
ONDERZOEK BEGROEIDE DAKEN

EFFECT OP HET STEDELIJK WATERSYSTEEM



Auteur: Senny Wagemaker



COLOFON

Deel : Scriptie
Auteur : Senny Wagemaker – 0807816
Email : Sennyw89@hotmail.com

Datum : 12-08-2012
Versie : **Definitief**

Uitgevoerd in opdracht van
Opleidingsinstituut : Hogeschool Rotterdam
Stage : Afstuderen
Jaar : 2011-2012
Bedrijf : Kenniscentrum Sustainable Solutions
Bedrijfsbegeleider : Dr. Drs. ir. C.M. Ravesloot

VOORWOORD

Voor u ligt het afstudeerrapport van het afstudeeronderzoek naar begroeide daken in Nederland. Het onderzoek is gedaan binnen het lectoraat van de Hogeschool Rotterdam in opdracht van Dr.drs.ir. C.M. Ravesloot.

Iedereen denkt te weten wat een groen dak is, maar wat levert dit nou daadwerkelijk op? Dit document is opgesteld voor een ieder die inzicht wil krijgen in de effecten van begroeide daken op het stedelijk watersysteem.

In het kader van het afstuderen zijn er nog een tweetal documenten gemaakt; een plan van aanpak en een analyserapport. Daarnaast is aangegeven waar begroeide daken moeten worden ingepast in de berekening van het stedelijk watersysteem.

Er zijn twee verschillende soorten begroeide daken namelijk extensieve en intensieve. Er bestaan ook begroeide daken die hiertussen zitten maar in hoofdlijnen zijn dit de twee types. Extensief begroeide daken zijn daken waar geen of nauwelijks onderhoud aan gepleegd hoeft te worden en welke sedum, mossen en kruiden als beplanting hebben. Intensief begroeide daken eisen veel onderhoud en worden in de volksmond ook wel daktuinen genoemd.

Tijdens dit onderzoek zal ik gedetacheerd zijn bij Gemeente Rotterdam. Gemeente Rotterdam telt nu 100.000 m² groen dak maar haar ambitie is om eind 2014 160.000 m² groene daken gerealiseerd te hebben. Hiervoor heeft het een subsidieregeling opgesteld en krijgt men €25,- subsidie per vierkante meter groen dak. Waterschap Hollandse Delta en hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard subsidiëren per vierkante meter €5,- (RotterdamClimateInitiative 2012)

Lezers die vooral geïnteresseerd zijn in de resultaten kunnen deze vinden in hoofdstuk 4. De conclusies en aanbevelingen worden behandeld in hoofdstuk 5 en hoofdstuk 6.

De totstandkoming van dit eindresultaat is te danken aan de verkregen feedback van de wekelijkse groepsbesprekingen die plaatst hebben gevonden op de Hogeschool Rotterdam. Tijdens deze besprekingen waren dhr. Ravesloot, mevr. Langelaar en collega onderzoekers M. Delemarre, P. Somers en E. Huang aanwezig. Daarnaast hebben de 3 verschillende werkconferenties die in samenwerking met het bedrijfsleven als input gediend voor dit rapport.

Rotterdam, augustus 2012

Senny Wagemaker

SAMENVATTING

Door de verwachte klimaatveranderingen komt er steeds meer interesse voor externe waterberging en vertraging van hemelwater. Begroeide daken worden steeds vaker gebruikt voor deze externe waterberging. Steden gaan subsidie regelingen opstellen met betrekking tot begroeide daken maar er is een probleem: De overheden en marktpartijen kunnen op dit moment begroeide daken niet met elkaar vergelijken. Door middel van dit onderzoek wilt men uniforme bepalingsmethode vastleggen. Hierdoor kunnen de overheden haar subsidiecriteria en gunningcriteria objectiever vastleggen en kunnen marktpartijen haar producten met elkaar vergelijken. Een belangrijke stap hierbij is de inpassing van begroeide daken in riolering en oppervlakte water berekeningen.

Om dit onderzoek tot een goed einde te brengen is er eerst uitvoerige literatuuronderzoek gedaan. Dit onderzoek gaat over de eigenschappen van begroeide daken ten aanzien van water. De stap die hierop volgde was een onderzoek naar de gebruikte berekeningsmethodes (modellen). Omdat dit onderzoek gedaan is samen met Gemeente Rotterdam is er besloten om te werken met het model van deze gemeente (SOBEK-model). Dit model wordt door veel gemeentes in Nederland gebruikt om de riolering- en oppervlakte water mee door te berekenen. Maar om het onderzoek zo generiek mogelijk te houden zal dit eerst uitgewerkt worden met behulp van Excel. Hierdoor kunnen begroeide daken toegepast worden in andere modellen. Om dit onderzoek concreet te maken is besloten om een casestudie uit te werken. Het Witte dorp te Rotterdam is gekozen als casestudie locatie. Hiervoor is gekozen aangezien dit een gesloten watersysteem is en omdat gemeente Rotterdam deze locatie wilt voorzien van begroeide daken in de toekomst.

In de wereld is veel informatie beschikbaar met betrekking tot begroeide daken. Maar doordat veel onderzoeken gedaan zijn in andere landen met andere weersomstandigheden zijn deze gegevens niet direct toepasbaar voor Nederland. Duitsland is een van de voorop staande landen als het gaat om begroeide daken, ze heeft dan ook speciale richtlijnen opgesteld met betrekking tot begroeide daken. Deze richtlijnen zijn overgenomen in dit onderzoek aangezien de marktpartijen deze richtlijnen ook overnemen.

Het effect dat begroeide daken hebben op stedelijk niveau is nog nergens in de wereld onderzocht. Uit dit onderzoek blijkt dat begroeide daken wel degelijk effect hebben op het stedelijke watersysteem. Doordat begroeide daken het water vertraagd afvoeren worden piekafvoeren verminderd en dit komt ten goede van de capaciteit van de riolering. Een belangrijke conclusie die getrokken kan worden uit deze casestudie is dat verharde tuinen een zeer negatieve invloed kunnen hebben op het stedelijk watersysteem. In de situatie van het Witte dorp zou de maatregel dat bewoners haar tuinen niet mogen verharderen meer effect hebben dan het plaatsen van begroeide daken.

Begroeide daken kunnen worden meegenomen in de huidige berekeningsmethodes. Maar wanneer men het effect van begroeide daken op stedelijk niveau wilt weten is het van belang dat alle oppervlaktes worden meegerekend. Tevens moet er verdiepend onderzoek gedaan worden naar de specificaties per groen dak. Dit aangezien er een verschil is tussen verschillende begroeide daken en de werking hiervan.

INHOUD

Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	4
Inhoud.....	5
1. Inleiding.....	6
1.1 Aanleiding.....	7
1.2 Hoofdvraag.....	7
1.3 Deelvragen.....	8
1.4 Doelstelling.....	8
1.5 Structuurbeschrijving.....	8
2. Methode.....	9
2.1 Literatuuronderzoek.....	9
2.2 Modelling.....	11
2.3 Casestudie Het Witte dorp.....	14
2.4 Scenario's.....	18
2.5 Gevoeligheidsanalyse.....	18
2.6 Criteria.....	19
3. Resultaten.....	20
3.1 Literatuuronderzoek.....	20
3.2 Modelling.....	25
3.3 Casestudie Wittedorp.....	28
4. Discussie.....	37
5. Conclusie en Aanbevelingen.....	39
6. Verklarende woordenlijst.....	42
7. Bibliografie.....	43
Bijlage I: Watersysteem Witte Dorp.....	49
Bijlage II: Eisen aan sobek.....	51
Bijlage III: Resultaten Excel.....	55
Bijlage IV: Literatuurlijst Effect op Stedelijk gebied.....	59
Bijlage V: Werkconferentie.....	60
Bijlage VI: Resultaten SOBEK.....	61

1. INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt de aanleiding, de doelstelling en de hoofd- en deelvragen beschreven. Dit onderzoek is het laatste onderdeel van de opleiding Watermanagement op de Hogeschool Rotterdam. De opdrachtgever is de lector. C.M. Ravesloot van de Hogeschool Rotterdam en voor dit onderzoek ben ik gedetacheerd bij Gemeentewerken Rotterdam. Door deze constructie komt de informatie voorziening vanuit drie kanten.

Om het onderzoek tastbaarder te maken is er besloten om een casestudie uit te voeren. Dit zal gaan over de wijk 'het Witte dorp' te Rotterdam. Gekozen hiervoor is omdat de gemeente dit in de toekomst wilt begroeien en Stichting Innovatie Alliantie (SIA), opdrachtgever van dit onderzoek, dit gebied wilt gebruiken als 'nul' meting, dit zodat de effecten van begroeide daken gemeten kunnen worden.

Dit onderzoek zal uitsluitend gaan over extensief begroeide daken, dit is besloten door de opdrachtgever.



FIGUUR 1 EXTENSIEF GROEN DAK
(WAGEMAKER SD)



FIGUUR 2 NIOO DAK WAGENINGEN
(WAGEMAKER SD)

1.1 AANLEIDING

Door de verwachte klimaatveranderingen en de hierbij behorende effecten zoals extremere neerslag kunnen in stedelijke gebieden grote problemen ontstaan. Doordat in steden grote delen van de stad verhard zijn wordt het hemelwater zeer snel naar de riolering afgevoerd. Deze tendens wil men gaan doorbreken want het hemelwater moet juist vertraagd afgevoerd worden, maar mag geen problemen zoals water op straat veroorzaken. De reden dat het hemelwater vertraagd afgevoerd moet worden is dat huidige rioleringen vaak niet berekend zijn op deze extreme neerslag. Dit zorgt voor veel problemen zoals overstorten op oppervlaktewater en water op straat. Het is financieel niet mogelijk om in het gehele stedelijke gebied de riolering te vergroten. Hierdoor moet er gezocht worden naar alternatieve manieren van waterberging en de vertraging hiervan naar de riolering. Een van de oplossingen is om begroeide daken aan te leggen, deze daken hebben meer berging in vergelijking met een traditionele daken en voeren het water vertraagd af naar de riolering. Maar doordat er nog verschillende onzekerheden zijn wat betreft begroeide daken wordt deze oplossing nog niet op grote schaal toegepast. Enkele onderzoeken hierbij zijn:

- Waterberging van een begroeid dak
- Watervetraging

De aanleiding van dit (deel) onderzoek is dat overheden en marktpartijen begroeide daken met elkaar willen vergelijken. Dit omdat private partijen vragen om een dergelijke uniforme bepalingsmethode om productspecificaties met elkaar te kunnen vergelijken en zo het beste aanbod te kunnen kiezen. Begroeide daken toeleverende en leverende bedrijven willen een uniforme bepalingsmethode om hun producten ten opzichte van de concurrentie transparant en onafhankelijke te laten certificeren. Publieke organisaties als gemeenten en waterschappen willen een uniforme bepalingsmethode om hun subsidiecriteria en gunningcriteria objectiever te kunnen vastleggen en de handelingsbekwaamheid van ambtenaren te kunnen standaardiseren. Hiervoor is het belangrijk dat begroeide daken worden opgenomen in de huidige riolering en oppervlaktewater modellen.

