

28-5-2018

Op weg naar een klimaatbestendige stad

Wat is de oorzaak van de complicaties in de Bram Streeflandweg



Instituut:	Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
Opleiding:	Civiele Techniek
Begeleiders instituut:	Dhr. M. Jurjus Dhr. C. van der Giessen
Opdrachtgever:	Gemeente Renkum
Bedrijfsbegeleider:	Manon Wille
Afstudeerders:	Rik Teunissen Robert Zaalman

Op weg naar een klimaatbestendige stad

Afstudeerverslag

Rik Teunissen
Robert Zaalman

Colofon

Project: Op weg naar een klimaatbestendige stad

Document: Afstudeerverslag

Versie: 1.0

Status: Definitief

Datum: 28-05-2018

Auteurs

Naam: Rik Teunissen

Studentnummer: 522506

Email: rik.teunissen11@hotmail.com

Afstudeerrichting: Waterbouwkunde

Naam: Robert Zaalman

Studentnummer: 485733

Email: robertsmaalman@hotmail.nl

Afstudeerrichting: Waterbouwkunde

Opdrachtgevers

Overheidsinstelling: Gemeente Renkum

Contactpersoon: Manon Wille

Functie: Senior projectmanager Water, Ruimtelijke ontwikkeling & milieu

Email: m.wille@renkum.nl

Faculteit: Hogeschool van Arnhem en Nijmegen

Afdeling: Built Environment

Adres: Ruitenberglaan 26

Postbode: 6826CC Arnhem

Telefoonnummer: (026) 365 82 60

Afstudeerbegeleiders

Naam: Casper van der Giessen

Faculteit: Built environment te Han Ruitenberglaan 26 Arnhem

Email: c.vandergiesen@han.nl

Naam: Marwin Jurjus

Faculteit: Built environment te Han Ruitenberglaan 26 Arnhem

Email: marwin.jurjus@han.nl

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeerverslag 'Op weg naar een klimaatbestendige stad' uitgevoerd door Rik Teunissen en Robert Zaalman. Wij zijn vierdejaars civiele techniek studenten aan de HAN in Arnhem en hebben voor deze eindopdracht stage gelopen bij de Gemeente Renkum in Oosterbeek. Wij volgen allebei de afstudeerrichting waterbouwkunde.

Het afstudeerproject is uitgevoerd op de afdeling Beheer Openbare Ruimte op het gemeentehuis van de gemeente Renkum in Oosterbeek. De stagebegeleider vanuit de gemeente was mevrouw Manon Wille, projectmanager stedelijk water. We hebben ook voldoende begeleiding gehad vanuit het andere personeel van de afdeling BOR en zij stonden altijd klaar om vragen te beantwoorden.

Vanuit de opleiding liep de begeleiding via de heren Casper van der Giessen en Marwin Jurjus. Zij hebben de maanden tijdens het afstudeertraject nauwlettend het proces in de gaten gehouden. Wij zijn ook uitstekend geholpen door de externe partijen waar de interviews mee zijn gehouden.

Zonder bovengenoemde was het afstudeerproject nooit tot een goed einde gebracht en daarom willen wij hen (of "alle betrokkene") enorm bedanken voor hun tijd en medewerking.

Samenvatting

Aanleiding en doel

In 2005 heeft de gemeente Renkum een waterpasserende verharding aangebracht in de Bram Streeflandweg dat als innovatieve maatregel deel uitmaakte van de afkoppelprojecten. Na oplevering bleek de Bram Streeflandweg echter al snel tegen complicaties aan te lopen waaronder verzakkingen en niet functioneren van infiltratie via de voegen. Tot op heden functioneert de Bram Streeflandweg niet zoals het ontworpen is en zijn de vervolmaatregelen niet voldoende om de benodigde watercapaciteit te kunnen bergen. Een juiste oplossing is tot op heden dus nog niet gevonden. Het doel van het afstudeeronderzoek is dan ook om tot een geschikte oplossing te komen voor de Bram Streeflandweg. Daarnaast volgt een advies over hoe de gemeente Renkum in de toekomst kan voorkomen dat vergelijkbare? maatregelen in de verkeerssituaties worden toegepast.

Uitgevoerd onderzoek

Voor het literatuuronderzoek is informatie van diverse maatregelen omtrent de aanpak tegen regenwateroverlast verzameld?. Hieruit moet blijken welke factoren bepalend zijn per maatregel om te bepalen in welke situatie deze maatregelen geschikt zijn. Daarnaast is onderzocht welke beheer en onderhoudsmaatregelen nodig zijn per maatregel. Omdat klimaatadaptatie een actueel onderwerp is, wordt gezocht wat de effecten zijn, zodat dit wordt meegenomen bij het opstellen van een ontwerp en advies.

Om te bepalen waar gemeenten in de praktijk tegenaan lopen bij aanleg van een infiltrerende verharding zijn interviews afgenomen bij diverse gemeenten. Amersfoort, Ede en Nijmegen zijn betrokken bij dit onderzoek. Ook zijn ingenieursbureaus Copier advies, Sweco en een (intern) ingenieursbureau van gemeente Ede benaderd om te raadplegen met welke factoren rekening is gehouden bij het maken van een ontwerp.

Het advies behoort ook te voorkomen dat foutieve maatregelen worden toegepast bij het doel van het onderzoek. Om deze reden zijn interviews afgenomen met het personeel van de afdeling Beheer en Openbare Ruimte (BOR) om een beeld te krijgen hoe men te werk gaat. Hiervoor is een interview opgesteld dat een goed beeld moet geven over het werkproces binnen de gemeente Renkum.

Conclusies

Het personeel binnen de gemeente Renkum krijgt veel vrijheid. Dit kan er wel voor zorgen dat er geen “rode draad” binnen de organisatie is. Klimaatadaptatie is hiervan een voorbeeld dat voor sommige personeelsleden belangrijk is, terwijl andere hier vrijwel geen aandacht aan besteden. In het beheer van data zit ook geen structuur, waardoor informatie lastig te raadplegen is. Voor databeheer dient dan ook eenduidigheid te komen door alle bestanden op dezelfde manier op te slaan. Door projecten te onderverdelen op locatie en projectnummer wordt meer overzicht gecreëerd. Door informatie op een goede manier te verzamelen kunnen collega's onderling ook kritische vragen stellen aan elkaar.

De waterpasserende verharding in de Bram Streeflandweg is toegepast in een verkeerde situatie. Doordat veel groen aanwezig is en te veel (zwaar) verkeer hier overheen rijdt, is de infiltratiecapaciteit sterk verminderd, waardoor gestagneerd water op de weg blijft liggen. Daarnaast zorgt het afbrokkelen en het niet goed verdichten van de wegfundatie tot forse spoorvorming en verzakking. Om deze reden wordt geadviseerd om de volledige verharding te vervangen door een normale wegconstructie met klinkerverharding. Door gebruikt te maken van de huidige infiltratievelden, het aanbrengen van een derde infiltratieveld en het aanpassen van de wegindeling kan het water bovenstrooms worden afgevoerd richting deze groenvoorziening.

Summary

Reason and target

In the year 2005 the municipality of Renkum applied a water-fitting construction in the Bram Streeflandweg as an innovative measure for the decommissioning of rainwater. However, after completion the road appeared to run into complications such as subsidence and the malfunctioning infiltration through the grout. Till this day the main functionality of the Bram Streeflandweg does not work what it is designed for and the follow-up measures do not work sufficiently to store the capacity of the rainwater. The right measure has still not been found. The purpose of the graduation report is to find the right measure for the Bram Streeflandweg with the right capacity to store the needed quantity of rainwater. The second purpose is to create an advice for the municipality of Renkum so the employees will not make the same incorrect decisions for these measures in the future.

Performed research

In the literature review, information about several measures for the storing of rainwater is provided. From this report the factors will prove which factors are important in several situations, so it will be clear where the measures work competently and where not. In addition, for each measure is researched which maintenance measures are required. Because climate adaption is a current issue, research has been conducted into the effects on cities. The effects found are taken into the design and advice for the municipality of Renkum.

To determine where municipalities encounter the construction of a water-fitting pavement, interviews were conducted with various municipalities. Amersfoort, Ede and Nijmegen are involved in this research. Additionally, the engineering firms Copier Advice, Sweco and the engineering firm of the municipality of Ede have been approached to get the important factors clear for the design of water-fitting constructions.

The advice for the municipality of Renkum will help them prevent making the incorrect decisions in the process of designing. With this objective for the graduation report, some interviews have been held with the staff of the department Beheer Openbare Ruimte (BOR). It has become clear in these interviews how the staff of the municipality of Renkum takes their decisions in the process of choosing a water-fitting construction.

Conclusion

The staff of the municipality of Renkum has a lot of freedom in their work process. This results in not enough 'structure' for the staff. For the topic of climate adaption some employees take these plans with them in their design, where others do nothing with these ideas. The data management in the municipality of Renkum also has no structure, so documents are difficult to find. For the data management it is required to create a simple structure where the documents are saved in the same manner. When projects are saved in the categories water, roads and green and thereafter the sortation with project numbers creates overview. When data management works correctly, the staff of team BOR can ask their colleagues more critical questions about projects.

The water-fitting construction in the Bram Streeflandweg has been the wrong construction for that type of situation. Because there are a lot of green structures and a lot of (heavy) traffic, there is too much influence on the infiltrating construction in the Bram Streeflandweg. Besides, the crumble and poor way of compress leads to heavy sludge formation. With these complications the advice for the Bram Streeflandweg is to remove the water-fitting construction and replace it with a normal road construction with clinker paving. With the use of the existing infiltration fields, plus the aid of a third infiltration field and the change of the road layout, it is possible for the rainwater to flow above ground in these infiltration fields to infiltrate.

Inhoud

1. Begrippenlijst.....	10
2. Inleiding	11
3. Probleem- en doelstelling.....	12
3.1 Probleemstelling	12
3.2 Projectresultaat en -afbakening.....	12
4. Onderzoeksmethode	14
4.1 Literatuuronderzoek.....	14
4.2 Werkproces binnen de organisatie	14
4.3 Oorzaken van complicaties in Bram Streeflandweg	15
4.4 Waterpasserende verharding in praktijk.....	15
5. Klimaatadaptatie.....	16
5.1 Maatregelen tegen regenwateroverlast.....	16
5.2 Factoren infiltratievoorziening.....	17
5.3 Praktijkervaring waterpasserende verharding	18
5.4 Toepassing van groene en blauwe infrastructuur	19
6. Beleid binnen gemeente Renkum	20
6.1 Rioleringsbeleid binnen gemeente Renkum.....	20
6.2 Werkproces binnen gemeente Renkum	21
7. Waterpasserende verharding in Bram Streeflandweg	23
7.1 Uitgangspunten.....	23
7.1.1 Afvoerend oppervlak	23
7.1.2 Infiltratie van de ondergrond	24
7.1.3 Bergingscapaciteit van voorziening.....	24
7.2 Toetsing waterpasserende verharding Bram Streeflandweg	24
7.2.1 Ontwerpbui	25
7.2.2 Resultaat	25
7.3 Definitief ontwerp Bram Streeflandweg	25
7.4 Problemen in de praktijk	26
7.5 Aanvullende maatregelen in Bram Streeflandweg	27
8. Conclusies en aanbevelingen	29
8.1 Werkproces binnen gemeente Renkum	29
8.2 Oorzaak probleem in Bram Streeflandweg	29
8.3 Aanbeveling	30
8.3.1 Advies werkproces gemeente Renkum.....	30
8.3.2 Oplossing voor de Bram Streeflandweg	30
9. Bronnenlijst.....	32

Bijlage A Afvoerend oppervlak Bram Streeflandweg door Arcadis

Bijlage B Volume waterberging/groenvoorziening in Bram Streeflandweg

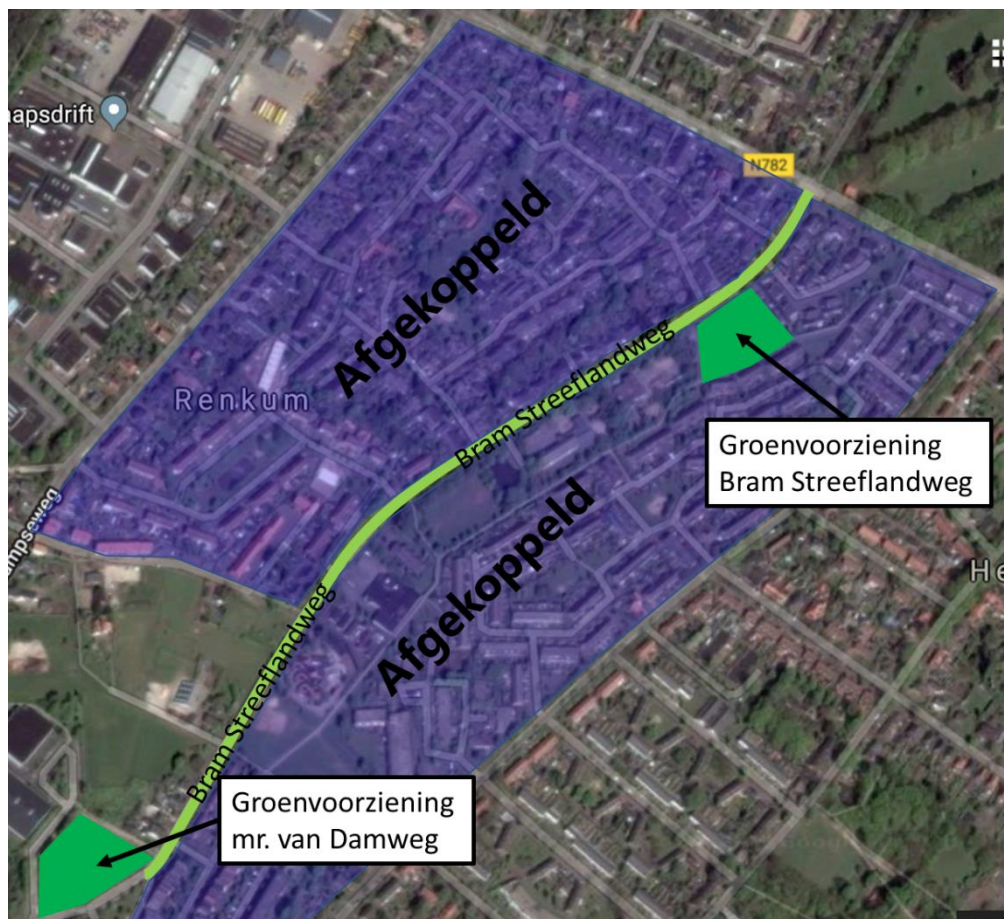
- Bijlage C Schetsontwerp 1 Dwarsdoorsnede aansluiting op Schutterspad
- Bijlage D Schetsontwerp 2 Bovenaanzicht plaatsen roosters
- Bijlage E Schetsontwerp 3 Dwarsdoorsnede wegverharding
- Bijlage F Notitie berekeningen nieuwe situatie Bram Streeflandweg

1. Begrippenlijst

Begrip	Definitie
Afkoppelen	Het aanpassen van de leidingen zodat hemelwater niet meer is aangesloten op een vuilwaterriool.
Afvalwater	Water dat niet meer gebruikt kan worden, verontreinigd.
Berging	Het opvangen en vasthouden van water.
BOR	Beheer Openbare Ruimte
Bui-10	Een bui met een neerslagcapaciteit van 35 mm in 3 kwartier.
Cunet	Een ontgraving in het bestaande maaiveld om wegen in aan te brengen.
Dichtslibben	Het verstopt raken van een voorziening door middel van slib.
Drainage	Het afvoeren van water door middel van buizen of via de grond zelf.
Funderingslaag	Een laag binnen een verhardingsconstructie waar de constructie op rust.
Geotextiel	Doek wat uitspoeling van grond dient te voorkomen.
GHG	Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand
Groenvoorzieningen	Een gebied binnen een gemeente voorzien van groen.
Grondwater	Het water dat zich in de ondergrond bevindt.
Hemelwatermaatregelen	Maatregelen die worden toegepast om de overlast bij hevige regenbuien te voorkomen.
Hittestress	Bij zomerse dagen kan de ontstane warmte binnen een stad niet wegtrekken door te weinig groenvoorzieningen.
Infiltratievoorziening	Een maatregel om hemelwater via de voorziening in de grond te verwerken.
Infiltreren	Hemelwater via een voorziening in de grond verwerken.
Inspoeling	Grond dat rondom een infiltratievoorziening de voorziening instroomt.
Integraal niveau	Bij de aanpak van een project meerdere aspecten aanpakken (riolering, wegen, groen).
IT-riool	Infiltratie riool waarbij het hemelwater in de bodem infiltreert.
Klimaatadaptatie	Het inspelen met projecten op de toekomstige klimaatverandering.
Kolken	Vaak betonnen buizen langs het wegprofiel waar water in kan stromen.
K-waarde	De doorlatendheid van de bodem.
Maaiveld	Een aanduiding voor het aangeven van de hoogte van het grondoppervlak.
Ondergrond	Al het gesteente dat zich onder het maaiveld bevindt.
Onderhoudsbestek	Een wettelijk document waarin staat aangegeven aan welke onderhoud voorwaarde voldaan moet worden.
Openwater	Een waterpartij in de open ruimte.
Oppervlaktewater	Al het water dat zich aan de oppervlakte van de aarde bevindt.
Overstort	Een voorziening dat in werking treedt om overtollig water af te voeren.
Piekbuien	In korte tijd een hevige neerslaggebeurtenis.
Poreus	Een voorziening met kleine openingen waar water in en uit kan stromen.
Reeksberekening	Een toetsing van een voorziening op een reeks aan buien op dezelfde plaats.
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie.
Slib	Afzetting van de bodem dat mee spoelt met (stromend) water.
Vegetatie	Een samenhang van planten en het gebied waar zij in groeien.
Verhardingsoppervlak	Het bovenste oppervlak van een wegconstructie waar het verkeer overheen rijdt.
Verkeersbelasting	De belasting die een wegconstructie moet verwerken.
Verkeersintensiteit	Het aantal voertuigen per etmaal dat een wegconstructie moet verwerken.
Vrij verval	Natuurlijke stroming van water naar het laagste punt.
Waterdoorlatendheid	De doorlatendheid van water voor een bepaalde voorziening.
Wateroverlast	Het instromen van water bij particulieren terreinen waardoor schade ontstaat.
Wegfundatie	De wijze waarop een weg is gefundeerd.
Wegprofiel	De opbouw van de weg.
Zoab cleaner	Een reinigingsmachine die de verharding reinigt op slib vorming.

