

M. A. Rus
Telefoon (036) 527 7513
Fax (036) 527 7205
mrus@almere.nl

Stadhuisplein 1
Postbus 200
1300 AE Almere
Telefoon (036) 539 99 11
Fax (036) 539 99 12
www.almere.nl

Doorlatende verharding

Proefvakken op parkeerplaats bij noodschool 3T, resultaten van 1 jaar monitoring

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Auteur
ir. M.A.Rus

Versie
definitief

Pagina
1/27

Datum vrijgave		Goedkeuring	Vrijgave
16-12-2004		A.Hof	A.Hof



Inhoudsopgave

1	INLEIDING.....	3
1.1	DOELSTELLING	3
1.2	LEESWIJZER	3
1.3	TOTSTANDKOMING	3
2	BESCHRIJVING PROEFVAKKEN	4
2.1	LOCATIE KEUZE	4
2.2	KEUZE PROEFVAKKEN	4
2.3	AANLEG PROEFVAKKEN.....	6
2.4	ONDERZOEKSPROGRAMMA.....	6
3	RESULTATEN EN ANALYSE.....	7
3.1	VISUEEL.....	7
3.1.1	<i>Doorlatendheid</i>	7
3.1.2	<i>Sterkte</i>	7
3.1.3	<i>Combinatie doorlatend/ondoorlatend visueel</i>	8
3.2	METINGEN	8
3.2.1	<i>Neerslag</i>	8
3.2.2	<i>Grondwaterstand</i>	9
3.2.3	<i>Afvoer</i>	12
3.2.4	<i>Extreme bui 23 augustus 2004 nader bekeken</i>	14
3.2.5	<i>Waterbalansen</i>	16
3.2.6	<i>Waterkwaliteit</i>	16
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	18
4.1	KWALITATIEF ONDERZOEK	18
4.2	METINGEN	18
4.3	EINDCONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	19
	BIJLAGE I LOCATIE PROEFVAKKEN	21
	BIJLAGE II OVERZICHT PROEFVAKKEN MET OPBOUW	22
	BIJLAGE III OVERZICHT MEETAPPARATUUR.....	24
	BIJLAGE IV FOTO'S.....	26

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
2/27

Gemeente Almere



1 Inleiding

De gemeente Almere streeft bij uitbreidingsplannen duurzame ontwikkeling na volgens de richtlijnen van de Vierde Nota Waterhuishouding, het Omgevingsplan Flevoland en het Waterbeheersplan van Waterschap Zuiderzeeland.

Dit betekent dat het streven is om zoveel mogelijk gebiedseigen water vast te houden en zo min mogelijk water af te voeren naar de AWZI.

Een manier om regenwater van verharde oppervlakken af te voeren is het water afvoeren door een waterdoorlatende verharding. Het bijzondere van een waterdoorlatende verharding is dat het de sterkte van verharding combineert met de hydrologische eigenschappen van onverhard oppervlak, waardoor een traditioneel regenwaterriool niet nodig is.

Het regenwater dat op het oppervlak van de doorlatende verharding valt, infiltreert en wordt vast gehouden in de fundering. Deze fundering bestaat uit verschillende lagen grof gesteente met eventueel scheidingsdoeken. Vanuit de fundering kan het water in de bodem infiltreren of worden afgevoerd naar het oppervlaktewater.

Toepassing van doorlatende verharding heeft mogelijk de volgende voordelen:

- Vertraging van afvoer van regenwater
- Voorkomen van pieklozingen
- Zuivering van verontreinigd regenwater
- Achterwege laten van kolken en regenwaterriool
- Geen extra ruimtebeslag

De toepassing van dit soort verharding wordt overwogen voor het aan te leggen bedrijventerrein Stichtse Kant.

Voordat het tot uitvoering kan komen is het belangrijk dat wordt onderzocht of een waterdoorlatende verharding wel geschikt is voor toepassing op het bedrijventerrein en of de toepassing wenselijk is.

In een vooronderzoek [1] is gekeken naar de mogelijkheden voor waterdoorlatende verharding. De toepassing lijkt ook voor Almere goede kansen te bieden. Er waren echter nog geen ervaringen mee in Almere. Om die reden is voorgesteld om eerst een aantal proefvakken met waterdoorlatende verharding aan te leggen en deze te monitoren.

1.1 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is :

Het monitoren van de proefvakken waterdoorlatende verharding in Almere Buiten. Op basis van de resultaten hiervan een advies geven of en welk type waterdoorlatende verharding geschikt is voor parkeerplaatsen op het bedrijventerrein Stichtse Kant, en eventueel voor andere delen van Almere.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de locatiekeuze en de keuze voor de typen proefvakken toegelicht. Ook wordt in dit hoofdstuk het onderzoeksprogramma beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten en analyse van het onderzoeksprogramma. Hoofdstuk 4 besluit met conclusies en aanbevelingen.

1.3 Totstandkoming

Het proefproject is mede mogelijk gemaakt door een financiële bijdrage van de Europese Unie.

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
3/27

Gemeente Almere



2 Beschrijving proefvakken

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
4/27

2.1 Locatie keuze

Aangezien de proef bedoeld is om te onderzoeken of doorlatende verharding kan worden toegepast op parkeerplaatsen op Stichtse Kant is gekozen voor een parkeerplaats als locatie.

Deze parkeerplaats is aangelegd in augustus 2003 en hoort bij een noodschool in het gebied 3T (Stripheldenbuurt), zie bijlage I voor de locatie. Voordat de parkeerplaats is aangelegd was het gebied een bosvak. Er heeft geen voorbelasting plaatsgevonden.

De parkeerplaats is in het nieuwe schooljaar gelijk in gebruik genomen (september 2003). Elke schooldag rijdt er bovendien een grote schoolbus over de parkeerplaats.

2.2 Keuze proefvakken

Er zijn 4 proefvakken doorlatende verharding aangebracht, ook is er een deel traditionele bestrating aangebracht.

Een doorlatende verharding bestaat uit een toplaag en een fundering. Voor beide zijn verschillende alternatieven denkbaar. Hieronder worden de keuzes voor de proefvakken besproken.

Alternatieven voor de toplaag

Er zijn grofweg 3 types doorlatende verharding te onderscheiden:

- poreuze betonstraatstenen (voegen hoeven niet waterdoorlatend te zijn) (*o.a. Kelt Drainagesteen van Kellen Beton*)
- betonstraatstenen met brede voegen of gaten (te vullen met open voegmateriaal) (*o.a. Aquaflo van Jonker Beton, Nokkensteen van Maas&Waal Beton*)
- poreuze betonstraatstenen met brede voegen (voegen vullen met open voegmateriaal) (*o.a. Ecodrain van vd Bosch Beton*)

Uit onderzoek van het IBU [2] kwam naar voren dat het functioneren van de toplaag per type niet veel verschilde. Het type met brede voegen had een iets kleinere doorlatendheid maar had een grotere relatieve toename van doorlatendheid na reiniging met een veeg-zuigwagen. De poreuze stenen hadden een grotere doorlatendheid en kregen ook een toename van de doorlatendheid na reiniging.

Voor de proefvakken in Almere zijn twee types gekozen. Ten eerste worden er twee vakken met de steensoort Aquaflo aangelegd, omdat deze steen vanwege stedenbouwkundige eisen is opgenomen in het originele ontwerp van het bedrijventerrein.

Voor de overige vakken is gekozen voor poreuze straatstenen met brede voegen. Dit omdat op basis van het onderzoek van het IBU wordt verwacht dat dit type een iets grotere doorlatendheid en een langere levensduur heeft. Hiervoor is Ecodrain van van de Bosch beton gekozen.

Door de grote (initiële) doorlatendheid van de toplaag en de grote berging in onderlaag is het niet nodig deze over de gehele oppervlakte doorlatend uit te voeren. Alternatieven voor de toplaag liggen dan ook vooral in de combinatie van doorlatend en ondoorlatend uitvoeren.

Gemeente Almere



Alternatieven voor de fundering

In de literatuur worden verschillende funderingen beschreven. Er wordt meermalen genoemd dat het niet aan te raden is (beton)puin te gebruiken. Dit omdat bij puinfundaties de kans groot is dat de fijne fracties de ondergrond afdichten. Echter door het IBU is wel grof puin als fundering gebruikt (fractie 4–40).

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
5/27

Grofweg worden drie soorten funderingen geadviseerd:

- Gebroken natuursteen/gebroken steenslag; hiervan is redelijk zeker dat het blijft functioneren; aanbevolen in [3]. Onderste laag grof gebroken natuursteen (b.v. 35 cm), daarboven een laag van circa 5 cm fijn gebroken natuursteen/split
- Zandbed (gewassen brekerzand/drainagezand, b.v. 10 cm) met daaronder een bufferlaag gebroken steenslag (>2 mm, b.v. dikte 40 cm); aanbevolen in [4] en [5], terwijl [3] brekerzand ten zeerste afraadt
- Zand; [6] raadt een fundering van ten minste 1 meter zand aan te leggen

Om de kans op falen van de doorlatendheid en langdurig volstaan van de berging zo klein mogelijk te houden is er voor gekozen het eerste type fundering toe te passen. De dieptes die genoemd worden voor de fundering variëren van 30 cm [2] tot 50 cm [4].

Verder wordt er door [7] en [3] aangeraden 1 of zelfs 2 lagen geotextiel toe te passen, terwijl door [2] en [4] geen geotextiel wordt gebruikt.