Dit onderzoek is een deelonderzoek van een groter geheel. Onder dit grote onderzoek vallen verschillende deelonderzoeken naar andere effecten die begroeide daken met zich meebrengen. Het gehele proces van dit onderzoek duurt 2 jaar en is opgedeeld in 4 verschillende fases. Dit onderzoek valt geheel onder de inventarisatie fase. De fases die hierna nog zullen volgen zijn de analysefase, synthesefase en de evaluatiefase.

Extensief begroeide daken: Dit zijn begroeide daken met een extensief onderhoud. De beplanting bestaat uit sedums, mossen, grassen en kruiden.

Waterbuffering: Het watervasthoudend vermogen, ook wel waterberging genoemd.

Waterafvoerivertraging: Het vertraagt afvoeren van hemelwater naar de riolering.

Modellen: Een model is een vereenvoudigde vorm van de werkelijkheid.

1.2 HOOFDVRAAG

De onderzoeksvraag die is opgesteld voor dit project staat hieronder weergegeven:

Hoe kan de kennis van waterbuffering en water afvoerivertraging van extensief begroeide daken ingezet worden in modellen die capaciteit van oppervlakte water en capaciteit van rioleringen berekenen?

1.3 DEELVRAGEN

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zijn er 6 deelvragen opgesteld deze staan hieronder weergegeven:

1. Welke kennis van water buffering op begroeide daken is er aanwezig in de wereld?
 - a. En is deze kennis bruikbaar in Nederland?
 - i. Indien dit niet het geval is, zijn deze gegevens aan te passen zodat deze in Nederland gebruikt kunnen worden?
2. Welke kennis van water afvloei vertraging op begroeide daken is er aanwezig in de wereld?
 - a. En is deze kennis bruikbaar in Nederland?
 - i. Indien dit niet het geval is, zijn deze gegevens aan te passen zodat deze in Nederland gebruikt kunnen worden?
3. Hoe kunnen deze gegevens gevalideerd worden naar riolering- en oppervlaktewater modellen?
4. Welke modellen worden er hedendaags gebruikt voor de riolering- en oppervlakte water
5. In de huidige situatie worden tuinen en groen niet mee gemodelleerd, waarom?
6. Kunnen begroeide daken in de huidige riolering- en oppervlaktewater gemodelleerd worden, en zo ja hoe?

1.4 DOELSTELLING

De doelstelling voor dit onderzoek is een inventarisatie maken van gangbare berekeningsmethoden voor de Nederlandse praktijk bij waterschappen en gemeenten. Vervolgens dient te worden aangegeven waar in de modellen de invloed van waterbuffer en afvloeit vertraging kan worden aangepast.

1.5 STRUCTUURBESCHRIJVING

In hoofdstuk 2 wordt de methode beschreven van dit onderzoek. De resultaten van dit onderzoek zullen in het daarop volgende hoofdstuk worden besproken. In hoofdstuk 4 wordt kritisch gekeken naar dit onderzoek in de discussie. In hoofdstuk 5 worden de conclusies en aanbevelingen gegeven.

2. METHODE

In dit hoofdstuk wordt de methode besproken die gebruikt is tijdens dit onderzoek. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van een literatuurstudie en een casestudie. De resultaten die hieruit voortgekomen zijn veralgemeniseerd zodat hieruit conclusies voor heel Nederland getrokken kunnen worden. Daarnaast is met behulp van het SOBEK programma gemodelleerd ten behoeve van de casestudie.

2.1 LITERATUURONDERZOEK

In deze paragraaf wordt beschreven welke kanalen er zijn gebruikt om aan informatie te komen.

Lezen documenten

- Artikelen
 - Wetenschappelijk
 - Uit vakbladen
- Boeken
- Rapporten
 - Andere onderzoeken over begroeide daken
 - Afstudeerscripties

Het lezen van documenten was een belangrijke informatiebron. Aan het begin van dit onderzoek had dhr. Ravesloot een literatuurlijst opgesteld met informatie over begroeide daken. Daarnaast ook zelf opzoek gegaan naar waardevolle literatuur. In bijlage I: Watersysteem Witte Dorp en in de Bibliografie is een overzicht gegeven van de gelezen literatuur. Er is wel een onderscheid gemaakt tussen wetenschappelijke literatuur en literatuur uit vakbladen. Literatuur uit vakbladen is gebruikt om extra kennis op te doen en te lezen hoe de huidige markt innoveert en verandert.

Werkconferenties

Tijdens dit onderzoek zijn er verschillende werkconferenties geweest. Tijdens deze conferenties waren gespecialiseerde bedrijven en gemeente Rotterdam aanwezig. De conferenties hadden twee doelen namelijk informatie delen en kwaliteitscontrole. Dit laatste punt zal verderop in dit document uitgewerkt worden. Er zijn 4 werkconferenties geweest, de project start up (PSU) en drie project follow ups (PFU).

Doordat er tijdens deze conferenties veel gespecialiseerde bedrijven aanwezig waren, was er tevens veel informatie om met elkaar te delen. In bijlage V: Werkconferentie is een overzicht gegeven van de partijen die aanwezig waren tijdens deze conferenties. Tevens zijn daar een aantal foto's weergegeven van de conferenties.

Internet

Om de resultaten van dit onderzoek zo up-to-date mogelijk te krijgen is er tijdens dit gehele onderzoek regelmatig vernieuwend literatuuronderzoek gedaan. Dit omdat er regelmatige nieuwe ontwikkelingen zijn op het gebied van begroeide daken. Daarnaast is er niet alleen Nederlandse literatuur gezocht maar ook uit het buitenland. Dit aangezien landen als Duitsland, Zwitserland en Amerika al verder zijn op het gebied van begroeide daken (Stamatelos 2012). Hieronder in tabel 1 zoekwoorden is een overzicht gegeven van de gebruikte zoekwoorden tijdens dit onderzoek daarnaast zijn de belangrijkste zoeksites weergegeven.

Nederlands	Engels	Sites
Begroeide daken	Green roof	www.scholar.google.com
Groene daken	Living roof	www.sciencedirect.com
Extensief groen dak	Extensive green roof	www.hbo-kennisbank.nl
Vegetatie daken	Vegetated roof	www.levenopdaken.nl
Sedum/gras/kruiden dak	Sedum green roof	www.google.nl
Waterafvoerivertraging	Eco-Roof	Online bibliotheek Hogeschool Rotterdam
Waternvertraging	Stormwater retention	
Waterbuffering	Water run-off delay	
Waterberging	Water run-off quantity	
	Green roof urban water	

TABEL 1 ZOEKWOORDEN

2.2 MODELLERING

Gekozen is om te modelleren met het programma SOBEK en Excel. Deze keuze is in samenspraak met gemeente Rotterdam gemaakt. Daarnaast is SOBEK een geschikt programma om het stedelijk watersysteem mee te modelleren. In dit model wordt de riolering en het oppervlakte water gemodelleerd. Er zijn verschillende scenario's gemodelleerd, deze worden besproken in de volgende paragraaf. De resultaten van Excel zijn als input gebruikt voor het SOBEK model. Hiervoor is gekozen om het zo generiek te maken en zo begroeide daken ook in andere modellen gemodelleerd kunnen worden.

Excel

Met Excel wordt het Witte dorp gemodelleerd met en zonder begroeide daken. De verkregen resultaten hiervan zijn gebruikt als invoer voor het SOBEK model. In het Excel bestand is geen rekening gehouden met de afvloeivertraging, omdat dit niet te modelleren is in Excel. In het SOBEK model wordt hier wel rekening mee gehouden en zal dit daarin wel meegenomen worden. De resultaten van het Excel bestand zijn de afvoeren van de begroeide daken (mm/kwartier). Deze eenheid is hetzelfde als de eenheid van de neerslagreeksen. De resultaten die uit Excel zijn gekomen diende als een 'nieuwe' neerslagreeks. De begroeide daken in SOBEK hebben deze reeks als invoer gekregen en alle overige gebieden de standaard neerslagreeks van 1979.

Gekozen is voor de neerslagreeks van 1979 omdat deze beschikbaar was bij Deltares. De reeks is afkomstig van het KNMI en is gemeten in de Bilt. Voor de verdampingwaarden is tevens de reeks van 1979 gebruikt dit om het zo reëel mogelijk te maken. Deze verdamping gegevens zijn de potentiële waarden, maar hierover is een gewasfactor berekend om het reëler te maken.

Berging:

Gekozen is voor 3 verschillende soorten begroeide daken. Het verschil tussen deze begroeide daken is de berging die op het dak kan plaatsvinden, hieronder in tabel 3 berging begroeid dak is aangegeven welke berging er gebruikt wordt.

