

Rapport

Projectnummer: 363085

Referentienummer: SWNL0234546

Datum: 14-11-2018

Onderzoek waterdoorlatende fundering

Definitief

Opdrachtgever:
Gemeente Groningen
Postbus 742
9700 AS GRONINGEN

Verantwoording

Titel Onderzoek waterdoorlatende fundering
Subtitel
Projectnummer 363085
Referentienummer SWNL0234546
Revisie D1
Datum 14-11-2018

Auteur(s) Henk Walters
E-mailadres henk.walters@sweco.nl

Gecontroleerd door Martijn van der Steen
Paraaf gecontroleerd 

Goedgekeurd door Eline van Sintemaartensdijk
Paraaf goedgekeurd 

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Inleiding.....	4
1.2	Onderzoeksopzet	4
1.3	Locaties.....	4
2	Constructie	7
2.1	Schematisch overzicht verschillende constructies	7
3	Waterdoorlatendheid (in situ)	8
3.1	Uitvoering	8
3.2	Resultaten k-waardebepaling fundering	8
4	Materiaalonderzoek (laboratorium)	9
4.1	Onderzoek.....	9
4.2	Korrelverdeling	9
4.3	Aandeel steen zand en stof.....	9
4.4	Samenstelling.....	10
4.5	Theoretisch gehalte holle ruimte	10
5	Analyse van de gegevens	11
5.1	Funderingsdikte	11
5.2	Holleruimte	11
5.3	Gradering	12
5.4	Samenstelling.....	12
6	Conclusie en aanbevelingen	14
6.1	Conclusie	14
6.2	Aanbevelingen.....	14

1 Inleiding

1.1 Inleiding

Om wateroverlast na een regenbui te voorkomen, is de gemeente Groningen op zoek naar een mogelijkheid om het overtollige water in de wegconstructie op te slaan.

Hiervoor zijn op 3 locaties in de gemeente waterbergende constructies aangelegd. Door studenten van de Hanzehogeschool Groningen is van deze constructies de waterbergende capaciteit gemeten en weergegeven in een k-waarde. Omdat de resultaten van de in totaal 6 metingen de k-waarde uiteenlopen, is gezocht naar een oorzaak.

In deze zoektocht is Sweco door de gemeente Groningen gevraagd de verschillen in waterdoorlatendheid van alleen de fundering te onderzoeken.

1.2 Onderzoeksopzet

Voor het bepalen van de oorzaak van de verschillen in waterdoorlatendheid van de fundering is de bestrating met straatlaag verwijderd, waarna de k-waarde van de fundering is bepaald.

Hierna is het funderingsmateriaal bemonsterd en onderzocht op:

- korrelopbouw;
- dichtheid met lucht (EPD);
- dichtheid materiaal zonder lucht (pychnometer-methode);
- gehalte holle ruimte;
- samenstelling.

Omdat bij het bemonsteren de verschillende lagen blootlagen, is de dikte per laag opgemeten.