Alternatieven voor de fundering liggen dus in de variatie van funderingsdiepte en het wel of niet toepassen van geotextiel.

Totaal alternatieven

De volgende proefvakken zullen onderzocht worden:

- Proefvak 1: met voorgeschreven opbouw; toplaag over de gehele oppervlakte doorlatend (type Aquaflow), fundering van 40 cm grof steen met daarop 5 cm fijn gebroken natuursteen, tussen deze lagen en onder het systeem een laag geotextiel
- Proefvak 2: uitvoering gedeeltelijk doorlatend; een deel van de parkeervakken doorlatend uitvoeren (type Aquaflow); overige deel met gewone betonstraatstenen uitvoeren en af laten wateren op het doorlatende deel, fundering overeenkomstig proefvak 1, percentage doorlatend oppervlak 20% (minimaal 20% benodigd volgens Jonker Beton)
- Proefvak 3: met voorgeschreven opbouw, zonder geotextiel; toplaag over de gehele oppervlakte doorlatend (type Ecodrain), fundering van 40 cm grof steen met daarop 10 cm split
- Proefvak 4: met minimale fundatiediepte; toplaag over de gehele oppervlakte doorlatend (type Ecodrain), fundering van 25 cm grof steen met 10 cm split
- Proefvak 5: normale bestrating; een vak met klinkerbestrating en kolken als referentie voor de andere vakken

Alle vakken zijn voorzien van drainage, aangezien het met een ondergrond van klei nagenoeg onmogelijk is regenwater in de bodem te infiltreren.

In bijlage II zijn de proefvakken en de opbouw weergegeven.

Gemeente Almere



2.3 Aanleg proefvakken

Om de proefvakken afzonderlijk te laten functioneren en de invloeden van buitenaf te beperken zijn de proefvakken van elkaar en van het omliggend terrein gescheiden door ondoorlatend folie.

Tijdens de aanleg bleek dat vooral de opbouw van Aquaflow gecompliceerd was. Het was belangrijk goed toezicht te houden om te zorgen dat de doeken en de soorten steenslag op de goede manier werden aangebracht.

Ecodrain was relatief eenvoudig aan te leggen. Echter tijdens de aanleg bleek dat voor de Ecodrain-vakken een dikkere laag brekerzand benodigd was dan op voorhand was aangenomen, uiteindelijk is gekozen voor 10 cm i.p.v. 5 cm.

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
6/27

2.4 Onderzoeksprogramma

Het onderzoek richt zich op de volgende onderdelen:

- Doorlatendheid
- Sterkte
- Combinatie doorlatend/ondoorlatend
- Functioneren berging en afvoer; neerslaghoeveelheden, grondwaterpeil, debiet uitstroom drainage
- Kwaliteit drainagewater

De eerste 3 onderdelen zijn kwalitatief beoordeeld. De laatste 2 onderdelen zijn door middel van metingen onderzocht.

In bijlage III is beschreven welke meetapparatuur is gebruikt en hoe gemeten is.



3 Resultaten en analyse

3.1 Visueel

3.1.1 Doorlatendheid

Vlak na aanleg is de doorlatendheid van alle doorlatende proefvakken zeer goed. Tijdens hevige regenval blijft het oppervlak goed droog. Hierbij zien de oppervlakken van de poreuze stenen (Ecodrain) er het droogste uit (zie foto 1 bijlage IV).

In de omgeving wordt volop gebouwd en er waait veel zand over. Dit geeft geen problemen met de doorlatendheid.

Ongeveer een jaar na aanleg is er naast de school een gymlokaal gebouwd tijdens een regenachtige periode. Hierdoor is het rijgedeelte van de parkeerplaats ingereden met klei. De overige veel gebruikte delen zien er nog goed uit, de minder gebruikte delen lijken wat gevoelig voor dichtslibben en onkruidgroei. Er heeft nog geen reiniging plaats gevonden.

De doorlatendheid van de vakken zal hierdoor zijn afgenomen. Er is (nog) niet ondervonden hoe de verharding functioneert tijdens regenval. Wel zijn er een paar emmers water op de verharding geleegd om de doorlatendheid te beoordelen.

Bij de Ecodrain stenen is het water sneller weg dan bij de Aquaflow stenen. Een deel van de 'poriën' van Ecodrain functioneert nog steeds. Het grootste deel van het water verdwijnt echter in de voegen bij Ecodrain.

Voor zowel Aquaflow als Ecodrain geldt dat de veel gebruikte stukken beter functioneren dan de minder vaak gebruikte stukken. Ecodrain lijkt hierbij gevoelig voor mosgroei.

De doorlatendheid lijkt echter nog voldoende groot om goed te kunnen functioneren.

In bijlage IV zijn foto's opgenomen van de verstopping van de stenen (foto 2 en 3).

3.1.2 Sterkte

Een jaar na aanleg zijn de proefvakken beoordeeld op spoorvorming en/of verzakking.

De meeste verzakking heeft plaats gevonden op de overgangen van het ene naar het andere vak. Hier is echter ook een overgang van de ene fundering naar de andere met een duidelijke scheiding, dit is daarom veel minder sterk. In de toekomstige aanleg van doorlatende verharding zal dit niet gebeuren. Deze verzakkingen worden dan ook buiten beschouwing van dit onderzoek gehouden.

De beoordeling van spoorvorming bij de proefvakken is weergegeven in in tabel 1 en foto 5 t/m 9 in bijlage IV. Hieruit blijkt dat Aquaflow geen last heeft van spoorvorming of verzakking. Ecodrain met dezelfde funderingsdiepte vertoont lichte spoorvorming. Ecodrain met de beperkte funderingsdiepte vertoont iets meer spoorvorming. De traditionele delen hebben echter de meeste spoorvorming.

De Aquaflow stenen liggen ondanks dat er nauwelijks nog voegmateriaal aanwezig is nog goed recht en stevig (zie foto 4 in bijlage IV). Ook de Ecodrain stenen liggen goed.

Gezien de historie van het gebied als bosvak en de ervaringen in Almere met verzakkingen presteren de proefvakken met doorlatende verharding goed wat betreft sterkte in vergelijking met traditionele bestrating.

Een dunnere funderingslaag dan 40 cm wordt echter afgeraden i.v.m. verzakking.

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
7/27

Gemeente Almere



Tabel 1 Overzicht spoorvorming proefvakken

Nr.	Proefvak	parkeerplaats	Rijweg
–	Traditionele verharding	Weinig spoorvorming	Spoorvorming
1	100% Aquaflow	Geen spoorvorming	Geen spoorvorming
2	20% Aquaflow	Geen spoorvorming	Lichte spoorvorming, dit is traditionele verharding
3	Ecodrain met 40 cm fundering	Geen spoorvorming	Lichte spoorvorming
4	Ecodrain met 25 cm fundering	Geen spoorvorming	Spoorvorming
5	Traditioneel vak	Weinig spoorvorming	Extreme spoorvorming, dit deel bevindt zich echter aan het begin van de bocht, hier begint de bus zijn draai

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
8/27

3.1.3 Combinatie doorlatend/ondoorlatend visueel

Het vak met maar 20% Aquaflow werkt vooralsnog goed. Er is bij de overgang van ondoorlatend naar doorlatend geen ophoping van vuil waar te nemen, zie foto 10 in bijlage IV.

3.2 Metingen

3.2.1 Neerslag

In figuur 1 is de maandelijkse neerslag weergegeven die gemeten is met de regenmeter in Almere Buiten, er zijn metingen gedaan voor hele maanden vanaf oktober 2003 tot en met november 2004. In de figuur is ook de neerslag als gemeten door het KNMI in de Bilt weergegeven. Daarnaast is de gemiddelde neerslag per maand weergegeven.

In de eerste maanden van de neerslag metingen lijkt de regenmeter niet goed gefunctioneerd te hebben wanneer wordt vergeleken met de KNMI gegevens. Ook wanneer er wordt gekeken naar het verband tussen de neerslag en de grondwaterstand kunnen de eigen neerslag gegevens niet kloppen (zie paragraaf 3.2.2 figuur 3 en 4). Pas vanaf ongeveer 20 december komen de neerslag gegevens betrouwbaar over.

De eigen metingen van januari en februari zijn helaas onvolledig omdat de regenmeter niet goed was aangezet. Hierdoor ontbreken metingen vanaf 23 januari tot 10 februari.

Bij het begin van de metingen in oktober 2003 was het lange tijd zeer droog. Pas in december viel de eerste neerslag van betekenis. In het meetjaar zijn er verder behoorlijke natte periodes geweest. Dit is voor het onderzoek natuurlijk zeer interessant.

Met name de maand augustus was zeer extreem, er viel toen bijna drie keer zoveel neerslag als gemiddeld. Op 23 augustus is er in Almere een zeer extreme bui gevallen, er viel toen 39,8 mm in een uur. In figuur 2 is het verloop van deze bui weergegeven en vergeleken met een T=10 bui uit de Leidraad Riolerings [8]. In delen van Almere waren er grote problemen met water op straat, wat voor Almere vrij uitzonderlijk is.

Gemeente Almere



Uit de metingen na februari is te zien dat er in Almere Buiten structureel meer neerslag is gevallen dan in de Bilt.

