zonder geotextiel variëren de prijzen tussen 3 - 4,05 €/m<sup>2</sup>. De tweede goedkoopste oplossing is 20cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 hierbij variëren de prijzen afhankelijk van de keuze met of zonder drainage en met of zonder geotextiel variëren de prijzen tussen 4,60 – 5,65 €/m<sup>2</sup>. Het minst economische materiaal is het huidige gebruikte type 'minder hinder'-steenslag, 25 cm betonpuin 20/63. Hierbij variëren de prijzen afhankelijk van de keuze met of zonder drainage en met of zonder geotextiel variëren de prijzen tussen 5,00 – 6,05 €/m<sup>2</sup>. Het verschil in kostprijs tussen de drie materialen met eventuele drainage of geotextiel lijkt relatief klein maar is voor grote aannemers zeker niet te verwaarlozen. Bij grote oppervlakken 'minder hinder'-steenslag loopt het bespaarde bedrag vlug op.





## 6. Optimale type 'minder hinder'-steenslag

Uit alle resultaten kan geconcludeerd worden dat een samenstelling van 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 met geotextiel en een drainage het minste hinder op de werf zal geven bij leem of gekalkte leem als ondergrond. Dit is niet het huidige voorgeschreven type 'minder hinder'-steenslag betonpuin 20/63. Omwille van volgende reden is er gekozen om het huidige type 'minder hinder'-steenslag betonpuin 20/63 te weerleggen en 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 met geotextiel en een drainage naar voor te schuiven:

- De draagkracht van 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 ligt gemiddeld 2 maal hoger dan 25 cm betonpuin 20/63.
- Een geotextiel zorgt voor een positieve bijdrage in draagkracht. De kostprijs van een geotextiel weegt niet op tegen het extra draagvermogen dat ontstaat. Een geotextiel wordt dus altijd aangeraden.
- Een drainage zorgt voor minder modder op de werf. Een drainage is aan te raden om dit probleem op te lossen. Echter wanneer de drainage niet correct wordt geplaatst zullen er problemen ontstaan met betrekking tot draagvermogen.
- 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 met geotextiel en drainage kost €5,65/m<sup>2</sup> terwijl het huidige type 25cm betonpuin 20/63 zonder geotextiel €5,00/m<sup>2</sup> kost. Deze meerprijs weegt niet op tegen de hinder die beperkt wordt.

Er wordt dan ook voorgesteld om het huidige type 'minder hinder'-steenslag betonpuin 20/63 te vervangen door 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 met geotextiel en een drainage. Door deze samenstelling kan de 'minder hinder'-steenslag zijn doel beter doen lukken.



## 7. Besluit

Deze masterproef heeft als doel om te onderzoeken wat de problematiek bij ‘minder hinder’-steenslag is en eventuele problemen op te lossen.

Uit de resultaten van de open-end test op de ondergrond blijkt dat de gekalkte leem algemeen slechter infiltreert dan onbehandelde leemgrond, dit komt doordat de gekalkte leemgrond verdicht wordt om draagkracht te verbeteren.

De resultaten van de plaatproeven geven weer dat de draagkracht van de proefvakken met gekalkte leem als ondergrond veel hoger ligt dan de proefvakken met onbehandelde leem als ondergrond. Dit kan toegeschreven worden aan de chemische reactie die ontstaat tussen leem en kalk. Verder blijkt dat tussen proefvakken met en zonder een geotextiel er telkens een verschil in draagkracht terug te vinden is. De proefvakken met geotextiel bezitten een hogere draagkracht dan proefvakken zonder geotextiel. Uit de resultaten van de plaatproeven blijkt ook dat er een algemeen fenomeen terugkomt. Tussen een proefvak van silexsteen met een geotextiel en een proefvak van silexsteen zonder een geotextiel is het verschil in draagkracht veel kleiner dan bij de proefvakken waarbij betonpuin gebruikt is. Een mogelijke verklaring voor dit fenomeen is dat de silexsteen een rond materiaal is. De betonpuin is eerder een meer hoekig, ruw materiaal, waardoor de betonpuin zich beter kan vastklemmen in het geotextiel dan een afgerond materiaal. Er zal dus algemeen op een geotextiel een betere draagkracht verkregen worden bij hoekige/ruwe materialen dan bij ronde materialen.