1.3 Locaties

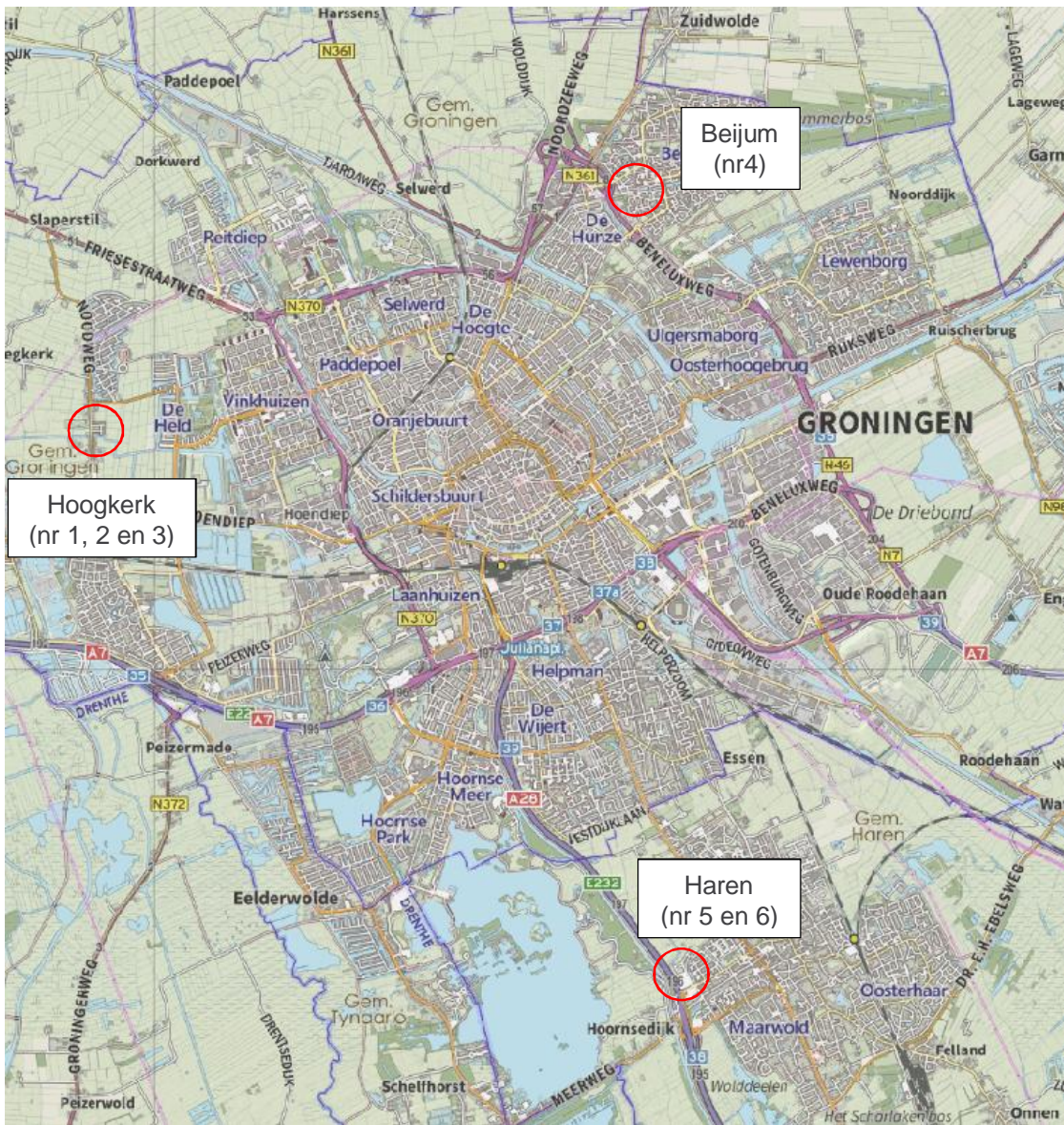
In de gemeente Groningen zijn de hieronder aangegeven plaatsen onderzocht.

In Hoogkerk, Beijum en Haren zijn op totaal 6 verschillende locaties onderzoeken uitgevoerd.

Tabel 1-1 *Overzicht locaties*

Locatie	Plaats	Straat	Omschrijving
1	Hoogkerk	Groenhof	Zijpootje zuid parkeervak oostzijde van de weg
2	Hoogkerk	Groenhof	Noord; parkeervak noordzijde weg
3	Hoogkerk	Groenhof	Zuid; parkeervak zuidzijde weg
4	Beijum	Atensheerd	Parkeervak
5	Haren	Transferium Haren II	Noordelijk deel van parkeerplaats Noord
6	Haren	Transferium Haren I	Oostelijk deel van parkeerplaats Zuid