Titel
Doorlatende verharding

De metingen aan de proefvakken worden beschreven aan de hand van de interessantste maanden van de meetperiode. Dit zijn de volgende:

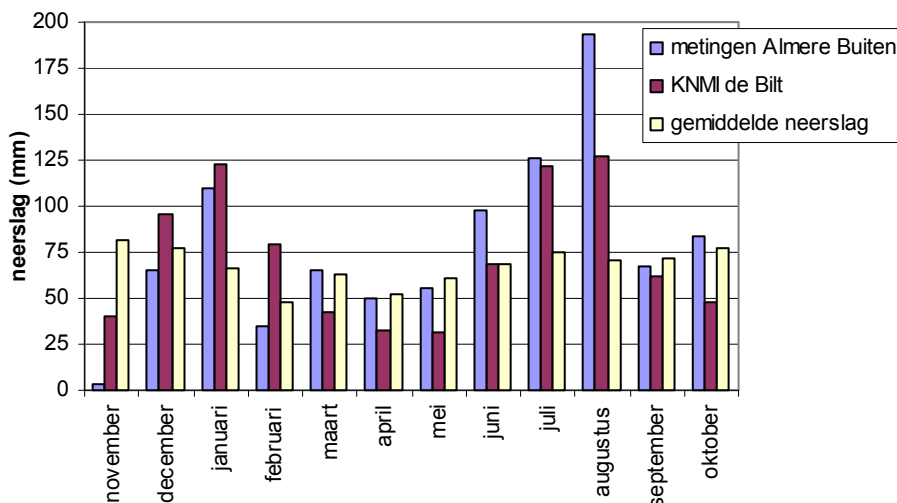
Datum
16 december 2004

- November 2003; dit was een maand met de eerste neerslag van betekenis volgend op een zeer droge periode vanaf de zomer van 2003
- Januari 2004; dit was een natte maand, zeker in het begin van januari viel er in korte tijd veel regen
- Augustus 2004; dit was een uitzonderlijk natte maand, met een zeer extreme bui

Kenmerk

Versie
definitief

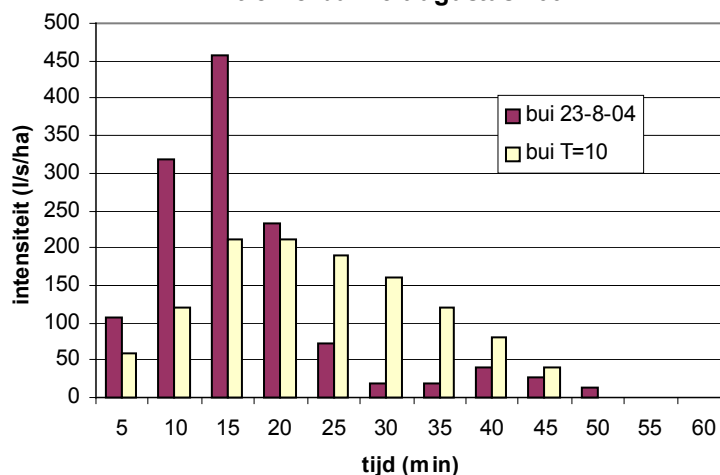
Pagina
9/27



Figuur 1 Maandelijkse neerslag Almere Buiten van november 2003 tot oktober 2004, metingen ontbreken van 24 januari tot 10 februari

Tijd op 23-8	Tijd in grafiek
18.21-18.25	1-5
18.26-18.30	6-10
18.31-18.35	11-15
18.36-18.40	16-20
18.41-18.45	20-25
18.46-18.50	25-30
18.51-18.55	31-35
18.56-19.00	36-40
19.01-19.05	41-45
19.06-19.10	46-50
19.11-19.15	51-55
19.16-19.20	56-60

Extreme bui 23 augustus 2004



Figuur 2 Extreme bui 23 augustus 2004

3.2.2 Grondwaterstand

In figuur 3 t/m 8 zijn de 'grondwaterstanden' van de verschillende proefvakken weergegeven in de maanden november 2003, januari en augustus 2004. Deze waterstand is de waterstand in de berging van het doorlatende proefvak.

Vanaf 10 november 2003 was er een probleem met de grondwaterstandsmeting van vak 2 (20% Aquaflo), in februari is de niveaumeter vervangen. Halverwege juli 2004 werden de metingen van vak 1 onbetrouwbaar, er werden waardes gemeten

Gemeente Almere



van 11 m – maaiveld. Deze metingen zijn in de figuren daarom weggelaten. Uit de metingen in november 2003 en januari 2004 is echter af te leiden dat het grondwaterstandsverloop in de vakken 1 en 3 bijna hetzelfde is (zie figuur 3 en 5).

De niveaumetingen van november geven aan dat de vakken een vergelijkbaar waterniveau hebben, afgezien van het vak Ecodrain met ondiepe fundering (vak 4). Uit de rechte lijn van vak 4 is op te maken dat de waterstand in dit vak zo laag is dat de niveaumeter deze niet registreert.

Wanneer het waterniveau wordt vergeleken met de neerslag is te zien dat de berging nagenoeg direct reageert op een neerslaggebeurtenis.

Uit de metingen van augustus is het verschil tussen het 20% Aquaflow vak en de overige vakken goed te zien. Het waterniveau in de berging van vak 2 stijgt sneller en wordt hoger dan in de overige vakken, dit niveau daalt echter ook weer snel. De snelle stijging komt doordat er meer verhard oppervlak op de berging is aangesloten, de snelle daling kan worden verklaard door een toename in het verhang bij een toename in waterniveau.

Wat verder opvalt is dat zelfs in de zeer natte maand augustus (neerslag 194 mm, bijna 3 keer zoveel als normaal) de berging van de vakken voldoende groot is. Ook het niveau in het 20% Aquaflow vak komt niet boven het maaiveld uit. Kanttekening hierbij is wel dat bij extreme regenval een deel van het water van dit vak waarschijnlijk afstroomt naar de naastgelegen vakken (zie paragraaf 3.2.4).

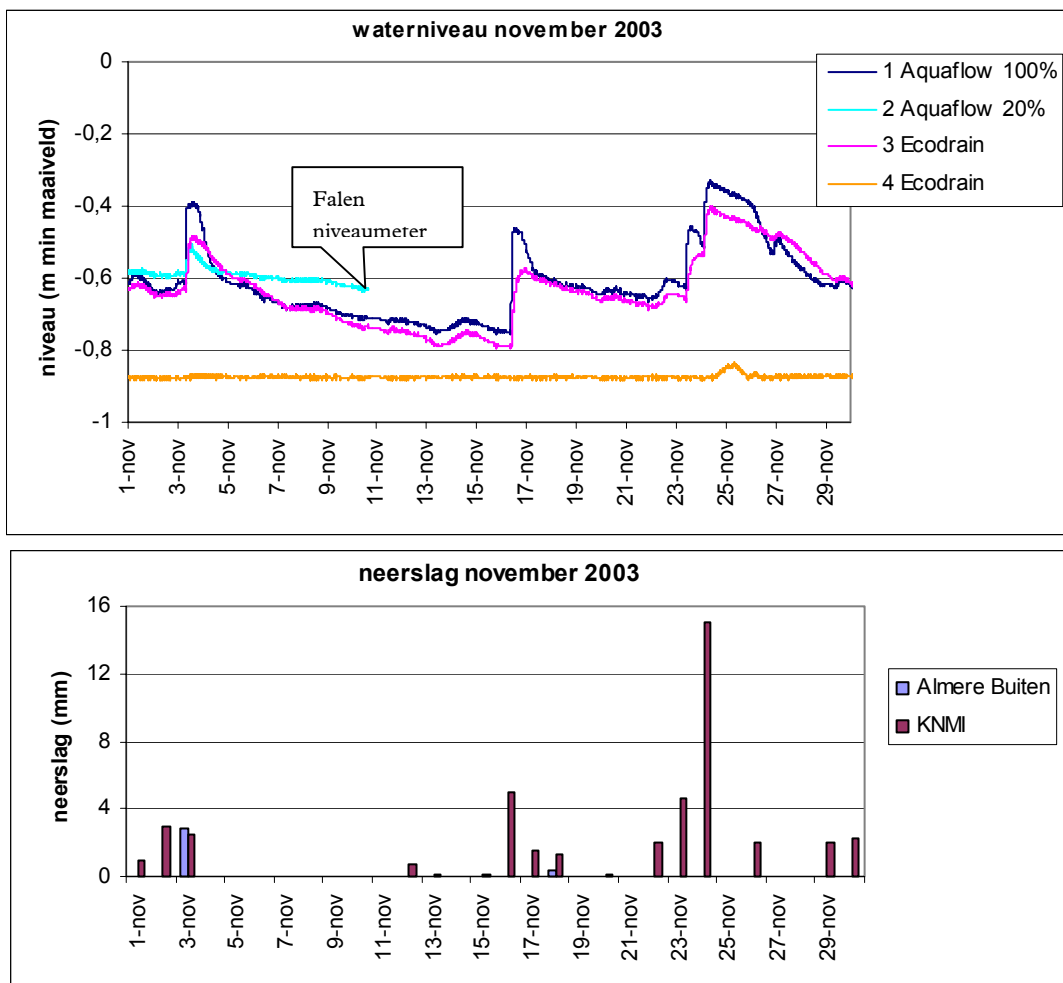
Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