2. Inleiding

In 2006 heeft de gemeente Renkum een waterpasserende verharding toegepast in het dorp Renkum. Deze maatregel is toegepast vanwege het afkoppelproject waar de gemeente Renkum in 1999 mee van start is gegaan. Het afkoppelen van de woningen rondom de Bram Streeflandweg was de 3^e fase van het afkoppelproject. De omgeving is geschikt voor het afkoppelen aangezien de weg in een dal ligt waardoor het water als een soort trechter wordt opgevangen. Destijds heeft leverancier Aquaflow een nieuw product op de markt gebracht; een waterpasserende verharding. Gemeente Renkum staat open voor innovatieve ideeën en heeft destijds, zonder dat veel informatie over dit product beschikbaar was, besloten om deze nieuwe maatregel toe te passen. Het idee van een waterdoorlatende verharding is dat water onder het wegdek wordt gebufferd waarna het, door een doorlatend fundatiepakket, in de bodem kan infiltreren. Vanwege de grote bergingscapaciteit kan een waterpasserende verharding een stuk meer bergen dan een infiltratieriool of -put. Na oplevering begonnen al snel de eerste complicaties te komen. Zo staat er niet alleen bij hevige buien, maar ook bij kleinere buien met een klein aantal mm per uur water op straat. Dit water zorgt voor overlast voor de omliggende huizen en bewoners. Zij willen dan ook dat de gemeente ingrijpt. Naast wateroverlast heeft de Bram Streeflandweg ook te maken met spoorvorming en verzakkingen over de gehele weg. Tot vandaag de dag zijn nog steeds niet alle problemen opgelost en is het onbekend of de weg überhaupt nog wel functioneert.



Figuur 2.1 Situatie overzicht van Bram Streeflandweg

Het probleem moet worden opgelost, maar om tot een goede oplossing te komen moet eerst worden onderzocht wat daadwerkelijk de oorzaak is van de verschillende complicaties. Als dat goed in kaart is gebracht, kan een afweging worden gemaakt of de maatregel wel geschikt is voor de huidige situatie, of dat er toch een andere maatregel worden getroffen om het afgekoppelde water op te vangen.

3. Probleem- en doelstelling

De hoofddoelstelling van dit onderzoek is om te achterhalen hoe de complicaties in de Bram Streefland tot stand zijn gekomen. De resultaten hiervan helpen om een onderbouwing te geven of deze maatregel wel geschikt is voor de situatie waarin deze is toegepast. Aanvullend wordt onderzocht welk werkproces het personeel binnen de gemeente Renkum hanteert en of hier verbetering in te halen valt. Uiteindelijk volgt een advies en schetsontwerp voor de oplossing in de Bram Streeflandweg en wordt daarnaast advies gegeven hoe de gemeente Renkum dit in de toekomst kan voorkomen.

3.1 Probleemstelling

Om in te spelen op de verwachte klimaatverandering heeft de gemeente Renkum standaard bui 8 + 10% op het huidige rioleringsstelsel getoetst en hieruit bleek dat de gemeente 6 knelpunten heeft die kwetsbaar zijn voor wateroverlast. Om dit probleem op te lossen wordt de huidige infrastructuur aangepast en gekeken naar welke maatregelen op integraal niveau kunnen worden toegepast, om zo de kans op regenwateroverlast te verminderen. De gemeente Renkum heeft echter ervaren dat niet elke maatregel die ze hebben toegepast ook daadwerkelijk blijkt te functioneren. De Bram Streeflandweg is een voorbeeld van een genomen maatregel die veel problemen heeft opgeleverd. Dit is een weg gelegen in het dorp Renkum waar gekozen is om de omliggende en aangrenzende woningen af te koppelen. Het hemelwater wordt op straat opgevangen en door middel van een waterpasserende verharding in de bodem geïnfiltreerd. In praktijk blijkt deze gekozen maatregel echter niet goed te functioneren en om dit in de toekomst te voorkomen is het belangrijk om te weten wat hier nu precies mis is gegaan. Bij deze probleemstelling is de volgende onderzoeksvraag geformuleerd:

Hoe kan de gemeente Renkum voorkomen dat in de toekomst maatregelen worden toegepast die slecht functioneren, en daarmee geen bijdrage leveren aan het verminderen van de kans op regenwateroverlast?

Hierboven is de onderzoeksvraag geformuleerd, hierbij horen een aantal deelvragen die uiteindelijk antwoord moeten geven op de doelstellingen. De deelvragen bieden ondersteuning aan de onderzoeksvraag. Hieronder staan de deelvragen die in dit onderzoek worden behandeld:

1. *Wat is de oorzaak dat de Bram Streeflandweg niet naar behoren functioneert?*
2. *Wat is de oplossing voor de Bram Streeflandweg?*
3. *Wat is het werkproces binnen de gemeente Renkum om tot de juiste maatregel te komen?*

3.2 Projectresultaat en -afbakening

Het projectresultaat bestaat uit een rapportage waarbij de oorzaken van de complicaties in de Bram Streeflandweg zijn beschreven. Indien hier geen volledig antwoord op gegeven kan worden, volgt een aanbeveling voor een vervolgonderzoek. Daarnaast volgt een advies op de werkstructuur/-methode binnen de gemeente Renkum om te voorkomen dat in de toekomst foutieve maatregelen worden toegepast. Daarnaast wordt een oplossing gegeven voor de Bram Streeflandweg en volgen schetsontwerpen.

Bij projectafbakening wordt ingegaan op waar de grenzen van het afstudeerproject liggen. Er wordt duidelijk gemaakt welke onderdelen tot het afstudeerproject behoren en tot hoever deze worden uitgewerkt. Ook wordt duidelijk gemaakt welke onderdelen niet in het eindverslag verwerkt zullen worden. Zo wordt voorkomen dat onnodig materiaal in de eindrapportage terechtkomt.

- Voor het afstudeeronderzoek worden interviews gehouden met gemeenten en ingenieursbureaus die betrokken waren bij de Bram Streeflandweg. Dit zijn binnen de gemeente Renkum twee betrokkenen en één ingenieursbureau.

- Voor de interviews naar het functioneren van een waterpasserende verharding worden alleen gemeenten en ingenieursbureaus benaderd die betrokken zijn geweest met projecten waar waterpasserende verharding is toegepast. Dit zijn in totaal vier gemeenten en drie ingenieursbureaus.
- Om de werkwijze binnen de gemeente Renkum duidelijk in beeld te krijgen worden de interviews afgenomen met het personeel van de afdeling Beheer Openbare Ruimte.
- In het literatuuronderzoek wordt onderzoek gedaan naar verschillende infiltrerende maatregelen. De k-waarde binnen de gemeente Renkum is erg hoog en wordt er dus door de gemeente op grote schaal infiltrerende maatregelen toegepast. Er wordt echter ook onderzoek gedaan naar overige hemelwatermaatregelen, zodat deze op gegronde basis kunnen worden uitgesloten.
- Voor het advies aan de gemeente Renkum voor een nieuw ontwerp voor de Bram Streeflandweg worden uitgewerkte schetsontwerpen aangeleverd. Met de gevonden randvoorwaarden voor infiltrerende voorzieningen wordt een nieuwe maatregel toegepast voor de Bram Streeflandweg.

4. Onderzoeksmethode

In het hoofdstuk onderzoeksmethode wordt ingegaan op de methodiek van het afstudeeronderzoek. Een deel van het afstudeeronderzoek zal bestaan uit het literatuuronderzoek. In het literatuuronderzoek wordt ingegaan om de verschillende maatregelen voor hemelwateroverlast. Daarnaast wordt door middel van interviews achterhaald wat de werkmethode binnen de gemeente Renkum is. Door interviews af te nemen met de gemeente Renkum en andere betrokken gemeenten en ingenieursbureaus, in combinatie met het literatuuronderzoek, wordt onderzoek gedaan naar het functioneren van waterpasserende verharding.

4.1 Literatuuronderzoek

Het literatuuronderzoek zal voornamelijk bestaan uit het onderzoeken van verschillende maatregelen omtrent het voorkomen van regenwateroverlast. Hiervoor worden alleen betrouwbare bronnen geraadpleegd van deskundigen die specialist zijn op het vakgebied stedelijk waterbouw. Naast het onderzoek naar de maatregelen die inzetbaar zijn, is het van belang om te bepalen welke invloedsfactoren een rol spelen op het functioneren hiervan. Ook wordt gekeken naar welke rol overige zaken zoals beheer en onderhoud en klimaatadaptatie hebben bij deze maatregelen. Aangezien de k-waarde enorm hoog is in de gemeente Renkum en het beleid binnen de gemeente uitgaat naar zichtbare maatregelen wordt de meeste informatie verzameld over infiltrerende maatregelen.

4.2 Werkproces binnen de organisatie

Om een advies te geven op het werkproces binnen de gemeente Renkum, dient de huidige afdeling in kaart te worden gebracht. Binnen deze afdeling wordt vooral aandacht besteed aan de besluitvorming binnen projecten en het beheer en onderhoud van bestaande projecten. Om de juiste informatie te verkrijgen uit het werkproces worden verschillende interviews afgenomen met de betrokken medewerkers van het team Beheer Openbare Ruimte (BOR). Tabel 4.1 geeft een overzicht van de geïnterviewde werknemers. Dit team gaat over de uitvoeringen van onderhoud, de uitvoering van nieuw aan te leggen projecten, besluitvorming binnen projecten en beheert de verschillende rioleringsystemen, wegen en groen. Voor het personeel van team BOR wordt een interviewgide opgesteld. Om meer inzicht te krijgen in het beheer en onderhoud wordt ook onderzoek gedaan naar het gemeentelijk rioleringsplan. Vanuit het literatuuronderzoek naar het voorgeschreven onderhoud per maatregel wordt onderzocht of de gemeente Renkum het juiste onderhoudsbeleid uitvoert. Vanuit de interviews moet ook duidelijk worden hoe het personeel met klimaat omgaat en of hier aandacht aan wordt besteed. De uitkomst van de verschillende interviews creëert een beeld binnen de gemeente Renkum hoe wordt omgegaan met klimaat adaptieve oplossingen, de besluitvorming binnen projecten hoe tot een maatregel gekomen wordt, hoe de samenwerking hierin verloopt met de raad en met welke gedachtegang het beheer en onderhoudsplan wordt opgesteld.

Tabel 4.1 Overzicht interviews BOR

Naam:	Functie:
Hermen de Gelder	Projectleider
Kevin Groen	Projectleider
Migon Hover	Coördinator BOR
Raymond Leyte	Afdelingshoofd BOR
Michel van der Wagt	Projectleider
Manon Wille	Coördinator water

4.3 Oorzaken van complicaties in Bram Streeflandweg

Om de oorzaak van de complicaties in de Bram Streeflandweg te achterhalen, wordt onderzoek gedaan naar de huidige verharding. Uit ontwerprapporten van de Bram Streeflandweg wordt onderzoek gedaan naar het huidige funderingsmateriaal en deze wordt vergeleken met het voorgeschreven funderingsmateriaal. Om het functioneren van het systeem te onderzoeken wordt met de betrokken partijen van Bram Streeflandweg een interview gehouden met daarin kritische vragen over het systeem. Deze interviews worden gehouden met de gemeente Renkum als opdrachtgever, maar ook met het ingenieursbureau. Zie Tabel 4.2 voor een overzicht van de geïnterviewde partijen. Deze partijen zijn van belang, omdat deze partijen samen tot de overeenstemming zijn gekomen om voor dit ontwerp te kiezen. Aan de hand van deze vragen moet duidelijk worden waar de oorzaak van de problemen aan de Bram Streeflandweg vandaan komt. Naast de problemen dient de interviewgide ook inzicht te geven in een eventuele oplossing voor de Bram Streeflandweg. Om een vergelijking te maken met andere ervaringen met waterpasserende bestrating wordt onderzoek gedaan naar andere projecten binnen Nederland. In paragraaf 4.4 wordt hier verder op ingegaan. Naast de interviews wordt ook de benodigde informatie uit het archief gehaald. Dit onderzoek zal zich vooral richten op besluitvorming en de opgestelde documenten hiervoor. De uitkomst hiervan moet ondersteuning bieden voor het advies voor de Bram Streeflandweg en de werkwijze binnen de gemeente Renkum.

Tabel 4.2 Overzicht betrokken partijen Bram Streeflandweg

Naam:	Bedrijf/overheid:
Jan Copier	Copier Adviesburo
Hermen de Gelder	Gemeente Renkum, voorheen Copier Adviesburo
André Schlepers	Oud-medewerker gemeente Renkum

4.4 Waterpasserende verharding in praktijk

Om een advies op te stellen voor de Bram Streeflandweg wordt er niet naar slechts één case gekeken. Om het functioneren van de Bram Streeflandweg te onderzoeken wordt er gekeken naar andere projecten waar een waterpasserende verharding is toegepast. Er worden verschillende interviews gepland met gemeenten en ingenieursbureaus. Deze bedrijven en overheidsinstanties hebben al enige tijd en/of recente ervaring met waterpasserende verharding. Zie Tabel 4.3 voor een overzicht van de betrokken partijen. Door onderzoek te doen naar deze projecten kan een verschillenanalyse gemaakt worden in de besluitvorming en het bijbehorende onderhoudsplan tussen de verschillende projecten en het project binnen de gemeente Renkum. Met de uitkomst van de verschillende interviews kan onderzocht worden waar de verschillen en overeenkomsten zitten met de Bram Streeflandweg en kan hiermee een advies worden opgesteld voor de gemeente Renkum.

Tabel 4.3 Overzicht betrokken partijen waterpasserende verharding

Naam:	Bedrijf/overheid:	Project:
Robert van Eerden	Sweco	Station Vathorst te Amersfoort
Jan van 't Klooster	Gemeente Amersfoort	Station Vathorst te Amersfoort
Antal Zuurman	Gemeente Nijmegen	Voorstadslaan te Nijmegen
Bert van Roekel & Menno Ettema	Gemeente Ede	Meerdere locaties toegepast

5. Klimaatadaptatie

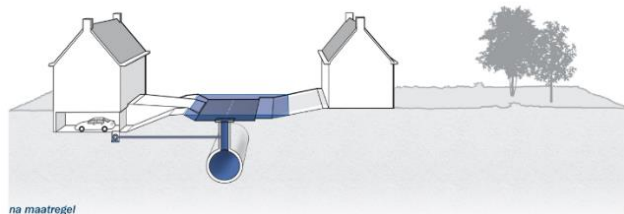
Klimaatadaptatie is waar steeds meer gemeenten mee te maken krijgen. Klimaatadaptatie is het proces waarbij de samenleving inspeelt op de verwachte klimaat en de bijkomende effecten daarvan. Zo zijn hittestress en regenwateroverlast termen die steeds vaker wordt gebruikt. In dit hoofdstuk wordt gekeken naar maatregelen die inzetbaar zijn voor de aanpak van wateroverlast die volgen uit het voorkomen van steeds extremere buien.

