

## Bijlage 1. Rekenvoorbeeld uitloging chroom

Onder het Bouwstoffenbesluit gold een maximaal toelaatbare **immissie** (in mg/m<sup>2</sup> per 100 jaar). In 2008, bij de invoering van het Besluit bodemkwaliteit, is deze maximaal toelaatbare immissie ingewisseld voor de maximaal toelaatbare **emissie** (in mg/kg ds). De hoogte van de emissie-eisen zijn nog wel terug te voeren naar de voorheen geldende immissie-eisen. Hierbij is in het Besluit bodemkwaliteit uitgegaan van enkele standaardwaarden. Zo is voor de dichtheid van bouwstoffen uitgegaan van 1.550 kg/m<sup>3</sup>. Voor de toepassingshoogte is een standaardhoogte gekozen van 0,5 meter.

In onderstaande tabel is de toegestane immissie van chroom berekend op basis van de huidige emissie-eis voor chroom (0,63 mg/kg ds). De maximaal toelaatbare immissie op de bodem in 100 jaar voor chroom komt daarmee binnen het Besluit bodemkwaliteit op **500 mg/m<sup>2</sup>** (zie kolom Norm). Vervolgens is voor drie situaties zo'n zelfde berekening gemaakt, maar dan met de daadwerkelijke dichtheid van schuimglas (250 kg/m<sup>3</sup>) als uitgangspunt. Gekozen is voor de volgende drie situaties:

- de maximaal toegestane emissie voor een niet-vormgegeven bouwstof (0,63)
- de maximaal gemeten emissie van schuimglas in de praktijk (0,95)
- de maximale emissie waarbij de norm (max. toelaatbare immissie) niet wordt overschreden (3,4)

### Berekende immissie voor chroom in 100 jaar als functie van de emissie, de toepassingshoogte (0,5 meter) en de dichtheid \*

	<b>NORM</b>	<b>SCHUIMGLAS</b>		
<b>dichtheid (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1.550</b>	250	250	250
<b>emissie (mg/kg d.s.)</b>	<b>0,63</b>	0,63	0,95	3,4
<b>immissie (mg/m<sup>2</sup>) in 100 jaar</b>	<b>500</b>	81	128	496

(\* berekend volgens de formule uit het RIVM-rapport 771402007, pagina 11 en de bijbehorende constanten uit tabel 1.2.1 op pagina 12)

### Conclusie

Uit bovenstaande tabel blijkt dat als er rekening wordt gehouden met de dichtheid van schuimglas, er in de praktijk geen bodembelasting boven de norm plaatsvindt (128 versus 500). Zelfs bij een overschrijding van ruim 5 maal de emissie-eis wordt de ontvangende bodem minder belast dan in theorie zou mogen (496 versus 500).

Deze berekening laat duidelijk zien dat de huidige regelgeving de toepassing van zeer lichte, steenachtige bouwstoffen ernstig kan belemmeren en dat er geen recht gedaan wordt aan de situatie in de praktijk.

## Bijlage 2. Technische gegevens schuimglas

TECHNISCHE GEGEVENS			
Korrelgrootte-verdeling		DIN EN 933-1	8 – 63 mm
Bulkdichtheid (hydrofiel) 1/2	[ $\rho_{hyl}$ ]	DIN EN 1097-3/ bijlage D gedeclareerde waarde	~ 250 kg / m <sup>3</sup>
Parameters van interne wrijving	[ $\Phi$ ]	Fabrieksopgave gedeclareerde waarde	~ 42 °
Wateropname (hydrofiel)	[ $w_{hyl}$ ]	DIN EN 1097-6 / Bijlage C	< 50 M. -%
Drainage gedrag na 8 dagen			
Restgehalte water		Fabrieksopgave	< 2 M. -%
Waterdoorlatendheid na 20% compressie	[ $k_f$ ]	DIN 18130-1 (zeer permeabel)	~ 10 <sup>-3</sup> m/s
Droge bulk	[ $\rho_{tr}$ ]	DIN EN 1097-6 / Bijlage C	~ 0,310 g/ cm <sup>3</sup>
Poreusheid	[ $n_s$ ]	Fabrieksopgave	~ 0,88
Gewicht (hydrofiel)	[ $V_{hyl}$ ]	Fabrieksopgave bij 20% compressie	~ 4,50 kN/m <sup>3</sup>
Drijfvermogen onder water			$V_{hyl} < V_{water}$
Gemiddelde stijfheid onder cyclische belasting met ten minste één compressie van 1,2: 1	[ $E_{s,m}$ ]		> 18 MN/m <sup>2</sup>
en gemiddelde drukspanningsabsorptie (onder last)	[ $\sigma_m$ ]		20 %
diffusie-eigenschappen	[ $\mu$ ]		ademend

Bovenstaande gegevens zijn afkomstig van één specifieke leverancier van schuimglas. Deze gegevens kunnen verschillen per leverancier.

**SYNTRAAAL**



# Waterbuffering in Porosplit REDPorosplit RED

20 januari 2020

## Verantwoording

<b>Titel</b>	Waterbuffering in Porosplit RED
<b>Opdrachtgever</b>	AquaBASE b.v.
<b>Projectleider</b>	Maik Voppen
<b>Auteur(s)</b>	Wilbert Peters
<b>Tweede lezer</b>	Erwin Stamsnijder
<b>Uitvoering meet- en inspectiewerk</b>	
<b>Projectnummer</b>	1321501
<b>Aantal pagina's</b>	16
<b>Datum</b>	20 januari 2020
<b>Handtekening</b>	

## Colofon

Syntraal  
Handelskade 37  
Postbus 133  
7400 AC Deventer  
T +31 88 02 44 300  
E info@syntraal.nl

## Inhoud

1	Inleiding .....	4
2	De constructie .....	6
3	Uitvoering proef .....	9
4	Resultaten .....	11
4.1	Camera inspectie vooraf .....	11
4.2	Camera-inspectie na de 1 <sup>e</sup> vulling .....	11
4.3	Debiettesten .....	12
5	Conclusie .....	15

## 1 Inleiding

Gemeente Schiedam is voornemens om in de Ambachtenbuurt een nieuw soort licht ophoogmateriaal (geblazen glas: Porosplit RED) toe te passen. Het gaat hier om een licht gewicht ophoging onder de rijbanen van de weg en eventueel het trottoir.

Het grote voordeel van dit materiaal is dat het minder snel leidt tot zettingen in het gebied, waardoor een volgende reconstructie later kan worden uitgevoerd, wat uiteindelijk leidt tot minder beheerskosten en overlast.

Naast dat dit materiaal een laag soortelijk gewicht heeft, is er in het steenskelet ook een holle ruimte van ca. 30 tot 35% aanwezig. Het materiaal Porosplit RED heeft daarnaast de eigenschap dat het ca. 40% van het volumemassa aan water op kan nemen.

Vanuit deze eigenschappen is er wellicht de mogelijkheid om ook een klimaat adaptieve functie toe te voegen aan deze constructie in de vorm van een tijdelijke hemelwaterbuffering.

Omdat de toepassing van waterbuffering in combinatie met Porosplit RED nog niet grootschalig is toegepast, is hiervoor op 16 januari 2020 een test uitgevoerd naar het vul- en ledigingsgedrag van deze waterbufferende laag.

Om deze test uit te kunnen voeren is door de gemeente Schiedam een proefvak aangelegd in de Waterstokerstraat ter hoogte van nummer 15.



Figuur 1.1 Locatie proefvak

Met de uitgevoerde testen wil de gemeente antwoord op de onderstaande vragen

- Heeft Porosplit RED waterbufferend vermogen?
- Wat is het vulgedrag van het materiaal Porosplit RED en hoe snel gaat dat?
- Wat is het ledigingsgedrag van het materiaal (Porosplit RED) en hoe snel gaat dat naar de bestaande ondergrond?

## 2 De constructie

De Ambachtenbuurt is een buurt die in de jaren '80 is gebouwd waarbij ophoogzand is gebruikt. De bodemopbouw bestaat dan straks ook uit grofweg 1 meter zand op klei. Deze zandlaag is waarschijnlijk geschikt om hemelwater te infiltreren. In de onderstaande figuur is indicatief de voorgestelde constructie weergegeven.



Figuur 2.1 Constructie

Voor de test is een proefvak gerealiseerd met de volgende afmetingen:

- Breedte 2 meter
- Lengte 15 meter
- Dikte Porosplit RED: 0,4 meter
- Dekking zand: 0,6 meter

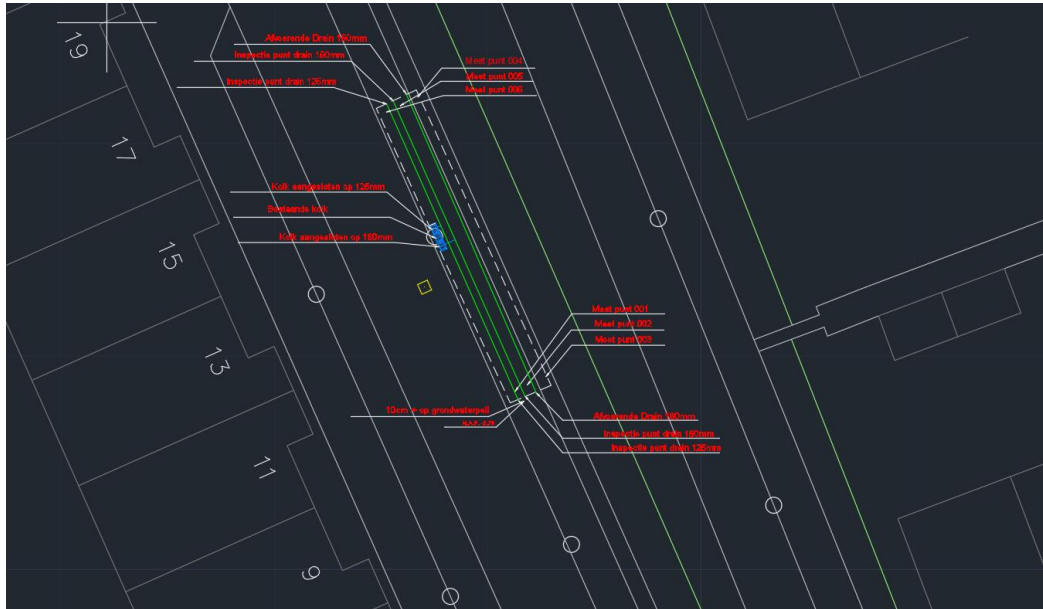
In het proefvak zijn twee vuldrains aangelegd. 1 diameter rond 125 mm en 1 diameter rond 160 mm. Dit om mogelijk het verschil in vulsnelheid te registreren.

Naast de vulleidingen is ook een ledigingsdrain (rond 160 mm) in het pakket aangebracht om versneld water uit het pakket te kunnen pompen voor de test.