Berging (L/m ²)	Bron
15	Minimale berging Subsidieregeling Rotterdam (RotterdamClimateInitiative 2012)
23	Gemiddelde berging begroeid dak
40	Maximale berging begroeid dak (80 mm. Substraat)

TABEL 2 BERGING BEGROEID DAK

Gewasfactor:

Begroeide daken worden beplant met kruiden, mossen, grassen en sedums. De gewasfactor van gras is 1 (KNMI 2011). De gewasfactoren van kruiden, mossen en sedums zijn nog niet bekend. Uit een interview met dhr. K. Metselaar van de Universiteit van Wageningen blijkt dat deze gewasfactor inderdaad nog niet is onderzocht (Metselaar, Gewasfactor 2012). Dhr. Metselaar gaf aan dat de gewasfactor van kruiden, mossen en sedums rond de 0,8 a 0,9 ligt.

SOBEK

SOBEK is door Deltares ontwikkeld voor het modelleren van overstromingen, rioleringen, irrigatiesystemen, ontwerpen van overstorten, riviermorphologie, zout-inbraak en waterkwaliteit. Het programma wordt nog steeds doorontwikkeld in samenwerking met Nederlandse instellingen, overheden, onderzoeksinstellingen, universiteiten en adviseurs over de gehele wereld. In bijlage II Eisen aan SOBEK zijn enkele impressies weergegeven van SOBEK.

Afvloei vertraging:

Begroeide daken vertragen het water meer dan een traditioneel dak. Doordat er veel factoren een rol spelen bij de vertraging van begroeide daken is er niet 'een' coëfficiënt die gebruikt wordt. Onderzoeker T. Vergroessen van Deltares is een specialist in de afvoer van begroeide daken. Deze gaf aan dat de afvloei vertraging rond de 0,3 (1/min) is. Met deze waarde is doorgerekend in SOBEK. (Vergroessen 2012)

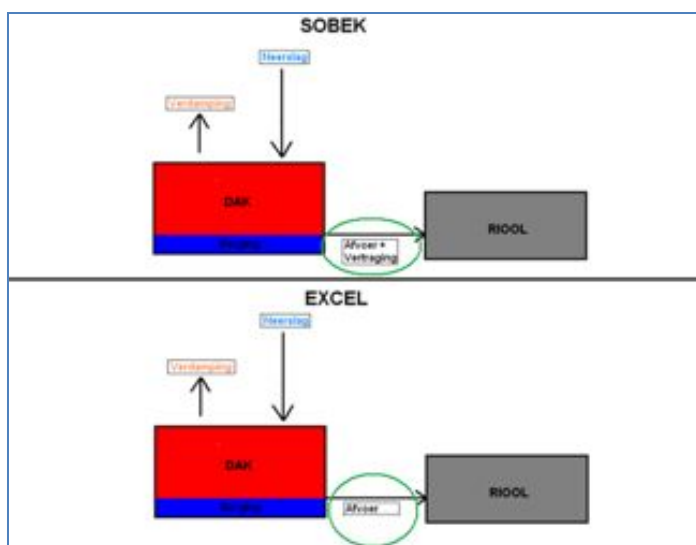
Specificaties SOBEK

Wanneer een bepaald model daken kan modelleren kan deze ook begroeide daken modelleren. Er moet alleen andere waardes in gevuld worden bij de waterberging en water vertragingscoëfficiënt. Bij subparagraaf Excel is besproken welke gegevens gebruikt worden voor het modelleren. Om dit resultaat generiek te maken is er besloten om gebruik te maken van het Excel bestand zodat dit ook toegepast kan worden in andere modellen. Zonder dit Excel bestand had het dus ook al mogelijk geweest om begroeide daken in SOBEK te modelleren.

Er is voor gekozen om eerst begroeide daken te modelleren in Excel. Het SOBEK model moet dus onderscheid kunnen maken tussen de standaard neerslagreeks en de 'nieuwe' neerslagreeks die met Excel is berekend. Daarnaast moet per oppervlakte, zoals verhard, groen en daken aangegeven kunnen worden van welke reeks deze gebruik maakt.

Excel vs. SOBEK

Het verschil tussen het modelleren in Excel en SOBEK is dat in SOBEK de vertragscoëfficiënt van daken wordt meegenomen. Daarnaast is de verdamping in het Excel model iets minder nauwkeurig dan in het SOBEK model. Dit komt omdat in het Excel model wat aannames zijn gedaan deze worden bediscussieerd in het hoofdstuk discussie. De verschillen tussen SOBEK en Excel zijn alleen vergeleken op de modellering van begroeide daken. In figuur 5 Excel vs. SOBEK (dakniveau) is met groen omcirkeld waar het verschil tussen deze twee programma's zit.



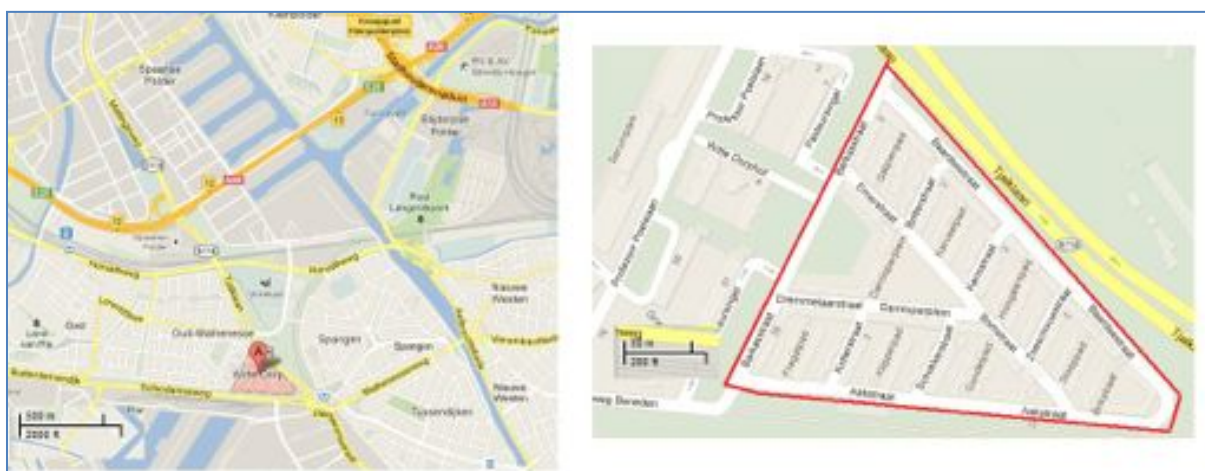
FIGUUR 3 EXCEL VS SOBEK (DAKNIVEAU)

2.3 CASESTUDIE HET WITTE DORP

De casestudie is het Witte dorp te Rotterdam. Er zijn verschillende redenen waarom dit gebied gekozen is, deze staan hieronder opgesomd:

- Gemeente Rotterdam wil dit gebied in de toekomst gebruiken als monitoringgebied voor groene daken.
 - SIA raak wilt dit gebied gebruiken als 'nul' meting.
- De daken van de bebouwing in dit gebied zijn plat en geschikt voor begroeide daken.
- Het watersysteem van het Witte dorp is maar met 2 punten verbonden met de rest van Rotterdam en is dus redelijk geïsoleerd.

Hieronder in figuur 3 Het Witte dorp is de locatie van het gebied weergegeven.



FIGUUR 4: HET WITTE DORP (GOOGLE 2012)

De oppervlakte van het Witte dorp is 4,3 ha. Hieronder in tabel 2 oppervlaktes het Witte dorp staan de oppervlaktes van de daken, tuinen, groen en verhard weergegeven.

Oppervlakte	Aantal m ²
Verhard	20.272,70
Groen	1.791,00
Tuinen	9.396,00
Platte daken	12275.5

TABEL 3 OPPERVLAktes HET WITTE DORP

Onder verhard oppervlakte wordt bestrating en wegen verstaan. Het groene oppervlakte is openbaar groen, hieronder vallen parken, grasveldjes, openbare tuinen e.d.. Het tuin oppervlakte bevat de voor- en achtertuinen van de woningen. Onder oppervlakte platte daken vallen alle daken van het Witte dorp.

Algemene Informatie 'Het Witte Dorp'.

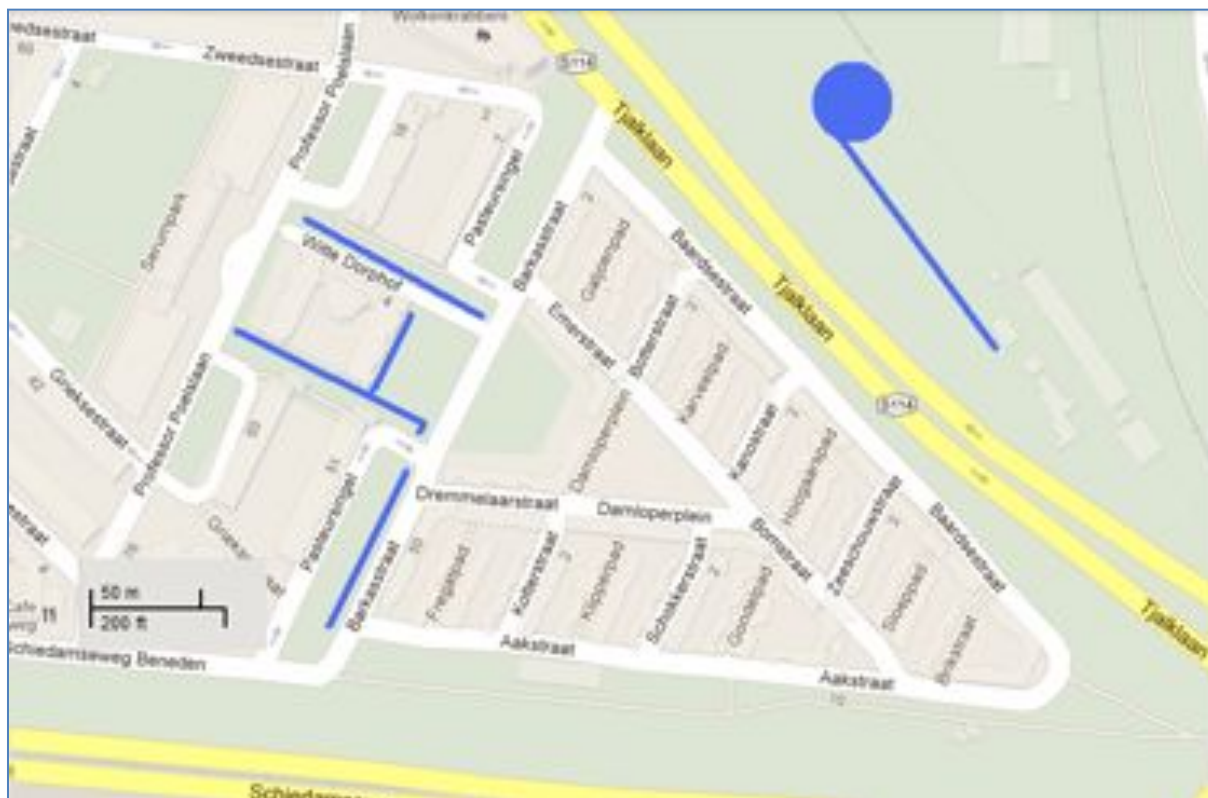
Het Witte dorp is ontstaan na de oorlog als wijk met tijdelijke woningen. De bedoeling was dat deze woningen 25 jaar zouden functioneren en hierna gesloopt zouden worden. Op dit grondgebied zou dan een park moeten komen. In het dorp was een pleintje waar de winkels aan gelegen waren.