De proefvakken met een drainage aanwezig scoren algemeen het slechtste op vlak van draagvermogen. Dit resultaat is normaal niet te verwachten en kan toegeschreven worden door een slechte verdichting van het aanvulmateriaal van de drainage. Bij gebruik van een drainage is het dus belangrijk dat het aanvulmateriaal voldoende verdicht wordt.

Een laatste conclusie uit de plaatproef is dat 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 met een geotextiel het meeste draagkracht geeft op alle onderzochte types ondergrond. De norm van 35 MPa om te voldoen als onderfundering wordt bij dit type zonder probleem behaald (buiten resultaten met drainage).

Door de opvolging van de proefvakken gedurende drie weken zijn enkele problematieken van de ‘minder hinder’-steenslag vastgesteld kunnen worden. De gekende problemen van het aanwezig zijn van modder en stof op de werf, ondanks een ‘minder hinder’-steenslag die dit dient te verhinderen, zijn duidelijk aanwezig. Er is vastgesteld dat de grootste oorzaak hiervan werken zijn waarbij leemgrond op de ‘minder hinder’-steenslag geplaatst wordt. Een mogelijke en eenvoudige oplossing is de uitgegraven grond gewoonweg niet op de ‘minder hinder’-steenslag te plaatsen maar op locaties waar geen ‘minder hinder’-steenslag aanwezig is.

Vaststellingen tijdens de opvolging geven weer dat 25 cm silexsteen 20/40 en 25 cm betonpuin 20/63 risico's geven op vlak van doorslippen van voertuigen. De oorzaak hiervan is het grote kaliber en de dikte van de aangebrachte laag materiaal.

Uit de opvolging van de werf is gebleken dat proefvakken met drainage voor minder modder zorgen dan proefvakken zonder drainage. Dit is toe te schrijven aan het feit dat de ondergrond ondoorlatend is en water in de ‘minder hinder’-steenslag blijft staan met modder tot gevolg. Het is aan te raden om bij slecht doorlatende gronden drainage te plaatsen.

Uit kostprijsberekeningen is gebleken dat het proefvak van 25 cm silexsteen 20/40 het goedkoopste aan te leggen is qua materiaalkost.

Uit alle voorgaande conclusies is vastgesteld dat een samenstelling van 20 cm betonpuin 0/40 en 5 cm betonpuin 20/63 met geotextiel en een drainage het minste hinder op een werf met leemgronden zal

geven. Dit is echter alleen wanneer de drainage correct aangelegd wordt.

Bij volgend onderzoek kan er nagegaan worden of voorgaande conclusies ook voor zandgronden gelden in Vlaanderen.