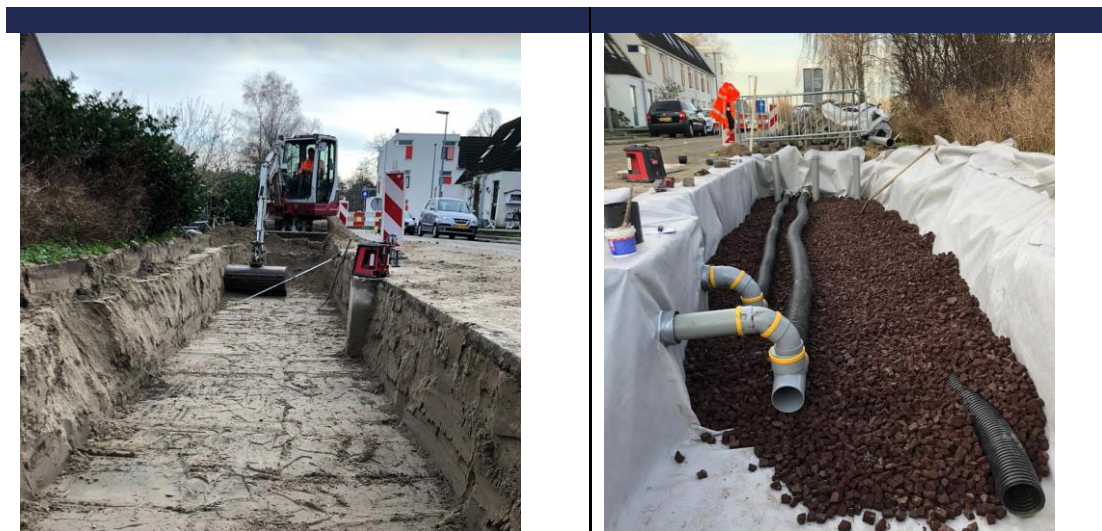
Ook zijn een 6-tal meetpunten in het pakket gemaakt ten behoeve van metingen in het pakket tijdens de test. In de figuren 2.2 en 2.3 zijn foto's van de aanleg en een revisietekening van de constructie weergegeven.

Op 16 januari 2020 is grondboring gezet, waarbij een grondwaterstand is waargenomen onder de constructie op NAP -2,80 m. De kleilaag is hierbij vastgesteld op 1,1 m-mv (circa NAP -2,7 m) en daarboven was sprake van matig grof zand. De onderkant van het Porosplit RED zit op gemiddeld NAP -2,65 meter. Tijdens de proef was er dus geen sprake van grondwater in de constructie.





Figuur 2.2 Revisie tekening





Figuur 2.3 Foto's aanleg

## 3 Uitvoering proef

Op 16 januari 2020 zijn door Tauw/Syntraal BV veldtesten uitgevoerd om inzicht te krijgen in het vul- en leedigingsgedrag van de Porosplit RED-constructie.

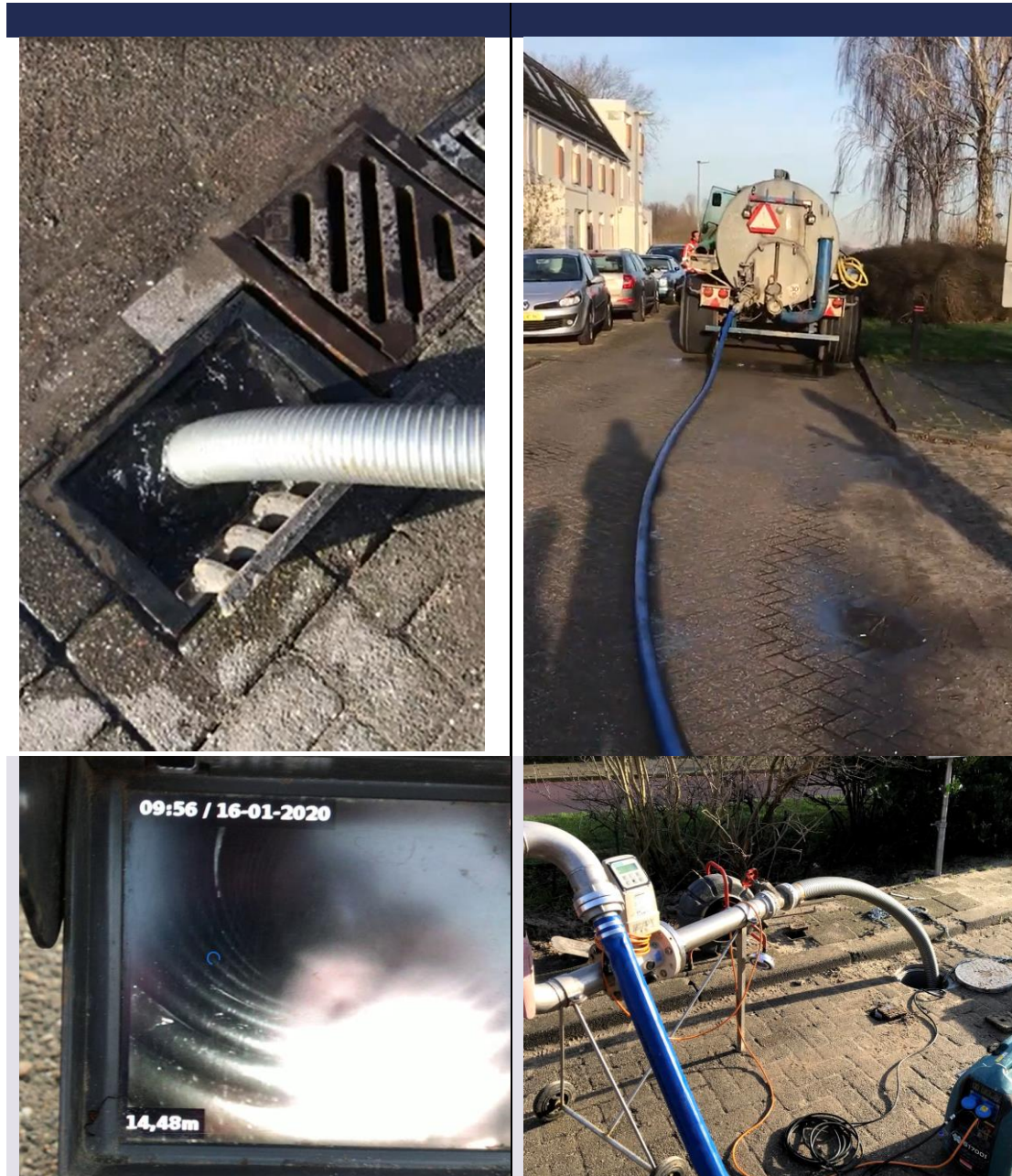
Hiervoor zijn de volgende testen uitgevoerd waarbij waterstanden en debieten zijn geregistreerd.

- Vullen van het systeem door de rond 125 mm vuldrain
- Leegpompen van het systeem via de ledigingsdrain rond 160 mm
- Vullen van het systeem door de rond 160 mm vuldrain

Bij het vullen van het systeem is met een debietmeter gemeten hoe snel water in het systeem kan stromen (debiet) en/of het systeem weerstand geeft tijdens het vullen (niveaumetingen).

Na de eerste vulling is vervolgens gemeten in hoeverre het systeem zelf water afgeeft door middel van infiltratie naar het ophoogzand (en beperkt de ondergrond). Vervolgens is door middel van een pomp versneld water uit het systeem gehaald om te registeren of de Porosplit RED snel water kan afgeven en ook om het systeem gereed te maken voor de proef om het systeem te vullen via de rond 160 mm vuldrain.

Tot slot is na de 2<sup>e</sup> keer vullen is het systeem niet meer actief leeggepompt, maar is gemeten hoe snel het systeem leegloopt naar de ondergrond. Hiervoor is in meetpunt 4 een datalogger in het systeem achter gebleven om enerzijds de ledigingstijd te registeren en anderzijds de in- en leegloop van neerslag via de kolken te registreren. Deze loggers zijn eind week 6 uitgelezen.



*Figuur 3.1 Foto's veldtest (vullen systeem, inspectie drains en lediging systeem)*

Naast debietmetingen zijn de vul- en ledigingsdrains ook voor en na de test met een camera geïnspecteerd over mogelijk aanwezigheid van verontreiniging en inspoeling van Porosplit RED-gruis.

## 4 Resultaten

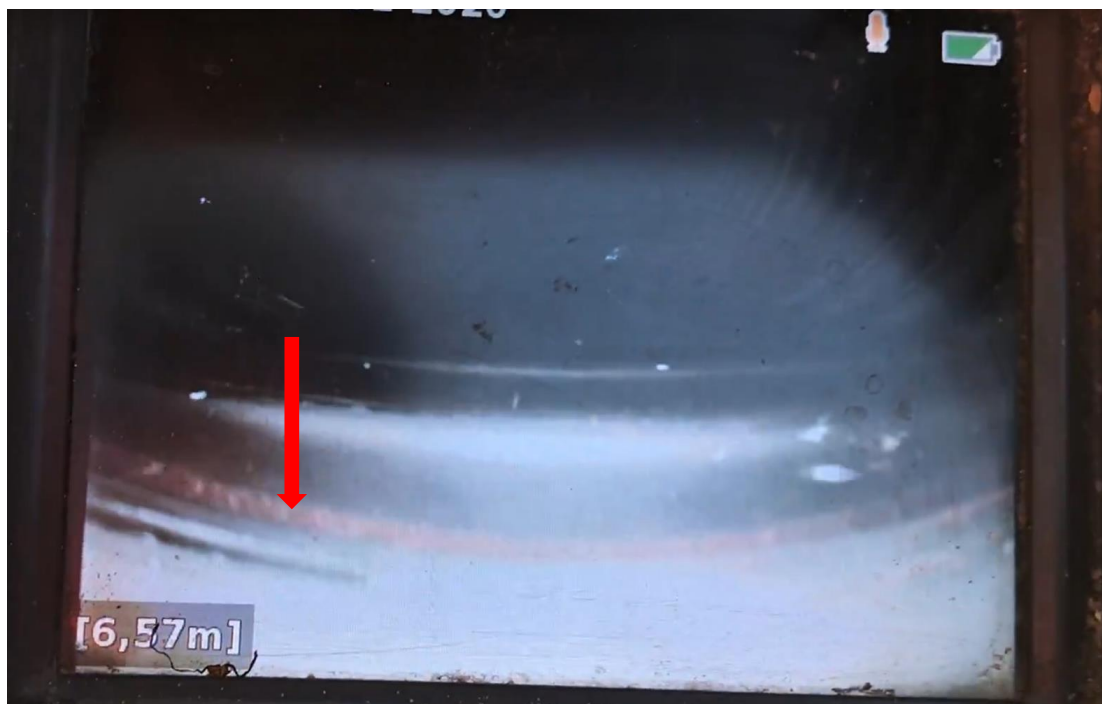
In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de veldtesten gepresenteerd.