Doordat de woningen na de oorlog snel gebouwd moesten worden in verband met de woningsnood, die toen heerste, was besloten om de woningen niet te heien maar te funderen met een betonplaat. Door de jaren heen zijn deze betonplaten deels verzakt en hierdoor ontstonden scheuren en verzakkingen van de woningen. In de jaren '80 zijn de woningen deels gerenoveerd maar de problemen bleven zich opstapelen.

In 1985 adviseerde wethouder Vermeulen om de wijk toch te slopen. Dit advies werd niet in dank afgenomen en de bewoners kwamen in opstand. Toch werd dit advies opgevolgd maar de bewoners mochten wel kiezen hoe de nieuwe wijk eruit moest zien. In 1986 is de sloop van het Witte dorp begonnen, dit gebeurden in verschillende fases en zou 4 jaar duren. De bewoners hebben voor het ontwerp van dhr. Paul de Ley gekozen welke geprobeerd heeft om het dorpsgevoel te behouden. In het huidige Witte dorp zijn 236 woningen gestationeerd. Het grootste gedeelte van deze woningen zijn huurwoning en eigendom van Woonbron Rotterdam (200 woningen). De overige woningen zijn eigendom van particulieren. (Wikipedia 2012) (Deelgemeente Delfshaven Rotterdam 2011) (Gemeente Rotterdam 2012)

Watersysteemanalyse

In deze paragraaf wordt het watersysteem beschreven. Het Witte dorp is een afgesloten gebied met aan de zuidzijde een dijk, aan de noordzijde de Tjalklaan en aan de westelijke zijde de Pasteursingel, zie figuur 4 Watersysteem Witte dorp.



FIGUUR 5 WATERSYSTEEM WITTE DORP

De Pasteursingel zijn een aantal kleine watergangen die met duikers aan elkaar verbonden zijn. Doordat dit relatief stilstaand water is en er geen verversing van het water plaatsvindt is de waterkwaliteit onder de maat. Daar komt bij dat er op deze waterpartij regelmatig overstorten plaatsvinden, vanuit het Witte dorp. Deze overstorten hebben negatieve invloed op de waterkwaliteit en met name op het zuurstofgehalte en nutriënten gehalte. Wanneer deze overstorten beperkt kunnen worden, met behulp van begroeide daken, zal dit de waterkwaliteit ten goede komen.

Het hemelwater dat valt op het Witte dorp wordt afgevoerd door de riolering. Dit met uitzondering van de achtertuinen van de woningen. Deze staan niet aangesloten op de riolering en het hemelwater infiltreert hier de bodem in. Het Witte dorp staat aangesloten op het watersysteem van Oud-mathenesse. In Bijlage I: Watersysteem Witte Dorp zijn afbeeldingen weergegeven met daarbij de locaties van de overstorten en het gemaal (Gemeente Rotterdam 2012). Daarnaast staan in deze bijlage ook de maaiveldhoogtekaarten van het Witte dorp weergegeven.

Maaiveldhoogte

Het Witte dorp ligt tussen de -1,04 m NAP en -1,38 m NAP, dit met uitzondering van de bebouwing die in het Witte dorp aanwezig is. Het Witte dorp ligt in vergelijking met het gebied eromheen laaggelegen. Maar doordat het gebied is afgesloten van haar omgeving heeft dit geen consequenties. (AHN 2012)

2.4 SCENARIO'S

Om te onderzoeken wat het effect is van begroeide daken op het stedelijk waterbeheer zullen er verschillende scenario's onderzocht worden. Dit zijn de volgende scenario's:

1. Huidige situatie (zonder begroeide daken)
2. Situatie met begroeide daken
3. Situatie met tuinen en groen oppervlakte

Bij deze scenario's wordt gekeken wat het effect is op het stedelijk waterbeheer, hierbij moet gedacht worden aan verminderingen van overstorten en een vermindering in de afvoer naar de riolering. Hieronder worden de 3 scenario's verder beschreven.

1. Huidige situatie (zonder begroeide daken)

Deze situatie ook wel de 0-situatie genoemd. Gemeente Rotterdam heeft besloten om tuinen niet mee te modelleren, dit omdat deze (vaak) niet staan aangesloten op de riolering. Daarnaast zijn er geen klachten wanneer het hard regent, dat het water in de tuinen blijft staan. De neerslagreeks die hiervoor gebruikt wordt is die van 1979.

2. Situatie met begroeide daken

Dit scenario is hetzelfde als scenario 1 behalve dat de traditionele daken verandert zijn in begroeide daken. Ook in dit scenario worden de tuinen niet meegenomen en wordt er gemodelleerd met de neerslagreeks van 1979

3. Situatie met tuinen en groen meegenomen.

In het huidige SOBEK model worden tuinen en groen oppervlakte niet meegenomen. Maar omdat hierdoor de werkelijkheid niet wordt nagebootst is besloten om deze wel mee te modelleren. Hierdoor kan het effect van begroeide daken veranderen aangezien de situatie totaal anders wordt.

2.5 GEVOELIGHEIDSANALYSE

Doordat verschillende parameters zijn aangenomen, dit aangezien deze informatie ontbreekt, is besloten om een gevoeligheidsanalyse te doen. Hierin wordt gekeken wat de gevoeligheid is van de parameters. Hieronder in tabel 4 gevoeligheidsanalyse wordt aangegeven welke gevoeligheden worden doorberekend.

	Minimaal	Maximaal
Berging	15 l/m ²	1 40 l/m ²
Gewasfactor	0	1

TABEL 4 GEVOELIGHEIDSANALYSE

2.6 CRITERIA

In deze paragraaf wordt beschreven aan welke criteria de resultaten moeten voldoen. Bij de resultaten zal gekeken worden naar de onderstaande criteria. De frequentie van overstorten en het water op straat (WOS), kan alleen met SOBEK worden gemodelleerd.

- Totale afvoer naar riolering
- Piekafvoer
- Verdamping

- Frequentie overstorten
- Water op straat.
- Afvoervertraging

Bij alle punten hierboven worden de verschillen tussen de verschillende daken geanalyseerd. De onderste drie punten kunnen alleen met SOBEK gemodelleerd en zullen dus na de Excel modellering niet geanalyseerd worden.

3. RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek weergegeven. Deze zijn opgesplitst in drie delen namelijk:

1. Literatuuronderzoek (deelvragen 1 t/m 3)
2. Modellerings (deelvragen 4 en 5)
3. Case studie (deelvraag 6).

3.1 LITERATUURONDERZOEK

De vragen die in deze paragraaf beantwoordt zullen worden zijn:

1. Welke kennis van water buffering op begroeide daken is er aanwezig in de wereld?
 - a. En is deze kennis bruikbaar in Nederland?
 - i. Indien dit niet het geval is, zijn deze gegevens aan te passen zodat deze in Nederland gebruikt kunnen worden?
2. Welke kennis van water afvloei vertraging op begroeide daken is er aanwezig in de wereld?
 - a. En is deze kennis bruikbaar in Nederland?
 - i. Indien dit niet het geval is, zijn deze gegevens aan te passen zodat deze in Nederland gebruikt kunnen worden?
3. Hoe kunnen deze gegevens gevalideerd worden naar riolering- en oppervlaktewater modellen?

Waterbuffering

Er zijn heel veel beweringen over de waterberging op begroeide daken. Deze beweringen gaan over de hoeveelheid berging op een bepaald begroeid dak, dakniveau. Maar op stedelijk niveau zijn, zo ver het de literatuurstudie blijkt, nog geen onderzoeken gedaan naar het effect hiervan op het stedelijke watersysteem in het geheel.

Op dakniveau zijn verschillende onderzoeken gedaan in heel de wereld en daaruit blijkt dat een begroeid dak tussen de 50-90% (IGRA, Public Benefits 2012) van al de neerslag bergen kan. Dit is zo verschillend omdat deze onderzoeken op verschillende plaatsen in de wereld hebben plaatsgevonden en dit dus verschillende situaties zijn. Belangrijke verschillen zijn hieronder weergegeven.

- Neerslagintensiteit
- Neerslagduur
- Vochtigheidsgraad
- Verdamping
- Opbouw begroeid dak
- Helling

Doordat veel onderzoeken niet met elkaar te vergelijken zijn, is het moeilijk om te zeggen hoeveel een begroeid dak nu precies bergt. Het NIOO gebouw in Wageningen heeft op dit moment een meetopstelling gebouwd en gaan een dezer tijd metingen verrichten. Deze metingen kunnen helaas nog niet in dit onderzoek meegenomen worden.