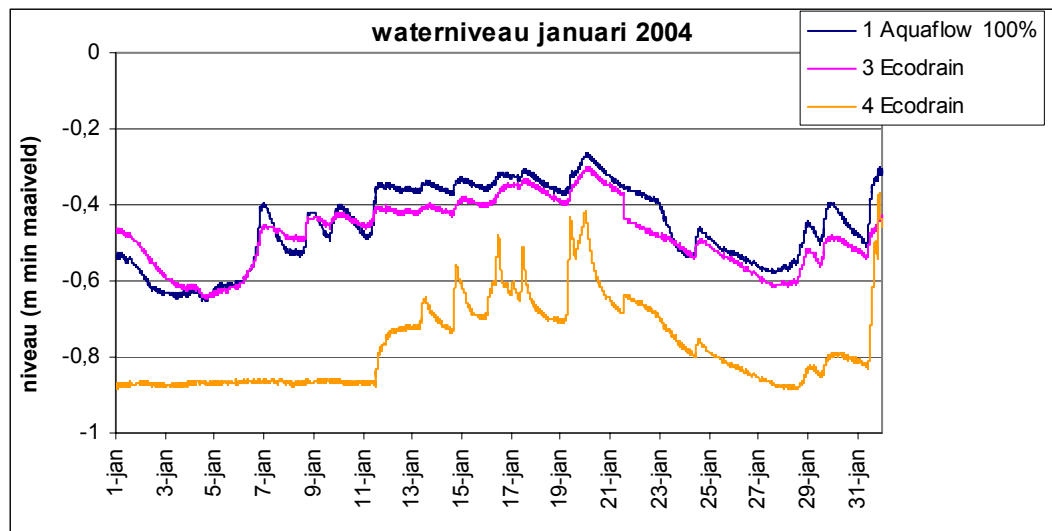
Versie
definitief

Pagina
10/27



Figuur 3 en 4 Waterniveau en neerslag november 2003





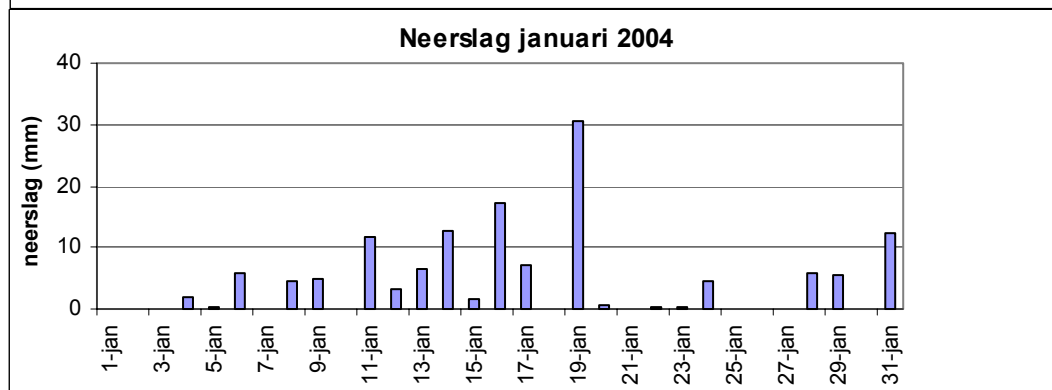
Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

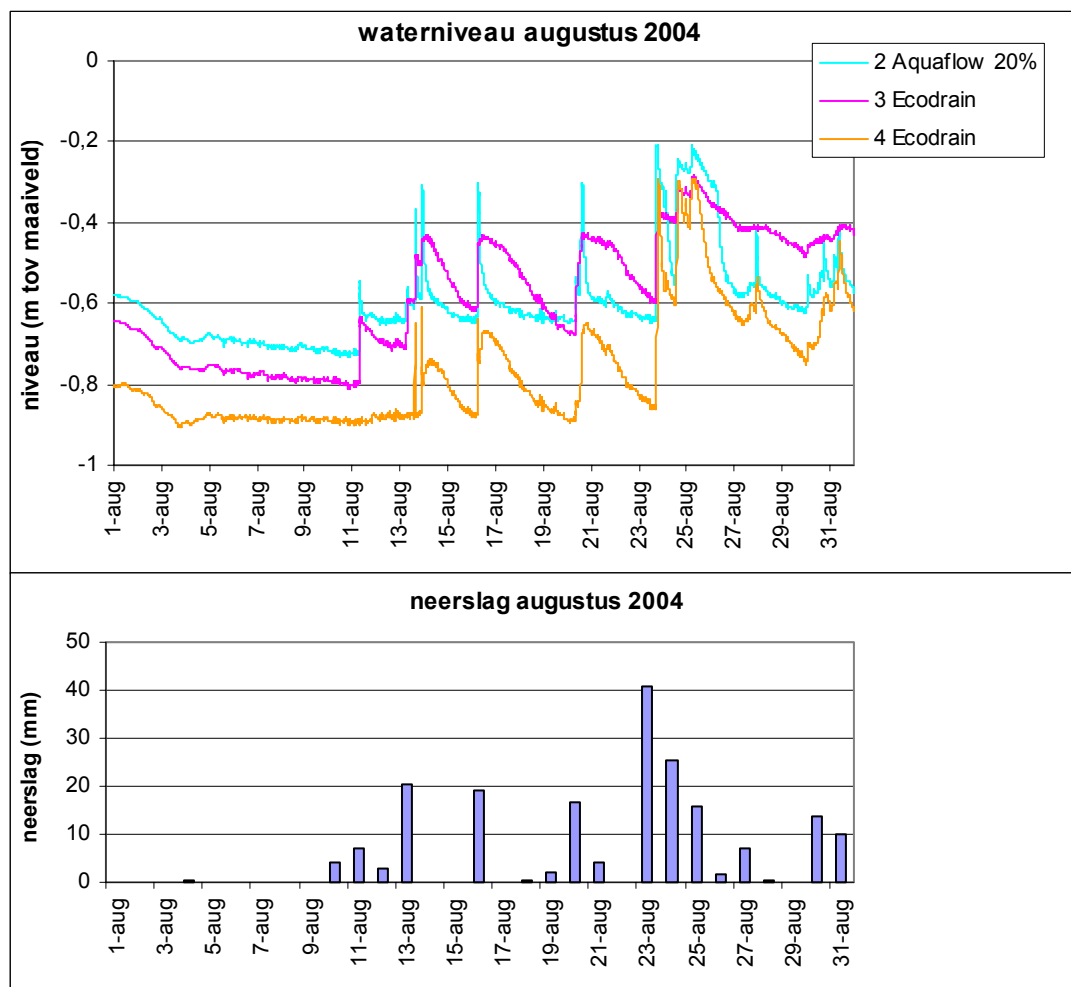
Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
11/27



Figuur 5 en 6 Waterniveau en neerslag januari 2004



Figuur 7 en 8 Waterniveau en neerslag augustus 2004

Gemeente Almere



3.2.3 Afvoer

In grafiek 9 t/m 11 is de afvoer weergegeven van de proefvakken in de maanden november, januari en augustus.

Op voorhand was onduidelijk hoe groot de afvoer van de proefvakken zou zijn en op welke manier dit gemeten zou moeten worden. Daarom is gekozen voor twee soorten meetapparatuur (zie ook bijlage III). Bij het vak met 100% Aquaflow is een regenmeter geplaatst omdat hier minder hoge piekafvoeren werden verwacht dan bij het 20% vak. De capaciteit van de regenmeter bleek echter onvoldoende om de afvoer van het vak te meten. Van dit vak zijn daarom geen afvoergegevens beschikbaar.

De vakken met Ecodrain hebben bijna geen afvoer gegeven. Alleen in de zeer natte maand augustus was er afvoer. Dit zou kunnen betekenen dat de drains onder licht tegenschot liggen.

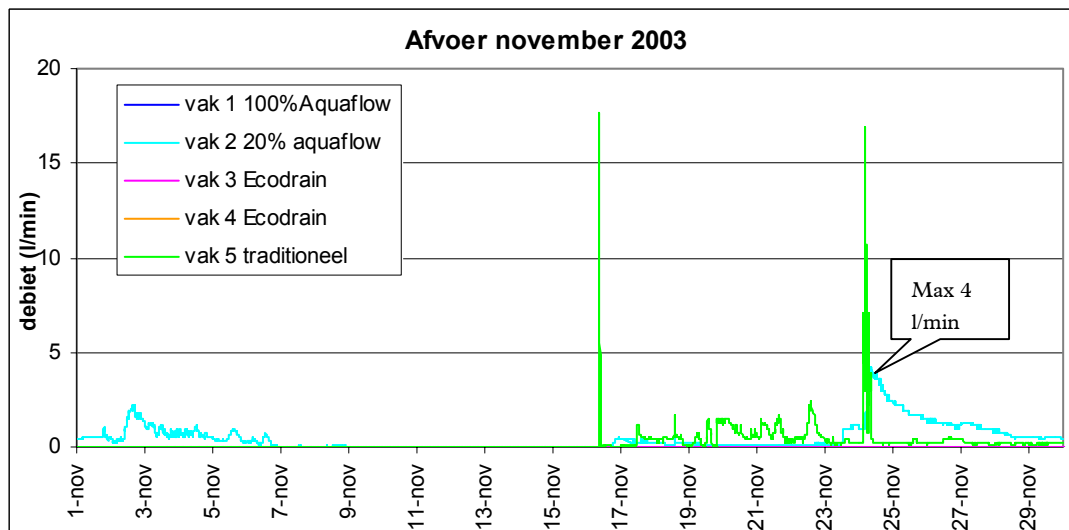
Het vak met 20% Aquaflow had continu afvoer, ook in droge periodes was er uitstroom te zien. Er ontstonden bij de uitstroomopening ijzerafzettingen waaruit afgeleid kan worden dat een deel van de afvoer uit kwelwater bestaat. Dit was bij de andere afvoeren niet het geval.