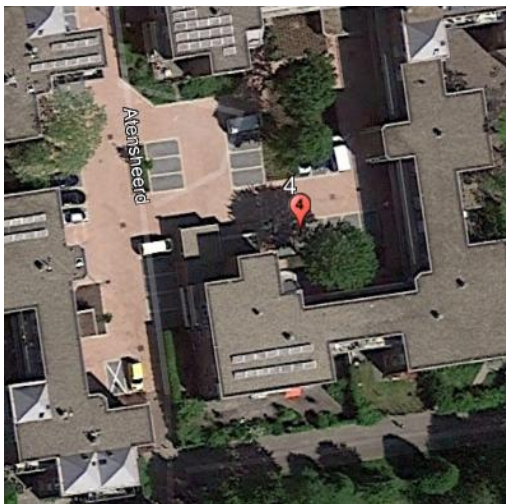
Zie situatieschetsen hieronder.



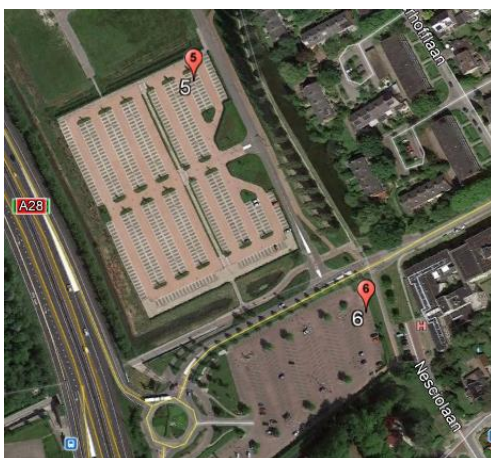
Overzicht locaties in de gemeente Groningen



Locatie Hoogkerk (nrs. 1, 2 en 3)



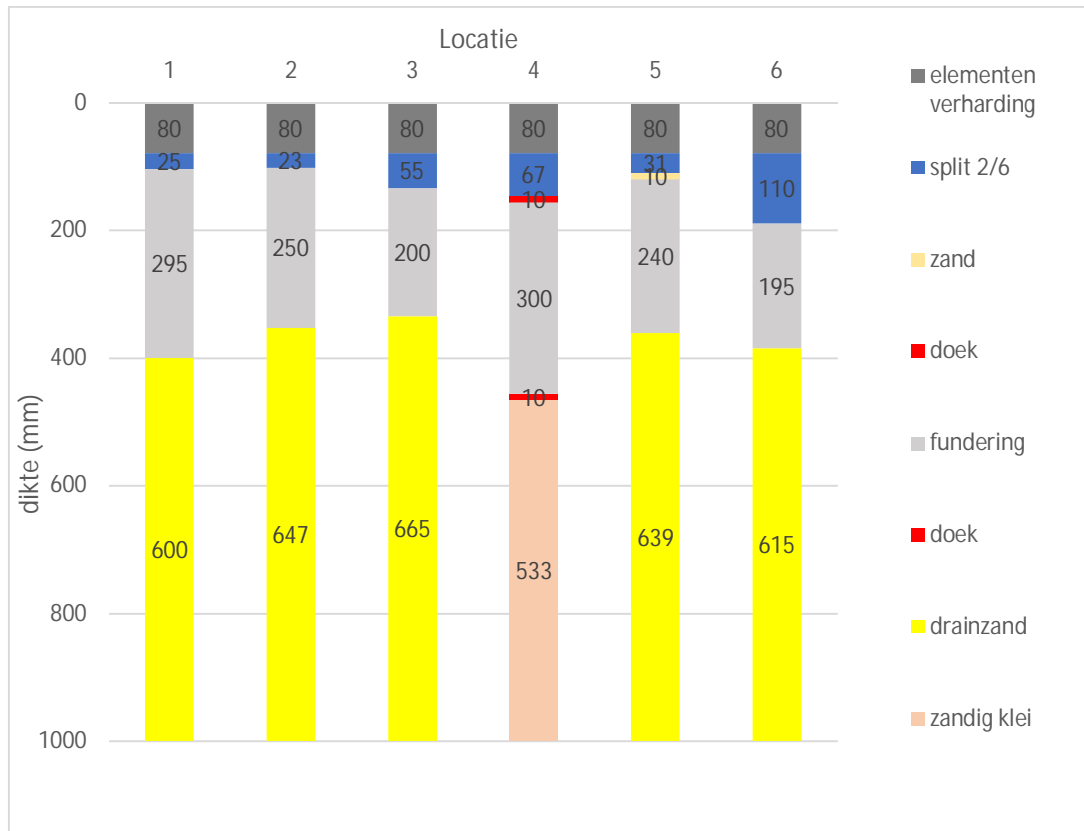
Locatie Beijum (nr. 4)