Voor dit onderzoek is het juist interessant om te weten wat het effect is op stedelijk niveau maar uit de literatuurstudie blijkt voorlopig dat dit nog nooit heeft plaats gevonden in de wereld. Hieronder in tabel 5 waterberging in substraatlaag is het bergingsvolume van verschillende soorten substraten beschreven:

Substraat	Substraat dikte (mm)	Maximale verzadigd waterberging (100%)
Lava mengsel	80	35,2
Lava/puimsteen mengsel	80	33,6
Lava/puimsteen/dolomiet mengsel	80	31,2
Lava/puimsteen/tufsteen mengsel	80	37,6
Lava/zand mengsel	80	40
Geëxpandeerde klei mengsel	80	39,2
Schalie mengsel	80	39,2
Baksteen mengsel	80	31,2

TABEL 5 WATERBERGING IN SUBSTRAATLAAG (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. 2008)¹

De `forschungsgesellschaft landschaftsentwicklung landschaftsbau` zijn de duitse richtlijnen die opgezet zijn en door bijna iedereen op de wereld worden gebruikt. Leveranciers als Optigroen, ZinCo, NophaDrain, XeroFloor verwijzen allen naar de FLL. Hieronder in tabel 6 overzicht leveranciers begroeide daken is een overzicht gegeven van de grootste leveranciers van Nederland.

Bedrijf			Waterbuffering l/m2
XeroFloor	Productnaam	Substraatdikte	
	Sedum-Moos-Dach 25	ca. 3 cm	9,4
	Sedum-Moos-Dach 30	ca. 3 cm	11
	Sedum-Moos-Dach 40	ca. 6 cm	18
	Sedum-Dach 45	ca. 6 cm	9,4

¹ Kritische noot: De waardes die in deze tabel staan weergegeven zijn de waardes die voortkomen uit een helemaal lege situatie naar een 100% gevulde situatie. Deze situaties komen in de realiteit niet vaak voor dus zullen deze maximale waardes ook niet altijd gehaald worden.

	Sedum-Dach 90	ca. 7 cm	17,3
	Sedum-Gras-Kr�uter-Dach 100	ca. 8 cm	17
Optigroen	Productnaam	Substraat dikte	Waterbuffering l/m2
	Oplossing 1A	10,8cm (excl leef)	25
	Oplossing 1B	10,8cm (excl leef)	25
	Oplossing 2A	10,8cm (excl leef)	25
	Oplossing 2B	10,8cm (excl leef)	25
	Oplossing 1	7,3cm - (excl leef)	18
	Oplossing 2		18
	Oplossing 1A	10-25cm	30-80
	Oplossing 1B	10-25cm	30-81
	Oplossing 2A	10-25cm	30-82
	Oplossing 2B	10-25cm	30-83
	Meandersysteem A	8-15cm	32
	Meandersysteem B	8-15cm	32
	Regulatiesysteem	8-15cm	50
Zinco	Productnaam	Substraat dikte	Waterbuffering l/m2
	Standaard	ca. 11 cm	36
	0�-daken Floraset FS 50	ca. 13 cm	36
	0�-daken Floraset FS 75	ca. 16 cm	36
	Omgekeerd dak met Floradrain FD 25-E	ca. 11 cm	35
	DUO-DAK met Floratherm WD	ca. 14 - 19 cm	36
	Standaard	ca. 9 cm	25
	0�-daken Floraset FS 50	ca. 11 cm	22
	0�-daken Floraset FS 75	ca. 14 cm	22
	Omgekeerd dak met Floradrain FD 25-E	ca. 9 cm	21
	DUO-DAK met Floratherm WD	ca. 13 - 18 cm	25
	Lichtgewicht dak	ca. 10 cm	21

TABEL 6 OVERZICHT LEVERANCIERS BEGROEIDE DAKEN

Waterafvloei vertraging

Begroeide daken hebben naast waterberging ook een watervertragende functie. De afvloei vertraging van begroeide daken is afhankelijk van zeer veel factoren. Het is daarom ook niet mogelijk om één afvloei vertraging getal aan te nemen. In tabel 8 Afvloei vertraging is een overzicht gegeven van verschillende onderzoeken ten aanzien van de watervertraging. De resultaten lopen uit een van 10 min tot 14 uur vertraging. De factoren die een rol spelen bij de watervertraging staan hieronder weergegeven in tabel 7 factor – effecten watervertraging.

<i>Factor</i>	<i>Effect (als het groter wordt (>))</i>
Neerslag intensiteit	Negatief
Neerslagduur	Negatief
Vochtigheidsgraad	Negatief
Verdamping	Positief
Aantal lagen	Positief
Helling	Negatief
Bepanting	Positief
Substraatdikte	Positief
Substraatsamenstelling	Positief

TABEL 7 FACTOR-EFFECTEN WATERVERTRAGING

<i>Auteur</i>	<i>Land</i>	<i>Dikte Substraat (cm)</i>	<i>Meetperiode</i>	<i>Afvloei vertraging</i>
(T.L.Carter, 2006)	USA	7,6	november 2003 - november 2004	18 min
(DeNardo, Jarrett, Manbeck, Beattie, & Berghage, 2005)	USA	8,9	oktober 2002 - november 2002	gem 5,7 uur / piek = 2 uur
(Getter, Rowe, & Andesen, 2007)	USA	6	april 2005 - september 2006	4,3 uur - 10,75 - 13,75 uur
(Palla, Gnecco, & Lanza, 2010)	Italië	20	mei 2007 - december 2008	310 min
(Simmons, Gardiner, Windhager, & Tinsley, 2008)	USA	10	november 2006 - juni 2007	10 min
(Van Woert, et al., 2005)	USA	2,5 cm	augustus 2002 - oktober 2003	15 min
(Van Woert, et al., 2005)	USA	4-6 cm	augustus 2002 - oktober 2004	10 min (piek) – 14 uur
(Vergroessen, Joshi, van de Giessen, & van de Ven, 2010)	Singapore	12 cm	september 2009 - september 2010	Piek 1-2 min / Vertraagde afvoer 15-20 min.

TABEL 8 AFVLOEI VERTRAGING

Effecten op stedelijk niveau

Het effect van begroeide daken op stedelijk niveau is, volgens literatuuronderzoek, nog nergens in de wereld onderzocht. De literatuur die hierop is nagekeken zijn hieronder weergegeven. Ook zijn er verschillende mensen geïnterviewd maar hieruit kwam ook dat het effect op stedelijk niveau nog niet gemeten is. De literatuurlijst die hiervoor gebruikt is staat in Bijlage IV: Literatuurlijst Effect op Stedelijk gebied. Daarnaast is alle gebruikte literatuur in deze rapportage ook gebruikt hiervoor maar ook hierin is niks gevonden.

3.2 MODELLERING

In deze paragraaf worden de volgende vragen beantwoord:

1. Welke modellen worden er hedendaags gebruikt voor de riolering- en oppervlakte water
 - a. En op welke wijzen worden (begroeide) daken meegenomen?
2. In de huidige situatie worden tuinen en groen (soms) niet mee gemodelleerd, is dit terecht?

SOBEK: Is een numeriek programma voor het simuleren van waterbeweging, sedimentbeweging, waterkwaliteit en zoutbeweging in 1 dimensie in geschematiseerde open waterlopen. (Rijksoverheid 2012) SOBEK bestaat uit een aantal geïntegreerde programma's deze staan hieronder opgesomd:

- D-Flow 1D Open Water
- D-Flow 1D Pipes
- D-Flow 2D Overland
- D-Rainfall Runoff Open Water
- D-Water Quality 1D
- D-Real Time Control. (Deltares 2012)

SOBEK is ontworpen door Deltares. Dit Nederlandse kennisinstituut is gespecialiseerd op het gebied van water, ondergrond en infrastructuur. Het werkgebied van dit instituut is wereldwijd en hier werkt zij dan aan innovaties, oplossingen en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij. Dit kennisinstituut heeft rond de 800 medewerkers en is gelokaliseerd in Delft en Utrecht.

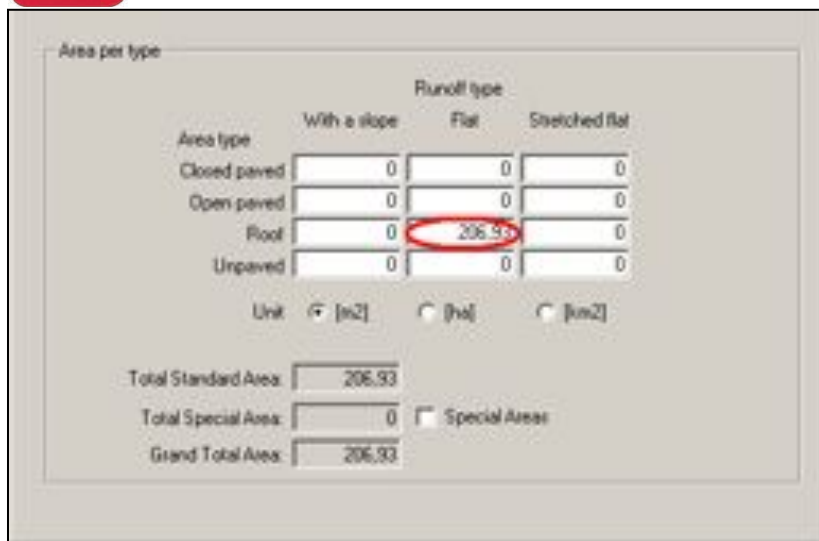
Daken kunnen op verschillende manieren worden ingevoerd in SOBEK. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt dus platte daken en hellende daken. Hieronder in figuur 6 invoerscherm van SOBEK is weergegeven hoe de platte daken van het Witte dorp in de huidige situatie is aangegeven. In dit overzicht is tevens te zien hoe de andere gebieden/oppervlakken meegenomen kunnen worden in SOBEK.

'Closed paved' : Gesloten verhard oppervlak

'Open paved' : Open verhard oppervlak

'Roof' : Dak oppervlak

'Unpaved' : Onverhard oppervlak.



Area per type

Area type	Runoff type		
	With a slope	Flat	Stretched flat
Closed paved	0	0	0
Open paved	0	0	0
Roof	0	206.93	0
Unpaved	0	0	0

Unit: ☒ [m²] ☐ [ha] ☐ [km²]

Total Standard Area: 206.93

Total Special Area: 0 ☐ Special Areas

Grand Total Area: 206.93

FIGUUR 6 INVOERSCHERM VAN SOBEK

Veel gemeentes in Nederland waaronder Rotterdam maken gebruik van het SOBEK programma om haar watersysteem mee door te rekenen.