Wanneer de afvoer van het Aquaflow vak wordt vergeleken met de traditionele verharding is heel duidelijk de vertragende werking van het systeem te zien. Het traditionele vak heeft een afvoer bestaande uit allemaal pieken terwijl de afvoer van vak 2 zeer geleidelijk verloopt met een laag maximum. In november zijn de pieken van het traditionele vak ongeveer 4 keer zo hoog als de piek van de doorlatende verharding.

Voor januari zit er tussen de pieken een factor 7 terwijl dit voor de zeer natte augustus maand oploopt van 6 tot 20 keer een zo grote piek.

Voor het 100% Aquaflow vak zal de afvoer nog geleidelijker zijn verlopen met minder hoge piekafvoeren. Dit is af te leiden uit het waterniveau in de berging van dit vak dat minder hoog komt.





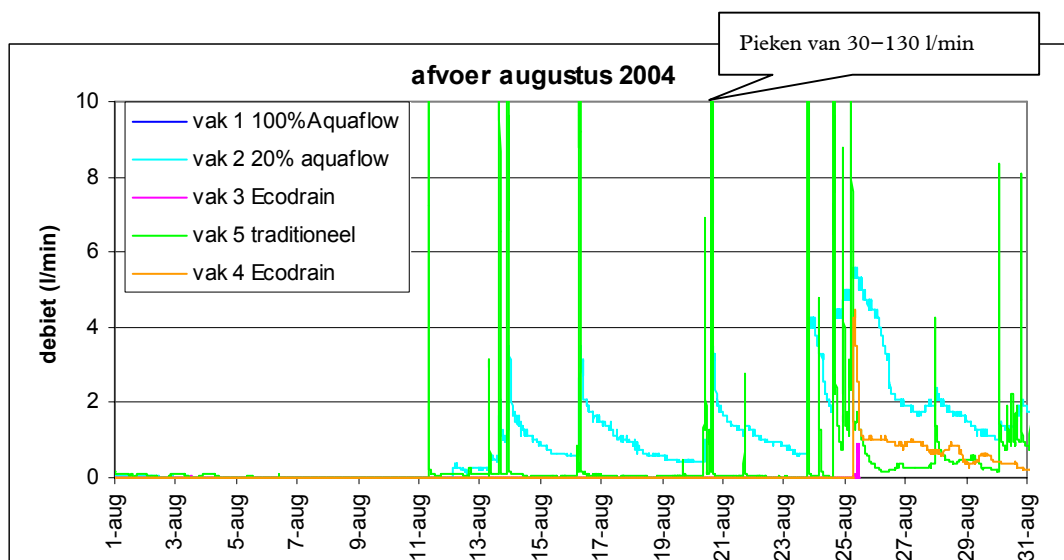
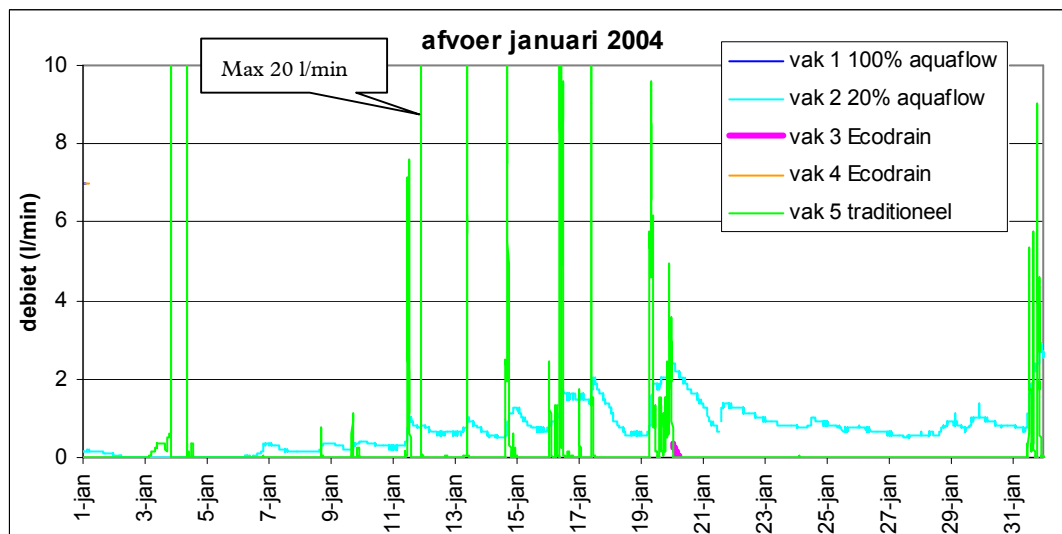
Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
13/27



Figuur 9, 10 en 11 Afvoer proefvakken in november, januari en augustus; van vak 1 zijn geen metingen beschikbaar



3.2.4 Extreme bui 23 augustus 2004 nader bekeken

Op 23 augustus 2004 viel er een uitzonderlijk grote bui in Almere, die in delen van de stad wateroverlast veroorzaakte. Tijdens deze bui viel er ca. 40 mm in een uur, waarvan het grootste deel in het eerste kwartier. Gezien de unieke aard van de gebeurtenis, is er op dit tijdstip meer in detail gekeken naar de metingen van de proefvakken.

In figuur 17 zijn de waterniveau metingen weergegeven op 23 augustus 2004. Te zien is dat de berging zich snel vult. Het waterniveau in het 20% Aquaflow vak stijgt met ongeveer 40 cm. In het Ecodrain vak is de toename ongeveer 20 cm. De grootste stijging vindt echter plaats in het 4^e vak, met Ecodrain met de ondiepe fundering; een stijging van ca. 55 cm.

Dit betekent hoogstwaarschijnlijk dat er water van het traditionele vak is afgestroomd naar het naastliggende Ecodrain vak.

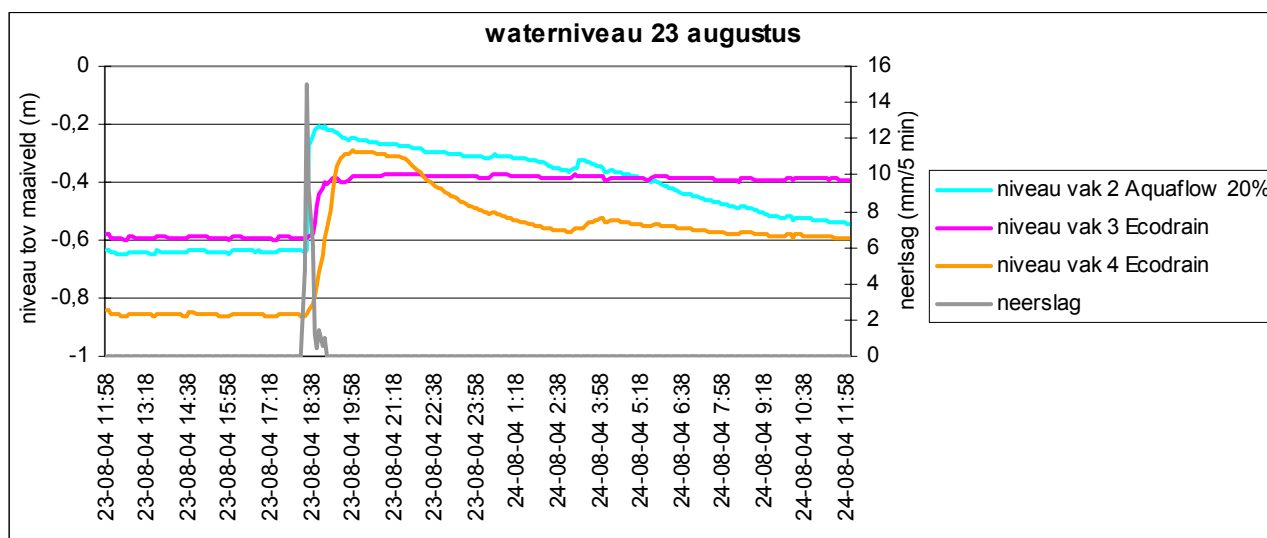
Bij geen enkel vak is de berging geheel gevuld. Zoals verwacht kan worden komt het waterniveau het hoogst in het vak met 20% Aquaflow.

In figuur 18 zijn de afvoer metingen weergegeven. Alleen bij het vak met 20% Aquaflow en bij het traditionele vak is afvoer gemeten, de vakken met Ecodrain hadden geen afvoer. Van het vak met 100% Aquaflow zijn geen metingen beschikbaar.