Locatie Haren (nrs. 5 en 6)

2 Constructie

2.1 Schematisch overzicht verschillende constructies



Figuur 2-1 Constructie per locatie

Door de Hanzehogeschool Groningen is op 7 en 8 juni 2018 de k-waarde bepaald van de gehele constructie. Ter info zijn deze gegevens in onderstaande tabel weergegeven. Let wel dat dit niks zegt over de fundering.

Tabel 2-1 Door derden bepaalde k-waarde gehele constructie

Locatie	1	2	3	4	5	6
k-waarde (m/dag) gehele constructie	13	13	13	125	9	21

De constructie ter plaatse van de drie locaties in Hoogkerk zijn vrijwel identiek te noemen hoewel de dikte van de straatlaag ter plaatse van nummer 3 opmerkelijk dik is. Locatie 4 in Beijum heeft een volledig afwijkende opbouw met een 300 mm dikke fundering, ingepakt in doek op zandig klei in plaats van draineerzand, zoals de overige constructies. In Haren is ter plaatse van nummer 6 een 110 mm dikke straatlaag gemeten. Nummer 5 in Haren heeft een laagje zand onder de straatlaag van split. Mogelijk is dit per ongeluk gemorst op de fundering.

3 Waterdoorlatendheid (in situ)

3.1 Uitvoering

Om de waterdoorlatendheid van de verschillende funderingen te meten, zijn de straatstenen en straatlaag verwijderd.

Op de vrijgemaakte fundering is een dubbele ring infiltrometer geplaatst. De onderzijde van de ring is met bentoniet waterdicht gemaakt.

Het vooraf vullen van de buitenring ,zoals bij onderzoek naar waterdoorlatendheid van grond wordt gedaan, is achterwege gelaten. Deze werkwijze is bedoeld voor het met water laten verzadigen van de omgeving. Bij het funderingsmateriaal zou dit water de metingen verstoren.

De binnenring is gevuld met water waarna het verschil in waterstand in een bepaalde tijd is gemeten. Op locaties waar het water vrijwel direct in de fundering wegstroomde is de tijd gemeten die nodig was om 10 liter te verwerken.

Bovengenoemde waarden zijn omgerekend naar een k-waarde in m per dag en in Tabel 3-1 weergegeven.

Ter plaatse van locatie nummer 4 was het water meteen weg waardoor geen nauwkeurige meting kon worden gedaan. Voor de weergave van deze extreme doorlatendheid is de waarde 400 aangehouden.



Afbeelding dubbele ring infiltrometer

3.2 Resultaten k-waardebepaling fundering

Tabel 3-1 k-waarde per locatie

Locatie	1	2	3	4	5	6
k-waarde (m/dag)	46	11	40	400	0,6	2,2

4 Materiaalonderzoek (laboratorium)

4.1 Onderzoek

Na de uitvoering van de k-waardebepaling is het funderingsmateriaal bemonsterd en in het Sweco wegebouwlaboratorium onderzocht op:

- korrelverdeling;
- samenstelling;
- gehalte toegankelijke holle ruimte.

4.2 Korrelverdeling

De gradering is bepaald door middel van een droge zeving conform NEN-EN 933-1.