InfoWorks: is een systeem dat geschikt is voor het management van de waterafvoer en is ontwikkeld door Wallingford Software (TAUW 2007). Dit model werkt met een 1d en 2d motor om complexe situaties te kunnen oplossen. Hieronder staan de specifieke kenmerken van dit model:

- Analyseren en voorspellen van de potentiële omvang van een overstroming met de bijbehorende diepte en snelheid.
- Er is een uitgebreide functie voor de interactie tussen boven- en ondergrondse systemen.
- Volledig geïntegreerde 1D en 2D modelleeromgevingen.
- Meerdere oppervlakte stelsels optimaliseren het modelleren en de hier bijbehorende flexibiliteit en nauwkeurigheid.
- Resultaten kunnen statisch en geanimeerd getoond worden.

Mouse: is een toepassing waarmee het numerieke rioleringssysteem kan worden doorberekend. Dit gebeurt in combinatie met de Geografisch Informatie Systeem (GIS) ArcView*. Dit programma is ontwikkeld door het Deens Hydraulisch Instituut (DHI). Het is een pakket waarmee de oppervlaktewater afvoer, waterstroming, waterkwaliteit en het sediment vervoer in stedelijk gebied gemodelleerd kan worden. (DHI 2012)

Er is gekozen om met SOBEK verder te modelleren aangezien Gemeente Rotterdam werkt met SOBEK. Hierdoor was toegang tot SOBEK mogelijk en het gebied was al deels gemodelleerd. In SOBEK en InfoWorks kunnen daken zo ingevoerd worden maar op dit moment wordt dit niet gedaan met begroeide daken. Dit heeft verschillende redenen namelijk:

- Hoe moeten deze ingevoerd worden?
 - Welke specificaties horen bij begroeide daken?
 - Berging
 - Vertraging
 - Verdamping

Modellering tuinen en openbaar groen.

Met modelleren wilt men de realiteit nabootsen. Wanneer men dit zo reëel mogelijk wilt doen zijn er veel gegevens nodig. Alle oppervlaktes in het gebied moeten worden ingevoerd met de juiste parameters erbij. Uit de realiteit blijkt dat veel gegevens niet worden ingevoerd. Dit gebeurt omdat men de juiste gegevens niet heeft of omdat men denkt dat het geen effect heeft. Dit is een foute gedachte want wanneer het bijvoorbeeld hard regent zal er in veel situaties water van het groene oppervlakte afstromen op straat of direct de riolering in stromen. Voor tuinen gebeurt dit wellicht nog veel vaker aangezien veel tuinen in stedelijk gebied betegeld zijn en deze afwateren op bijvoorbeeld de stoep of steeg. Dit water komt dus wel in de riolering maar hier wordt deze niet op gemodelleerd.

Wanneer men het effect van begroeide daken wilt aantonen in modellen is het van belang dat tuinen en openbaar groen worden mee gemodelleerd. Want wanneer dit niet gebeurt zal het effect van begroeide daken in de modellering groot zijn waar het in de realiteit klein is of wellicht geen effect heeft.

3.3 CASESTUDIE WITTEDORP

In deze paragraaf worden de resultaten van de casestudie behandeld.

Gebruikte gegevens:

1. Gegevens van het Witte dorp
 - a. Dak oppervlakte van 12755, 5 m². Deze waarde is verkregen van gemeente Rotterdam.
2. Neerslag gegevens van het KNMI
 - a. Gekozen is voor de neerslagreeks van 1979 omdat deze beschikbaar is gesteld door Deltares. Deze reeks bevat van elk kwartier de neerslag gegevens.
3. Verdamping gegevens van het KNMI
 - a. De gebruikte data beschikte alleen over de verdampingsgegevens per dag, hierdoor is er vanuit gegaan dat het gedurende 24 uur per dag water verdampt. Dit is niet de werkelijke situatie maar doordat deze berekeningen maar een globaal beeld geven is dit gedetailleerd genoeg.
 - b. Uit literatuuronderzoek blijkt dat er nog geen gewasfactor is vastgesteld voor begroeide daken. Professor Dr.Ir. Klaas Metselaar heeft aangegeven dat de gewasfactor van een begroeid dak tussen de 0,8 en 0,9 ligt. De waarde die is gekozen is 0,85.
4. Begroeide daken met een berging van:
 - a. 15 mm. Dit is de minimale eis waaraan het begroeide dak moet voldoen wilt men subsidie krijgen.
 - b. 23 mm. Deze waarde is de 'standaard' waarde die veelal in de literatuur naar voren komt.
 - c. 40 mm. Deze waarde komt vanuit de FLL en is de maximale waterberging die substraat met een dikte van 80 mm kan krijgen.
5. Traditioneel dak met een waterberging van 2 mm. De waarde 2 mm. Is gekozen omdat water pas vanaf 2 mm. Gaat stromen en omdat traditionele daken op dit moment zo zijn aangepast dat er zo min mogelijk water op blijft staan.

Excel dakniveau

In deze subparagraaf worden de resultaten van de casestudie met Excel besproken. De totale afvoer, piekafvoer, berging en verdamping zijn criteria die beschreven zullen worden.

Totale afvoer:

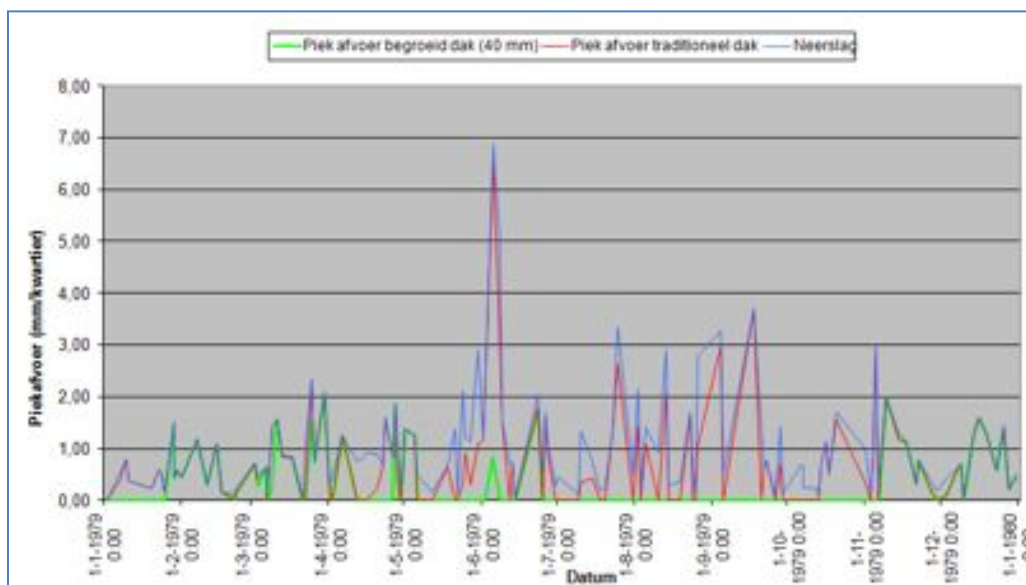
De uitkomsten van de totale jaar afvoer staan hieronder in een tabel 9 totale afvoer weergegeven. Deze getallen zijn alleen de afvoeren vanaf de daken. Dus andere oppervlaktes en de droogweerafvoer zijn hierin niet meeberekend. Wat gelijk opvalt is dat een begroeid dak met een maximale berging van 40 mm meer dan de helft minder afvoert als een traditioneel plat dak. De totale afvoer die vermindert wordt is niet de reden waarom begroeide daken worden toegepast. De reductie van de piekafvoer is vaak de belangrijkste reden. Maar een feit blijft wel dat er vanaf een begroeid dak (40mm) de helft minder water gezuiverd hoeft te worden in de afvalwaterzuivering.

Daktype	Totale Afvoer (m ³)	Gem. Afvoer (m ³ /dag)
Traditioneel dak	9.740,91	26,69
Begroeid dak (15 mm)	5.435,64	14,89
Begroeid dak (23 mm)	5.061,26	13,87
Begroeid dak (40 mm)	4.513,7	12,37

TABEL 9 TOTALE AFVOER

Piekafvoer

De neerslagreeks bevat heel veel buien. Deze zijn opgedeeld in zo geheten 'events'. Een event is een tijdstap waarin buien vallen. Wanneer het langer dan 12 uur droog is, en er valt een nieuwe bui start een nieuw event. Van deze specifieke events zijn de piek (hoogste) afvoeren vergeleken met de afvoeren van de daken. In totaal zijn er in het jaar 129 events geweest. Hieronder in figuur 7 piekafvoer is de piekafvoer van een traditioneel dak vergeleken met een begroeid dak met een berging van 40mm. In de bijlage III: Excel staan de grafieken van de andere begroeide daken.



FIGUUR 7 PIEKAFVOER

De piek die begin juni 1979 plaatsvindt valt gelijk op. Hierbij is met de blauwe lijn de neerslag weergegeven net hieronder is de rode lijn van het traditionele dak. Te zien is dat de rode lijn niet zo hoog komt als de blauwe, dit komt omdat het traditionele dak op dat moment nog water kon bergen. Wanneer deze vol is voert deze gelijk af met de neerslag (vertraging is hierin niet meegenomen). De piek van de groene lijn is daarentegen veel lager dan de rode en blauwe piek. Dit wil dus zeggen dat de piekafvoer op dat moment van een begroeid dak veel lager ligt en dit is juist het effect wat men wilt bereiken. Want deze buien zorgen ervoor dat er in een korte tijd zeer veel neerslag in de riolering komt maar vanaf de daken veel minder. Waar de piek van een

traditioneel dak ligt op 7 mm/kwartier ligt deze van een begroeid dak op iets minder dan 1 mm/kwartier.