### 4.1 Camera inspectie vooraf

Met een schuifcamera zijn alle drains geïnspecteerd. Te zien was dat in alle drains geen verontreinigingen zaten en dus schoon waren.

### 4.2 Camera-inspectie na de 1<sup>e</sup> vulling

Nadat het systeem was leeggepompt zijn alle drie de drains opnieuw geïnspecteerd. Het doel van deze inspectie was om te kijken of er gruis vanuit de Porosplit RED constructie naar drains zou stromen. Het resultaat van deze inspectie was dat de vuldrains nog schoon waren. Dit is ook logisch omdat water van binnen naar buiten de vuldrains stroomt alsmede de vuldrains bovenin de Porosplit RED constructie zijn aangelegd. In de ledigingsdrain was te zien dat er een lichte inspoeling van Porosplit RED gruis in de ribben van de drain zat, zie onderstaande figuur. Het is niet de verwachting dat dit in de praktijk een probleem zal vormen voor verstopping van eventuele ledigingsdrains.



Figuur 4.1 Inspoeling gruis

## 4.3 Debiettesten

Zowel de rond 125 mm vuldrain als de rond 160 mm vuldrain is getest op aanvoerdebiet. Hiervoor is een tankwagen gebruikt die op druk gezet kon worden, waardoor water via een debietmeter in een straatkolk werd gepompt. Beide drains hebben een eigen vulkolk met een gelijke instroom naar de drain, namelijk een diameter rond 125 mm omdat de gemeente deze als standaard kolk heeft.



*Figuur 4.2 Straatkolken ten behoeve van vullen*

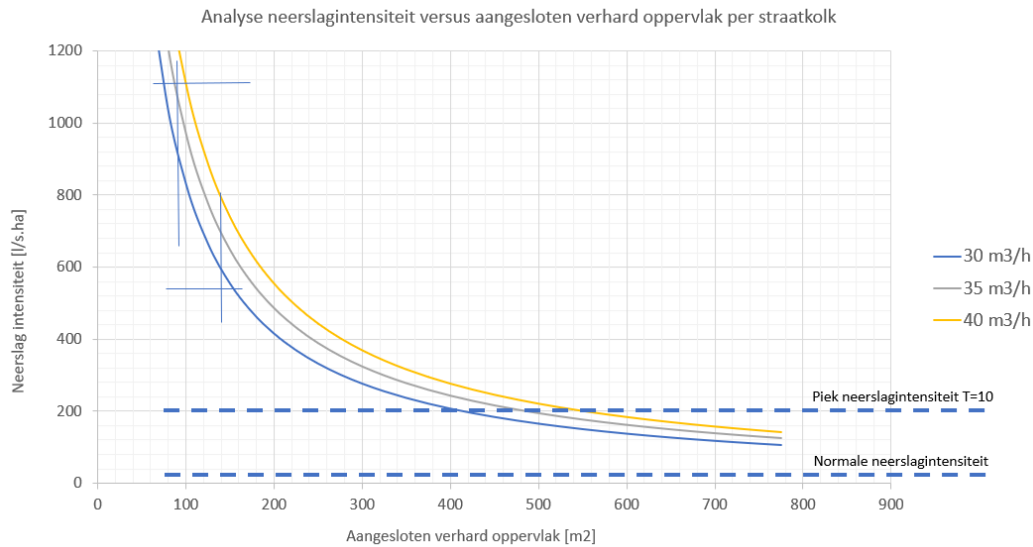
Tijdens de proef was het de bedoeling om de kolken maximaal gevuld te houden, maar dat lukte niet omdat het overdrukvertiel van de tankwagen continue in werking trad. Hierdoor kon niet het maximale invoerdebiet worden bepaald (bij een maximale bereikte invoerdebiet à 40 m<sup>3</sup>/h overstroomde de kolk nog niet).

Tijdens het uitvoeren de vulproeven was er nauwelijks verschil in het invoerdebiet van de rond 125 en 160 mm drain. Het gemeten debiet was grofweg 30 tot 35 m<sup>3</sup>/h. Vanwege het overdrukvertiel kon de druk en daarmee het debiet wegvallen. Aangezien de straatkolk in beide gevallen niet 100% gevuld (circa 75%) was, is de inschatting dat het systeem minimaal 40 m<sup>3</sup>/h bij een schone drain en kolk kan verwerken.

Omdat er eigenlijk geen verschil is gemeten in het invoerdebiet van de rond 125 en 160 mm drain verwachten we dat de kolk met een 125 mm aansluiting in deze situatie maatgevend is voor het invoerdebiet.

Het proefvak is uitgelegd op een situatie van 1 kolk met grofweg 15 m drain.

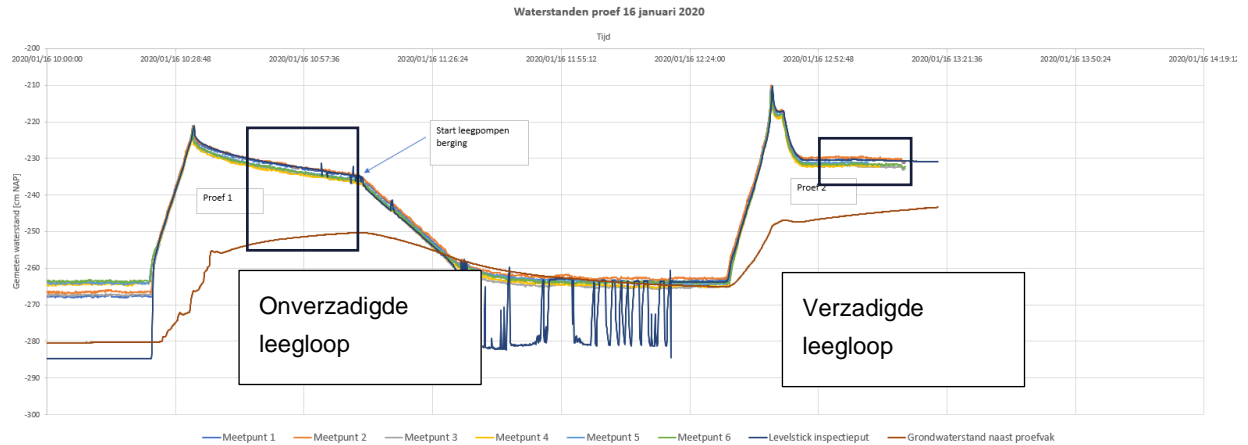
In de onderstaande grafiek 4.3 is berekend wat het effect is van x m<sup>2</sup> aangesloten verhard oppervlak op 1 kolk in relaties tot de neerslagintensiteit. Te zien is dat bij 100 tot 140 m<sup>2</sup> aangesloten oppervlak het systeem een neerslag intensiteit kan verwerken van 500 tot 1.100 l/s.ha. Ter vergelijking is de piek bij bui 10 (Leidraad Riolerig) 210 l/s.ha.



Figuur 4.3 Aangesloten verhard oppervlak in relatie tot neerslagintensiteit

Tijdens de vulproeven is ook gekeken in hoeverre het Porosplit RED pakket weerstand ondervond als gevolg van het vullen van het systeem. Uit de metingen van de verschillende meetpunten bleek dat het systeem zich gelijkmatig vulde en ledigde. De respons en reactietijd tussen de meetpunten bleek exact gelijk. De zeer beperkte verschillen in waterhoogte (enkele cm) zijn toe te kennen aan de toegestane afwijkingen tussen de verschillende dataloggers.

In de onderstaande figuur is het gemeten vul- en ledigingsgedrag weergegeven. Ook is goed te zien dat de grondwaterstand direct naast het proefvak zeer snel reageert (2 minuut en 15 seconden) op het vullen van de voorziening. Dit duidt er op dat het systeem water afgeeft naar het omliggende zandpakket. Ook bij het actief water onttrekken uit de voorziening is te zien dat ook het geïnfilterde water direct naast de voorziening naar het Porosplit RED pakket wordt aangetrokken en hetzelfde niveau aanneemt als het niveau in de berging.