5.1 Maatregelen tegen regenwateroverlast

Hoewel er veel verschillende ontwerpen zijn, kunnen maatregelen onderverdeeld worden in vijf groepen. In grote lijnen zijn dit de oplossingen voor de aanpak tegen regenwateroverlast. Op welke specifieke manier dit gebeurt, hangt af van de omgeving en kan in elke situatie anders zijn. Stichting Rioned (2017) heeft de volgende vijf maatregelen opgesteld:

Gebouwen beschermen

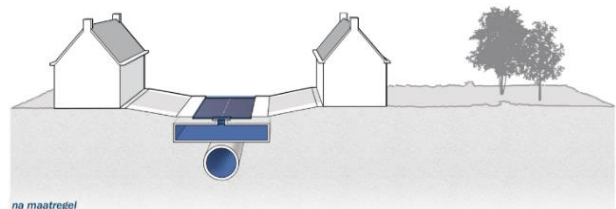
Kwetsbare woningen beschermen is een methode om de kans op wateroverlast te verminderen. Dit is mogelijk door water meer ruimte te geven op de openbare wegen, zie Figuur 5.1. Door ingrepen als; *Het toepassen van drempels (voor de woningen), stoepbanden verhogen of straatpeil verlagen*, kan water op straat worden geborgen. Berging van water op straat is echter niet altijd even gewenst aangezien de weg een transportfunctie heeft en verkeer golven creëert die de woningen kunnen binnen treden.



Figuur 5.1 Gebouwen beschermen (Stichting Rioned, 2007).

Ondergrondse waterberging

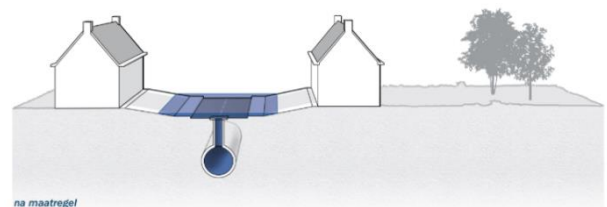
Via ondergrondse constructies kan regenwater in de bodem infiltreren of naar open water worden afgevoerd, zie Figuur 5.2. Dit gaat meestal gepaard met het afkoppelen van de omliggende woningen. De kosten van een ondergrondse berging zijn hoog en is daarom pas effectief bij een flinke bergings- en afvoercapaciteit. Specifieke voorbeelden van maatregelen hiervoor zijn: *bergbassin, IT-kelder/-riool/-kolk/-put*.



Figuur 5.2 Ondergrondse waterberging (Stichting RIONED, 2007).

Waterberging op straat

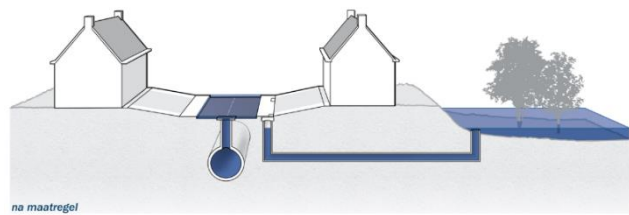
Hierbij functioneert de weg als een tijdelijke waterberging. Door de wegindeling dusdanig aan te passen kan het water niet in de panden stromen, zie Figuur 5.3. Dit is over het algemeen een efficiënte en goedkope manier van waterberging. Wanneer het waterpeil in het riool is gedaald, zakt het water weer in het riool en/of infiltreert het via de verharding in de bodem. Specifieke maatregelen zijn: *stoepbanden verhogen, straatpeil verlagen, weg hol maken in plaats van bol, waterdoorlatende/-passerende verharding*.



Figuur 5.3 Stoepranden en straatpeilverlaging (Stichting Rioned, 2007).

Waterberging in de openbare ruimte

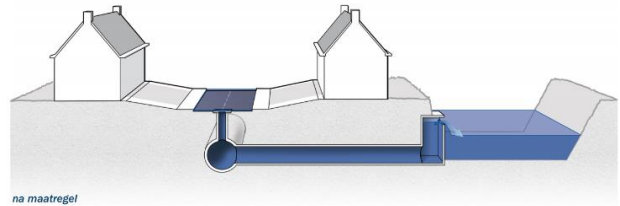
Groenvoorzieningen en speelplaatsen kunnen gebruikt worden voor het bufferen van hevige buien. Op deze manier hebben woningen of openbare wegen geen last van (teveel) water op straat. Vanuit de groenvoorzieningen infiltreert het water in de bodem of voert het af naar open water of het riool, zie Figuur 5.4. Maatregelen zijn: *Wadi*, *verlagen maaiveld en infiltratieveld*.



Figuur 5.4 Waterberging in de openbare ruimte (Stichting Rioned, 2007).

Meer open water

Water op straat kan worden veroorzaakt doordat het waterpeil in open water te hoog is of als er te weinig ruimte is om het water te bergen waardoor regenwater niet kan wegstromen. Door meer open water te creëren of het vergroten van de gemalen kan dit probleem worden opgelost, zie Figuur 5.5.



Figuur 5.5 Meer open water (Stichting Rioned, 2007).

Wanneer wordt gekeken naar de omgeving van de Bram Streeflandweg kan geconcludeerd worden dat waterberging in de groenvoorziening de meest voor de hand liggende oplossing is. Gebouwen beschermen wordt vaak pas toegevoegd wanneer het straatpeil hoger ligt dan de woningen en dat is hier niet het geval. Het creëren van open water is in de omgeving moeilijk te realiseren omdat de grondwaterstand ca. 10 meter onder het maaiveld ligt. Waterberging op straat is optioneel, dit levert echter enige verkeershinder op, mits dit bovengronds is. Ondergrondse waterbergingen brengt hoge kosten met zich mee en zijn lastig te onderhouden. Daarnaast heeft de gemeente Renkum de voorkeur voor zichtbare maatregelen.

5.2 Factoren infiltratievoorziening

Van elke regenwatervoorziening zijn voor- en nadelen te noemen. Daarnaast zijn er verschillende omgevingsfactoren die per maatregel invloed hebben op het functioneren daarvan. Hieronder staat een lijst met toegepaste infiltratievoorzieningen met de daarbij horende aanbevelingen voor het ontwerp. De volgende gegevens zijn verzameld aan de hand van interviews met de gemeente Nijmegen en Ede, Sweco en Copier Adviesburo, zie Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Invloedsfactoren van infiltratievoorzieningen

Ontwerp	Ontwerp aanbeveling
IT-riool/-put	- Afschot beperkt houden, bij voorkeur tot 2 % - Onderkant voorziening boven GHG houden (>0,5 m) - zand/grindig ondergrond
Wadi/infiltratieveld	- Onderkant voorziening boven GHG houden (>0,5 m) - Humusrijke bodem met zand/grindig ondergrond
Waterpasserende/ doorlatende verharding	- Wegfundatie met 30 tot 40% holle ruimtes aanleggen - Lage verkeersintensiteit (woonerf of parkeerterrein) - Afschot beperkt houden, bij voorkeur tot 2 % - Per 1 m² waterpasserende/doorlatende verharding aansluiten op max 2 m² verhard oppervlak - Toepassen waar weinig groen is i.v.m. slib.
Zaksloten	- Parkeer, voetgangers vrijhouden - Zand/grindig ondergrond - Bodem van voorziening boven GHG houden (>0,5 m)

Voor vrijwel alle IT-voorzieningen gelden dezelfde factoren. Allereerst moet de GHG onder de onderkant van de voorziening liggen om te kunnen infiltreren. Voor de veiligheid wordt hier een minimum van 0.5 m aangehouden. Verder bepaalt de berging van de voorziening de capaciteit en de doorlatendheid van de ondergrond hoe snel de voorziening na afloop van een bui leeg is, oftewel de ledigingstijd. Water neemt ook veel slib met zich mee, infiltratievoorzieningen zijn hier erg gevoelig voor. Dit komt doordat deze voorzieningen filters hebben waar grote slibdeeltjes zoals blad en bloesems worden opgevangen zodat deze niet in de bodem terecht komen. Kleine deeltjes slib kunnen hierdoor voor verstopping zorgen. Onderhoud is dan ook een essentieel onderdeel voor het functioneren van een infiltratievoorzieningen.

5.3 Praktijkervaring waterpasserende verharding

De gemeente Renkum heeft ruim 10 jaar geleden als een van de eerste gemeenten een waterpasserende verharding toegepast. In de tussentijd hebben meerdere gemeenten deze maatregel ook aangelegd en uit de praktijk blijken ook deze gemeenten tegen complicaties aan te lopen. Uit interviews met de gemeenten Amersfoort, Nijmegen en Ede is gebleken dat de volgende problemen voorkomen bij een waterpasserende verharding, zie Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Bevindingen waterpasserende verharding in andere gemeenten

Gemeente	Probleem	Oorzaak	Oplossing
Amersfoort	- Functioneert niet goed	- Voegen dichtgeslibd	- Vegen
Nijmegen	- Functioneert niet goed - Niet onderhoudsvriendelijk - Afwatering verliep niet goed	- Geen onderhoud tijdens uitvoering - Waterpasserende verharding toegepast in parkeervakken waardoor auto's onderhoud belemmeren - Verkeerde aanleghoogtes toegepast.	- Parkeervakken goed reinigen en kolken geplaatst. - Borden plaatsen van tevoren, anders auto's wegslepen - Aanpassen
Ede	- Spoorvorming - Functioneert niet goed	- Wegen zijn te intensief gebruikt - Aannemers durven niet te verdichten om proctordichtheid te waarborgen - Er zijn nog geen juiste methodes om maatregel te onderhouden.	- Alleen toepassen in doodlopende wegen - In bestek opnemen gewicht per m² om proctordichtheid te waarborgen

5.4 Toepassing van groene en blauwe infrastructuur

Over de gehele wereld wordt het toepassen van groene en blauwe infrastructuur onderschat. De gevolgen van het toepassen van 'vergrijzing' in de stad heeft ernstige invloeden op het klimaat binnen een gemeente, blijkt uit het onderzoek van TO2 federatie (2016). Zo kan in de zomer hittestress optreden. De warme lucht die in een stad ontstaat kan niet gekoeld worden waardoor de algehele temperatuur stijgt en soms wel 5 graden warmer is dan de omliggende gebieden. Door het toepassen van groenstructuren ontstaat verkoeling en wordt een aangename leefomgeving gecreëerd voor de bewoners. Ook heeft de toepassing van groene en blauwe infrastructuur invloed op de luchtkwaliteit. Zo zorgen groenvoorzieningen voor een reiniging van de luchtkwaliteit en bevordering van de groei van andere groenvoorzieningen. Bij het toepassen in kleinere gemeente dient wel gelet te worden op de aanpassing van eventuele vegetatie.

Verder blijkt uit het rapport (TO2 federatie, 2016) dat naast het reguleren van de lucht en temperatuur kan groene en blauwe infrastructuur ook worden gebruikt voor de regulering van hemelwater. Door middel van groenvoorzieningen kan het water in de grond worden geïnfiltreerd en kunnen kosten bespaard worden voor dure oplossingen. Het toepassen van groene en blauwe infrastructuur heeft veel voordelen als het gaat om een stad klimaatbestendiger te maken, maar het heeft echter pas zin als het op grote schaal wordt toegepast. Wanneer de maatregelen op kleine schaal worden toegepast kan omliggende lucht niet worden gefilterd en is de stad of het dorp niet bestand tegen hittestress. In het gebied waar de maatregel wordt toegepast zijn de eerste veranderingen wel meetbaar, maar wil een stad volledig inspelen op klimaatadaptieve maatregelen, dan is het noodzaak om groene en blauwe infrastructuur over de stad of het dorp verspreid aan te leggen, zodat ook op andere plekken hittestress en verontreinigde lucht voorkomen kan worden.

Voor Renkum betekent dit dat zij met de ingeslagen weg door moeten blijven gaan. De toegepaste visie voor het aanleggen van zichtbare maatregelen helpt in het reguleren van de aanleg van voldoende groenstroken. Omdat de gemeente Renkum in een bosrijk gebied ligt met veel omliggende natuur is het zaak om de dorpskernen deze groenvoorzieningen voldoende toe te passen. Door de bestaande vegetatie zal de gemeente niet snel last krijgen van verontreinigde lucht en hittestress, maar door het blijven toepassen van groene en blauwe infrastructuur kunnen ze dit behouden.

6. Beleid binnen gemeente Renkum

Elke bedrijf of organisatie heeft een beleid en visie om aan te tonen wat ze de komende jaren gaan doen. In het geval van een gemeente wordt beleid gemaakt om verantwoording aan de burgers af te leggen over wat de overheid met het belastinggeld de komende jaren gaat doen. Riolering is een aparte tak binnen de gemeente waar inwoners jaarlijks rioolheffing voor betalen. Dit geld dient ook alleen aan riool en water te worden besteed. Om deze reden zijn alle gemeenten verplicht om op het gebied van riolering een langetermijnvisie op te stellen dat wordt vastgelegd in het rioleringsplan.

6.1 Rioleringsbeleid binnen gemeente Renkum

Visie gemeente Renkum

De gemeente Renkum heeft haar langetermijnvisie opgesteld in de gemeentelijke rioleringsplan (GRP). Hieruit volgt een basisrioleringsplan (BRP) dat de technische kant van het rioolstelsel binnen de gemeente toetst. De volgende bevindingen uit dit paragraaf zijn afkomstig dit technische document van de gemeente Renkum (2015). De gemeenteraad van Renkum heeft op 28 januari 2015 de ambities vastgesteld voor stedelijk afvalwater, hemelwater, grondwater en oppervlaktewater. Voor stedelijk afvalwater is het gemiddelde ambitieniveau gekozen en voor hemelwater het hoogste ambitieniveau (toekomstgericht). Dit betekent dat er geen afvalwater in openbare ruimtes mag treden en hemelwater niet het riool in wordt geloosd. Dit valt samen met de visie om hemelwatermaatregelen af te koppelen en zichtbaar te maken.

Toetsing huidige rioleringsstelsel

Het huidige rioleringsstelsel is met standaard bui 8 + 10% als leidraad voor de riolering getoetst om zo de (theoretische) knelpunten in kaart te brengen. Dit komt neer op een bui van twee uur waarbij ca. 22 mm regen valt.

De belangrijkste knelpunt locaties zijn vastgesteld:

1. Van Ingenweg/Utrechtseweg, Renkum
2. Kerkweg, Heelsum
3. Utrechtseweg/Annastraat, Oosterbeek
4. Weverstraat hoog/Poststraat, Oosterbeek
5. Weverstraat laag/Benedendorpseweg, Oosterbeek
6. Beeklaan/Dunolaan, Heveadorp

Toekomstgericht uitvoeren van ambitieniveau

De middelen binnen de gemeente Renkum om de huidige infrastructuur aan te passen beperkt. Met de directe aanpassing van de knelpunten, gaan veel kosten mee gemoeid. Om deze reden kiest de gemeente Renkum ervoor om de huidige infrastructuur op integraal niveau te reconstrueren. Tijdens de ontwerpfase van bijvoorbeeld de reconstructie van een weg wordt gekeken of op het gebied van waterhuishouding en/of groen ook verbeteringen haalbaar zijn. Door hemelwater lokaal te bergen of infiltreren, krijgen de knelpunten benedenstroom minder aanvoer van regenwater waarmee de kans op wateroverlast minder wordt.

6.2 Werkproces binnen gemeente Renkum

Naast visie en beleid heeft iedere organisatie of bedrijf een andere manier van werken. Bij sommige organisaties wordt alles strak aangestuurd van bovenaf, terwijl bij andere organisaties het personeel wordt vrijgelaten en nauwelijks wordt gecontroleerd. Daarnaast heeft ieder personeelslid zijn eigen werkstijl en vindt bepaalde factoren belangrijker dan zijn/haar collega. In deze paragraaf wordt gekeken naar het werkproces binnen de gemeente Renkum en welke factoren de personeelsleden van de afdeling BOR belangrijk vinden. Hieronder worden de belangrijkste bevindingen van de interviews weergegeven,

Wat doet de gemeente aan klimaatadaptatie?

Het is gebleken dat op bestuurlijke niveau hier nauwelijks aandacht aan wordt besteed. Over het algemeen is klimaatadaptatie nog een vaag begrip en is hier nog te weinig over bekend. Wat zijn de extra kosten hiervoor? Welke werkzaamheden zijn hieraan te linken? Welke resultaat levert het op? Dit zijn vraagstukken waar nog lang geen antwoord op kan worden gegeven en daarom blijft klimaatadaptatie een redelijk “vaag” begrip voor de meesten. Gezien het personeel in de gemeente Renkum enorm veel vrijheid heeft, varieert het per persoon in hoeverre klimaatadaptatie wordt meegenomen. Enkele voorstanders hiervan proberen dit binnen de gemeente Renkum te realiseren. In samenwerking met de coördinator is het zaak om dit te uiten in projecten. Zo past de gemeente Renkum op dit moment een methodiek toe om te klimaatadaptatie te meten, maar deze methodiek is nog niet volledig ontwikkeld en zit nog in de testfase.

Wordt beheer en onderhoud meegenomen in de afweging van een ontwerp?

In een projectgroep is altijd een beheerder aanwezig als adviseur. Deze geeft aan of een ontwerp goed te onderhouden valt. Zo dient een ontwerp altijd bereikbaar te zijn en wordt geotextiel niet meer toegepast. Wel wordt aangegeven dat het soms nog ongestructureerd geregeld wordt. Beheer en onderhoud wordt weliswaar meegenomen in de besluitvorming maar in het geval van innovatieve maatregelen is onvoldoende bekend hoe deze maatregel onderhouden moet worden.