Tabel 4-1 Korrelverdeling in massa % door zeef

Korrelopbouw in massa % door zeef						
Locatie	1	2	3	4	5	6
63 mm	100	100	100	100	100	100
45 mm	100	94	98	100	100	94
31,5 mm	89	78	87	100	96	79
22,4 mm	80	63	71	97	89	66
16 mm	68	54	58	71	77	49
11,2 mm	56	45	46	40	57	34
8 mm	46	39	36	20	38	27
5,6 mm	37	35	28	13	32	23
4 mm	33	33	23	11	30	20
2 mm	31	31	20	10	28	15
1 mm	30	30	18	9	26	12
0,5 mm	23	21	15	8	21	9
0,063 mm	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	0,9

Het materiaal voldoet aan de eisen van ongebonden steenmengsel 0/31,5 met uitzondering van de **vet** gemarkeerde waarden (het materiaal is op deze zeef te grof).

4.3 Aandeel steen zand en stof

Uit bovengenoemde zeefkromme is het aandeel steen (>2 mm) zand (2 mm-0,063 mm) en stof (<0,063 mm) berekend en hieronder weergegeven.

Tabel 4-2 Aandeel steen, zand en stof

Locatie	1	2	3	4	5	6
Steen (%)	69	69	80	90	72	85
Zand (%)	30	31	19	10	27	14
Sstof (%)	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	0,9

Opmerkelijk is het geringe aandeel zand van de locaties 4 en 6.

4.4 Samenstelling

Van het materiaal op zeef 8mm is de samenstelling bepaald conform proef 35 van de standaard RAW 2015.

Tabel 4-3 Samenstelling in massa %

Locatie	1	2	3	4	5	6
Natuursteen	0	0	0	100	0	0
Betonpuin	78	75	76	0	75	73
Metselpuin	20	24	22	0	13	24
Keramischmateriaal, glas en asfalt	2	1	2	0	11	3
Metaal en plastic	0,0	0,4	0,0	0,0	0,7	0,0
Hout en plantenresten	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0

De **vet** gemarkeerde waarden wijken af van de eisen van een beton/menggranulaat in de standaard RAW 2015.

Behalve locatie 4 is het materiaal conform de standaard RAW 2015 geschikt als menggranulaat. De sterkte van dit materiaal komt in de buurt van een betongranulaat met een aandeel van minimaal 80% beton.

Uit visuele beoordeling lijkt de natuursteen van locatie 4 op kalksteen.

4.5 Theoretisch gehalte holle ruimte

De voor water toegankelijke holle ruimte van het materiaal is bepaald door de dichtheid van het materiaal met lucht conform proef 10 van de standaard RAW 2015 en de dichtheid zonder lucht door de pycknometer-methode zoals dit in proef 68 van de standaard RAW 2015 staat beschreven.

Uit deze dichtheden is het percentage holle ruimte berekend en hieronder weergegeven per locatie.

Let wel dat dit het gehalte holle ruimte is van het materiaal in het laboratorium en niet van de fundering (in situ). Voor het bepalen van de holle ruimte in situ is de dichtheid in situ nodig. Vanwege de open structuur van het materiaal, bestaat hier geen officiële proef voor.

Tabel 4-4 Theoretisch gehalte holle ruimte (van het materiaal)

Locatie	1	2	3	4	5	6
Dichtheid korrels (kg/m ³)	2605	2618	2608	2694	2666	2568
EPD (kg/m ³)	1849	1874	1842	1777	1875	1703
Holler ruimte (%)	29	28	29	34	30	34

5 Analyse van de gegevens

Om een oorzaak te vinden voor de verschillen in waterdoorlatendheid zijn de gemeten gegevens per locatie vergeleken met de waterdoorlatendheid.

In dit rapport wordt alleen aandacht besteed aan de waterdoorlatendheid van de fundering. Straatstenen, straatlaag en doek zijn in dit onderzoek niet meegenomen.