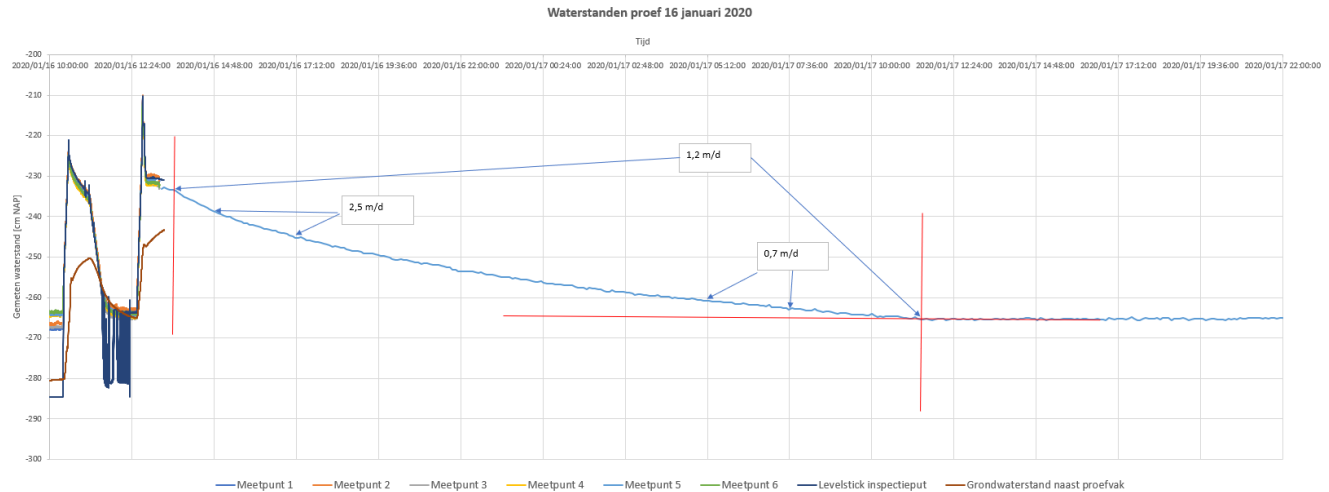


Figuur 4.4 Gemeten vul- en ledigingsgedrag

Volgens opgave van Rotim zou in het Porosplit RED pakket ( $15,2 \times 2,06 \text{ m} \times 0,4 \times 35\% = 4,4 \text{ m}^3$  holle ruimte +  $15,2 \times 2,06 \times 0,4 \times 65\% \times 40\% = 1,8 \text{ m}^3$  in materiaal)  $6,2 \text{ m}^3$  waterberging zitten. Tijdens het vullen bij proef 1 is er  $7,4 \text{ m}^3$  water in het pakket gepompt. Dit duidt erop dat er tijdens het vullen ook water “verdwenen” is, namelijk het infiltratieverlies ( $1,2 \text{ m}^3$ ). In de periode direct na beëindiging van de vulling en tot aan het leegpompen, bleek sprake van een natuurlijke zakking van de waterstand in de berging (infiltratie à  $15 \text{ cm}$  in  $39$  minuten, indicatie  $k$ -waarde à  $5 \text{ m/d}$ ). Uit berekening is gebleken dat in deze periode nog  $1,8 \text{ m}^3$  water geïnfiltreerd is naar de ondergrond (berging bij benadering op dat moment  $4,4 \text{ m}^3$ ). Bij het leegpompen kon nog circa  $4,1 \text{ m}^3$  uit het systeem onttrokken worden wat nagenoeg gelijk is als de berging in de holle ruimte (iets minder a.g.v. infiltratie). Op basis hiervan wordt het aannemelijk geacht dat bij de geforceerde ontwatering van het Porosplit RED pakket, het water opgeslagen in het materiaal niet overal zo snel ontwaterd kan worden ( $0,3 \text{ m}^3$  is achtergebleven in het systeem). Bij het wederom vullen van het pakket (verzadigde ondergrond) kon circa  $5,8 \text{ m}^3$  water in de berging worden gepompt, wat minus het achtergebleven water in het systeem ( $0,3 \text{ m}^3$ ) en uitgaande van een verzadigde ondergrond, nagenoeg overeenkomt met de initiële berging à  $6,2 \text{ m}^3$ .

Nadat het systeem voor de 2<sup>e</sup> vol met water was gepompt is de ledigingstijd gemeten. In de onderstaande figuur is dit weergegeven. Te zien is dat het systeem na grofweg 21 uur weer leeg is. Naar mate er meer water in het systeem aanwezig is kan er meer water naar het omliggende zandpakket infiltreren. Afhankelijk van de waterstand in de voorziening is de horizontale infiltratie berekend tussen  $0,7$  en  $2,5 \text{ m/d}$ . Gemiddeld is de infiltratiecapaciteit  $1,2 \text{ m/d}$ . Hierbij gaan we uit dat de verticale infiltratie een factor 10 kleiner is van de horizontale infiltratie.





Figuur 4.5 Lediginggedrag van het systeem

## 5 Conclusie

Op basis van het uitgevoerde onderzoek zijn de onderstaande conclusies te trekken

Het materiaal Porosplit RED heeft voldoende transportcapaciteit om hemelwater snel te kunnen opslaan en verdelen in de beschikbare holle ruimte. Tijdens het vullen van de Porosplit RED is geen weerstand gemeten in het pakket.

Het percentage holle ruimte was tijdens de proef niet exact te meten omdat gedurende de proef al sprake was van infiltratieverliezen naar het ophoogzand. Bij benadering en kijkend naar de hoeveelheid ingepompt water lijkt de aanname van 35% holle ruimte en 40% in het materiaal realistisch. Dat er sprake was van infiltratie naar de ondergrond bleek dat de peilbuis in het zandpakket naast proefopstelling een stijging van de grondwaterstand liet zien. De gemeten daling in de tijd laat zien dat het zandpakket voldoende infiltrerend vermogen heeft. De gemiddelde k-waarde is berekend op 1,2 m/dag in deze voorziening.

Tijdens de proef waren de drains nagenoeg schoon. Het toetreden van verontreinigingen vanaf de weg kan zorgen voor een afname van de exfiltratie capaciteit van de vuldrain.

Het toepassen van een rond 125 mm of 160 mm maakt qua vullingsgedrag niet uit. Waarschijnlijk is in dit geval de weerstand over de kolk en kolkleiding naar de drain maatgevend voor het invoerdebiet bij een schone drain.

Opgemerkt wordt dat het vervuilen van de vuldrain op termijn (zand, bladeren e.d of oneigenlijk gebruik.) invloed gaat hebben op de aanvoercapaciteit. De drains hebben echter bij aanleg een zeer grote overcapaciteit dat een mate van verontreiniging acceptabel is.

De vuldrain zal wel onderhoud nodig hebben als er sprake is van terugloop in capaciteit.

Een rond 160 mm drain zal daarin robuuster zijn dan de 125 mm drain.

Maatgevend voor de dimensionering en leegloop van een systeem zijn de doorlatendheid van de ondergrond rondom het systeem alsmede de vigerende grondwaterstand. Indien de doorlatendheid onvoldoende is om een leegloop van het systeem binnen 24 uur te kunnen borgen, dan wordt geadviseerd om een leegloopvoorziening (bijvoorbeeld drain met afvoer naar HWA of oppervlaktewater) aan te brengen. Ook hoge grondwaterstanden (hoger dan de onderkant van het systeem) kunnen een beperking vormen voor infiltratie en tijdige leegloop ter overweging voor toepassing van een infiltratievoorziening danwel bergingsvoorziening.

Een aandachtspunt is wel het grootschalig toepassen van dit systeem in de wijk. Het is aan te bevelen om te onderzoeken wat het effect is van infiltreren van hemelwater in de ophoging. Een eventuele ledigingsdrain kan dan mogelijk oplossing bieden om te zorgen dat er niet structureel te hoge grondwaterstanden in het gebied ontstaan.

# MEMO

---

werknummer GAH1806 Bestek 2642 - 2017  
project Reconstructie Waterrijk Oost te Boskoop  
opdrachtgever Gemeente Alphen aan den Rijn

---

datum 12 november 2020  
van Ir. N.A. van Amstel (Megaborn)  
aan Ing. P. Prast (Gemeente Alphen aan den Rijn)

---

**Betreft: Noodzaak voor de toepassing van innovatieve zeer lichte ophoogmaterialen, en met name schuimglas, gelet de noodzakelijke zettingsreductie in relatie tot de kosten en de verschillende civiel- en milieutechnische aspecten voor projecten in de gemeente Alphen aan den Rijn.**

## Conclusie

De gemeente Alphen aan den Rijn zoekt net als andere Nederlandse gemeenten met zettingsgevoelige gebieden naar ophoogmaterialen die goed scoren op kosten, geotechniek, duurzaamheid en beheer. Met name voor woonwijken waar men ook te maken heeft met ondergrondse infrastructuur en waar onderheide constructies of EPS-blokken (geëxpandeerd polystyreen) niet of slecht toepasbaar zijn. De gemeente ziet in schuimglas het beste duurzame alternatief voor een materiaal als EPS (aardolieproduct), met Argex (geëxpandeerde kleikorrels) als redelijke tweede.

Schuimglas is in zowel sterk zettingsgevoelige gebieden als bij beperkte zetting qua kosten vergelijkbaar met EPS en Argex, maar halveert de hoeveelheid grondverzet en brengt in vergelijking met die materialen de CO<sub>2</sub> uitstoot terug met 60% (betekent 10% CO<sub>2</sub> reductie op de totale uitstoot van het project), is in beheer eenvoudiger, is beter afgestemd op de klimaatadaptatie en is volledig op hetzelfde kwaliteitsniveau recyclebaar. Als men op Nederlandse schaal kijkt, met 100.000 al 200.000 m<sup>2</sup> aan projecten per jaar, geeft een toepassing van gemiddelde van 50 cm schuimglas in die projecten naast een kostenbesparing, een reductie van 6-12 miljoen kg CO<sub>2</sub> eq. uitstoot ten opzichte van de toepassing van Argex en EPS. En nog meer als deze materialen beperkt worden toegepast en regelmatig de straat dient te worden opgehoogd.

Echter, schuimglas voldoet niet aan de rekenkundige eisen ten aanzien van uitloging. Onderzoeken tonen aan dat de feitelijke uitloging wel binnen de normen valt. Het materiaal kan daarom alleen worden toegepast met akkoord van het bevoegd gezag en een goede monitoring.

---

opgesteld door: N.A. van Amstel

---

gecontroleerd door: P. Prast

---

## Inleiding

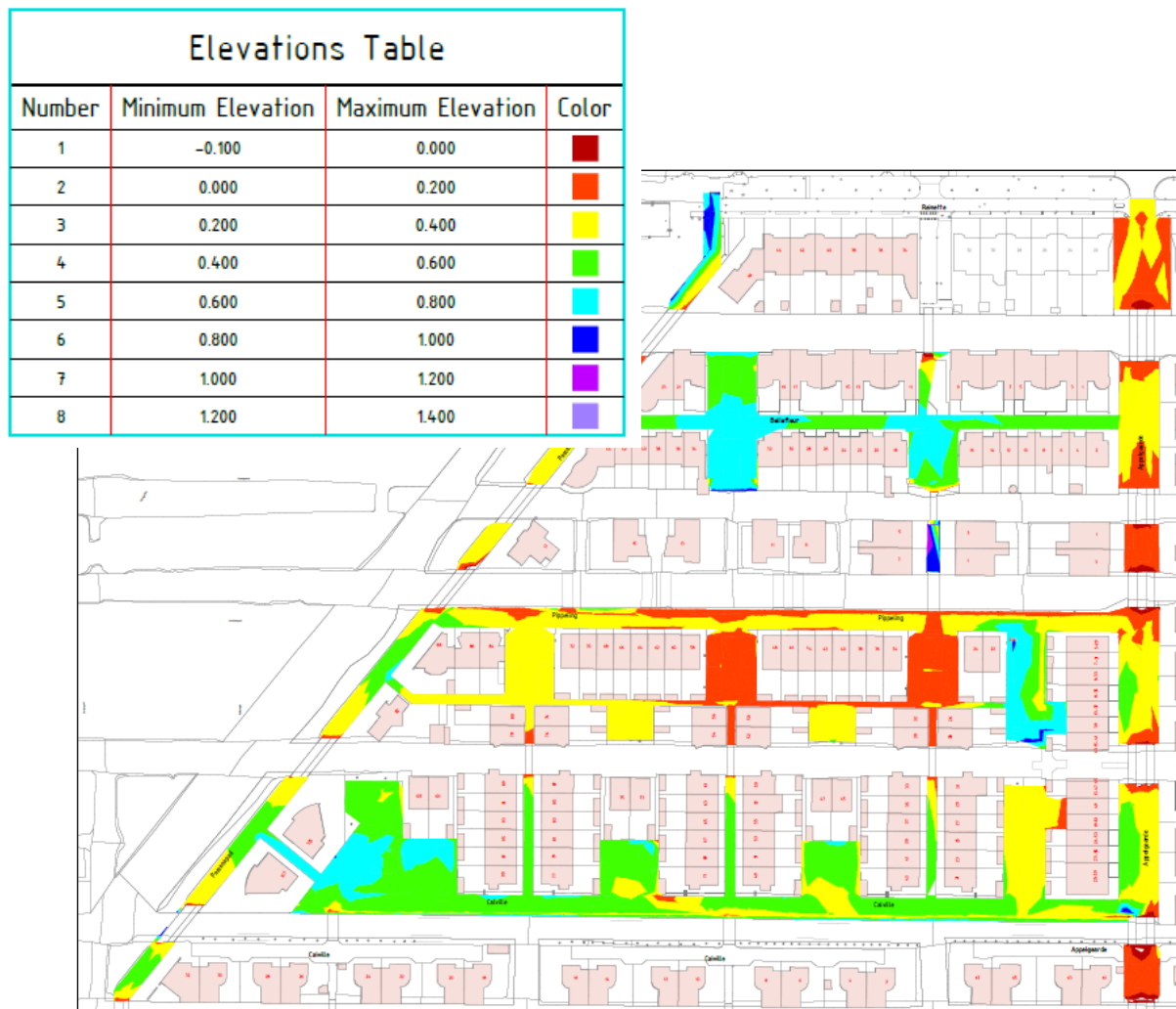
De gemeente Alphen aan den Rijn heeft binnen de gemeentegrenzen gebieden met dikke slappe veen- en kleilagen, zoals in Boskoop en Hazerswoude, en gebieden met dunne veenlagen. In verband met de voorgenomen reconstructie van de wijk Waterrijk-Oost in Boskoop wil de gemeente een indicatie hebben welke materialen in dat zeer zettingsgevoelige gebied het best gebruikt zouden kunnen worden. Maar ook wil de gemeente een beeld hebben waar men in de minder zettingsgevoelige gebieden rekening mee zou kunnen houden om ook daar de optredende zettingsverschillen te reduceren en daarmee de aanlegkosten en frequente reconstructiekosten te kunnen beperken.