## Bronnen

- [1] „Heijmansinfra,” [Online]. Available: <http://www.heijmansinfra.be/>. [Geopend oktober 2017].
- [2] M. Asschert, „Opbolling van grondwater onder de wegverharding,” 2015.
- [3] J. Hannes en D. Dewinter, „Nota: Minder hinder steenslag => Minder Modder op de Werf,” Besix Infra, 2017.
- [4] VIM, „Minder Hinder Platform,” [Online]. Available: <http://www.minderhinderplatform.be/minder-hinder-toets>. [Geopend 18 12 2017].
- [5] i. D. E. & I. G. V. WESEMAEL, „MINDER HINDER DRAAIBOEK VLAANDEREN,” [Online]. Available: <http://www.abr-bwv.be/sites/default/files/VIII.3..pdf>. [Geopend 19 12 2017].
- [6] „Algemene Wijzigingen en aanvullingen van Aquafin aan het Standaardbestek 250 voor bovengemeentelijke rioleringswerken,” Aquafin, 2015.
- [7] „Typedetailtekeningen,” Aquafin, 2011.
- [8] P. D. i. F. D. Smedt, „Classificatie,” in *Geotechniek 1*, Universiteit Hasselt, p. 25.
- [9] „Geopunt.be,” [Online]. Available: [www.geopunt.be](http://www.geopunt.be). [Geopend 15 11 2017].
- [10] „Watertoets,” [Online]. Available: <https://www.vlaanderen.be/nl/bouwen-wonen-en-energie/bouwen-en-verbouwen/watertoets>. [Geopend 2017].
- [11] „Infiltratiestudies,” Bodemkundige Dienst van België, [Online]. Available: <http://www.bdb.be/Productendiensten/Onderzoekstudies/Infiltratiestudies/tabid/137/language/nl-BE/Default.aspx>. [Geopend 2017].
- [12] „Deel 3: bronmaatregelen,” Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, [Online]. Available: [http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/code-goede-praktijk-rioleringsystemen/copy\\_of\\_Deel3\\_Bronmaatregelen\\_07\\_2014.pdf](http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/code-goede-praktijk-rioleringsystemen/copy_of_Deel3_Bronmaatregelen_07_2014.pdf). [Geopend 2017].
- [13] „Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen,” OCW, [Online]. Available: <http://www.stradusinfra.be/pdf/documentatie/ocw-dossier-5-waterdoorlatende-bestratingen-nl.pdf>. [Geopend 2017].
- [14] „Meting van de oppervlakdoorlatendheid in situ: dubbele-ringproef,” OCW, [Online]. Available: [http://www.brrc.be/nl/artikel/n530\\_04](http://www.brrc.be/nl/artikel/n530_04). [Geopend 2017].
- [15] „Meting van de doorlatendheid in situ: “open-end”-proef,” OCW, [Online]. Available: [http://www.brrc.be/nl/artikel/n530\\_02](http://www.brrc.be/nl/artikel/n530_02). [Geopend 2017].
- [16] Wegen en Verkeer, „Hoofdstuk 14 - Metingen en proeven,” 12 2016. [Online]. Available: <http://docs.wegenenverkeer.be/Standaardbestek%20250/Versie%203.1a/Hoofdstuk14.pdf>. [Geopend 19 12 2017].

- [17] „Standaardbestek 250 voor de wegenbouw - versie 2.1,” Wegen en Verkeer, [Online]. Available: <https://docs.wegenenverkeer.be/Standaardbestek%20250/Versie%202.1/hoofdstuk05.pdf>. [Geopend februari 2018].
- [18] „Handleiding voor het dimensioneren van wegen met bitumineuze verhardingen,” OCW, [Online]. Available: <http://www.brrc.be/nl/artikel/a4983>. [Geopend januari 2018].
- [19] p. d. i. C. F. Hendriks, De bouwcyclus, 1999.
- [20] „Dimensionering van wegen met een cementbetonverharding,” OCW, [Online]. Available: [http://www.brrc.be/nl/system/files/article/2016/04\\_20/rv2785.pdf](http://www.brrc.be/nl/system/files/article/2016/04_20/rv2785.pdf). [Geopend februari 2018].
- [21] „Technische documentatie drainage,” DYKA, [Online]. Available: [http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgd/drainage\\_8\\_www\\_dyka\\_nl.pdf](http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgd/drainage_8_www_dyka_nl.pdf). [Geopend 2017].
- [22] „Handleiding voor het ontwerp en de uitvoering van verhardingen in betonstraatstenen,” [Online]. Available: <http://www.brrc.be/nl/artikel/a8009>. [Geopend 2017].
- [23] „Geotextielen Insulco,” Insulco, [Online]. Available: [http://www.insulco.be/geotechnique/fibertex\\_nl.htm](http://www.insulco.be/geotechnique/fibertex_nl.htm). [Geopend 2017].
- [24] Wegen en Verkeer, „Standaardbestek 250: Hoofdstuk 3 - Materialen,” 12 2016. [Online]. Available: <http://docs.wegenenverkeer.be/Standaardbestek%20250/Versie%203.1a/Hoofdstuk03.pdf>. [Geopend 02 01 2018].
- [25] Wegen en Verkeer, „Standaardbestek 250: Hoofdstuk 5 - Onderfunderingen en funderingen,” 12 2016. [Online]. Available: <http://docs.wegenenverkeer.be/Standaardbestek%20250/Versie%203.1a/hoofdstuk05.pdf>. [Geopend 02 01 2018].
- [26] „Grind,” [Online]. Available: <https://www.hubo.be/nl/a/tuin/terras-bestrating/grind.html>. [Geopend 20 03 2018].
- [27] „GLASSCHUIM MOET VERZAKKENDE WEGEN REDDEN,” 2017 06 20. [Online]. Available: <http://alphen-in-het-nieuws.mozello.nl/nieuws/params/post/1227920/>. [Geopend 05 01 2018].
- [28] „Veriso schuimglasgranulaat,” [Online]. Available: <https://www.okelaar.be/berichten/schuimglasgranulaat/>. [Geopend 2018].
- [29] De Okelaar, „Veriso schuimglasgranulaat,” [Online]. Available: <https://www.okelaar.be/berichten/schuimglasgranulaat/>. [Geopend 18 02 2018].
- [30] FEDIEX Kalksectie, „Grondstabilisatie en grondrecyclage met kalk,” Brussel.