Wordt bij het ontwerpen van een opdracht rekening gehouden met omgevingsfactoren?

Wat het meeste naar voren komt, is dat communicatie naar bewoners hoog in het vaandel staat. Daarnaast is het optioneel om bewoners mee te laten beslissen over het ontwerp, zodat deze goed in de omgeving past. Ook is het belangrijk om zoveel mogelijk informatie te verzamelen en hierover te sparren met de juiste mensen/experts. Van persoon tot persoon wordt afgewogen hoeveel advies wordt meegenomen in de afweging. Een aantal medewerkers hebben kritiek op bepaalde ontwerpen, geleverd door ingenieursbureaus, omdat deze vaak te theoretische zijn. Met “gezond” verstand kan vaak al beoordeeld worden of een ontwerp in de praktijk functioneert of niet. Dit wordt nog wel eens achterwege gelaten door ingenieursbureaus.

Hoe wordt een genomen maatregelen gecontroleerd op zijn functioneren?

In alle gevallen wordt aan de hand van visuele waarnemingen doormiddel van inspectie gekeken of een ontwerp goed functioneert. Voornamelijk door klachten die binnen komen van bewoners weet de gemeente of dit goed of slecht gaat. Sommige “liefhebbers” gaan zelf bij het vallen van een bui naar een projectlocatie toe om te kijken hoe het ontwerp functioneert. Er wordt echter geen meetapparatuur ingezet om data te verzamelen, dus wordt er vrijwel niks gedaan aan monitoring.

Wordt binnen de gemeente Renkum voldoende beheert/onderhouden?

Over het algemeen wordt aangegeven dat er te weinig budget beschikbaar is voor onderhoud. Maar gezien de bestaande middelen is het personeel tevreden over hoe de gemeente Renkum wordt onderhouden. Dit heeft ermee te maken dat op bestuurlijk niveau wordt bepaald waar het geld aan besteed wordt. Indien een gebied technische toe is aan onderhoud maar weinig prioriteit heeft, wordt hier geen budget voor vrijgegeven.

Wat vindt het personeel zelf van de werkwijze binnen de gemeente Renkum?

Over het algemeen vindt iedere werknemer het prettig dat ze de ruimte en vrijheid krijgen voor eigen inbreng. Beleidsmatig zijn kaders opgesteld waarbinnen het personeel moet werken, maar hierbinnen kunnen ze zelf invulling geven aan projecten. Zo is iedereen verantwoordelijk voor zijn eigen werk en kan iedereen zelf

projecten aansturen zoals diegene dat wil. Wel wordt aangegeven dat het allemaal wel wat professioneler en kritischer naar elkaar toe mag wanneer iets minder goed gaat. Beheer in data is ook een punt waar verbetering te halen valt. Zo is veel informatie lastig te raadplegen, terwijl het wel ergens opgeslagen moet zijn. De combinatie hiervan zorgt ervoor dat wanneer iets misgaat hier te weinig op geëvalueerd wordt.

7. Waterpasserende verharding in Bram Streeflandweg

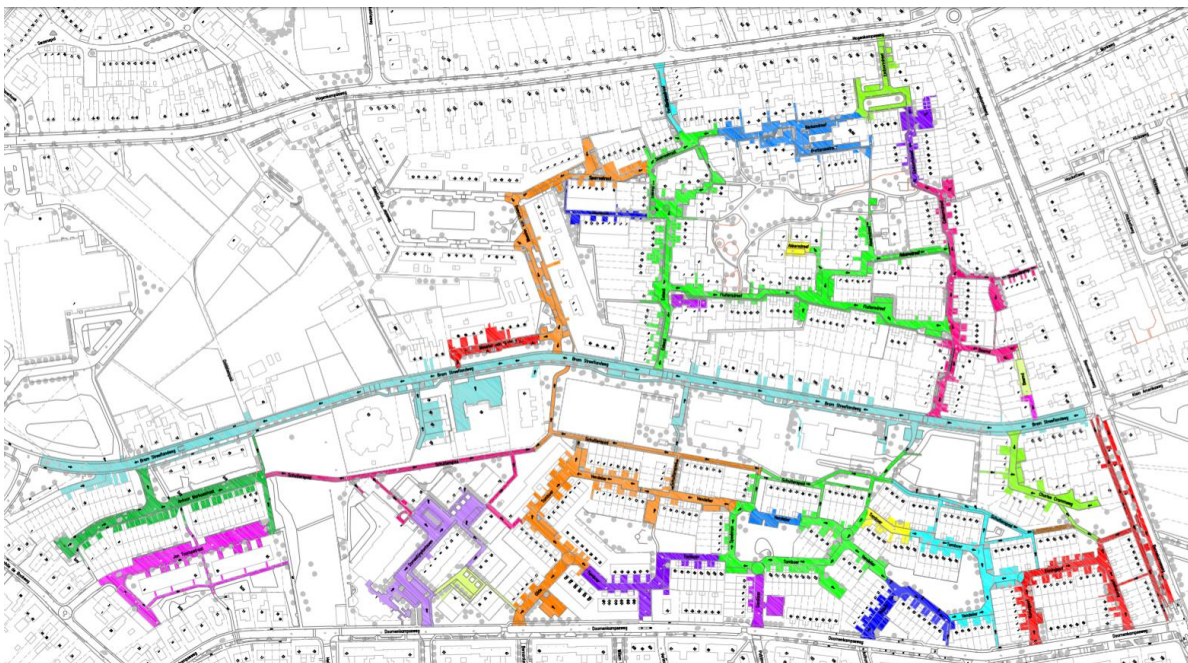
De Bram Streeflandweg ligt in het dorp Renkum. Hoewel het een doorgaande weg is, wordt deze met name gebruikt voor bestemmingsverkeer. De weg begint in het noorden van Renkum met een lichte helling en deze loopt na ca. 150 meter geleidelijk af naar een vlakke weg met een totale lengte van ca. 900 meter. De weg ligt in een dal wat het ideaal maakt om hemelwater van de omgeving op te vangen. Verder staan er veel bomen en gewassen langs de weg en zijn er veel groenvoorzieningen in de omgeving aanwezig.

7.1 Uitgangspunten

Om te berekenen of een infiltratievoorziening goed functioneert, zijn een aantal omgevingsfactoren van belang. Dit zijn Invloedsfactoren van buitenaf die impact hebben op het ontwerp. Zo is de ondergrond bepalend voor de infiltratiesnelheid en begroeiing langs de weg bepalend voor de frequentie waarin onderhoud nodig is. In het vooronderzoek hebben Arcadis (2005) en Aquaflow (2005) berekeningen gemaakt voor dit ontwerp, de uitgangspunten en berekeningen in de volgende paragrafen zijn afkomstig uit deze rapporten.

7.1.1 Afvoerend oppervlak

Het afgekoppeld gebied dat zit aangesloten op de Bram Streeflandweg wordt met kleuren aangegeven in Figuur 7.1. Doordat de weg in een dal ligt, stroomt het water richting de waterpasserende verharding, de licht blauwe strook in het midden van Figuur 7.1. Met de hoeveelheid afgekoppelde daken in m^2 kan het verhardoppervlak voor het afwateringsgebied worden bepaald, deze bedraagt in totaal 5,049 ha. Dit is het totaal van aangesloten daken, trottoirs en wegdek. Dit is een belangrijk uitgangspunt voor de berekeningen voor de belasting op de Bram Streeflandweg. Het aangelegde Aquaflow constructie heeft een oppervlakte van 0,484 ha (880 m lengte * 5,5 m breedte). Dit betekent dat per 1 m^2 waterpasserende verharding ruim 10 m^2 verhard oppervlak zit aangesloten (zie Bijlage A).



Figuur 7.1 Afkoppelen van de woningen rondom de Bram Streeflandweg (bron: Arcadis, 2004).

7.1.2 Infiltratie van de ondergrond

De bodemopbouw in de Bram Streeflandweg is bepalend voor de doorlatendheid van de infiltratievoorziening. Renkum heeft een zand/grind ondergrond die enorm waterdoorlatend is. Van de ondergrond in de Bram Streeflandweg zijn 7 monsters getest met zeefkrommes en daarmee is bepaald wat de waterdoorlatendheid is. Als resultaat zijn verschillende k-waardes tussen de 17,4 en 38,9 m/dag gemeten. Arcadis heeft echter om de volgende redenen geadviseerd om niet met een dergelijk hoge doorlatendheid te rekenen:

1. Er zijn geen goede betrouwbare methodes om een hoge doorlatendheid exact te kunnen meten. De waarde is hooguit een indicatie
2. Gelaagdheid van de bodem wordt door een zeefkromme niet meegenomen. Dit betekent dat ook storende laagjes in de bodem niet worden meegenomen.
3. Aangegeven doorlatendheid geldt voor verzadigde grond.

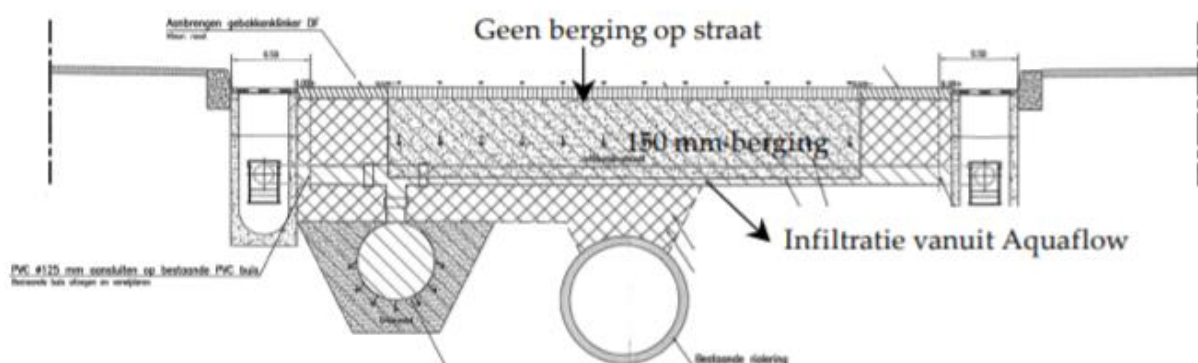
Ter compensatie van de onverzadigde ondergrond wordt gerekend met de volgende doorlatendheid:

- Gemiddelde gemeten verzadigde doorlatendheid van 23,9 m/dag → onverzadigd 12 m/dag
- Laagst gemeten verzadigde doorlatendheid van 17,4 m/dag → onverzadigd 8,7 m/dag
- Theoretisch verantwoorde verzadigde doorlatendheid van m/dag → onverzadigd 5 m/dag

Naast de doorlatendheid is ook de grondwaterstand bepalend voor de infiltratiecapaciteit van het ontwerp. Indien deze hoger ligt dan de bodem van de infiltratievoorziening zal deze niet goed functioneren. In de Bram Streeflandweg ligt de GHG minimaal 10 meter (BK Ingenieurs, 2017) onder het maaiveld. De lage grondwaterstand betekent dat deze verder geen invloed heeft op het ontwerp van de waterpasserende verharding.

7.1.3 Bergingscapaciteit van voorziening

Bij een infiltratievoorziening is de bergingscapaciteit bepalend voor welke bui deze kan verwerken. Hemelwater heeft de tijd nodig om in de bodem te infiltreren en daarom is berging van hemelwater noodzakelijk. De diepte van de wegfundatie en daarmee de berging bedraagt 0,15 m. De oppervlakte van het aangelegde Aquaflow verharding is 4840 m^2 , in totaal levert dit een (theoretische) berging op van 726 m^3 . Zie Figuur 7.2 voor dwarsdoorsnede van de waterpasserende verharding.



Figuur 7.2 Vooropgestelde dwarsdoorsnede van ontwerp Bram Streeflandweg (Copier Advies, 2004)

7.2 Toetsing waterpasserende verharding Bram Streeflandweg

Om te controleren of het ontwerp voldoet aan de eisen wordt er een controleberekening uitgevoerd. Met behulp van rekenprogramma Mouse heeft Arcadis theoretische bepaald of de maatregel een bepaalde bui kan verwerken. De uitgangspunten voor deze berekening zijn in de vorige paragrafen behandeld.

7.2.1 Ontwerpbui

Om te toetsen of een infiltratievoorziening voldoet aan de voorgestelde eisen moet een maatgevende belasting worden ingevoerd. Voor dit ontwerp is gekozen voor een bui T-10 als leidraad voor de formule waarbij de maatstaf is dat deze bui geen water op straat mag geven. Deze bui levert 35,7 mm neerslag in ¼ uur tijd.

7.2.2 Resultaat

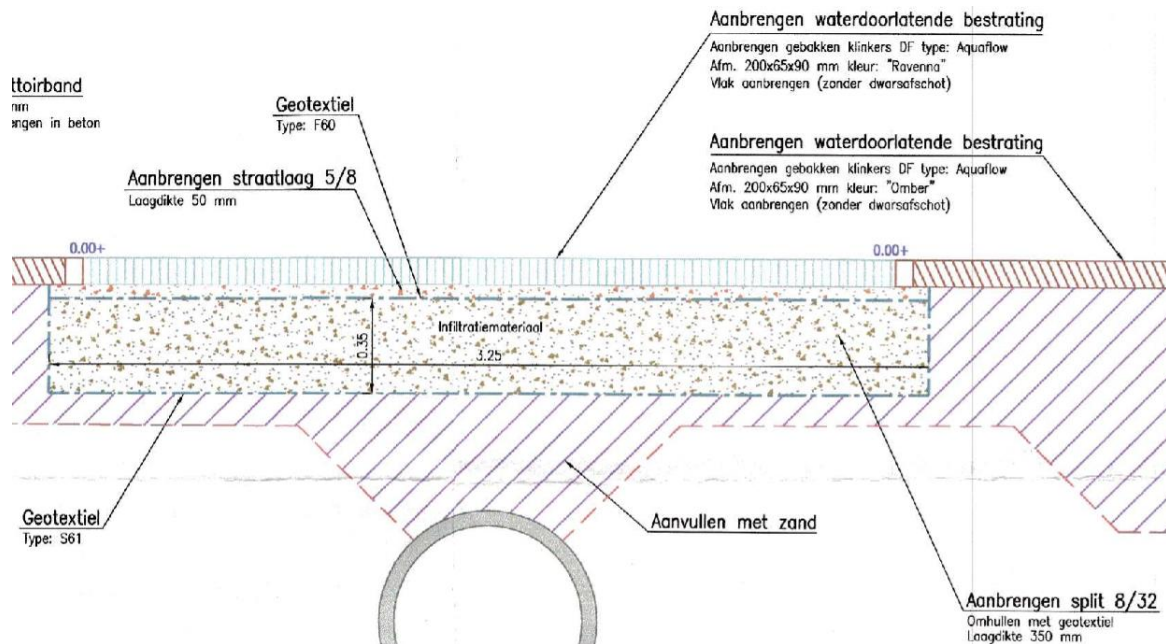
Tabel 7.2 Resultaat berekeningen waterpasserende verharding Bram Streeflandweg (Arcadis, 2005)

breedte aquaflow	5,5 m								
berging aquaflow	726 m ³								
doorlatendheid ondergrond	12,0 m/dag			8,7 m/dag			5,0 m/dag		
infiltratiecapaciteit zijkanalen	330 m ³			239 m ³			138 m ³		
doorlatendheid bodem	12,0 m/d	1,0 m/d	0,05 m/d	8,7 m/d	1,0 m/d	0,05 m/d	5,0 m/d	1,0 m/d	0,05 m/d
infiltratiecapaciteit bodem	1815 m ³	151 m ³	8 m ³	1316 m ³	151 m ³	8 m ³	756 m ³	151 m ³	8 m ³
totaal (berging + infiltratie)	2871 m³	1207 m³	1064 m³	2281 m³	1116 m³	973 m³	1620 m³	1015 m³	872 m³
afvoer naar IT-riool	0 m³	612 m³	755 m³	0 m³	705 m³	846 m³	199 m³	804 m³	947 m³
indicatie max. Æ IT-riool [a]	n.v.t.	500 mm	600 mm	n.v.t.	600 mm	700 mm	300 mm	700 mm	700 mm

Hierboven in Tabel 7.2 is het resultaat weergegeven van de berekeningen. In de tabel zijn de uitkomsten zichtbaar bij verschillende uitgangspunten. Wanneer de tabel een afvoer naar IT-riool aangeeft, betekent dit dat de bodemdoorlatendheid onvoldoende is om bui T=10 te verwerken. Alleen bij een gekozen bodem en ondergrond doorlatendheid van 5 m/dag moet 199 m³ worden afgevoerd naar een IT-riool. Echter zijn er waarden van de bodemdoorlatendheid in de Bram Streeflandweg gemeten tussen de 17,4 en 38,9 m/dag.