Tijdens de monsternamen is wel de dikte van de verschillende materialen gemeten en gerapporteerd. Om een beeld te krijgen wat de invloed van de dikte is op de waterdoorlatendheid is, is dit ter info in hoofdstuk 6 meegenomen.

5.1 Funderingsdikte

Relatie tussen dikte en waterdoorlatendheid.

Tabel 5-1 Dikte per locatie in mm

Locatie	1	2	3	4	5	6
Fundering	295	250	200	300	240	195
k-waarde (m/dag)	46	11	40	400	0,6	2,2

De wateropname van een dikkere fundering van dezelfde materialen zou hoger zijn dan dat van een dunnere fundering. Er is immers meer beschikbare holle ruimte voor het water. Hierboven is dat deels terug te vinden waarbij locatie 3 met 200mm een relatief hoge wateropname heeft ten opzichte van locatie 2 met een 50mm dikkere laagdikte. Daarnaast heeft nummer 5 een lage k-waarde (2,2 m/dag) terwijl nummer 2, met nagenoeg dezelfde dikte, een veel hogere k-waarde (11 m/dag) heeft.

5.2 Holle ruimte

De relatie tussen waterdoorlatendheid en toegankelijke holle ruimte.

Normaal gesproken heeft een materiaal met veel toegankelijke ruimte een hogere capaciteit in waterdoorlatendheid (k-waarde).

Tabel 5-2 Holle ruimte en waterdoorlatendheid

Locatie	1	2	3	4	5	6
Holle ruimte (%)	29	28	29	34	30	34
k-waarde (m/dag)	46	11	40	400	0,6	2,2

In de tabel hierboven heeft locatie 4 de hoogste k-waarde en het hoogste gehalte holle ruimte.

Bij de overige monsters blijkt dat de locaties 1, 2 en 3 evenveel holle ruimte hebben, doch blijft locatie 2 achter met de k-waarde.

In Haren laten de locaties 5 en 6 ook een achterblijvende k-waarde zien bij een hoog holle ruimte gehalte van het materiaal in het lab.

De oorzaak kan liggen in de mate van verdichten in situ. De k-waarde is gemeten op het materiaal in situ en het gehalte holle ruimte is bepaald van het materiaal in het laboratorium. Het achterblijven van de k-waarden van de locaties 2, 5 en 6 worden mogelijk veroorzaakt door een (te) hoge verdichtingsgraad (in situ).

De huidige methoden voor het meten van de dichtheid in situ zijn niet geschikt zijn voor dit materiaal. Het hoge aandeel aan holle ruimte veroorzaakt een te grote proeffout.

De lage waterdoorlatendheid van locatie-6 kan ook veroorzaakt worden door de geringe dikte (195 mm) van de fundering.

5.3 Gradering

Het percentage holle ruimte wordt veroorzaakt door de korrelverdeling. Daarnaast heeft een kleine korrel een groter specifiek oppervlak waardoor het vocht makkelijker wordt vastgehouden.

Daarom is gekeken naar zowel de gehele korrelopbouw als de opbouw van het steen, zand en vulstof van de materialen.

Tabel 5-3 Holle ruimte en waterdoorlatendheid

Locatie	1	2	3	4	5	6
Holle ruimte (%)	29	28	29	34	30	34
Steen (%)	69	69	80	90	72	85
Zand (%)	30	31	19	10	27	14
Stof (%)	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	0,9

Uit bovenstaande tabel is te halen dat een laag aandeel zand voor een hoog holleruimtegehalte zorgt.

Het gehalte holle ruimte wordt voor een belangrijk deel gevormd door de opbouw van de verschillende steen fracties. Deze zijn hieronder weergegeven.