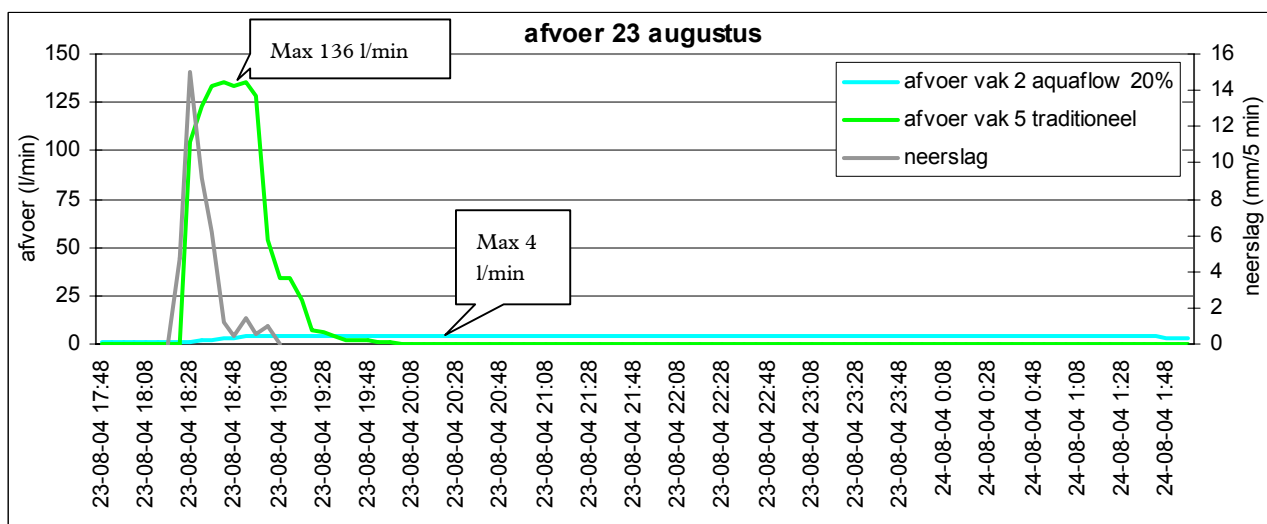
Te zien is dat de afvoer van het traditionele vak vele malen groter is dan de maximale afvoer van het Aquaflow vak.

Geconcludeerd kan worden dat de doorlatende verharding ook extreme hoeveelheden water kan verwerken.





Figuur 17 Waterniveau en neerslag op 23 en 24 augustus 2004



Figuur 18 Afvoer en neerslag op 23 en 24 augustus 2004



3.2.5 Waterbalansen

Om meer inzicht te krijgen in het waterhuishoudkundig functioneren van de proefvakken is getracht voor 2 periodes waterbalansen op te stellen. Het bleek echter moeilijk sluitende balansen te maken. Er waren onzekere factoren, te weten verdamping en afvoer via de bodem.

De volgende dingen konden wel worden opgemaakt uit de balansen:

- Bij extreme buien stroomt een deel van het regenwater van de traditionele verharding naar het naastgelegen vak, dit geldt zowel voor vak 5 als voor het ondoorlatende deel van vak 2
- Het waterniveau in vak 3 en 4 neemt af zonder dat bij deze vakken afvoer is gemeten, dit kan betekenen dat een deel van de afvoer via de bodem wordt afgevoerd
- De totale afvoer van vak 2 is groter dan wat er aan regen is ingekomen, dit kan worden verklaard doordat er kwelwater wordt afgevoerd en/of dat er vanaf andere vakken via de bodem water naar dit vak loopt
- Er is minder drainage nodig dan op voorhand was bedacht, aangezien de drainage van vak 3 en 4 nauwelijks wordt gebruikt en er toch geen problemen zijn met te hoge waterstanden in de berging

3.2.6 Waterkwaliteit

Vanaf september 2004 is getracht waterkwaliteitsmonsters te nemen. Tijdens de bui op 28 september 2004 zijn monsters genomen van vak 1, 2 en van het regenwater. Bij de andere vakken vond geen afvoer meer plaats ten tijde van de monsternamen. Van vak 3 en 4 is bekend dat deze alleen bij hevige regenval afvoer hebben. Van het traditionele vak zou wel een monster moeten kunnen worden genomen. De afvoer hiervan is echter kort en hevig.

Na de eerste bemonstering is vaker getracht monsters te nemen maar bleek er steeds geen afvoer plaats te vinden.

De resultaten van de metingen zijn weergegeven in tabel 4. Hierin is ook het MTR (Maximaal Toelaatbaar Risico volgens 4^e nota waterhuishouding) weergegeven. De resultaten van vak 1 zijn zeer opmerkelijk, er worden hoge concentraties koper, lood, nikkel, zink en minerale olie gevonden.

Een verklaring voor de hoge concentraties van vak 1 ligt in de monsternamen. Bij de uitstroomopening van dit vak is een regenmeter met een opvangbakje aangebracht. Hierin was water blijven staan van waaruit het monster is genomen. In dit bakje kan gedurende langere tijd ophoping van vuil plaats hebben gevonden waardoor de waarden hoog kunnen zijn geworden.

Er zal een nieuwe monsternamen worden uitgevoerd waarbij er een schoon opvangbakje wordt geplaatst.

Bij vak 2 (20% Aquaflow) worden geen zware metalen of minerale olie teruggevonden. Alleen de MTR waarden van fosfaat en nitraat worden overschreden, wat waarschijnlijk wordt veroorzaakt door het aandeel grondwater (kwel) in de afvoer.

Dit vak heeft na regen wel altijd voldoende afvoer om te kunnen bemonsteren. Het genomen monster van deze afvoer is ook zonder opvangbakje rechtstreeks bij de uitstroomopening genomen. Gezien de goede kwaliteit van dit monster is er de verwachting dat bij de nieuwe monsternamen van vak 1 ook een goede kwaliteit wordt gevonden.



Als aanvulling op dit rapport zullen deze monsters nog worden genomen. Wanneer blijkt dat er geen afvoer vanaf de vakken 3 en 4 plaats vindt zal hier een monster uit de peilbuis worden genomen.

Tabel 4 Overzicht resultaten waterkwaliteitsmetingen 28 september 2004, grijze vakken geven een overschrijding van het MTR weer

stof	Vak 1 (100% Aquaflow)	Vak 2 (20% Aquaflow)	Neerslag	MTR oppervlaktewater opgelost
Arseen (ug/l)	13	<5	<5	25
Koper (ug/l)	29	<10	<10	1.5
Kwik (ug/l)	0.11	<0.1	<0.1	0.2
Lood (ug/l)	160	<10	<10	11
Nikkel (ug/l)	160	<10	<10	5.1
Zink (ug/l)	150	<20	<20	9.4
Fosfaat tot (mg/l)	0.6	0.8	0.2	0.15
Nitraat (NO ₃) (mg/l)	4.3	4.1	2.1	2.2 (stikstof)
Minerale olie (totaal) (ug/l)	840	<50	<50	50 (grondwater)
Chloride (mg/l)	46	46	14	200

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
17/27

Gemeente Almere



4 Conclusies en aanbevelingen

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
18/27

4.1 Kwalitatief onderzoek

De doorlatendheid van beide typen stenen, Ecodrain en Aquaflow, is bij aanleg erg groot. Bij hevige regenval blijft het oppervlak aanzienlijk droger dan traditionele verharding. Hierbij ziet Ecodrain er het droogste uit.

Een jaar na aanleg is de doorlatendheid door bouwactiviteiten en natuurinvloeden afgenomen. De Ecodrain stenen hebben hierbij op de bereden stukken een grotere doorlatendheid dan Aquaflow. Het meeste water verdwijnt bij Ecodrain in de voegen, echter de stenen zelf zijn ook nog steeds doorlatend.

Op de minder bereden stukken lijkt Ecodrain ook iets beter doorlatend, echter er zijn enkele plekken met mosgroei waar de doorlatendheid laag is.

De doorlatendheid lijkt echter van beide typen verharding na een jaar nog voldoende groot om bij regen te kunnen functioneren.

De combinatie doorlatend-ondoorlatend geeft geen extra vuilophoping bij het doorlatende deel. Wel stroomt bij hevige regenval een deel van het regenwater af naar naastgelegen vakken. Geadviseerd wordt om i.p.v. 20% ongeveer 50% van het totale oppervlak doorlatend uit te voeren om te zorgen voor een snelle afvoer van het regenwater. De berging is bij 20% wel voldoende.

De doorlatende verharding is zeer goed bestand tegen spoorvorming. Ondanks dat de vakken op een voormalig bosvak zijn aangebracht zonder voorbelasting, vertonen de meeste vakken nauwelijks spoorvorming. De traditionele verharding daarentegen heeft wel spoorvorming. Uitzondering hierop is het vak Ecodrain met maar 25 cm fundering van gebroken steen, deze vertoont ook enige spoorvorming.

Aanbevolen wordt de funderingsdiepte van 40 cm gebroken steen aan te houden. De doorlatende verharding lijkt hiermee goed geschikt voor gebieden waar nog geen voorbelasting heeft plaats gevonden.

4.2 Metingen

Ondanks dat de meetreeksen een aantal hiaten vertonen zijn er interessante conclusies te trekken.

De berging van alle vakken is ruim voldoende, ook al functioneert de afvoer van sommige vakken niet optimaal. Ook in extreem natte perioden komt het waterniveau niet langdurig hoog in de fundering.

Van de totale neerslag op de doorlatende verharding wordt slechts een deel afgevoerd via de drains naar het open water. Het overige water wordt afgevoerd via de bodem, zonder dat hierdoor problemen zijn ontstaan.

De piekafvoeren die bij een systeem met kolken en riolering optreden worden bij doorlatende verharding heel erg afgevlakt. De piekafvoeren zijn een factor 4–20 keer zo klein bij doorlatende verharding. De afvoer wordt ook erg vertraagd.

Het is moeilijk waterkwaliteitsmetingen uit te voeren, aangezien de vakken alleen afvoer geven bij hevige regenval en met een vertraging. De traditionele verharding geeft juist een korte en hevige afvoer. Er zijn alleen monsters genomen van de vakken Aquaflow en de neerslag voor afstroming.