7.3 Definitief ontwerp Bram Streeflandweg

Tijdens het vooronderzoek en de berekeningen zijn een aantal aspecten naar voren gekomen waar de gemeente Renkum als opdrachtgever beslissingen over heeft genomen. Vanwege de lage grondwaterstand en een zeer waterdoorlatende bodem (hoger dan waarmee is gerekend) heeft de gemeente Renkum in overleg besloten om geen infiltratie riool aan te leggen. In Figuur 7.3 is een dwarsprofiel zichtbaar van het definitieve ontwerp voor de Bram Streeflandweg.



Figuur 7.3 Dwarsprofiel Bram Streeflandweg (Copier Advies, 2004)

7.4 Problemen in de praktijk

Losliggende klinkers:

Uit onderzoek van Tauw (2010) blijkt dat het voegsplit kleiner is geworden. Het voegmateriaal is fijn gedrukt en zakt weg in de vlijlaag of wordt meegezogen door vacuüm van autobanden. Hierdoor ontstaan lege ruimtes tussen de voegen waardoor de klinkers gaan klapperen. Voegsplit verdwijnt vrij gemakkelijk uit de voegen aangezien het materiaal een ronde vorm heeft waardoor het niet goed kan inklemmen. Door spoorvorming worden ruimtes tussen voegen groter en instabieler.

Functioneren van de waterpasserende verharding

Naast losliggende klinkers functioneert het algehele systeem niet goed. Zo zijn er foto's van de noordzijde van de weg waar grote plassen regenwater op straat blijft liggen na afloop van een regenbui, zie Figuur 7.4. Dit heeft geleid tot wateroverlast bij de omliggende woningen. De oorzaak hiervan heeft te maken met het voegsplit dat tussen de klinkers is weggezaakt. Wanneer gebakken klinkers gaan klapperen breekt het materiaal af. In combinatie met het fijn gedrukte voegsplit is een waterdichte laag in de vlijlaag ontstaan direct onder de klinkers. Daarnaast kan het slib dieper in de voegen terecht komen waardoor dit moeilijker te verwijderen is. Wanneer hier voegsplit wordt aangevuld, zorgt het slib voor een storende factor waardoor de infiltratiecapaciteit afneemt. Per m^2 waterpasserende verharding zit ruim $10 m^2$ verhard oppervlak aangesloten. Dit betekent dat $1 m^2$ wegdek van de waterpasserende verharding ook 10 keer zoveel slib te verwerken krijgt. Een waterpasserende verharding is zeer gevoelig voor slib. Zo heeft de gemeente Amersfoort dit ook ervaren op de parkeerplaats bij



Figuur 7.1 Water op straat na afloop van een bui in Bram Streeflandweg (Inwoner Bram Streeflandweg, 2008)

station Vathorst. Deze was nog niet in gebruik maar toch bleef na afloop van een regenbui een grote plas op het wegdek liggen. Na enig veegwerk bleek het systeem weer goed te functioneren.

Aquaflow maakt gebruik van geotextiel om de funderingslagen van elkaar te scheiden. Geotextiel zorgt ervoor dat de funderingslagen blijven liggen maar het water hier toch doorheen kan stromen. Uit ervaringen blijkt dat deze doeken zeer gevoelig zijn voor slib waardoor het systeem in de loop der tijd minder goed functioneert. Reinigen hiervan wordt niet gedaan aangezien dan het hele funderingspakket eruit moet worden gehaald.

Spoorvorming en verzakking in het wegdek

In de Bram Streeflandweg vindt ook veel spoorvorming plaats. Een waterpasserende verharding is hier gevoelig voor omdat de wegfundatie bestaat uit 30 tot 40 % holle ruimtes. De reden dat een waterpasserende verharding nu in alleen situaties met een lage verkeersintensiteit (lager dan 500 personen auto's en 20 vrachtwagens per dag) wordt toegepast, heeft te maken met de holle ruimtes. Het fundatiemateriaal is niet bestand tegen zwaar verkeer en kan hierdoor afbrokkelen. Wanneer een wegfundatie bestaat uit alleen grof materiaal duurt het langer om een laag goed te verdichten. Fijne fractie dient als het ware als een soort



Figuur 7.2 Verkeersremmers in Bram Streeflandweg

smeerolie waardoor het skelet sneller in zijn stabiele vorm terecht komt. Bij een open korrelskelet is een goede verdichting pas bereikt als het materiaal op een bepaalde manier in elkaar is geschoven/gerold. Dit duurt langer en vereist dus ook meer aandacht tijdens uitvoering (Tauw, 2010). Uit gesprekken binnen de gemeente Renkum is gebleken dat hier onvoldoende aandacht aan is besteed. Wringend verkeer van personen- en vrachtauto's in combinatie met een te hoge verkeersintensiteit levert verzakking en spoorvorming. De Bram Streeflandweg is tevens een doorgaande weg waar naast woningen ook drie basisscholen staan en

een sportschool. Dit zorgt ervoor dat de verkeersintensiteit vrij hoog is. Daarnaast zijn op enkele locaties verkeersremmers aangebracht, zie Figuur 7.5 waar het verkeer één weghelft op wordt gedwongen. Naast dat dit wringend verkeer oplevert, wordt ter hoogte van deze verkeersremmers het wegdek dubbel belast.

De Bram Streeflandweg verzakt ook in zijn geheel enkele centimeters. Dit blijkt althans uit dat de weg bol is aangelegd en deze nu vlak ligt. Ook de wegfundatie van het gehele wegdek is drie keer aangevuld omdat de putten 2 á 3 cm boven het wegprofiel uitkwamen. Tijdens de uitvoering is bij het ontgraven een dikke sliblaag van ca. 2 á 3 meter diepte ontdekt over vrijwel de gehele lengte en breedte van de weg. Dit komt doordat de weg in een oud beekdal ligt. Het slib is uitgegraven en aangevuld met zand/grind dat verdicht is door te plampen. Het feit dat de putten op dezelfde hoogte blijven staan, betekent dat hier tussenin ergens zetting plaatsvindt. De combinatie van het niet goed verdichten en het afbrokkelen van het materiaal in de wegfundatie door verkeersbelasting kan enkele centimeters verzakking opleveren.

7.5 Aanvullende maatregelen in Bram Streeflandweg

Om in de Bram Streeflandweg wateroverlast te voorkomen en de weg weer gangbaar te maken voor het verkeer zijn een aantal aanvullende maatregelen genomen. Eén daarvan is het vervangen van de gebakken klinkers door betonklinkers, om het klapperen te verminderen. Tijdens deze ingreep, is gelijk de wegfundatie aangevuld in verband met verzakking van de weg. Daarnaast is onderaan de Bram Streeflandweg gebruik gemaakt van een oude riolering die is aangesloten op het infiltratieveld in de Meester van Damweg, zie Figuur 7.6. Hier wordt het water door twee grote roosters opgevangen en afgevoerd richting deze groenvoorziening.

Dit voorkomt regenwateroverlast bij de omliggende woningen. Deze berging diende vroeger als overstort van het gemengde rioolstelsel maar in 2013 zijn hieronder bergleidingen aangelegd. Hierdoor functioneert het nu als een infiltratieveld voor regenwater. De bergingscapaciteit van de infiltratievoorziening bedraagt 3755 m^3 en biedt daarmee meer dan voldoende ruimte om zeer extreme buien te kunnen verwerken.



Figuur 7.3 Groenvoorziening/Infiltratieveld in Meester van Damweg

8. Conclusies en aanbevelingen

8.1 Werkproces binnen gemeente Renkum

Uit interviews met het personeel van de afdeling Beheer Openbare Ruimte zijn een aantal zaken naar voren gekomen. Gezien de jarenlange ervaring van het huidige personeel heeft de gemeente veel kennis in huis op het vakgebied van beheer van de openbaar beheer. Het personeel krijgt veel vrijheid om zijn/haar projecten uit te voeren en wordt van bovenaf weinig aangestuurd. Dit heeft als risico dat bepaalde zaken zoals klimaatadaptatie enorm persoonsafhankelijk zijn en de een hier meer aandacht aan besteedt dan de ander. Ook geeft het personeel aan dat collega's onderling wat kritischer naar elkaar mogen zijn en een professionelere houding mogen aannemen. Uit de case van de Bram Streeflandweg blijkt ook dat de gemeente niet echt kritisch is omgegaan met het disfunctioneren van de getroffen maatregel. Om te leren van fouten is het van belang om onderzoek te doen naar de oorzaak van het falen van een voorziening, hierbij wordt gedacht aan meer monitoring. Daarnaast hebben veel werknemers het beheer van data benoemd. Elke afdeling heeft een eigen opslagdata maar deze zijn onoverzichtelijk, waardoor informatie moeilijk te raadplegen is. Bij het verzamelen van data en rapportages van de Bram Streeflandweg bleek onder meer dat veel informatie moeilijk te raadplegen is.

8.2 Oorzaak probleem in Bram Streeflandweg

In de Bram Streeflandweg zijn meerdere complicaties waar de gemeente Renkum tegenaan is gelopen. Hieronder wordt per onderdeel beschreven wat de oorzaak hiervan is.

Spoorvorming en verzakking

De verkeersintensiteit is te hoog voor de toegepaste wegfundatie. Daarnaast zorgen de schoolgebouwen en verkeersremmers voor wringend verkeer waar een waterpasserende verharding niet geschikt voor is. De wegfundatie bestaat uit korrelgrootte 8-32 mm waardoor het moeilijker in elkaar rolt/schuift tot het stabiel ligt. Dit vergt extra aandacht tijdens de uitvoering, maar uit gesprekken is gebleken dat hier geen extra maatregelen voor zijn genomen. In combinatie met het afbrokkelen van het materiaal in de wegfundatie ontstaat spoorvorming en treedt verzakking op.

Klapperen van de klinkers

Het klapperen van de klinkers komt door de vorm van het voegsplit. Deze zijn rond waardoor het nooit echt stabiel blijft liggen. Door verkeersbelasting kan dit materiaal kleiner worden waarna het in de vlijlaag wegzakt. Ook trekken banden van het verkeer vacuüm op de weg waardoor het voegsplit uit de voegen wordt gezogen. In de loop der tijd ontstaan lege ruimtes tussen de voegen waardoor deze gaan klapperen.

Functioneren

Doordat de gebakken klinkers zijn gaan klapperen, is het materiaal vermalen. In combinatie met het fijn gedrukte voegsplit is in de vlijlaag een waterondoorlatende laag ontstaan. Daarnaast is dit materiaal in het geotextiel terecht gekomen waardoor ook deze waterdoorlatend is geworden. Een waterpasserende verharding is zeer gevoelig voor slib. De weg zit aangesloten op een verhouding van meer dan 1 op 10 m² verhard oppervlak, waardoor de weg ook het slib opvangt van dit hele gebied. Slib tussen de voegen zorgt ervoor dat het regenwater slecht in het Aquaflow pakket stroomt.

8.3 Aanbeveling

8.3.1 Advies werkproces gemeente Renkum

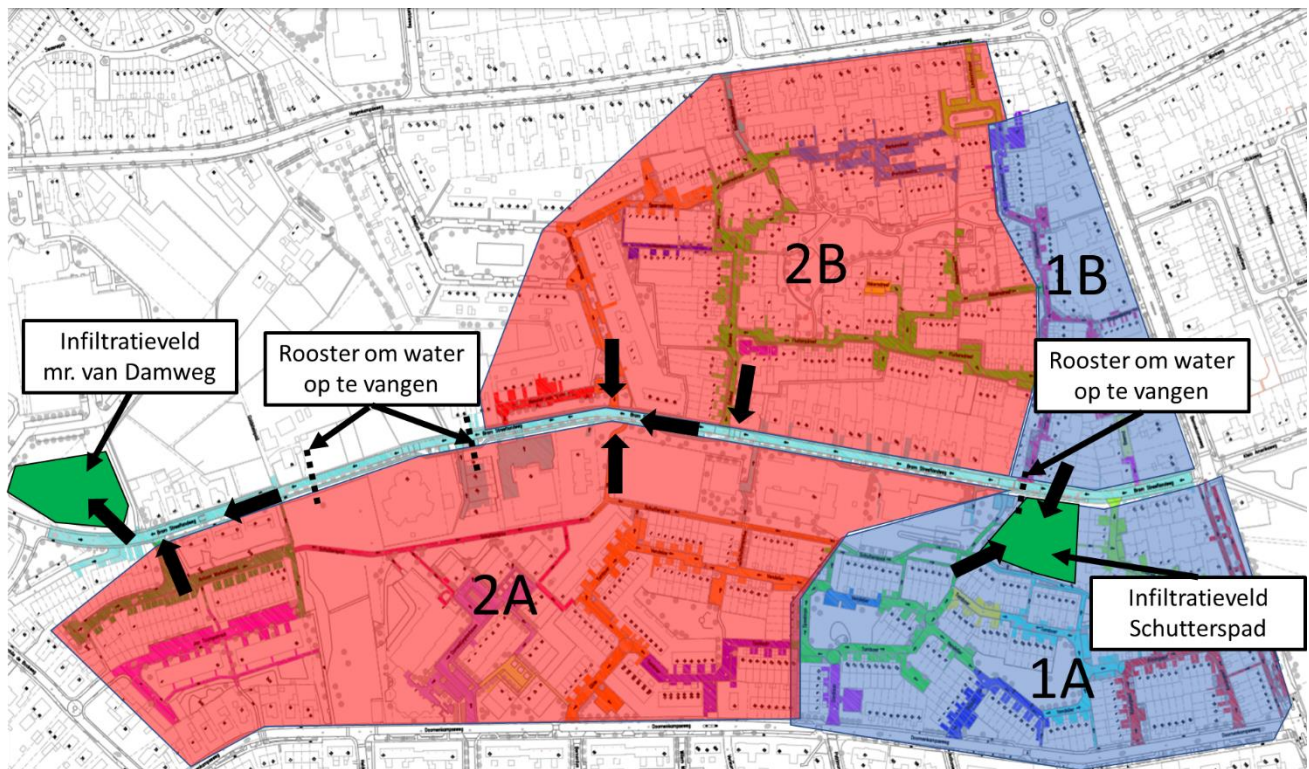
Om kritisch te blijven naar elkaar toe is het van belang om data goed te beheren. Hier dient de gemeente Renkum een duidelijke structuur voor te maken. Zo moeten de opslagruimtes van de verschillende afdelingen beter worden benut door meer overzicht te creëren. Door alles te relateren aan projectnummers en te sorteren per project zijn gegevens eenvoudiger te raadplegen. Wel dient duidelijk te worden afgestemd welke projecten onder welke tak vallen, aangezien veel projecten op integraal niveau worden aangepast. Dit geeft eenduidigheid en levert meer overzicht op. Aanvullende projecten moeten dan in dezelfde mappen worden geplaatst, zodat alle informatie van bestaande projecten te raadplegen zijn. Op deze manier kunnen collega's elkaars werk kritisch beoordelen indien dit nodig is.

Naast dat het verzamelen van gegevens belangrijk is, geldt dit ook voor communiceren met andere gemeenten. Uit verschillende gesprekken is gebleken dat, als het gaat om toepassen van maatregelen, veel gemeenten tegen dezelfde complicaties aan lopen. Door meer onderling te communiceren, kunnen gemeenten van elkaars ervaringen gebruik maken. Door onderling af te stemmen kunnen bijvoorbeeld pilotprojecten worden gestart met verschillende maatregelen die door meerdere gemeenten wordt gefinancierd. Door goed te monitoren vanuit een "nulpunt", kan beter in beeld worden gebracht wat de effecten van deze maatregelen zijn.

8.3.2 Oplossing voor de Bram Streeflandweg

Waterpasserende verharding is alleen geschikt voor locaties zoals pleinen en doodlopende wegen met een lage verkeersintensiteit van minder dan 500 personenauto's en 20 vrachtwagens per dag. De Bram Streeflandweg is een doorgaande weg waar tevens zwaar verkeer overheen rijdt. Ook de wegindeling en de scholen leveren veel wringend verkeer op. Ondanks dat er verbeteringen te behalen zijn in de aanleg en opbouw van de wegconstructie, biedt dit geen garantie op het voorkomen van verzakking en spoorvorming. Daarnaast blijft tot op heden nog veel gestagneerd hemelwater liggen na afloop van een regenbui. Dit betekent dat de waterpasserende verharding niet goed functioneert. Om deze reden wordt geadviseerd om de waterpasserende verharding te vervangen door een normale wegconstructie. Hiermee is het probleem van spoorvorming en losliggende klinkers definitief opgelost.

Aan het begin en eind van de Bram Streeflandweg zijn twee grote groenvoorziening aanwezig met een volume van 3777 m^3 (mr. van Damweg) en 1842 m^3 (Schutterspad), zie Bijlage B. De waterpasserende verharding is getoetst op bui 10 + 10 % waar op het hele verhard oppervlak in totaal 1819 m^3 neerslag valt. De groenvoorziening bieden voldoende bergingscapaciteit hiervoor.