De wijk Waterrijk-Oost in Boskoop in de gemeente Alphen aan den Rijn is in de jaren '90 van de vorige eeuw aangelegd en de wegen en het overige openbare gebied zijn nu na 25 jaar circa 25 tot 120 cm gezakt ten opzichte van de oorspronkelijke aanleghoogte. De meeste woningen hebben trapconstructies om de voordeur te bereiken en een aantal opritten zijn al niet meer begaanbaar voor personenauto's. Waterrijk-Oost is een wijk met circa 300 woningen op een totaaloppervlakte van circa 73.400 m<sup>2</sup>. De woonstraten en parkeerplaatsen hebben een totale lengte van circa 1.400 meter en een oppervlakte van circa 9.000 m<sup>2</sup>.



Figuur 1. Plattegrond Waterrijk-Oost Boskoop.

In de wijk is lokaal veelvuldig tussentijds opgehoogd en zijn verschillende maatregelen genomen om de zetting te reduceren. Met beperkt succes. Momenteel is het maaiveld van NAP – 1,54 m gezakt naar NAP – 1,7 m tot NAP -2,1 m en sommige delen liggen momenteel zelfs onder de waterspiegel van NAP -2.40 m. (zie figuur 2, de kleine donkerblauwe en paarse vlakken). De gele vlakken betreffen de delen waar tussentijds maatregelen zijn genomen, maar waar dus ook al weer een redelijke zetting aan de orde is.



Figuur 2. Zettingsverschillen in Waterrijk-Oost.

De totale zetting bestaat uit de autonome zetting van het gebied én de zetting door de aanwezigheid van een bovenbelasting in de vorm van de verhardingsconstructie. Het hele gebied kent een autonome zetting van 0,5-1,0 cm per jaar door de aanwezigheid van een zeer dikke, slappe klei-veenopbouw van 8 meter dikte. De eerste dunne zandlaag (2 meter dik) wordt pas op pas 8 meter gevonden en de vaste stabiele zandlaag begint op 13 meter diepte. De effecten van de autonome zetting zijn alleen te voorkomen door het toepassen van onderheide constructies. Deze zijn echter vrij kostbaar en voor woonwijken slecht toepasbaar. De gemeente zoekt daarom met name oplossingen om de extra zetting te reduceren tot nul. Dat leidt dan tot een aanvaardbare zettingsnorm van 30 cm over 30 jaar.

### Onderzoeksvraag

Gemiddeld zal de wijk 40 - 70 cm moeten worden opgehoogd om weer op de oorspronkelijke aanleghoogten van NAP – 1,54 m en NAP – 1,78 m te komen en de toegang tot de woningen en garages weer goed gangbaar te maken.

Uitgaande van de eis van maximaal 30 cm in 30 jaar zal de wegconstructie dus in evenwicht moeten zijn met de oorspronkelijke gronddruk en de opwaartse (water-)druk, zodat er alleen sprake is van de autonome zetting. Wordt er zwaarder geconstrueerd dan is het risico aanwezig dat ruim binnen 30 jaar opgehoogd en herstraat dient te worden. Waarbij vervolgens het ultieme risico bestaat dat de constructie bij toenemende ophoging steeds zwaarder wordt belast en zelfs steeds sneller zal gaan zetten. Er zijn locaties bekend waar binnen enkele jaren na het ophogen de verharding al weer met vrijwel dezelfde mate was gezakt.

Het is nu de vraag welke materialen voor Waterrijk-Oost het meeste geschikt zijn en welke opbouw kan leiden tot een goede oplossing met aandacht voor kosten op korte en lange termijn, milieu, geotechniek, risico's en overlast voor de omgeving. Bij de milieuaspecten gaat het dan niet alleen om de uitlogging naar de ondergrond maar ook om de CO<sub>2</sub>-uitstoot die gemoeid is met de productie en toepassing en de recyclebaarheid van het vrijkomende materiaal.

Het project Waterrijk-Oost is overigens niet uniek in de gemeente Alphen aan den Rijn of in Nederland. Er zijn vele wijken en wegen die met deze problematiek en kosten en effecten afwegingen te maken hebben. De woonwijk Waterrijk-Oost is qua opbouw extreem zettingsgevoelig. Andere gebieden binnen Alphen aan den Rijn hebben veelal te maken met dunnere veenlagen en daardoor minder zetting. Maar het zijn allemaal gebieden waar de toepassing van zeer lichte ophoogmaterialen (gewicht < 500 kg/m<sup>3</sup>) of lichte ophoogmaterialen (gewicht van 500 - 1.000 kg/m<sup>3</sup>) gewenst zijn om de onderhoudskosten en overlast fors te reduceren op korte en lange termijn. Het gaat in Nederland om 100.000 a 200.000 m<sup>2</sup> aan projecten op jaarbasis. De gemeente Alphen aan den Rijn wil het project Waterrijk-Oost mee laten lopen in de regionale onderzoeken naar het effectief beperken van zettingen in dergelijke gebieden. De toegepaste constructies worden daarom de komende jaren gemonitord.

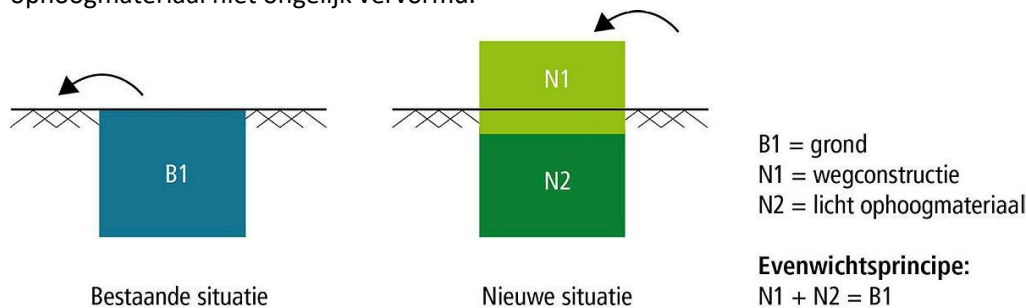
### Evenwichtsconstructie als principe-oplossing

Er zijn voor zettingsgevoelige gebieden diverse oplossingen mogelijk. Men kan kiezen voor een onderheide constructie of een constructieopbouw met lichte ophoogmaterialen, al dan niet in combinatie met langdurige voorbelasting of versnelde zettingsbemalingen. Bij deze lichte materialen streeft men dan naar het realiseren van een zogenaamde evenwichtsconstructie. Dit is een constructie die hetzelfde gewicht heeft als de autonome situatie en waar het gewicht van de nieuwe constructie niet zal leiden tot meer zetting dan de autonome zetting (CROW publicatie 325, lichte ophoogmaterialen in de wegenbouw, 2013). Een te lichte constructie geeft instabiliteit, een te zware constructie versnelde zetting.

Zetting ten gevolge van alleen de autonome zetting betekent dat pas na grofweg 30 jaar de bestrating dient te worden opgehoogd. Tot die tijd zijn woningen en percelen dan nog goed te bereiken. Deze evenwichtsconstructie werd in sterk zettingsgevoelige gebieden voorheen alleen tegen acceptabele kosten gerealiseerd door de toepassing van materialen als geëxpandeerd polystyreen (EPS, piepschuim).

Momenteel zijn er meer materialen op de markt die beter presteren dan EPS op zowel kosten als zettingsbeperking en milieubelasting.

Een evenwichtsconstructie kan zowel in een bestaande situatie als in een nieuwe situatie worden gerealiseerd. In de bestaande situatie worden dan de bestaande grondlagen en/of de bestaande verhardingsconstructie geheel of gedeeltelijk verwijderd, waarna alsnog een cunet van lichte ophoogmaterialen wordt aangebracht. De zetting die daarna optreedt, is afhankelijk van het eerdere zettingsgedrag van de bestaande verhardingsconstructie en de autonome zetting. In de nieuwe situatie worden de bestaande grondlagen van grond, klei en veen voor zover nodig verwijderd en vervangen door de licht ophoogmaterialen met daarop de wegconstructie. Deze wegconstructie wordt zodanig ontworpen dat het nieuwe maaiveld voldoende hoog boven de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) zit dat opvriazing niet aan de orde is en de wegbelasting goed wordt gespreid zodat het ophoogmateriaal niet ongelijk vervormd.



Figuur 3. Principe van een evenwichtsconstructie in 'maagdelijk' terrein.

Voor het aanbrengen van een evenwichtsconstructie moet worden ontgraven tot de benodigde diepte van de cunetbodem. Hierbij moet rekening worden gehouden met het grondwaterpeil (GHG). Aangezien een evenwichtsconstructie in veel gevallen gedeeltelijk onder de grondwaterspiegel wordt aangebracht, moet in het ontwerp worden getoetst of de constructie niet kan opdrijven en de bouwput niet kan opbarsten.