## Bijlage A: Technische fiche drainage



Fiche Nr.

### Drainagebuizen PVC omwikkeld



Type materiaal	Kenmerk	Keur	0(90) waarde
Kokos 1000 = 750 gr/M <sup>3</sup>	Organisch	Geen	1000

DN mm	Lengte op rol m	Artikelnummer code
<input type="checkbox"/> 50	50	230-33-05050
<input type="checkbox"/> 50	200	230-33-05200
<input type="checkbox"/> 65	50	230-33-96050
<input type="checkbox"/> 65	150	230-33-96150
<input type="checkbox"/> 80	50	230-33-08050
<input type="checkbox"/> 80	100	230-33-08100
<input type="checkbox"/> 100	50	230-33-10050
<input type="checkbox"/> 125	50	230-33-12050
<input type="checkbox"/> 160	25	230-33-16025
<input type="checkbox"/> 200	22,5	230-33-20020



**TECHNISCHE FICHE**

**SNELCODE 0613/0001**



technische fiche

CERTIFICATIE VAN

**GEOTEXTIEL**



Deze technische fiche werd afgedrukt op 25/05/2018.  
De geldigheid van deze fiche kan nagekeken worden op <http://extranet.copro.eu/>

TECHNISCHE FICHE		
SNELCODE	VERSIE	GELDIGHEID
<b>0613/0001</b>	<b>9.0 - 17/08/2016</b>	<b>VERVALLEN</b>
CERTIFICAATHOUDER	PRODUCTIE-EENHEID	CERTIFICAATNUMMER
Beaulieu Technical Textiles Industrielaan 3 BE-7780 Komen-Waasten +32 56 56 06 70	Beaulieu Technical Textiles Industrielaan 3 BE-7780 Komen-Waasten +32 56 56 06 70	BENOR 613/29 Geotextiel

PRODUCT	
OFFICIËLE BENAMING	COMMERCIEËLE BENAMING
<b>GEWEVEN GEOTEXTIEL</b>	<b>TERRALYS LF 15/15</b>

**OPSCHRIFT OP HET PRODUCT**

Op elke rol hoort een label met:

- naam product: Terralys LF 15/15
- 613 BENOR 29
- CE 1137-CPR-0613/29
- Rolnummer
- geotextiel
- polymeer: PP
- oppervlaktegewicht: zie eigenschappen

Op het geotextiel zelf (minstens om de 5 m):

- naam van het product: Terralys LF 15/15

TOEPASSING		
<input type="checkbox"/> CCT/TB-2011-(2014)	<input checked="" type="checkbox"/> PTV 829 (3.1)	<input checked="" type="checkbox"/> EN 13252 (2000)
<input checked="" type="checkbox"/> SB 250 - versie 2.2 - versie 3.0		
<input checked="" type="checkbox"/> SB 250 - versie 3.1		
<input type="checkbox"/> CCT-Qualiroutes (2014)		
<b>Gebruik:</b>	PTV 829 versie 3.1*: type 5.1; type 5.2 - Drainagesystemen (Filter- en drainagesystemen)	
	TOEPASSING: NBN EN 13252: drainagesystemen en infiltratiesystemen Functie: Filtering, Versterking en Scheiding	
	(*) Beschikbaar op <a href="http://www.copro.eu">www.copro.eu</a> Dit product werd niet nagekeken volgens de doorstreepte referentiedocumenten of voldoet er niet aan.	