Figuur 8.1 Overzichtstekening schetsontwerp nieuwe situatie Bram Streeflandweg

Op Figuur 8.1 hierboven is zichtbaar welke gedeelten naar welke infiltratievelden stromen. Gebied 1A kan bovengronds worden opgevangen en richting de groenvoorziening in de Schutterspad worden afgevoerd. Het water uit gebied 1B stroomt richting de Bram Streeflandweg en wordt hier opgevangen door roosters, zie Bijlage C en D. Doormiddel van een pvc-leiding van Ø 400 mm wordt het hemelwater richting de groenvoorziening in de Schutterspad afgevoerd. Gebied 2A en 2B stroomt bovengronds richting de groenvoorziening in de mr. van Damweg. Om wateroverlast te voorkomen zijn in het verleden roosters aangebracht om het hemelwater af te voeren richting het infiltratieveld in de mr. van Damweg.

Om ervoor te zorgen dat het hemelwater niet voor wateroverlast zorgt, is het belangrijk om een goede weg indeling te maken. Door de weg bol aan te brengen stroomt het water naar de zijkanten. Aan de zijkanten wordt een molgoot aangebracht dat het hemelwater opvangt en afvoert, zie Bijlage E. Dit heeft als voordeel dat het water niet op het midden van de weg terecht komt. Aan de zijkanten stroomt als het ware een riviertje richting de groenvoorziening in de mr. van Damweg. De Bram Streeflandweg heeft een licht afschot van ca. 0,6 % waardoor het natuurlijkerwijs richting het infiltratieveld stroomt.

Voor deze maatregel dient water op straat geaccepteerd te worden, omdat de afstand richting de infiltratievelden groot is en het afschot van de Bram Streeflandweg met een 0,6% aan de lage kant is. Hierdoor heeft het hemelwater van de wat kleinere buien te weinig volume om af te voeren. Door de molgoot aan de zijkanten blijft het water hier geborgen en heeft het verkeer geen hinder van de plassen. Wanneer dit toch niet wenselijk is voor bijvoorbeeld fietsers, kan de gemeente Renkum ervoor kiezen om infiltratiekolken met een poreuze buis te plaatsen. Deze zorgt ervoor dat na afloop van de kleinere buien geen gestagneerd hemelwater blijft liggen. Zie Bijlage F voor berekening van leidingen en hoeveelheden tijdens bui T=10 + 10 %.

9. Bronnenlijst

Arcadis. (z.d.) *Afkoppelgebied Renkum (kenmerk 040501 -T27 TM T29OPA1) [bijlage 5]*. Apeldoorn: auteur

Gemeente Renkum. (2015). *Basisrioleringsplan*. Renkum: auteur

De Groot, A. (2015). *Aquaflow® Bram Streeflandweg Renkum (projectnummer AQ314C)*. Amsterdam: Aquaflow

De Jong, A. (2015). *Bram Streeflandweg/ controle infiltratievoorziening DEFINITIEF (kenmerk 110301.001142)*.

Apeldoorn: Arcadis

Van der Linden, A. (2017). *Infiltratieonderzoek*. Arnhem: BK Ingenieurs

Ras, M.A. & Rook, J.H. (2016). *Handreiking Infiltrerende verhardingsconstructies*.

Geraadpleegd op 28 februari, van:

[https://www.verkeerinbeeld.nl/static/files/tinyMCE/uploads/Handreiking_Infiltrerende_verhardingsconstructies%20\(1\).pdf](https://www.verkeerinbeeld.nl/static/files/tinyMCE/uploads/Handreiking_Infiltrerende_verhardingsconstructies%20(1).pdf)

Sa'ad, K & Wentink, R. (2010). *Onderzoek Aquaflow verharding in de Bram Streeflandweg te Renkum (Kenmerk R001-4726902KSA-V01)*. Deventer: Tauw

Stichting RIONED. (2007, juni 30). *Gebouwen beschermen tegen water*.

Geraadpleegd op 20 februari 2018, van

<https://www.riool.net/gebouwen-beschermen-tegen-water>

Stichting RIONED. (2007, juli 1). *Meer open water*.

Geraadpleegd op 20 februari 2018, van

<https://www.riool.net/2202/meer-open-water>

Stichting RIONED. (2007, juli 1). *Ondergrondse regenwaterberging*.

Geraadpleegd op 20 februari 2018, van

<https://www.riool.net/ondergrondse-regenwaterberging>

Stichting RIONED. (2007, juli 1). *Riolering vergroten*.

Geraadpleegd op 20 februari 2018, van

<https://www.riool.net/riolering-vergroten>

Stichting RIONED. (2007, juli 1). *Stoepranden en straatpeilverlaging*.

Geraadpleegd op 19 februari 2018, van

<https://www.riool.net/stoepranden-en-straatpeilverlaging>

Stichting RIONED. (2007, juli 1). *Waterberging in openbare ruimte*.

Geraadpleegd op 19 februari 2018, van

<https://www.riool.net/waterberging-in-de-openbare-ruimte>

TO2 federation. (2016, January). *Designing green and blue infrastructure to support healthy urban living*.

Retrieved on February 10, 2018, from:

<https://www.ecn.nl/publications/PdfFetch.aspx?nr=ECN-O--16-029>

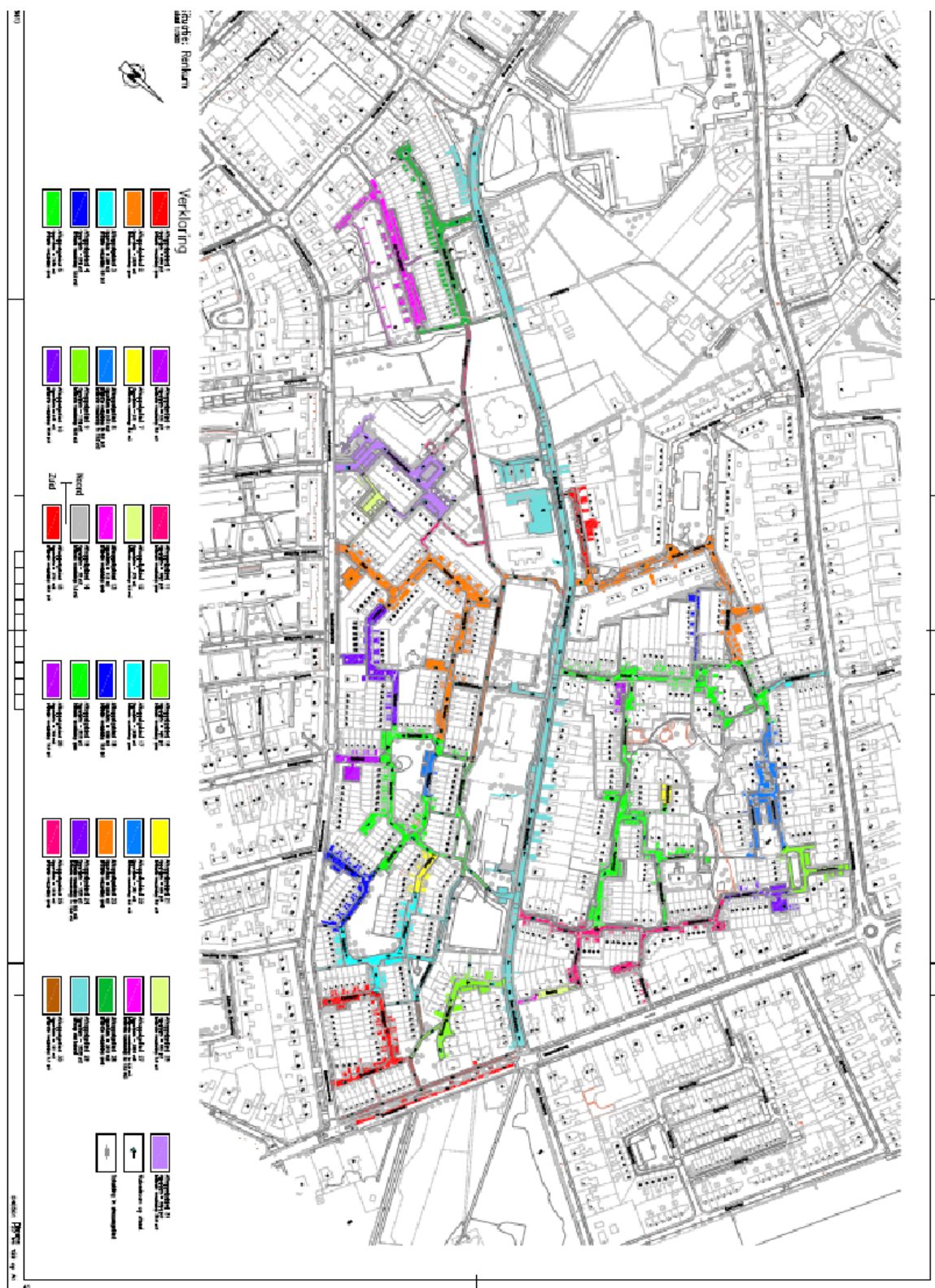
Vlaanderen is milieu. (z.d.). *Dimensioneringsgrafiek voor afval- en regenwaterafvoerleidingen*

[Foto]. Geraadpleegd op 22 mei 2018, van

<https://www.vmm.be/water/bouwen/afvalwater/ontwerp-van-de-huisriolering>

Bijlage

Bijlage A Afvoerend oppervlak Bram Streeflandweg door Arcadis



Gemeente Renkum

Volume waterberging Groene Bergingen Renkum

Hoeveelheden



4 april 2014



Berging Rijnkom

Bodemhoogte: ca. 13,20m+NAP

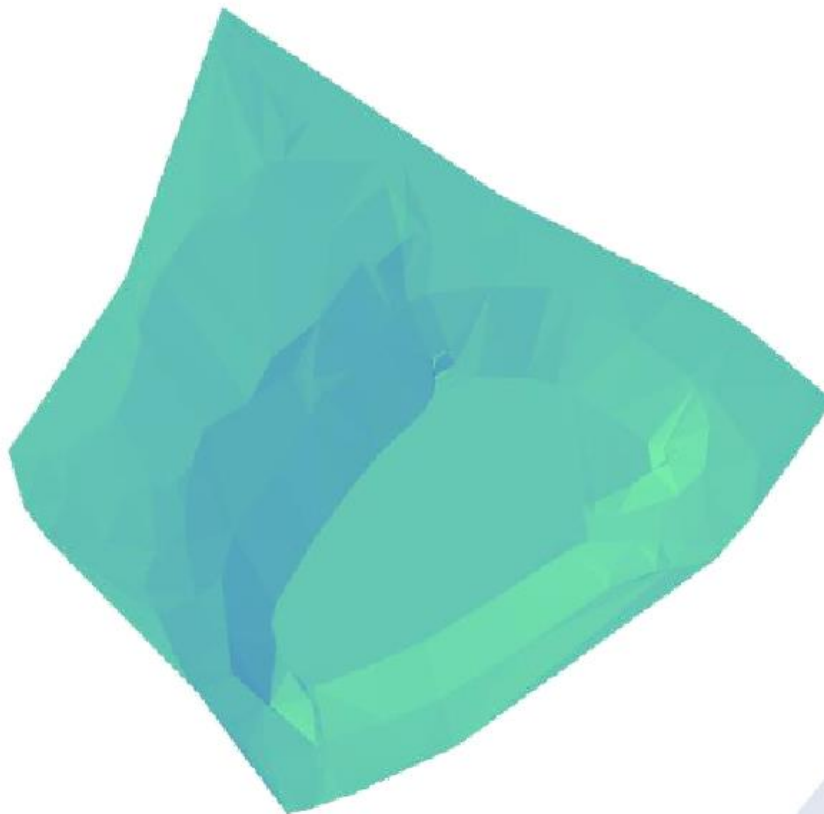
Vulhoogte: 15,70m+NAP

Totaal berging: 3755m³

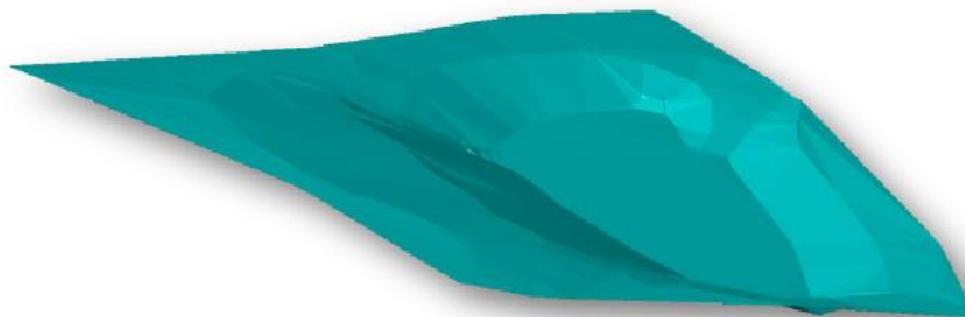
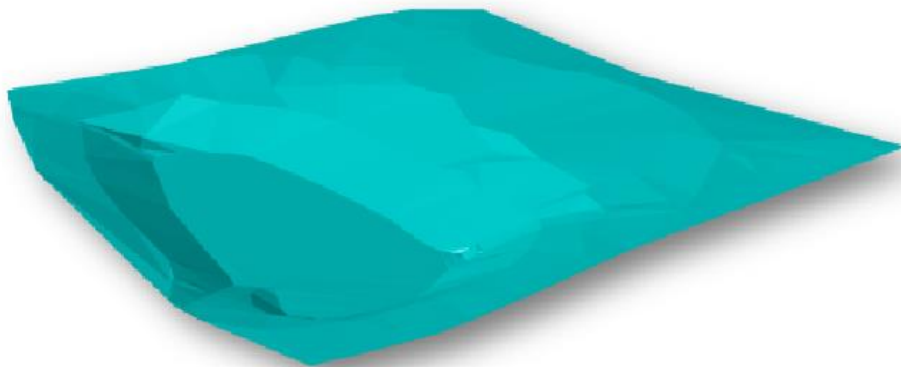
Cut/Fill Report

Geometrie: 20140402_1240344
Bestand: s:\drc\asch
Datering: C:\PROG\CTOS\EX0003\Boskes_DeTTC\BBL\3-S-Voorburcheg\Tekeningen\0-PROG\CTOS\EX0003\Boskes_DeTTC\BBL\3-S-Voorburcheg\Tekeningen\200\Boskes.dwg

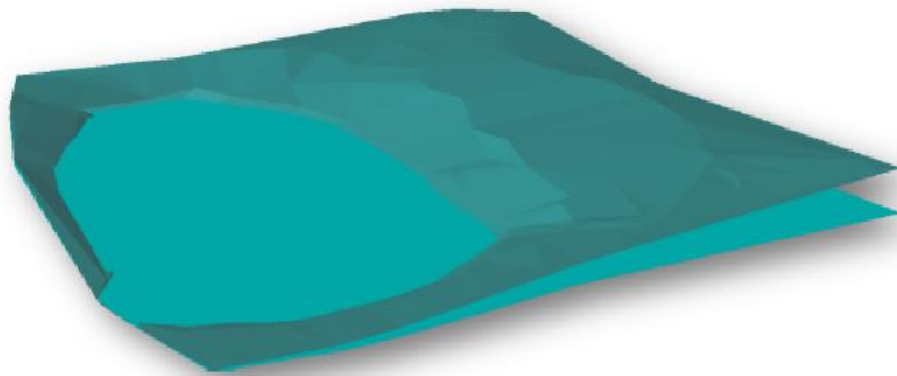
Volume Summary							
Name	Type	Cut Factor	Fill Factor	SI Area (sqm)	Cut (cu. M)	Fill (cu. M)	Net (cu. M)
Recessed Ingress	fill	1.000	1.000	5499.26	7190.80	3754.71	3755.09-Cut-
Totals							
				SI Area (sqm)	Cut (cu. M)	Fill (cu. M)	Net (cu. M)
Total				5499.26	7190.80	3754.71	3755.09-Cut-