Waterrijk-Oost betreft een sterk venig gebied (bijna 6 meter veen en 2 meter slappe klei op zandlagen op 8 en 13 meter diepte) met een hoge grondwaterstand. Veen heeft een nat gewicht ( $1.100 \text{ kg/m}^3$  of  $11 \text{ kN/m}^3$ ), dat net iets hoger ligt dan water ( $1.000 \text{ kg/m}^3$  of  $10 \text{ kN/m}^3$ ). Er wordt gestreefd naar een constructie die 'net niet zakt', dus vrijwel gelijk is aan de opwaartse druk en de resulterende druk kleiner is dan  $1 \text{ kPa}$  ( $\text{kN/m}^2$ ). Bij een te lage druk van de constructie bestaat een risico van opdrijven of opbarsten, bijvoorbeeld als de verharding wordt opgenomen om te herstraten.

Wat is er in dit project nodig voor een evenwichtsconstructie? De wegconstructie van minimaal 40 cm (klinkerverharding en cunetzand) heeft al een gewicht van  $800 \text{ kg/m}^2$  ( $8 \text{ kN/m}^2$ ). Het lichte ophoogmateriaal, dat deels boven grondwaterniveau (ca. 30 cm) en deels onder grondwaterniveau moet worden aangebracht, moet eenvoudig gesteld het extra gewicht boven grondwaterniveau zodanig compenseren ten opzichte van het gewicht van het veen onder water dat het geheel vrijwel 0 uitkomt. Hoe lichter het ophoogmateriaal is ten opzichte van veen, hoe minder dik de constructie hoeft te zijn. Voorheen was alleen EPS (nat gewicht  $70 \text{ kg/m}^3$ ) beschikbaar als zeer licht materiaal met een gewicht dat vele malen lager was dan veen, momenteel zijn er ook andere potentieel milieuvriendelijker materialen op de markt in de categorie 'zeer licht ophoogmateriaal (gewicht onder water  $< 500 \text{ kg/m}^3$ ).

Andere gebieden hebben een gunstiger grondopbouw met maar 1 of 2 meter veen en stabielere en stevigere klei en zandlagen. In het verleden werden dergelijke dunne veenlagen verwijderd of met langdurige voorbelasting 'samengedrukt'. Nu kan daar met de zeer lichte ophoogmaterialen in dunne lagen op een goedkope en snelle manier de zetting over langere termijn worden beperkt. Woonwijken of wegen waar door de veenlagen, ondanks eerdere voorbelasting bij aanleg, toch nog zetting optreedt kunnen door het aanbrengen van bijvoorbeeld een dunne laag schuimglas alsnog zettingsarm en stabiel worden gemaakt.

### **Te beschouwen lichte ophoogmaterialen**

Op basis van de publicaties (publicatie 325 van CROW, e.a.) en de ervaringen van de gemeente en Megaborn met eerdere projecten in Nieuw-Lekkerland, Meerkerk, Vianen, Montfoort, Woerden, Utrecht en Hazerswoude-Dorp zijn de volgende zeer lichte en lichte materialen in de beschouwing meegenomen, min of meer representatief voor een bepaalde gewichtscategorie:

- bijzonder licht (0 - 100 kg/m<sup>3</sup>): EPS 150 (geëxpandeerd polystyreen - piepschuim)
- zeer licht (100 - 500 kg/m<sup>3</sup>): Schuimglas (hier beschouwd het type Geocell Red, zoals dat ook is toegepast in Hazerswoude-Dorp)
- licht (500 - 900 kg/m<sup>3</sup>): Argex (gebroken geëxpandeerde gebakken kleikorrels)
- redelijk licht (800 - 1.300 kg/m<sup>3</sup>): IJlandse Bims (ge vulkaniseerd puimsteen)
- en combinaties ervan

Er zijn meer materialen beschikbaar, die echter met name in de range van de granulaire materialen van 1.000 - 1.400 kg/m<sup>3</sup> vallen, zoals flugzand, Granulight, e.d. Zwaardere materialen zijn niet meegenomen daar deze niet zullen kunnen voldoen aan de eis van evenwichtsconstructie, behalve dan in combinatie met bijvoorbeeld EPS. Ter vergelijking, zand is circa 1.800 kg/m<sup>3</sup> en beton circa 2.400 kg/m<sup>3</sup>.

Op basis van de verschillende publicaties, rapporten van de producenten en ervaringen in de projecten is een tabel gemaakt van de belangrijkste karakteristieken van de materialen, de kosten, de uitvoeringsaspecten en de belangrijkste duurzaamheidsitems, zoals de Milieu Kosten Indicator (MKI), de CO2 equivalent uitstoot (CO2 eq.) en de recyclebaarheid. Deze MKI- en CO2-gegevens zijn per materiaal opgenomen in de Nationale Milieu Database (NMD) van de Stichting Bouwkwiteit of kunnen worden aangeleverd door de producent middels een gecertificeerde EPD.

#### *Terminologie:*

- *MKI staat voor Milieu Kosten Indicatie. Het betreft een samenvatting van alle uitstoot en negatieve effecten die een product heeft op mens en milieu, en drukt dit uit in euro's. De MKI is opgebouwd uit factoren zoals ozonlaag aantasting, broeikas effect (uiteraard inclusief CO2), verzuring, SMOG en vermisting over de gehele levenscyclus van een product, dus van winning tot en met recycling of storten.*
- *CO2 eq. Dit staat voor CO2 equivalent. CO2 is een van de belangrijkste broeikasgassen die bijdragen aan het versterkte broeikas effect. Het is echter niet het enige broeikasgas. Sommige gassen, zoals methaan, hebben een groter gevolg op het versterkte broeikas effect. Om dit overzichtelijk te maken zijn alle broeikasgassen omgerekend en uitgedrukt onder één CO2 eq. De CO2 eq. is altijd in kilogrammen uitgedrukt.*
- *EPD. Dit staat voor environmental product declaration. Een EPD geeft gekwantificeerde milieugegevens van een product. De verklaring is opgesteld op basis van een levenscyclusanalyse (LCA) die is uitgevoerd volgens de internationale norm ISO 14025 (type III milieuverklaringen).*



Er zijn uiteindelijk meer factoren van belang zoals stabiliteit, dichtheid, bestandheid tegen verbrijzeling, e.d. Deze factoren zijn aan de orde bij de eventuele nadere berekeningen van de constructiesterkte, maar zijn hier in deze algemene beschouwing achterwege gelaten.

Materiaal	EPS 150	BIMS 0/16 IJslandse BIMS	Argex 4/32	Schuimglas Type Geocell Red
Gewicht droog (kg/m <sup>3</sup> )	25	325-725	320-650	250
Gewicht nat (kg/m <sup>3</sup> )	70	800-1290	800-1290	450
Kosten leveren en aanbrengen (prijsspeil 2020, excl. BTW)	€ 65 /m <sup>3</sup> - € 70 / m <sup>3</sup> , exclusief folie en druklaag	€ 65 /m <sup>3</sup> - € 80 / m <sup>3</sup> , exclusief geotextiel en druklaag	€ 50 /m <sup>3</sup> - € 65 / m <sup>3</sup> , exclusief geotextiel en druklaag	€ 95 /m <sup>3</sup> - € 110 /m <sup>3</sup> , exclusief geotextiel
Uitvoeringsaspecten	Snel aan te brengen in blokken. Wordt wel extra drukspreidende laag vereist. Inpakken in folie in verband risico van aantasting.	Goed verwerkbaar. Wordt wel extra drukspreidende laag vereist. Inpakken in geotextiel in verband met materiaalscheiding.	Goed verwerkbaar. Wordt wel extra drukspreidende laag vereist. Inpakken in geotextiel in verband met materiaalscheiding.	Goed verwerkbaar. Goed bestand tegen verbrijzeling, waardoor te gebruiken als puinfundering Inpakken in geotextiel in verband met materiaalscheiding.
Items t.a.v. beheerfase	Redelijk stabiel met goede afdekking erop. Lastiger om leidingen in aan te brengen, dus nutstracé erboven.	Risico op watertoeloop, compartimentering toepassen.	Risico op watertoeloop, compartimentering toepassen.	Risico op watertoeloop, compartimentering toepassen.
Duurzaamheid	MKI: € 8,66 /m <sup>3</sup> (opgave IsoBouw) € 52,92 /m <sup>3</sup> (NMD)  CO2 eq 118,73 kg/m <sup>3</sup> (opgave IsoBouw) 1431,70 kg/m <sup>3</sup> (NMD)  Opmerkelijk verschil tussen waarde producent en waarde in de NMD op basis van het branchegemiddelde.	MKI: € 9,10 /m <sup>3</sup> (NMD)  CO2 eq 49,19 kg/m <sup>3</sup> (NMD)	MKI: € 8,75 /m <sup>3</sup> (NMD)  CO2 eq 93,87 kg/m <sup>3</sup> (NMD)	MKI: € 5,19 / m <sup>3</sup> (opgave Rotim)  CO2 eq. 59,15 kg/m <sup>3</sup> (opgave Rotim)

### Constructiedikten variëren sterk, schuimglas dunste laag en minste ontgraving

Voor de wijk Waterrijk-Oost zijn verschillende berekeningen uitgevoerd op de mogelijk toe te passen constructies. Hierbij is rekening gehouden met de materiaaleigenschappen en de civieltechnische eigenschappen van de verschillende materialen. Voor EPS 150 wordt in verband met de goede spreiding van de belastingen bijvoorbeeld rekening gehouden met een dikkere en dus zwaardere bovenconstructie dan bij de toepassing van Schuimglas Geocell Red. Door de zeer slappe ondergrond is er op basis van een standaardprofiel berekend dat er minimaal 1,30 meter EPS nodig is of 1,20 meter schuimglas. Voor de zwaardere materialen geldt dat zelfs bij toepassing van circa 2 meter laagdikte Argex en BIMS ook EPS of Schuimglas moet worden toegepast om een evenwicht te kunnen krijgen.

VERGELIJKING ALLE MATERIALEN OP BASIS PRINCIPEPROFIEL PROJECT WATERRIJK-OOST (BESCHOUWING VAN 1 M <sup>2</sup> )				
Constructies	kosten/m <sup>2</sup>	MKI €/m <sup>2</sup>	CO2 eq kg/m <sup>2</sup>	CO2 % project
EPS	€ 127,29	€ 26,36	268,57	21%
BIMS/EPS	€ 188,40	€ 35,61	302,68	23%
Argex/EPS	€ 136,64	€ 30,22	290,41	22%
Schuimglas	€ 138,34	€ 15,58	142,06	11%
Constructies	dikte materiaal	ontgravingsdiepte		
EPS	1,30	2,38		
BIMS/EPS	2,28	2,96		
Argex/EPS	1,90	2,58		
Schuimglas	1,20	1,78		

### Ontgravingsdiepte met schuimglas beperkt

De forse constructiediktes betekenen ook forse ontgravingen. Dit heeft gevolgen voor de overlast voor de bewoners, de veiligheid voor bestaande woningen en schuren en de bemaling voor een veilige en droge bouwkuip. Voor het schuimglas is minimaal een ontgraving van circa 1,35 meter nodig. Voor EPS en Argex/EPS is dat circa 2 meter en voor BIMS/EPS zelfs circa 3 meter.