Tabel 5-4 Holle ruimte en steenfracties

Locatie	1	2	3	4	5	6
op zeef 31,5	11	22	13	0	4	21
22/32 fractie	10	15	15	3	7	13
16/22 fractie	12	9	13	27	12	17
11/16 fractie	12	9	12	31	20	15
8/11 fractie	10	7	10	20	20	7
6/8 fractie	4	2	5	2	2	3
2/6 fractie	3	3	5	2	4	9
Holle ruimte (%)	29	28	29	34	30	34

Het monster van locatie 4 blijkt een hoog aandeel fractie 11/6 en 16/22 te hebben. Locatie 6 heeft hetzelfde gehalte holle ruimte terwijl diezelfde fracties lager zijn. Wel heeft locatie nummer 6 weer een hoger aandeel grof steen (op zeef 22 mm). Dit verklaart mogelijk het vergelijkbare holle ruimte percentage.

Locatie 2 heeft het laagste percentage holle ruimte wat veroorzaakt wordt door de egale opbouw van de verschillende fracties; de korrels passen mooi op elkaar waarbij de ruimte telkens opgevuld wordt door een korrel van een onderliggende fractie.

5.4 Samenstelling

De samenstelling van het materiaal is belangrijk voor de sterkte van de constructie. Of het soort materiaal van invloed is op de waterdoorlatendheid is eveneens vergeleken.

Monsters 4 en 5 zijn respectievelijk het minst en het meest verontreinigd, wat in verhouding staat met de waterdoorlatendheid. Monster 5 is dusdanig verontreinigd dat het niet mag worden gebruikt in de wegebouw. Het hoge gehalte keramisch materiaal, glas en asfalt heeft geen negatieve invloed op de k-waarde. Het hoge aandeel hout en plantenresten wel.

Omdat locatie 1 ook een te hoog aandeel hout en plantenresten heeft, kan deze invloed worden verwaarloosd.

Monster van locatie 4 bestaat volledig uit natuursteen wat naast een sterke constructie ook een positieve invloed kan hebben op de k-waarde.

De tussenliggende materialen verschillen niet veel van elkaar.

6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Conclusie

De fundering van locatie 4 geeft een duidelijk hoog waterdoorlatend vermogen (hoge k-waarde). Het funderingsmateriaal is grover en bestaat uit natuursteen in plaats van betonpuin.

De opmerkelijk hoge k-waarden van de locaties 1 en 3 bestaan uit vergelijkbaar opgebouwd betonpuin, wat hetzelfde percentage holle ruimte geeft.

De achterblijvende k-waarden van de locaties 2, 5 en 6 zijn zeer waarschijnlijk veroorzaakt door te intensief verdichten.

6.2 Aanbevelingen

Om in situ een goede afwatering te verkrijgen dient het gehalte holle ruimte optimaal te zijn. Bij het mengselontwerp dient eveneens rekening te worden gehouden met duurzaamheid en sterkte. Vervolgens dient het ontworpen gehalte holle ruimte te worden verkregen.

- Vooraf kan met onderzoek de korrelopbouw worden bepaald met de grootste hoeveelheid holle ruimte.
- Om dit in situ te verkrijgen mag niet te intensief worden verdicht, maar ook niet te weinig om nazakkingen te voorkomen. Het kantelpunt moet worden onderzocht.
- Gezocht moet worden naar een betrouwbare methode voor de controle van de dichtheid in situ van dit poriënrijke materiaal en de bijbehorende verdichtingsgraad (verbrijzelings-arme EPD).
- Afgevraagd moet worden of de materialen sterk genoeg zijn om het verkeer probleemloos te dragen. De korrels in deze constructie rusten op contactpunten in plaats van ingebed in kleinere korrels wat normaal het geval is. Door middel van een verbrijzelingstest is dit te achterhalen.
- De bovengenoemde materialen kunnen hoogwaardiger worden hergebruikt. Mogelijk zijn alternatieven voor handen.
- Ook is de ongebruikelijke dikke straatlaag ter plaatse van locatie nummer 4 en 6 gevoelig voor spoorvorming. Dit dient te worden gemonitord.