Zonder water in de berging

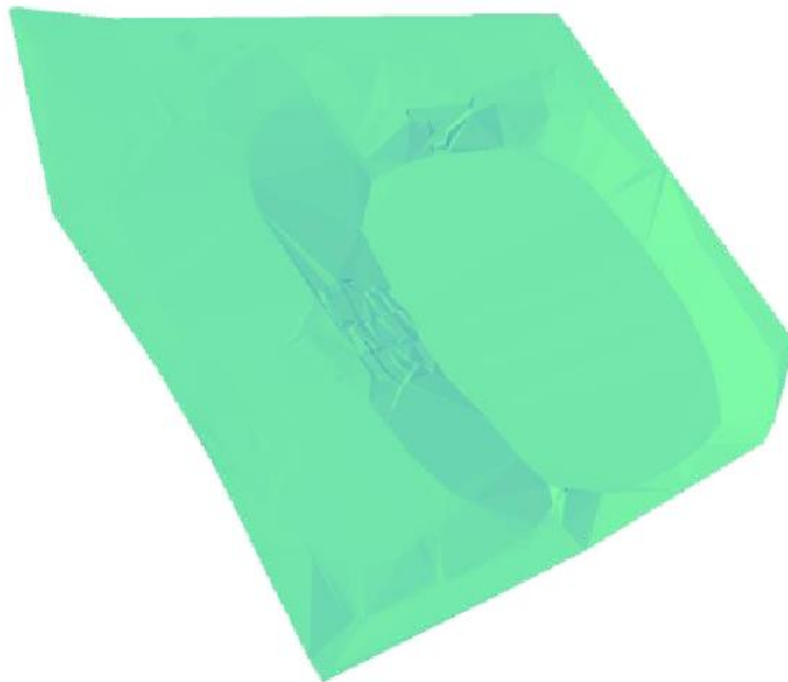


Met water in de berging

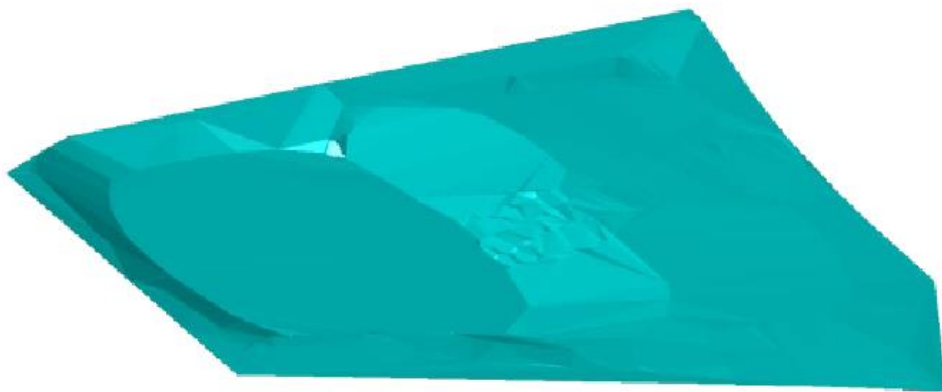
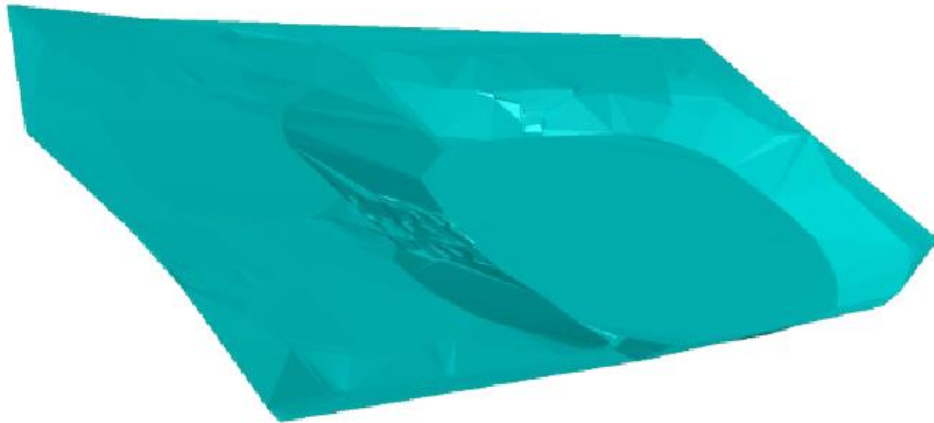


Totaal berging: 1842m³

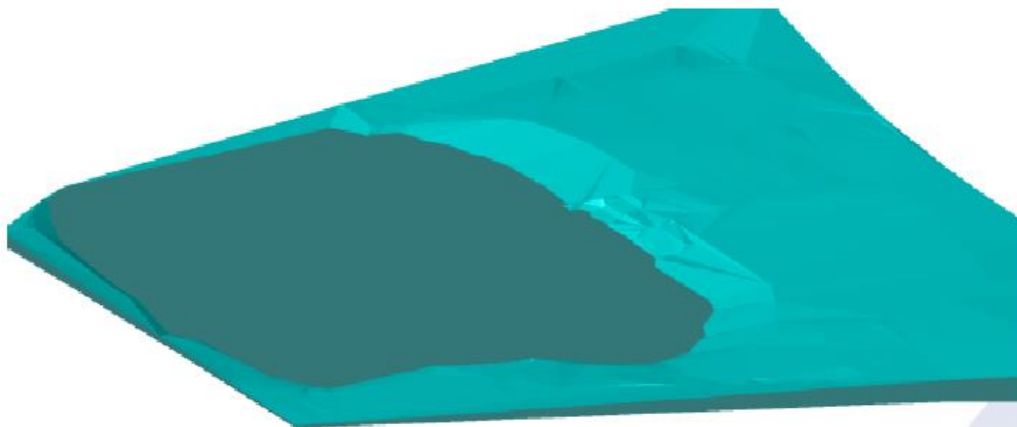
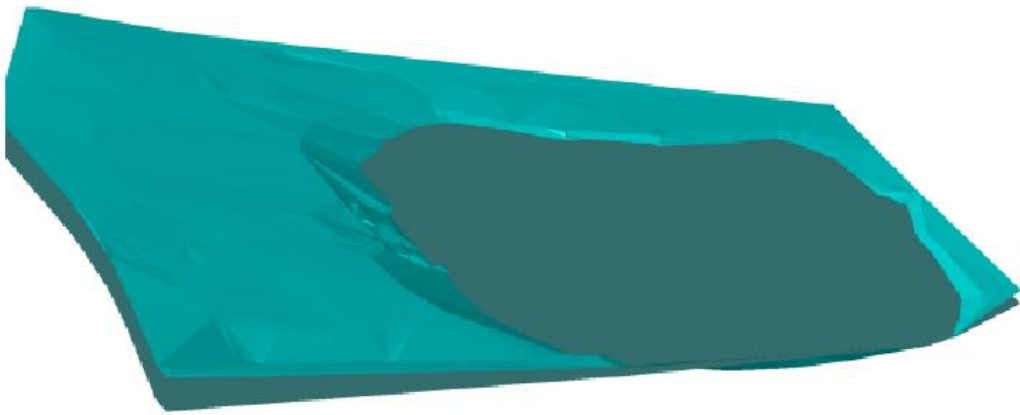
Business:	2024-04-30 22:14:11																														
Business:	c:\nexus																														
Business:	C:\ProgramData\Nexus\bin\Nexus.jar -Djava.library.path=C:\ProgramData\Nexus\bin\Nexus.jar -Djava.library.path=C:\ProgramData\Nexus\bin\Nexus.jar																														
Volume Summary <table> <tr> <th>Name</th><th>Type</th><th>Cur Format</th><th>Full Format</th><th>2d Area (sq. mi.)</th><th>Cur (Cu. Mi.)</th><th>Full (Cu. Mi.)</th><th>Net (Cu. Mi.)</th></tr> <tr> <td>Horizontal (1)</td><td>6d</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>971.04</td><td>2679.93</td><td>1811.89</td><td>137.96(Cu.)</td></tr> </table> Total <table> <tr> <th></th><th>2d Area (sq. mi.)</th><th>Cur (Cu. Mi.)</th><th>Full (Cu. Mi.)</th><th>Net (Cu. Mi.)</th></tr> <tr> <td>Total</td><td>2713.09</td><td>2679.93</td><td>1811.89</td><td>137.96(Cu.)</td></tr> </table>						Name	Type	Cur Format	Full Format	2d Area (sq. mi.)	Cur (Cu. Mi.)	Full (Cu. Mi.)	Net (Cu. Mi.)	Horizontal (1)	6d	1.00	1.00	971.04	2679.93	1811.89	137.96(Cu.)		2d Area (sq. mi.)	Cur (Cu. Mi.)	Full (Cu. Mi.)	Net (Cu. Mi.)	Total	2713.09	2679.93	1811.89	137.96(Cu.)
Name	Type	Cur Format	Full Format	2d Area (sq. mi.)	Cur (Cu. Mi.)	Full (Cu. Mi.)	Net (Cu. Mi.)																								
Horizontal (1)	6d	1.00	1.00	971.04	2679.93	1811.89	137.96(Cu.)																								
	2d Area (sq. mi.)	Cur (Cu. Mi.)	Full (Cu. Mi.)	Net (Cu. Mi.)																											
Total	2713.09	2679.93	1811.89	137.96(Cu.)																											



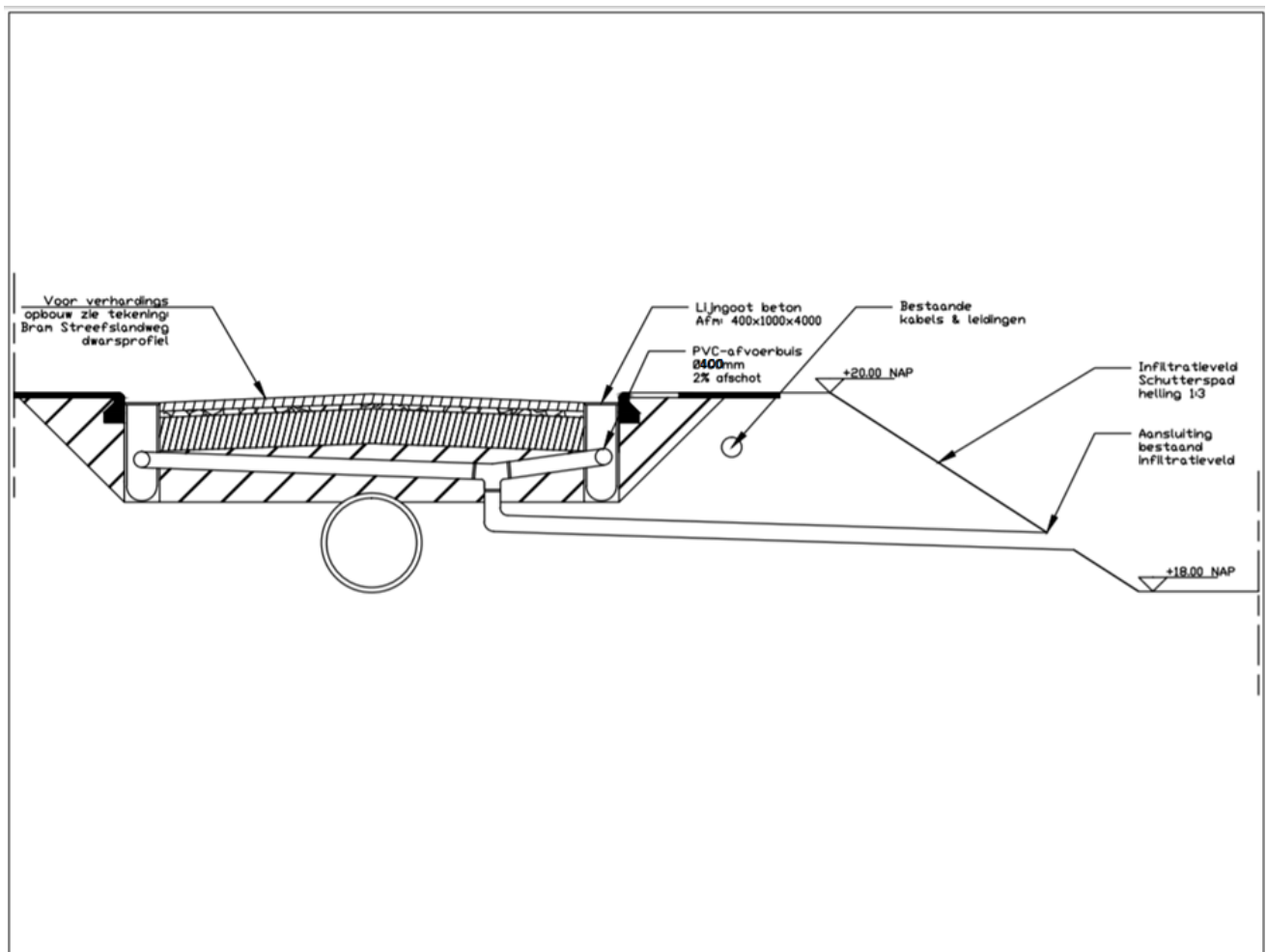
Zonder water in de berging



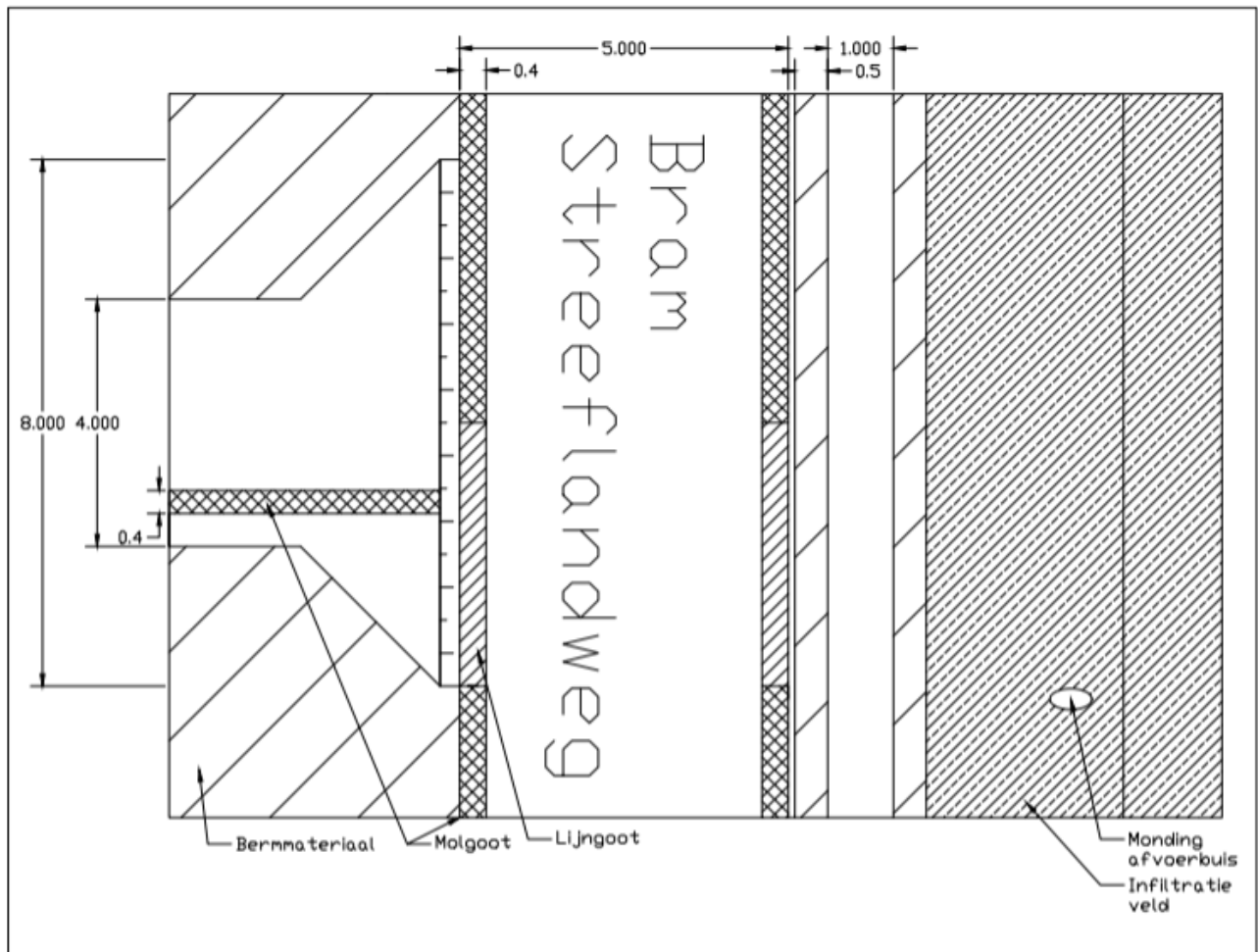
Met water in de berging



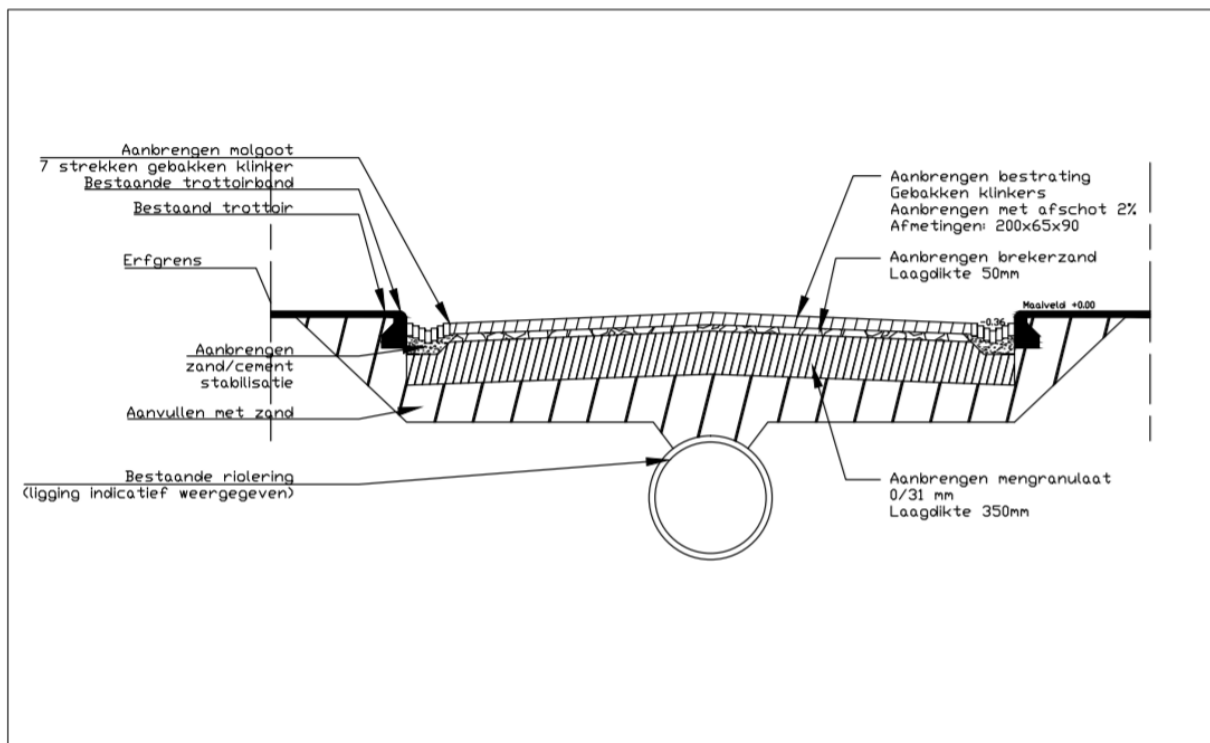
Bijlage C Dwarsdoorsnede aansluiting Schutterspad