Voor de gebieden waar dunnere veenlagen aan de orde zijn, kan met dunnere lagen worden volstaan. Globaal zijn er lagen van 35 cm schuimglas of 55-60 cm Argex nodig om al een evenwicht te kunnen realiseren zonder al te veel grondverzet.

### Kosten voor schuimglas-constructies lager dan bij andere oplossingen

Qua kosten lopen de principe-oplossingen niet veel uiteen voor EPS, Argex/EPS en schuimglas. Alleen een toepassing voor BIMS zal op basis van het principeprofiel fors duurder uitpakken. Wordt er ook gekeken naar de bijkomende werkzaamheden en naar de feitelijke oplossing in relatie tot de ligging met het riool, dan zal schuimglas qua kosten gunstiger uitpakken.

In de principe-oplossingen is alleen gekeken naar de ontgraving en het aanbrengen van de materialen. Bij diepere ontgraving zullen ook de kosten voor de extra bouwkuijvoorzieningen, de effecten van de extra bemaling, risico's en eventuele schade aan tuinmuren en woningen moeten worden meegenomen.

In de principe-oplossing is uitgegaan van een gunstige hoge ligging van het riool. Wordt het riool op de standaard diepte gelegd en het EPS onder het riool aangebracht, dan zal er tot circa 4-4,5 meter beneden maaiveld moeten worden ontgraven en zal er een dikkere EPS-laag in combinatie met Argex moeten worden toegepast. Hiermee zullen de kosten van de EPS/Argex-constructie sterk stijgen ten opzichte van de schuimglasoplossing, die niet afhankelijk is van de ligging van het riool.

### **Milieukosten en CO<sub>2</sub>-uitstoot kunnen worden gehalveerd bij toepassing van schuimglas**

Met het beperken van de toepassing van EPS wordt bijgedragen aan het terugdringen van het gebruik van fossiele producten als aardolie. Schuimglas is een nuttige toepassing van een afvalstroom en gebruikt geen primaire grondstoffen.

Op basis van de berekeningen van de principe-oplossingen leidt het toepassen van schuimglas tot forse verlaging van de Milieu-Kostenindicatie (MKI – milieueffecten omgerekend naar euro's compensatiekosten) en een halvering van de kg CO<sub>2</sub> uitstoot ten opzichte van toepassing van andere materialen. Uit oogpunt voor circulariteit en verlagen van de Milieukosten en CO<sub>2</sub> op de bouw is Schuimglas daarom te verkiezen boven EPS.

De CO<sub>2</sub> uitstoot die gemoeid gaat met het leveren en aanbrengen van een m<sup>3</sup> zand is gelijk aan die van een m<sup>3</sup> schuimglas. Het aanbrengen van schuimglas en daarmee sterk beperken van de frequentie van steeds weer ophogen leidt tot een beperking van de CO<sub>2</sub>-uitstoot die evenredig is met de frequentie van ophogen. Het 1 á 2 keer ophogen in een periode van 30 jaar betekent dan ook een verdubbeling van de CO<sub>2</sub>-uitstoot.

Voor het project Waterrijk-Oost geldt een totale CO<sub>2</sub> equivalent uitstoot van circa 11 miljoen ton. Bij de toepassing van schuimglas zal dit met circa 10% worden gereduceerd ten opzichte van de toepassing van de andere materialen. Waterrijk-Oost is niet uniek in Nederland. Er zijn enkele tientallen projecten per jaar waar dit aan de orde is en waar schuimglas een belangrijke bijdrage kan leveren aan het realiseren van de CO<sub>2</sub>-doelstellingen van de overheid.

Voor projecten waar men te maken heeft met slechts 1 of 2 meter veen zijn de MKI- en de CO<sub>2</sub>-reductie door de toepassing van schuimglas relatief beperkt ten opzicht van het gehele project. Niettemin betekent de toepassing van schuimglas een halvering van de MKI- en de CO<sub>2</sub>-waarden en daarmee een stap in de richting van de overheidsdoelstellingen voor 2030/2050.

CONSTRUCTIES	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>	KOSTEN/M <sup>2</sup>	MKI/M <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> EQ KG/M <sup>2</sup>
BIMS	3,50	€ 269,50	€ 31,85	172,17
ARGEX	0,55	€ 34,10	€ 4,81	51,63
Schuimglas	0,35	€ 37,45	€ 1,82	20,70

### **Schuimglas echter alleen toepasbaar onder voorwaarden**

De beschouwde materialen zijn niet zonder meer toepasbaar. Het project Reconstructie Waterrijk-Oost te Boskoop van de opdrachtgever Gemeente Alphen aan den Rijn heeft net als een aantal andere projecten in de regio te maken met het feit dat het zeer lichte ophoogmateriaal Schuimglas Geocell Red niet zonder meer mag worden toegepast in de GWW-projecten in Nederland. Terwijl schuimglas een zeer goed alternatief is voor EPS op het gebied van zettingsreductie, verwerkbaarheid, circulair bouwen, life-cycle-denken en CO2-reductie.

Schuimglas Geocell Red voldoet formeel niet aan de rekenregels voor de uitloging van chroom met een minimale overschrijding van de streefwaarde-norm, ook al blijft de feitelijke uitloging ruim onder die norm, zoals wordt aangetoond op het proefproject Hazerswoude Dorp.

Voor toepassing dient daarom een project-ontheffing te worden gegeven door het bevoegd gezag, dient het product te zijn voorzien van de juiste papieren voor het transport en dient er monitoring plaats te vinden op de uitloging.

## **Bijlage 5. Analysecertificaten partijkeuringen schuimglas**

In deze bijlage zijn van drie partijkeuringen alleen de analysecertificaten opgenomen. Dit voor de overzichtelijkheid. Het betreffen drie partijkeuringen waarbij schuimglas als niet-vormgegeven bouwstof is onderzocht (kolomproef). De volledige keuringen kunnen zo nodig worden opgevraagd.

## Bouwstofadvies Bergen

Bergse Heide 4,  
5854 PW Bergen (L)  
+31(0)6-57021349

### Bijlage 1 Samenvatting en toetsing

Analysenr	2018/01			datum opdracht	07-05- 2018
omschrijving	meetwaarden M1 M2		gemiddeld over meting(en)	BBK criterium	voldoet?
droge stof %m/m	69,6	69,7	69,65		
<b>Uitflogging</b>			Emissie mg/kgds	Emissie mg/kgds	
bromide	<0,8	<0,8	<0,8	20,0	ja
chloride	<100	<100	<100	616	ja
sulfaat	<300	<300	<300	2430	ja
fluoride	4,5	4,1	4,3	55	ja
antimoon	0,025	0,023	0,024	0,32	ja
arsen	<0,2	<0,2	<0,2	0,90	ja
barium	<0,6	<0,6	<0,6	22,0	ja
cadmium	<0,007	<0,007	<0,007	0,040	ja
chrom	0,687	0,364	0,5255	0,63	ja
cobalt	<0,07	<0,07	<0,07	0,54	ja
koper	<0,1	<0,1	<0,1	0,9	ja
kwik	<0,005	<0,005	<0,005	0,020	ja
lood	<0,3	<0,3	<0,3	2,3	ja
molybdeen	0,136	0,101	0,1185	1,00	ja
nikkel	<0,2	<0,2	<0,2	0,44	ja
seleen	0,012	0,01	0,011	0,150	ja
tin	<0,02	<0,02	<0,02	0,40	ja
vanadium	0,929	<0,3	<0,6145	1,8	ja
zink	<0,7	<0,7	<0,7	4,5	ja
<b>Samenstelling</b>	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	
Minerale olie	30	40	35	500	ja
PAK(10)	0,083	<0,07	<0,0765	50	ja
PCB	<0,0098	<0,0098	<0,0098	0,5	ja

## Bouwstofadvies Bergen

Bergse Heide 4,  
5854 PW Bergen (L)  
+31(0)6-57021349

### Bijlage 1 Samenvatting en toetsing (oorspronkelijke analyseresultaten)

Analysenr	2019/01			datum opdracht	03-05- 2019
omschrijving	meetwaarden		gemiddeld	BBK	voldoet?
	M1	M2	over meting(en)	criterium	
droge stof %m/m	93,6	85,3	89,45		
<b>Uitloging</b>	Emissie mg/kg ds		Emissie mg/kg ds	Emissie mg/kg ds	
bromide	<0,8	<0,8	<0,8	20,0	ja
chloride	<100	<100	<100	616	ja
sulfaat	<300	<300	<300	2430	ja
fluoride	1,2	1,4	1,3	55	ja
antimoon	0,039	0,043	0,041	0,32	ja
arseen	<0,2	<0,2	<0,2	0,90	ja
barium	<0,6	<0,6	<0,6	22,0	ja
cadmium	<0,007	<0,007	<0,007	0,040	ja
chrom	0,513	0,77	0,6415	0,63	nee
cobalt	<0,07	<0,07	<0,07	0,54	ja
koper	<0,1	<0,1	<0,1	0,9	ja
kwik	<0,005	<0,005	<0,005	0,020	ja
lood	<0,3	<0,3	<0,3	2,3	ja
molybdeen	<0,05	<0,05	<0,05	1,00	ja
nikkel	<0,2	<0,2	<0,2	0,44	ja
seleen	<0,009	<0,009	<0,009	0,150	ja
tin	<0,02	<0,02	<0,02	0,40	ja
vanadium	<0,3	<0,3	<0,3	1,8	ja
zink	<0,7	<0,7	<0,7	4,5	ja
<b>Samenstelling</b>	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	
Minerale olie	<20	<20	<20	500	ja
PAK(10)	<0,07	<0,07	<0,07	50	ja
PCB	<0,0098	<0,0098	<0,0098	0,5	ja

Heranalyses van chrom bevestigen de gemeten concentraties en de berekende emissies.