Deze monsters geven tegenstrijdige resultaten. Eén monster heeft hoeveelheden zware metalen en olie onder de detectiewaarden, terwijl het andere monster waarden heeft die het MTR overschrijden. Aangenomen wordt dat de oorzaak hiervoor ligt in de monstername.

Gemeente Almere



Vanaf oktober wordt al getracht nieuwe monsters te nemen om een beter beeld te krijgen. De resultaten van deze monsters worden nog als aanvulling op het rapport te zijner tijd gegeven.

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

4.3 Eindconclusies en aanbevelingen

Doorlatende verharding is zeer goed geschikt voor het afvlakken van piekafvoeren, het vertragen van de afvoer en het voorkomen van wateroverlast bij extreme neerslag. Ook is het zeer geschikt voor toepassing in gebieden waar nog geen voorbelasting heeft plaats gevonden, mits een fundering van minimaal 40 cm gebroken steen wordt toegepast.

Versie
definitief

Pagina
19/27

Gezien de vertragende werking van de doorlatende verharding, kan er wellicht worden overwogen om bij toepassing minder open water aan te leggen. Hierdoor zou er meer terrein uitgegeven kunnen worden. Bij de ontwikkeling van nieuwe gebieden zal dit wel in overleg met het waterschap moeten gebeuren.

De doorlatendheid van de vakken is na een jaar met bouwactiviteiten afgenomen, maar lijkt nog voldoende om te kunnen functioneren bij hevige regenval. Ecodrain heeft hierbij een grotere doorlatendheid dan Aquaflow. De vakken zijn gedurende het jaar niet gereinigd.

Voor vaak gebruikte parkeerplaatsen of rijwegen zijn beide typen stenen goed geschikt, hierbij heeft Ecodrain de voorkeur omdat deze een iets grotere doorlatendheid lijkt te hebben.

Voor minder gebruikte stukken kunnen beide stenen ook worden toegepast, alleen lijkt Ecodrain hier wat gevoeliger voor mosgroei. Wanneer de stenen echter jaarlijks gereinigd worden zou de doorlatendheid nog voldoende groot moeten zijn.

Om zeker te zijn van het blijven functioneren van de doorlatende verharding wordt aanbevolen de resultaten op langere termijn en tijdens hevige regenval te bekijken.

Aangezien de resultaten van de waterkwaliteitsmetingen tegenstrijdig zijn, kan hierover nog geen conclusie worden getrokken. Aanbevolen wordt te wachten op de resultaten van de volgende waterkwaliteitsmetingen om een conclusie te kunnen trekken over de mate van zuivering van doorlatende verharding.

Gezien de goede resultaten met doorlatendheid, berging, vertraging van de afvoer en sterkte van doorlatende verharding lijkt dit goed geschikt voor toepassing op parkeerplaatsen op Stichtse Kant.

De parkeerplaatsen op Stichtse Kant zullen echter groter worden dan 50 plaatsen, wat betekent dat het regenwater van deze plaatsen moet worden voorbehandeld. Of de doorlatende verharding dit ook doet zal nog blijken uit de nieuwe waterkwaliteitsmetingen.

Wanneer de waterkwaliteitsmetingen buiten beschouwing worden gelaten is er weinig verschil in functioneren tussen Aquaflow en Ecodrain. Ecodrain heeft na 1 jaar een iets grotere doorlatendheid dan Aquaflow, maar of dit op de lange termijn zo blijft is nog onbekend.

Vanuit kosten oogpunt heeft echter Ecodrain de voorkeur, hierbij moet dan een minimum van 40 cm fundering met gebroken steenslag worden aangehouden. Om meer kosten te besparen kan ook worden gekozen om slechts een deel doorlatend uit te voeren, hierbij wordt een minimum van 50% aangeraden.

Gemeente Almere



Literatuurlijst

- 1 Gemeente Almere, Doorlatende verharding Stichtse Kant, proefvakken op parkeerplaats bij noodschool 3T, mei 2003
- 2 IBU – Ingenieursbureau Utrecht, Doorlatende verharding, resultaten praktijkonderzoeken Ravellaan 96 en P.Bothstraat te Utrecht, juli 2000.
- 3 Jonker Beton, Aquaflow productmap, 2002
- 4 Vd Bosch Beton, Productmap, 2002
- 5 Stelt, M.L. van der, Eisen aan en effecten van aanleg en beheer en onderhoud van infiltratie– en percolatievoorzieningen, Eindrapportage afstudeeronderzoek, Delft, maart 1999
- 6 Kellen Beton, Productmap, 2002
- 7 Pratt, C.J., Design guidelines for porous/permeable pavements, UK 1997
- 8 Stichting Rioned, Leidraad Riolering

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
20/27



Bijlage I Locatie proefvakken

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
21/27



Gemeente Almere



Bijlage II Overzicht proefvakken met opbouw

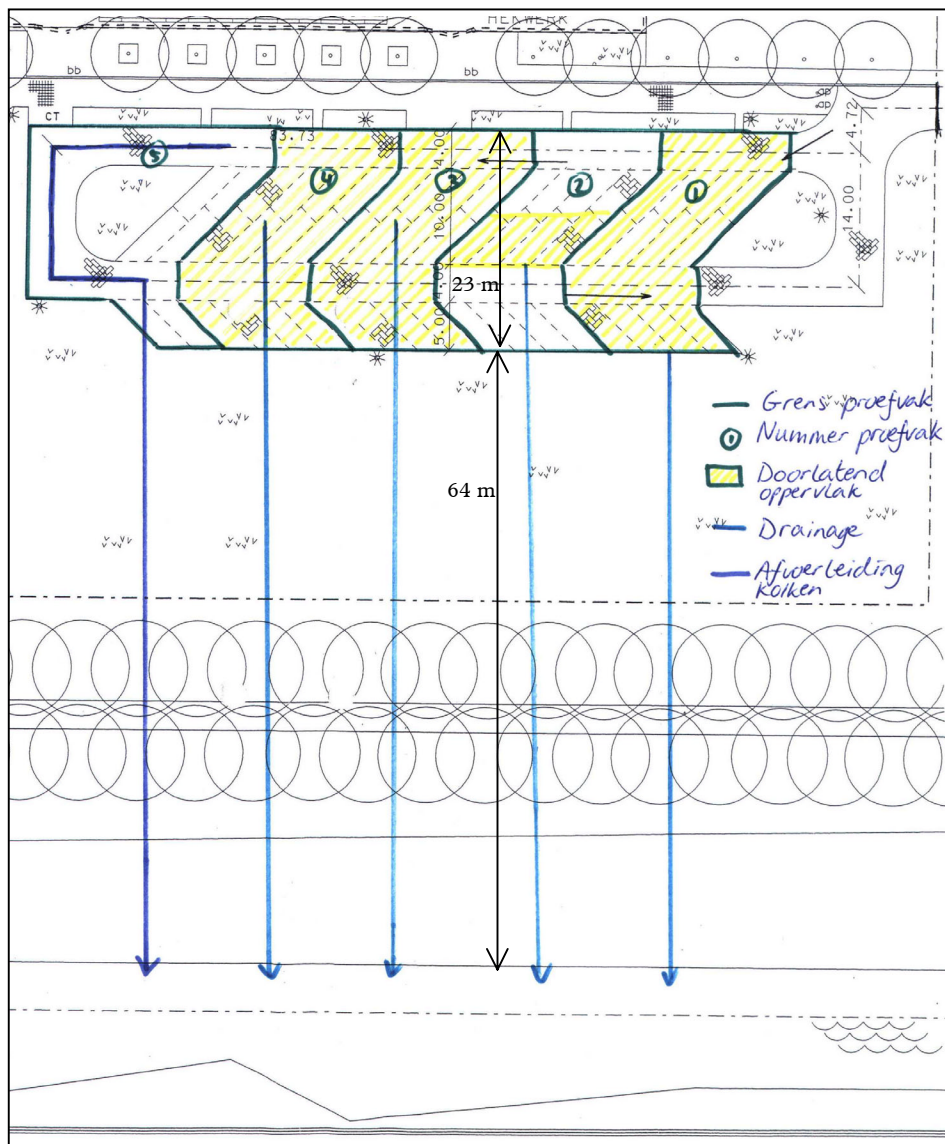
Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

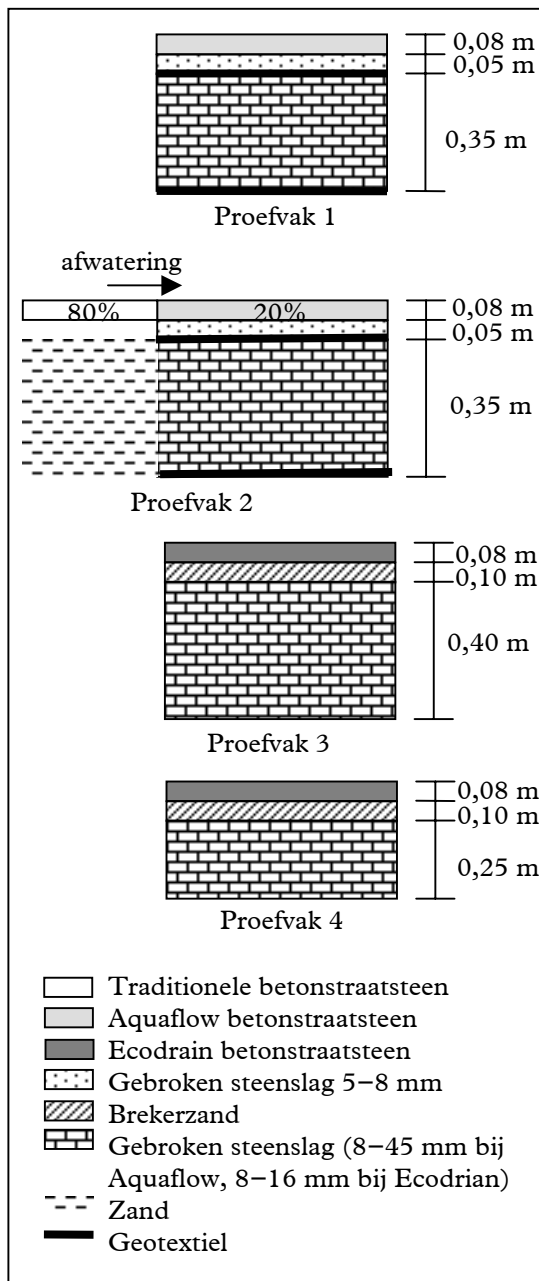
Pagina
22/27



Overzicht parkeerplaats met proefvakken; voor opbouw proefvakken zie volgende bladzijde