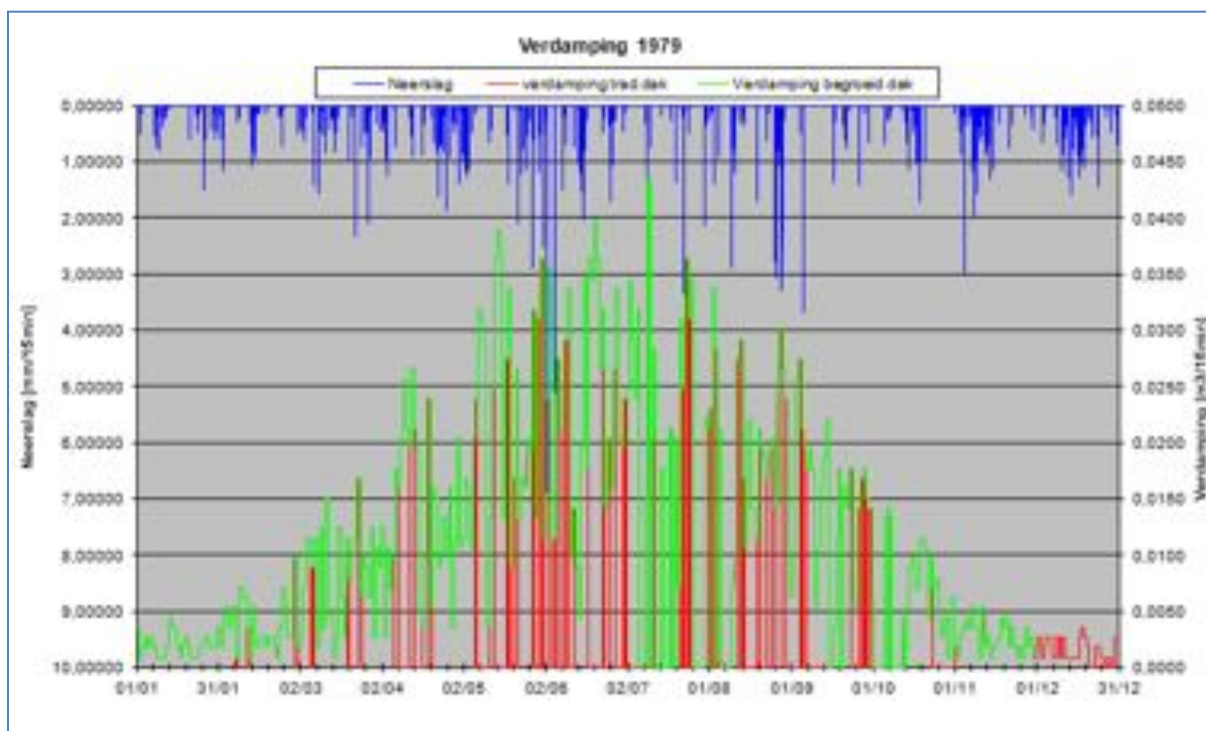
Wanneer deze grafiek verder geanalyseerd wordt is te zien dat de piekafvoeren vooral in de zomer flink gereduceerd worden. Maar in de winter loopt deze toch gelijk of maar net iets minder. Dit kan verklaard worden omdat er in de winter veel minder verdamping plaatsvindt en de buien sneller achter elkaar volgen.

De conclusie die hieruit getrokken kan worden is dat begroeide daken wel degelijk effect hebben op de piekafvoer in stedelijk gebied. In de zomer is dit effect meer dan in de winter. De effecten van begroeide daken met een berging van 23mm en 15 mm liggen tussen het traditionele dak en begroeide dak van 40 mm. Deze grafieken zijn weergegeven in bijlage III: resultaten Excel.

Verdamping:

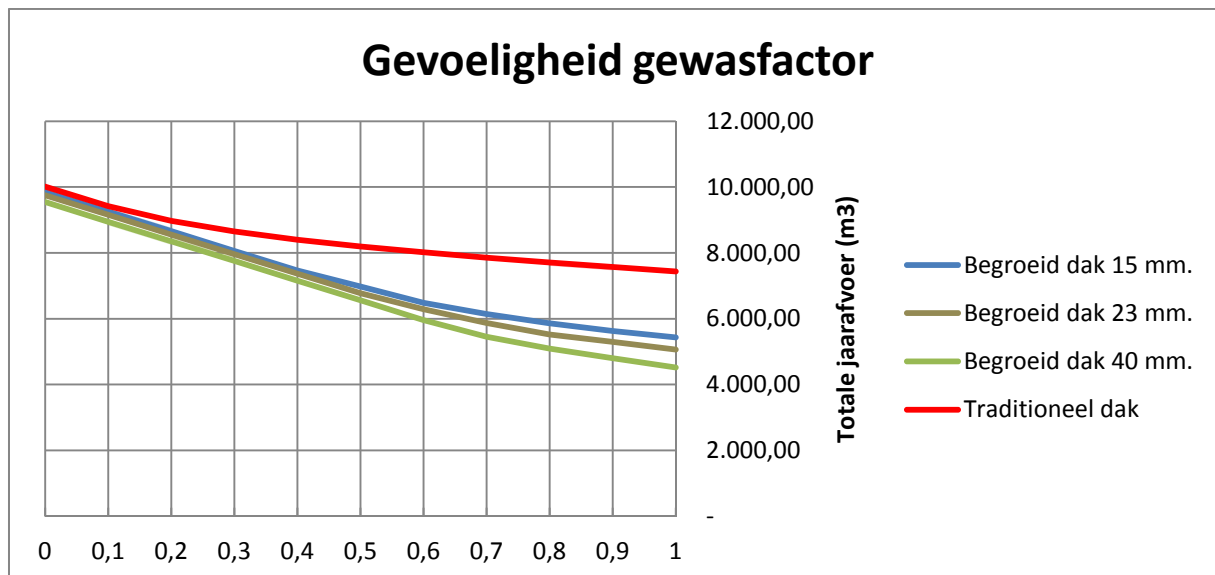
De verdamping is de bepalende factor als het gaat om de berging van een begroeid dak. Wanneer de berging maximaal is kan deze alleen maar minder worden door de verdamping. De hoeveelheid verdamping is afhankelijk van veel factoren. Deze factoren speelde geen rol in deze modellering aangezien de waardes zijn gebruikt die het KNMI heeft gemeten. Dit is de maximale verdamping die plaats kan vinden vanuit openwater. Omdat het water op een begroeid dak geen open water is, het zit in het substraat, is er gebruik gemaakt met een gewasfactor.

Hieronder in figuur 8 verdamping is een grafiek weergegeven met daarin de verdamping en neerslag. Met de groene lijn is de verdamping van een begroeid dak met een berging van 40 mm., met de rode lijn de verdamping van een traditioneel dak. Uit deze grafiek kan geconcludeerd worden dat begroeide daken wel degelijk een positief effect hebben op het stedelijk watersysteem. In de zomer maanden is er een groot verschil tussen de afvoer van traditionele daken en begroeide daken. In de wintermaanden is dit verschil kleiner dit komt omdat in de wintermaanden minder verdamping optreedt en hierdoor de begroeide daken minder capaciteit hebben om water te bergen.



FIGUUR 8 VERDAMPING

Omdat verdamping een van de parameters is die verandert kunnen worden is hier een gevoeligheidsanalyse voorgedaan. Hieronder in figuur 9 gevoeligheid gewasfactor is weergegeven wat eruit is gekomen. Uit deze grafiek kan geconcludeerd worden dat des te meer berging er kan plaatsvinden op het dak des te groter het effect van de gewasfactor is.



FIGUUR 9 GEVOELIGHEID GEWASFACTOR.

Excel - stedelijk niveau

In deze paragraaf wordt gekeken wat het effect is van begroeide daken als men tuinen en groen mee modelleren. Dit vraagstuk is bijbevoegd aangezien dit mij opviel bij het SOBEK model van Gemeente Rotterdam. Ik stelde hierbij de vraag waarom deze niet waren mee genomen en het antwoord luidde:

‘Dit wordt nooit meegenomen in de modellering want in de tuinen van de mensen zijn geen afvoerputten aanwezig en dit stroomt ook niet af op het verharde oppervlak kortom het model ‘klopt’. Hierna is aangegeven dat tuinen, vooral voortuinen, vaak wel afstromen naar het verharde oppervlak en dit water toch de riolering in komt. Maar hier was geen antwoord op. Het is dus de gedachtegang dat deze oppervlaktes geen effect hebben die veranderd moet worden.

Er is onderzocht wat het percentage is van het dak afvoer op de totale afvoer. Hieronder in tabel 10 afvoer stedelijk gebied zijn de totale jaarafvoeren weergegeven in de verschillende situaties.

Totale afvoer (m3)	Traditioneel dak	begroeid dak 15	Begroeid dak 23	Begroeid dak 40
Situatie zonder tuin en groen	22.248	19.788	19.557	19.300
Situatie met tuin en groen	28.812	24.994	24.757	24.505

TABEL 10 AFVOER STEDELIJK GEBIED.

In de situatie dat men de tuinen en groen niet mee modelleren blijkt dat door begroeide daken er een maximale reductie is van $1 - (19300/22248) = 13\%$. Hieruit blijkt dus dat 13% minder hemelwater hoeft te worden afgevoerd naar de rioolwaterzuivering. Daarnaast heeft begroeide daken als effect dat het piekafvoeren vertraagd en soms helemaal kan bergen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat begroeide wel degelijk enkele positief effecten heeft op het stedelijk watersysteem.

Maar in de huidige situaties worden tuinen en groene oppervlaktes vaak niet mee gemodelleerd. Hierdoor wordt er een situatie gemodelleerd die positiever uitpakt dan dat deze in werkelijkheid is. Om dit onderzoek zo reëel mogelijk te maken is besloten om dit te onderzoeken. Uit berekeningen blijkt dat wanneer men de tuinen (80% verhard oppervlakte) en groene oppervlaktes wel mee berekend er bijna 30% ($28.812/22.248$) meer wordt afgevoerd in een geheel jaar! Hieruit kan dus geconcludeerd worden dat de maatregel begroeide daken minder effect heeft op de totale jaarafvoer als de maatregel dat de tuinen niet meer verhard mogen worden. Dit resultaat toont aan dat gemeentes en Waterschappen zich niet alleen moeten focussen op het creëren van extra berging e.d. maar ook hoe haar bewoners haar tuinen inricht want dit is wel degelijk belangrijk!