**TOELICHTINGEN (DIT VALT NIET ONDER HET EXTERN TOEZICHT IN HET KADER VAN DE BENOR-CERTIFICATIE)**

**AANDACHTSPUNTEN - NOG TE CONTROLEREN DOOR DE AFNEMER (NIET LIMITATIEF)**

- Bij het ontwerpen van een toepassing met geotextiel, dient de vereiste waarde voor de zanddoorlaatbaarheid (O90) te worden bepaald volgens art. 3.4.3 van de PTV 829. Hiervoor dient eerst via een grondmonster de korrelgrootte van het aanliggende materiaal (D90) te worden bepaald.
- Gelieve bij de installatie van het geotextiel rekening te houden met de voorschriften voor overlapping in art. 6.1.1 van de PTV 829.
- Gelieve bij de installatie van het geotextiel de nodige aandacht te besteden aan de oriëntatie van het geotextiel.
- Bij elke levering moeten de gegevens op de leveringsbon worden gecontroleerd.

**TOELEVERINGSVORM**

Geweven geotextiel op rollen. 515 cm x 100 lm. Andere afmetingen op aanvraag.

**EXTRA INFORMATIE**

Deze producten worden exclusief verdeeld door:

TEXION GEOSYNTHETICS NV

Contactgegevens :  
 www.texion.be  
 Tel. +32 (0)3 210 91 91  
 Fax +32 (0)3 210 91 92  
 texion@skynet.be

**Contactpersoon bij**

* COPRO:	Raf Pillaert	+32 2 468 00 95	raf.pillaert@copro.eu
* Certificaathouder:	Sophie Vandewalle	+32 9 338 15 00	btt@bintg.com

**PRODUCTEIGENSCHAPPEN**

IDENTIFICATIE EIGENSCHAPPEN	PROEFNORM	EENHEID	WAARDE	MIN	MAX
Samenstelling			PP	-	-
Oppervlaktegewicht	EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	(**)	(**)	(**)
Dikte bij 2 kPa	EN ISO 9863-1	mm	(**)	(**)	(**)
MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN	PROEFNORM	EENHEID	WAARDE	MIN	MAX
Treksterkte	EN ISO 10319		-	-	-
<i>Langsrichting (MD) (*)</i>		kN/m	16,00	14,00	-
<i>Dwarsrichting (CMD) (*)</i>		kN/m	12,00	10,00	-
Rek bij maximale belasting	EN ISO 10319		-	-	-
<i>Langsrichting (MD) (*)</i>		%	25,0	20,0	30,0
<i>Dwarsrichting (CMD) (*)</i>		%	24,0	20,0	28,0
Statische ponsweerstand (CBR)	(*) EN ISO 12236	kN	1,90	1,50	-
Dynamische perforatieweerstand (cone-drop)	(*) EN ISO 13433	mm	20	-	24
Zanddoorlaatbaarheid (O90)	(*) EN ISO 12956	µm	390	310	470
Waterdoorlaatbaarheid (loodrecht op het vlak)	(*) EN ISO 11058	l/m <sup>2</sup> s (=10 <sup>-3</sup> .m/s)	37	34	-
Transmissiviteit (20 kPa, zacht-hard, hyd. gr. 1)	(*) EN ISO 12958	l/m.s	0,015	0,0001	-
DUURZAAMHEID	VOLGENS	EENHEID	WAARDE	MIN	MAX
Levensduur (grond: < 25 °C en 4 < pH < 9)	(*) Annex B toepassingsnorm	jaren	-	25	-
Maximale blootstellingsduur	(*) Annex B toepassingsnorm	dagen/weken/maand		-	1 maand
EXTRA EIGENSCHAPPEN	VOLGENS	EENHEID	WAARDE	MIN	MAX

# Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:  
**Onderzoek naar de problematiek rond het gebruik van 'minder hinder'-steenslag in de wegenbouw**

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

Jaar: **2018**

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,

**Gerrits, Thomas**

**Schruers, Arne**

Datum: **3/06/2018**