Gemeente Almere





Overzicht opbouw proefvakken

Bijlage III Overzicht meetapparatuur

Titel
Doorlatende verharding

In overleg met diverse leveranciers van meetapparatuur is gekozen voor een betaalbare en eenvoudig aan te brengen meetsysteem. Per type meting wordt even kort toegelicht hoe gemeten is.

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Neerslagmeting

Voor het meten van de neerslag is gekozen voor een 10000 E tipping bucket neerslagmeter met een tipfrequentie van 0,2 mm/tip met een neerslagdatalogger. Deze werkt op batterijen en kan d.m.v. een laptop worden uitgelezen. De neerslagmeter is geplaatst op het dak van de keet aan de Evenaar (zie bijlage I) om de neerslagmeter vandalismevrij te houden.

Versie
definitief

Pagina
24/27

Niveaumeting

In elk vak met doorlatende verharding is een drainpotje geplaatst met hieronder een geperforeerde buis tot op 1 meter diepte. Hierin is een niveaumeter met datalogger geplaatst. Gekozen is voor een niveaumeter die werkt op batterijen, zodat er geen kabels aangebracht hoefden te worden.

Deze niveaumeter is een mini-TROLL standard A waterniveaudatalogger met een meetbereik van 21 meter overdruk, dit is het kleinste meetbereik bij een standaard niveaumeter. Hiervan zijn 4 stuks geplaatst, zie schets. Hierbij hoort een BaroTROLL barometerdatalogger, deze is geplaatst in de keet aan de Evenaar (zie bijlage I).

Er is elke 5 minuten gemeten om de reactie op hevige buien goed te kunnen meten en toch niet te veel data op te slaan.

Afvoermeting

Het was erg moeilijk te voorspellen hoeveel afvoer de proefvakken zouden geven. Van het traditionele vak was een inschatting te maken, van de andere vakken was de verwachting dat de afvoer wel eens heel laag kon zijn. In overleg met de leverancier die ervaring had met drainagemetingen is gekozen voor 2 typen metingen.

Voor het meten van de grotere afvoeren is gekozen voor een meetgoot met een niveaumeter. Voor het meten van de kleinere afvoeren is gekozen voor een regenmeter. Op deze manier zouden zowel de kleine als de grote afvoeren gemeten worden.

De meetgoot was een 0,4' HS H-Flume, de kleinst verkrijgbare meetgoot. Hierbij is een nauwkeurigere niveaumeter gekozen dan voor de meting van de waterstand in de berging, nl. een miniTROLL standard P met een meetbereik van 3,5 meter met datalogger.

Deze niveaumeter is ook ingesteld op een meting elke 5 minuten.

De regenmeter was een eenvoudige regenopnemer met een capaciteit van 120 cc/minuut met een datalogger.

Op de volgende bladzijde is aangegeven waar welke apparatuur is aangebracht.

Uiteindelijk bleek voor vak 1 de regenmeter een te klein bereik te hebben en hadden de meetgoten van vak 2 en 3 bijna nooit afvoer, afgezien van de zeer natte maand augustus 2004.

Gemeente Almere



proefvak	Type niveaumeting, locatie midden in proefvak	Type meting afvoer, locatie bij uitstroomopening
1, Aquaflow 100%	Niveaumeting/miniTROLL	Regenmeter
2, Aquaflow 20%	Niveaumeting/miniTROLL	Meetgoot+miniTROLL
3, Ecodrain, diepe fundering	Niveaumeting/miniTROLL	Regenmeter
4, Ecodrain ondiepe fundering	Niveaumeting/miniTROLL	Meetgoot+miniTROLL
5, traditionele verharding	–	Meetgoot+miniTROLL

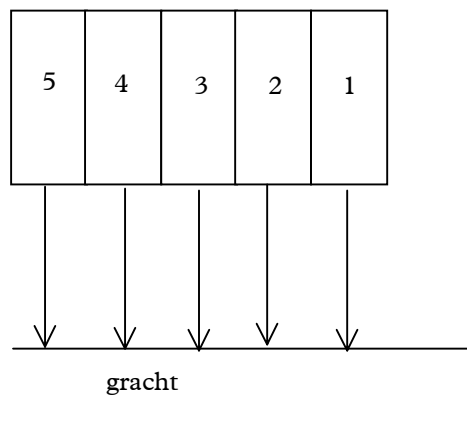
Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
25/27



Tom Poesstraat

Gemeente Almere



Bijlage IV Foto's

Titel
Doorlatende verharding

Datum
16 december 2004

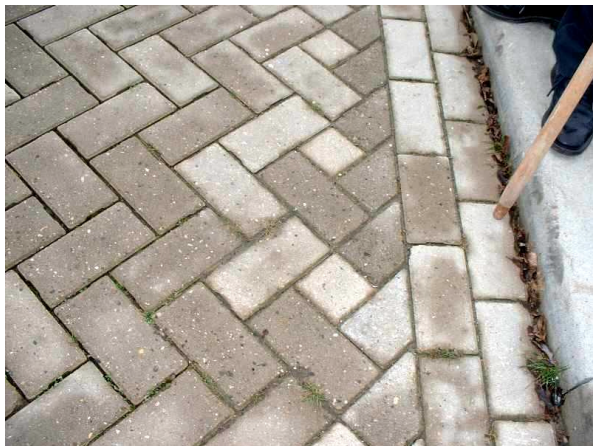
Kenmerk

Versie
definitief

Pagina
26/27



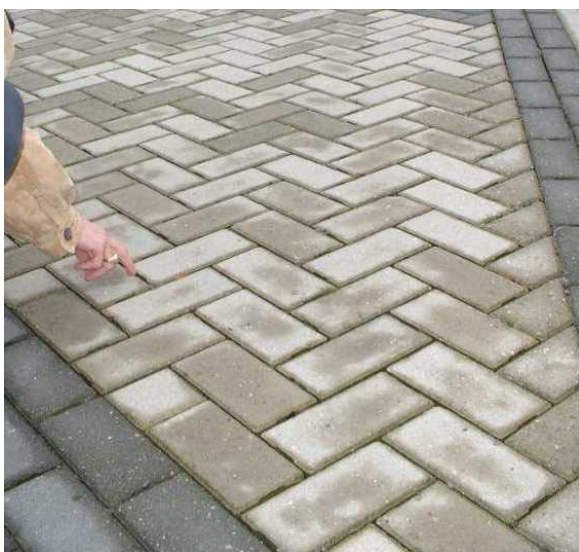
Figuur 1 Functioneren bij hevige regenval, let op nat voetpad aan linkerkant



Figuur 2 Dichtslibbing Aquaflow



Figuur 3 Dichtslibbing Ecodrain



Figuur 4 Rechte ligging stenen Aquaflow ondanks ontbreken voegmateriaal

Gemeente Almere





Figuur 5 Spoorvorming traditionele verharding rijweg



Figuur 6 Spoorvorming traditionele verharding vlak voor bocht



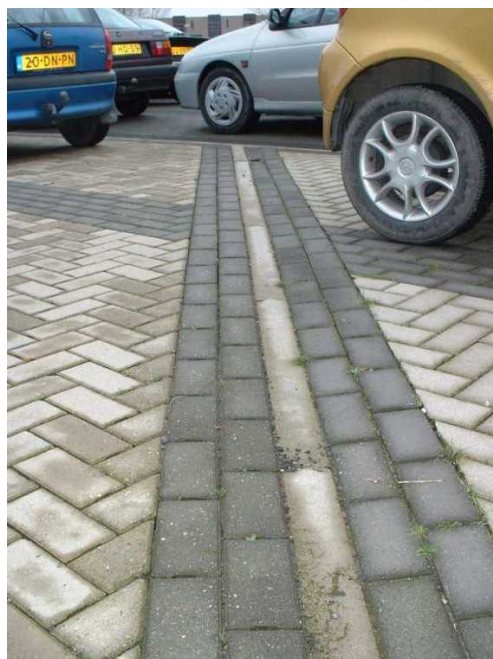
Figuur 7 Geen spoorvorming Aquaflow rijweg



Figuur 8 Lichte spoorvorming rijweg Ecodrain 40 cm fundering



Figuur 9 Spoorvorming rijweg Ecodrain 25 cm fundering



Figuur 10 Geen vuilophoping vak met 20% Aquaflow

Gemeente Almere