## Kolomproef

NEN 7383

volgens AP04

monstercode		193315-1			
monsteromschrijving		schuim glas			
Testgegevens		cumulatief 2 fracties (L/S=1 en L/S1-10), een fractie analyseren conform AP04.			
Start- en einddatum kolomproef		23-9-2019		14-10-2019	
Massa d.s.	(g)	441,21			
Coefficient (f)	(l/kg.h)	0,025			
Debiet	(ml/uur)	11,0		mengmonster 1 schuimglasgranulaat	
Diameter kolom	(cm)	5			
Lengte kolom	(cm)	25			
Temperatuur	(°C)	20±2			
Volume fractie		(ml)	436,8	4412,1	GEMETEN CUMULATIEVE UITLOGING
L/S-verhouding		(ml/g)	0,99	10,00	
Zuurgraad		(pH)	10,37	9,78	
Geleidbaarheid		(µS/cm)	1340	140	
Temp. pH/geleidbaarheid		(°C)	20,5	19,8	
Component		OBG (µg/l)	Concentratie in extract (µg/l)		L/S=10 (mg/kg d.s.)
antimoon	(Sb)	0,4		3,5	0,035
arseen	(As)	5		< 5,0	<0,050
barium	(Ba)	60,0		< 60	<0,60
cadmium	(Cd)	0,1		< 0,10	<0,0010
chrom	(Cr)	10,0		92	0,92
cobalt	(Co)	3,0		< 3,0	<0,030
koper	(Cu)	5,0		< 5,0	<0,050
kwik	(Hg)	0,04		< 0,04	<0,00040
lood	(Pb)	10		< 10	<0,10
molybdeen	(Mo)	1,0		4,8	0,048
nikkel	(Ni)	5,0		< 5,0	<0,050
seleen	(Se)	0,7		< 0,7	<0,0070
tin	(Sn)	2,0		< 2,0	<0,020
vanadium	(V)	20		< 20	<0,20
zink	(Zn)	20		< 20	<0,20
fluoride	(F)	100		120	1,2
chloride	(Cl)	1000		940	9,4
sulfaat	(SO <sub>4</sub> )	2000		5800	58
bromide	(Br)	80		< 80	<0,80



## Kolomproef

NEN 7383

volgens AP04

monstercode		193315-2		
monsteromschrijving		schuim glas		
Testgegevens		cumulatief 2 fracties (L/S=1 en L/S1-10), een fractie analyseren conform AP04.		
Start- en einddatum kolomproef		23-9-2019	14-10-2019	
Massa d.s.	(g)	440,42		
Coefficient (f)	(l/kg.h)	0,025		
Debiet	(ml/uur)	11,0	mengmonster 2 schuimglasgranulaat	
Diameter kolom	(cm)	5		
Lengte kolom	(cm)	25		
Temperatuur	(°C)	20±2		
Volume fractie		(ml)	440,4	4404,2
L/S-verhouding		(ml/g)	1	10,00
Zuurgraad		(pH)	10,7	10,46
Geleidbaarheid		(µS/cm)	1350	180
Temp. pH/geleidbaarheid		(°C)	20,3	19,8
Component		OBG (µg/l)	Concentratie in extract (µg/l)	
				L/S=10 (mg/kg d.s.)
antimoon	(Sb)	0,4	2,8	0,028
arseen	(As)	5	< 5,0	<0,050
barium	(Ba)	60,0	< 60	<0,60
cadmium	(Cd)	0,1	< 0,10	<0,0010
chrom	(Cr)	10,0	84	0,84
cobalt	(Co)	3,0	< 3,0	<0,030
koper	(Cu)	5,0	< 5,0	<0,050
kwik	(Hg)	0,04	< 0,04	<0,00040
lood	(Pb)	10	< 10	<0,10
molybdeen	(Mo)	1,0	5,1	0,051
nikkel	(Ni)	5,0	< 5,0	<0,050
seleen	(Se)	0,7	< 0,7	<0,0070
tin	(Sn)	2,0	< 2,0	<0,020
vanadium	(V)	20	< 20	<0,20
zink	(Zn)	20	< 20	<0,20
fluoride	(F)	100	130	1,3
chloride	(Cl)	1000	1200	12
sulfaat	(SO <sub>4</sub> )	2000	7400	74
bromide	(Br)	80	< 80	<0,80

## Kolomproef

NEN 7383

volgens AP04

monstercode		193315-3		
monsteromschrijving		schuim glas		
Testgegevens		cumulatief 2 fracties (L/S=1 en L/S1-10), een fractie analyseren conform AP04.		
Start- en einddatum kolomproef		23-9-2019	14-10-2019	
Massa d.s.	(g)	507,56		
Coefficient (f)	(l/kg.h)	0,025		
Debiet	(ml/uur)	12,7	mengmonster 1 schuimglasgranulaat gedroogd	
Diameter kolom	(cm)	5		
Lengte kolom	(cm)	25		
Temperatuur	(°C)	20±2		
Volume fractie		(ml)	502,5	5075,6
L/S-verhouding		(ml/g)	0,99	10,00
Zuurgraad		(pH)	10,3	10,17
Geleidbaarheid		(µS/cm)	2090	150
Temp. pH/geleidbaarheid		(°C)	20,3	19,8
Component	OBG (µg/l)	Concentratie in extract (µg/l)		L/S=10 (mg/kg d.s.)
antimoon (Sb)	0,4			
arseen (As)	5			
barium (Ba)	60,0			
cadmium (Cd)	0,1			
chromium (Cr)	10,0	78		0,78
cobalt (Co)	3,0			
koper (Cu)	5,0			
kwik (Hg)	0,04			
lood (Pb)	10			
molybdeen (Mo)	1,0			
nikkel (Ni)	5,0			
seleen (Se)	0,7			
tin (Sn)	2,0			
vanadium (V)	20			
zink (Zn)	20			
fluoride (F)	100			
chloride (Cl)	1000			
sulfaat (SO <sub>4</sub> )	2000			
bromide (Br)	80			

## Bijlage 6. Effect van vermalen op uitloging

---

**Van:** [REDACTED]

**Verzonden:** vrijdag 18 september 2020 9:37

**Aan:** [REDACTED]

**Onderwerp:** effect van fijnheid analysemonster op uitloging chroom

Geachte [REDACTED],

SGS INTRON heeft onderzoek in opdracht van Rotim Lightweight Solutions gedaan naar de uitloging van chroom uit glasschuimgranulaat.

Eén van de onderzoekparameters betrof de korrelgrootte van het analysemonster.

Het verschil is onderzocht tussen:

- (1) 100% < 4 mm, conform de monstervoorbereiding in APO4 voor de kolomproef en
- (2) 45% < 4 mm en max 22,4 mm, zoals voorgeschreven in de nieuwe Europese kolomproef prEN 16637-3.

De uitloogproef die in dit onderzoek is toegepast is de schudproef EN 12457 (L/S = 10, 24 hr).

Bij de twee onderzochte monsters was de uitloging van chroom bij de grovere analysemonsters ongeveer 2x zo laag als bij de standaard fijne monsters:

	100% < 4 mm (mg/kg ds)	45% < 4 mm (mg/kg ds)
Monster 1	0,51	0,29
Monster 2	0,86	0,40

Ik verwacht u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben,

Met vriendelijke groet,

[REDACTED]  
Senior Consultant

**SGS INTRON B.V.**

Venusstraat 2, 4105 JH Culemborg

PO Box 267, 4100 AG Culemborg

The Netherlands

Tel: [REDACTED]

Mobile: [REDACTED]

E-mail: [REDACTED]

Website: [www.sgs.com/intron](http://www.sgs.com/intron)

---

### Toelichting

Uit bovenstaande mail blijkt dat door een bouwstof fijn te malen (< 4 mm) er meer uitloging plaatsvindt dan wanneer deze minder fijn wordt vermalen.

## MEMO

Betreft resultaten monitoring schuimglas Hazerswoude-Dorp  
Kenmerk 2020239937  
Datum 8 september 2020

### Aanleiding

In 2017 is in Hazerswoude-Dorp (gemeente Alphen aan den Rijn) schuimglas toegepast als wegfundering in de tot dan toe sterk zakkende wijk. In een variantenstudie<sup>1</sup> kwam schuimglas als beste naar voren dankzij het lage soortelijk gewicht. Er kon daardoor gewichtsneutraal worden opgehoogd. Uit de partijkeuringen van het schuimglas bleek echter dat het materiaal niet voldeed aan de normen uit de Regeling bodemkwaliteit voor niet-vormgegeven bouwstoffen. In het laboratorium loogt er iets te veel chroom uit. Om het materiaal toch toe te kunnen passen wordt het gezien als een experiment/pilot onder het zorgplichtbeginsel van de Wet bodembescherming (Wbb). De Wbb is het vangnet: als na 10 jaar blijkt dat het materiaal uitloogt, moet conform artikel 13 Wbb alles worden verwijderd en hersteld naar de oorspronkelijke situatie.

Door te monitoren wordt zicht gehouden op de werkelijke uitspoeling van chroom. Dit zal gedurende de eerste tien jaar van het werk gebeuren.

### Resultaten

Er is een monitoringsprogramma opgesteld met 8 peilbuizen in de wijk die periodiek worden bemonsterd en geanalyseerd op chroom. De resultaten zijn hieronder opgenomen.

peilbuis	filter	plek	sep-17 (nul)	dec-17	mrt-18	jun-18	sep-18	mrt-19	jun-19	sep-19	mrt-20
1	1,5-2,5 m-mv	in schuimglas	<1		<1		<1	<1		<1	<1
2	1,5-2,5 m-mv	in schuimglas	<1		<1		<1	<1		<1	<1
4	1,5-2,5 m-mv	tussen schuimglas en watergang	1,1	<1	<1		<1	<1		<1	1,0
6	1 - 2 m-mv	tussen schuimglas en watergang	1,8	1,1	<1		<1	<1		<1	1,3
9	1 - 2 m-mv	in schuimglas	<1		<1		<1	5,1	5,8	<1	<1
13	1,5-2,5 m-mv	tussen schuimglas en watergang	<1		<1		<1	<1		<1	<1
17	2-3 m-mv	naast schuimglas	2	<1	2,2	6,7	<1	<1		6,2	1,2
19	1-2 m-mv	in schuimglas	<1		<1	6,6	<1	3,7	1,3	1,1	<1

Te zien is dan bij de nulmeting (voordat het schuimglas is verwerkt) al in 3 peilbuizen enig chroom wordt gemeten. Er is dus sprake van enig verhoogd achtergrondgehalte. In Nederland worden vaker van nature verhoogde gehalten aan zware metalen in het grondwater aangetroffen<sup>2</sup>. Fluctuaties zijn daarbij ook een natuurlijk verschijnsel.

<sup>1</sup> "Reconstructie Montfoortlaan, Alternatievenstudie lichte ophoogmaterialen", Netics, NP.2015.077.11.1, 10 januari 2016

<sup>2</sup> Achtergrondconcentraties en kwaliteitscriteria grondwater. RIVM briefrapport 2017-0125. W. Verweij et al.

**Conclusie**

De resultaten van de monitoring zijn veelbelovend. In de laatste monitoringsronde van maart 2020 worden in nog slechts twee peilbuizen zeer geringe concentraties van chroom in het grondwater aangetroffen (zeer lichte overschrijdingen van de streefwaarde; ruim onder de interventiewaarde en zelfs lager dan de nulmeting). Er is geen sprake van significante aantasting van het grondwater door de toepassing van het schuimglas en er zijn geen risico's voor de omgeving.