Bijlage D BSW Bovenaanzicht plaatsten roosters



Bijlage E BSW Dwarsdoorsnede



Bijlage F Berekeningen reconstructie Bram Streeflandweg

Notitie

Onderwerp:

Controle infiltratievelden Bram Streeflandweg/nieuwe situatie

Oosterbeek

16 mei 2018

Opgesteld door:

Rik Teunissen & Robert Zaalman

Aanleiding

Deze notitie dient ter controle voor de benodigde capaciteit van de infiltratievelden en ter controle op de lijngoten die worden toegepast om het hemelwater naar deze infiltratievelden af te voeren. Daarnaast wordt bepaald welke waterpeil wordt bereikt op de Bram Streeflandweg tijdens de bovengrondse afvoer van bui van $T=10 + 10\%$.

Uitgangspunten

Zie onderstaand voor de uitgewerkte uitgangspunten:

- Voor de berekeningen is uitgegaan van tekening:
 - o 040501 -T27 TM T29OPA1, zie bijlage 5
- Verhard oppervlak:
 - o Bram Streeflandweg zuid: 2,193 ha;
 - o Bram Streeflandweg noord: 1,488 ha;
 - o Bram Streeflandweg 1,220 ha;
- Controle op Bui 10 + 10% klimaatverandering (35,7mm in $\frac{3}{4}$ uur tijd);
- Huidige capaciteit van bestaande infiltratievelden:
 - o Schutterspad: 1842 m³;
 - o Meester van Damweg: 3755 m³;

Toetsing bergingscapaciteit infiltratievelden

Voor de toetsing van de infiltratievelden dient het gehele gebied rondom de Bram Streeflandweg opgedeeld te worden in aparte stroomgebieden per infiltratieveld. Zo stroomt aan de oostzijde van de Bram Streeflandweg een groot stuk in het infiltratieveld aan het Schutterspad. Het overige deel stroomt via de Bram Streeflandweg richting het infiltratieveld aan de Meester Van Damweg.

Schutterspad

Voor de berekeningen van het infiltratieveld bij het Schutterspad worden de omliggende afgekoppelde wijken en de straten aan de noordzijde van de Bram Streeflandweg meegenomen:

- De noordzijde heeft een verhard aangesloten oppervlak van ca. 3799 m²
- De zuidzijde heeft een verhard aangesloten oppervlak van ca. 7876 m²

Om het aantal kubieke meter water dat tijdens bui 10 valt op dit gebied te bepalen, wordt de neerslag in mm van bui 10 + 10 % vermenigvuldigd met verhard oppervlak:

$$\begin{aligned}35,7 \text{ mm} &\rightarrow 0,0357 \text{ m} \\11675 * 0,0357 &= 417 \text{ m}^3 \\417 + 10\% &= 460 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Uit de berekening komt een benodigde 460 m^3 voor het infiltratieveld bij het Schutterspad in Renkum. het infiltratieveld aan het Schutterspad over een capaciteit van 1842 m^3 . Dit is ruim voldoende om de hoeveelheid hemelwater die valt bij bui-10 op te vangen en te verwerken.

Meester Van Damweg

Voor het infiltratieveld aan de westzijde van de Bram Streeflandweg zit een grotere hoeveelheid verhard oppervlak aangesloten. Het gaat hier om al het aangesloten oppervlak aan de noord en zuidzijde van de Bram Streeflandweg dat niet is aangesloten op het infiltratieveld aan het Schutterspad:

- Voor de noordzijde is een totaal van 11084 m^2 afgekoppeld.
- Voor de zuidzijde is een totaal van 14057 m^2 afgekoppeld.

Voor de berekening van de totaal benodigde bergingscapaciteit wordt uitgegaan van het afgekoppelde gebied en het water dat via de Bram Streeflandweg, al dan niet via de lijngoten, in het infiltratieveld stroomt:

$$\begin{aligned}25141 * 0,0357 &= 897 \text{ m}^3 \\897 + 10\% &= 987 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Het infiltratieveld aan de Meester Van Damweg dient een bergingscapaciteit van minimaal 987 m^3 te hebben. De huidige volume van het infiltratieveld is 3755 m^3 . Dit is bijna 4 keer de benodigde capaciteit. Bij zeer extreme buien bieden beide infiltratievelden ruim voldoende capaciteit om het water te bergen en infiltreren.

Toetsing lijngoten Schutterspad

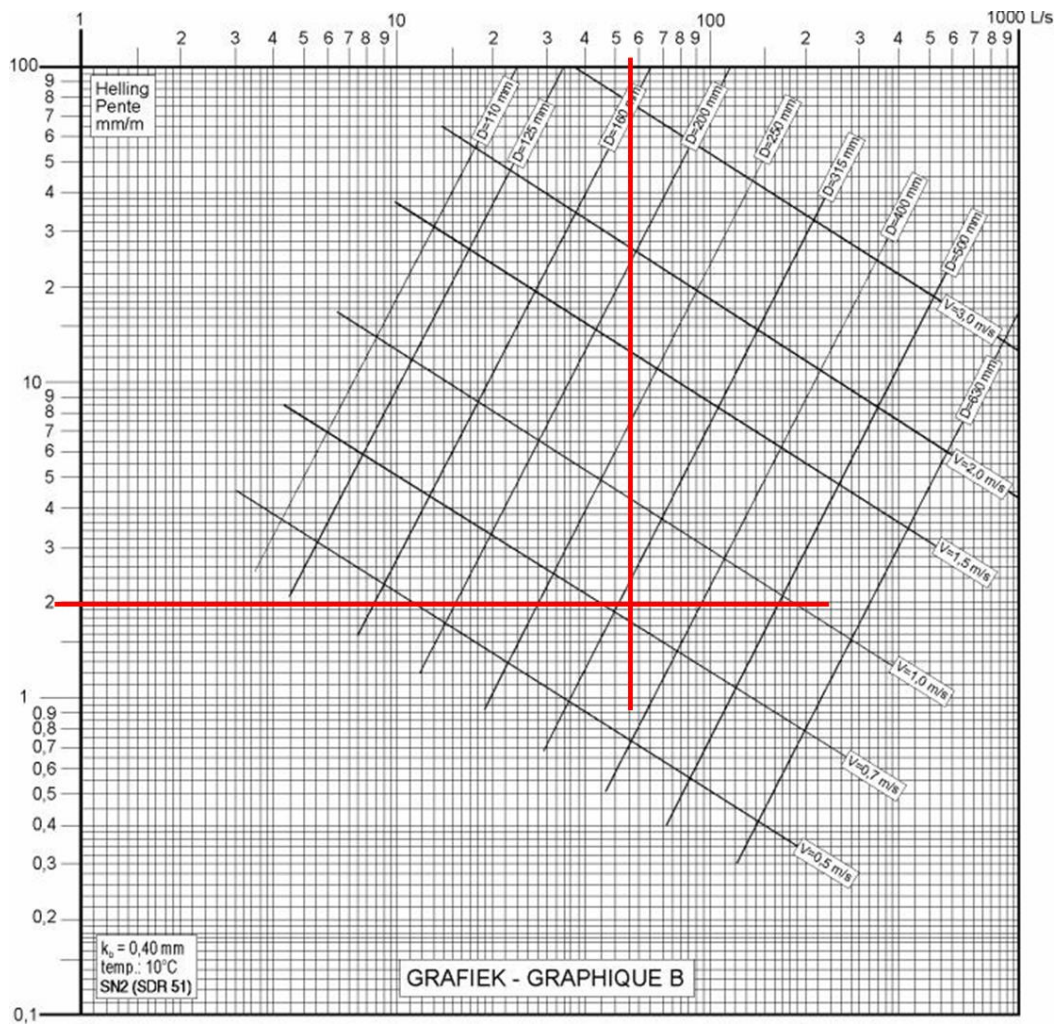
Om het infiltratieveld aan het Schutterspad optimaal te benutten, dient het afgekoppelde gebied aan de noordzijde van de Bram Streefland ook in het infiltratieveld te worden afgevoerd. Om dit te realiseren wordt eenzelfde constructie toegepast als de constructie van lijngoten die aansluiten op het infiltratieveld aan de Meester van Damweg. Via lijngoten wordt het water via ondergrondse leidingen naar het infiltratieveld afgevoerd. Het totaal verhard oppervlak dat deze lijngoot moet verwerken bedraagt 3799 m^2 . Uitgaande van een bui van $T=10 + 10\%$ levert dit een hoeveelheid neerslag van:

$$3799 * 0,03927 = 150 \text{ m}^3$$

De nieuw te realiseren lijngoten moeten een afvoercapaciteit van 150 m^3 verwerken. Bij een bui-10 valt in 3 kwartier tijd 39,3 ($35,7 + 10\%$) mm. Om een schatting te kunnen geven van het aantal kubieke meter dat per seconde in de lijngoten stroomt, wordt de totale capaciteit gedeeld door het tijdsbestek waar de bui in valt. Om de berekening overzichtelijk te maken wordt 3 kwartier omgeschreven naar 2700 seconden, dit levert een debiet op van:

$$\frac{150}{2700} = 0,055 \text{ m}^3/\text{s} = 55 \text{ L/s}$$

Uit de berekeningen blijkt dat 55 L/s de lijngoten instroomt bij een bui van $T=10 + 10\%$. Met deze debietbepaling kan de benodigde diameter voor de afvoerpijp naar het infiltratieveld berekend worden aan de hand van het **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** hieronder. Met een afschot van 2 % moet een buis van $d = 315/400$ mm worden aangelegd.



Figuur 9 Dimensioneringsgrafiek voor afval- en regenwaterafvoerleidingen in en rond gebouwen. Van toepassing op kunststofleidingen (Vlaanderen is milieu, z.d.)

Plaatsen van infiltratiekolken

Dit ontwerp is gebaseerd om hevige buien op te vangen maar in Nederland vinden ook veel buien plaatst met een lagere intensiteit. Doordat de Bram Streeflandweg een minimale verhang van 0.6 % heeft, hebben kleinere buien te weinig "volume" om deze afstand te overbruggen richting de mr. van Damweg. Om deze reden worden er infiltratiekolken geplaatst die deze kleinere buien kunnen verwerken. Over het algemeen wordt tussen kolken een maximale afstand gehanteerd tussen 20 a 40 meter. Over de gehele Bram Streeflandweg worden dan ook kolken geplaatst om de 30 meter. Dit levert in totaal:

$$\frac{880}{30} = 29.33 \text{ m} * 2(2 \text{ kolken aan elke kant van de weg}) = 58.6 \rightarrow 60 \text{ straatkolken}$$

Infiltratiekolken bevatten een Ø 315 mm en hebben een maximale hoogte van 2 meter. Hierdoor is de inhoud ca. $0.16 \text{ m}^3 \rightarrow 160 \text{ liter}$. De totale bergingscapaciteit van de infiltratiekolken bedraagt $9,6 \text{ m}^3$. Aangezien deze kolken nog een infiltrerende functie hebben, is de ledigingsstijd van belang. Deze wordt met de volgende formule bepaalt:

$$i_{\text{eff}} = k * (F_{\text{wand}} * O_{\text{wand}} + F_{\text{bodem}} * O_{\text{bodem}}) / (24 * 10 * A_{\text{opp}})$$

waarin:

i_{eff}	=	ledigingscapaciteit	(mm/h)
k	=	doorlatendheid ondergrond	(m/dag)
O_{wand}	=	wandoppervlak	(m^2)
F_{wand}	=	factor equivalent wandoppervlak	(-)
O_{bodem}	=	bodemoppervlak	(m^2)
F_{bodem}	=	factor equivalent bodemoppervlak	(-)
A_{opp}	=	afvoerend oppervlak	(ha)

Voor de verschillende type infiltratievoorzieningen rekent u met de volgende bodem en wandfactoren:

- ondergrondse infiltratie voorziening:
 - infiltratie-elementen $F_{\text{bodem}} = 0,0$ en $F_{\text{wand}} = 0,6$
 - grondverbetering $F_{\text{bodem}} = 1,0$ en $F_{\text{wand}} = 0,5$
- oppervlakte-infiltratie voorziening (Wadi) $F_{\text{bodem}} = 1,0$ en $F_{\text{wand}} = 0,4$
- doorlatende verharding $F_{\text{bodem}} = 1,0$ en $F_{\text{wand}} = 0,0$

$$K = 17,9 \text{ m/d}$$

$$O_{\text{wand}} = D * \pi = 0,315 * \pi = 1$$

$$F_{\text{wand}} = 0,6$$

$$O_{\text{bodem}} = \pi * r^2 = \pi * (0,315/2)^2 = 0,08 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{bodem}} = 1$$

$$A_{\text{opp}} = 2,5141 \text{ ha} / 60 = 0,04 \text{ ha (per kolk)}$$

$$I_{\text{eff}} = 17,9 * (0,6 * 1 + 1 * 0,08) / (24 * 10 * 0,04) = 1,2 \text{ mm/h/kolk}$$

Dit is echter een constante waarde, wanneer een infiltratievoorziening volledig is gevuld, is de ledigingsnelheid hoger dan wanneer deze slechts voor een klein gedeelte is gevuld.

Berekeningen bovengrondse afvoer richting mr. van Damweg

Om te bepalen hoeveel water daadwerkelijk op de Bram Streeflandweg komt, wordt een globale berekening gemaakt om aan te tonen hoeveel water bovengronds via de Bram Streeflandweg afvoert richting de infiltratievoorziening in de mr. van Damweg.

De hoeveelheid water in m^3 bedraagt: $2,5141 \text{ ha} * (0,035,7+10\%) = 1023 \text{ mm}$ in 45 min.

Dit levert een debiet op van $Q = 1023/2700 = 0,38 \text{ m}^3/s$. Om te bepalen hoe hoog de waterpeil op de Bram Streeflandweg wordt tijdens deze bui wordt bepaald met de formule $Q=v*a$.

Waarbij $v= 0,6 \text{ m/s}$ wordt gehanteerd:

$$A = 0,38/0,6 = 0,63 \text{ m}^2. A = H*b \rightarrow H = A/b = 0,63/5,5 = 0,11 \text{ m}$$

Tijdens de bui zal de waterpeil een hoogte hebben van ca. 11 cm. Weliswaar is dit een hogere waarde dan in praktijk voorkomt aangezien water deels via voegen en overige groenvoorzieningen infiltreert en deels door evaporatie. Daarnaast stroomt het water uit grotere gebieden en wordt het debiet onderweg pas hoger. Om dit ondergronds af te voeren is een leiding van $\varnothing 0,9 \text{ m}$ nodig $\rightarrow 0,63 = \pi * r^2 \rightarrow r=0,44 \text{ m}$.

Bij een bui van $T=2$ valt ca. 20 mm in twee uur tijd, dit levert in totaal: $2,5141 \text{ ha} * 0,02 = 503 \text{ mm}$ op. $Q = 503/7200 = 0,07 \text{ m}^3/s$. Dit levert een hoogte van water op de weg op van:

$$A = 0,07/0,6 = 0,12 \text{ m}^2. A = H*b \rightarrow H = A/b = 0,12/5,5 = 0,02 \text{ m}$$