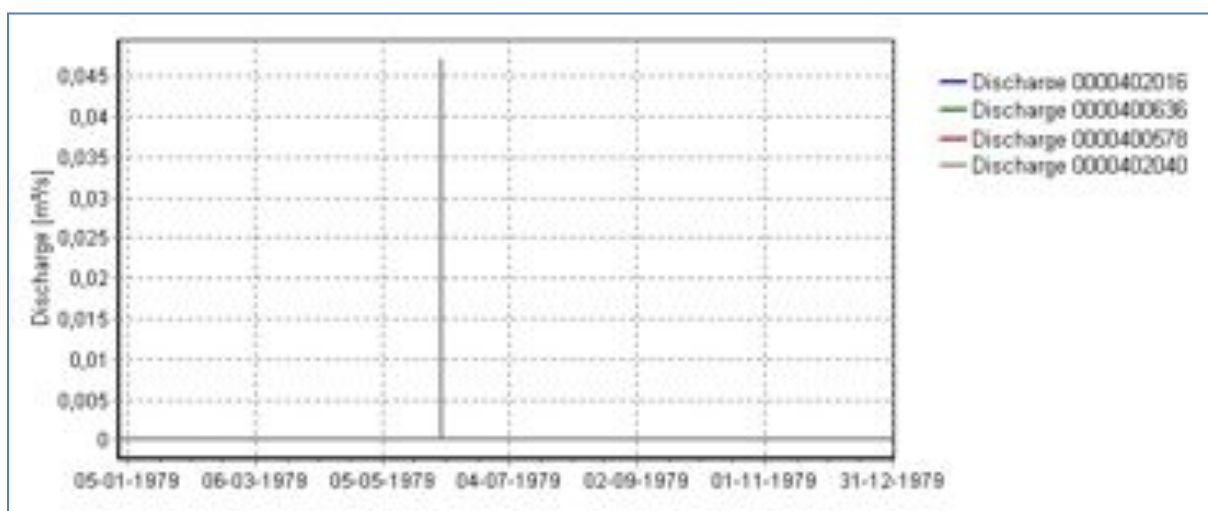
SOBEK

In deze subparagraaf zijn de resultaten van SOBEK weergegeven.

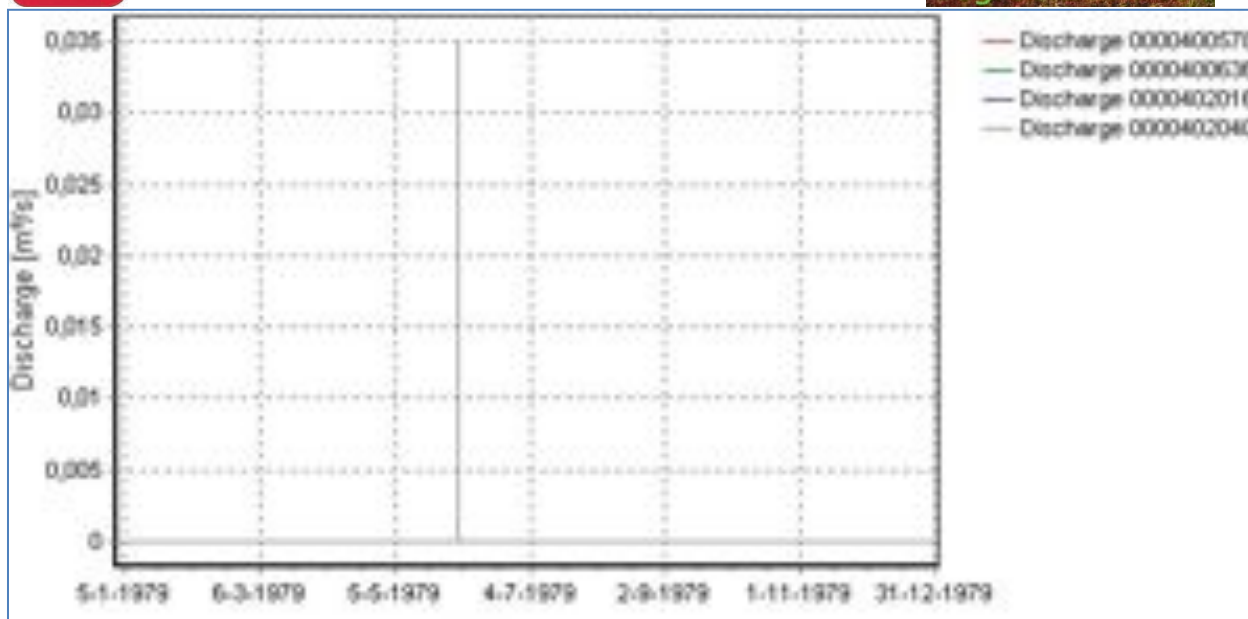
Frequentie overstorten:

Er zijn verschillende situaties doorgerekend, bij elk van deze situaties heeft 1 overstort plaats gevonden. Hierin is er dus geen verschil tussen traditionele daken en begroeide daken. Maar er is wel een verschil in het debiet van deze overstorten. In figuur 10 overstort traditioneel dak is het debiet weergegeven van het scenario met alleen traditionele daken. Het hoogste debiet dat heeft plaats gevonden in deze situatie is $0,045 \text{ m}^3/\text{s}$. In figuur 11 overstort begroeide daken 40 mm. is te zien dat hoogste debiet in deze situatie $0,035 \text{ m}^3/\text{s}$.

In beide figuren is het debiet (y-as) ten opzichte van de tijd (x-as) weergegeven. Het verschil tussen de situatie met traditionele daken en begroeide daken betreft in deze situatie $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ($0,045 \text{ m}^3/\text{s} - 0,035 \text{ m}^3/\text{s}$). De functies in de grafiek zijn de verschillende overstort locaties, deze staan weergegeven in figuur 12 watersysteem. De grafieken van de situaties begroeid 15 mm en begroeid 23 mm. berging zijn weergegeven in Bijlage VI resultaten SOBEK.



FIGUUR 10 OVERSTORT TRADITIONEEL DAK



FIGUUR 11 OVERSTORT BEGROEIDE DAKEN 40MM.

Water op straat

Water op straat kan onderverdeeld worden in drie verschillende gradaties namelijk:

- Hinder, met een duur van 15-30 minuten
- Ernstig hinder, met een duur van 30-120 minuten
- Overlast, materiële schade en ernstige belemmering van verkeer. (Stichting RIONED 2006)

Uit de berekening van alle doorberekende situaties blijkt dat er geen water op straat plaatsvindt. Dit betekent dat de riolering in de huidige situatie genoeg capaciteit heeft om het water af te voeren.

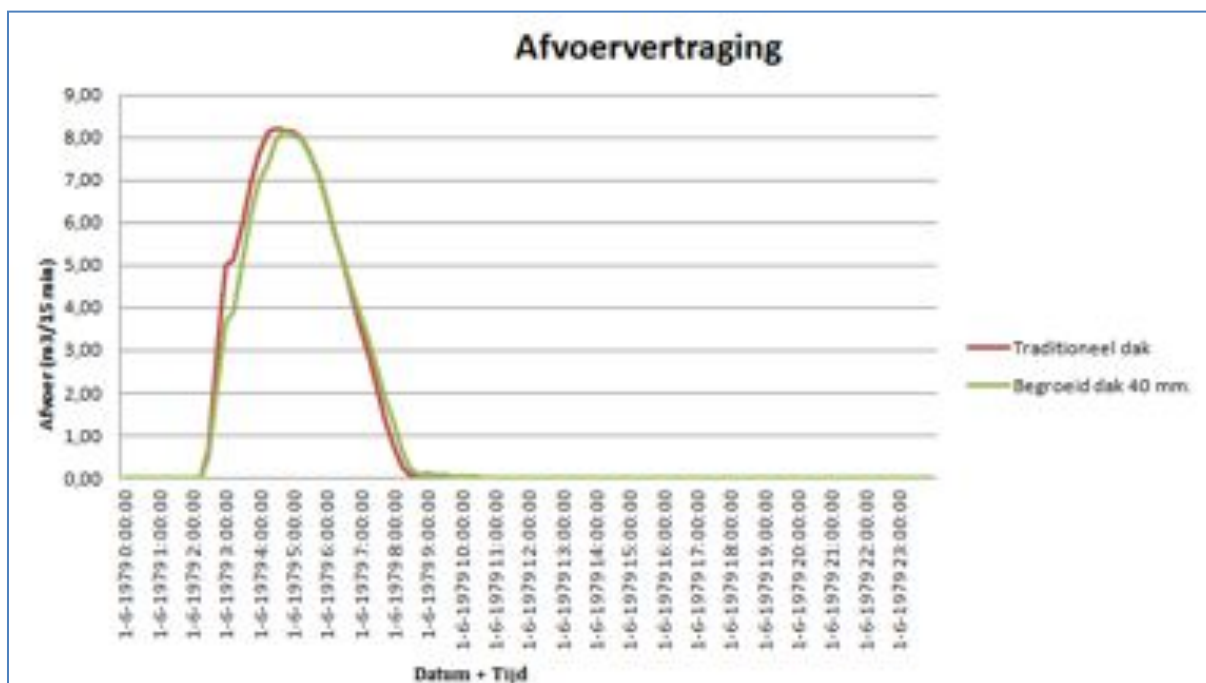
Afvoervertraging

Afvoervertraging kan op twee verschillende manieren worden bekeken hieronder worden de verschillen besproken.

Afvoervertraging 1: Een begroeid dak kan meer water bergen dan een traditioneel dak. Door deze buffering voert een begroeid dak trager af dan een traditioneel dak. Dit verschil wordt afvoervertraging genoemd. Dit is behandeld tijdens de Excel berekeningen.

Afvoervertraging 2: Wanneer op een begroeid- en traditioneel dak geen buffering meer kan plaatsvinden zal een begroeid dak iets meer vertraging hebben. Dit verschil is maximaal enkele minuten (Vergroesen 2012). Doordat het SOBEK programma data wegschrijft per 5 min is het bijna niet mogelijk om dit verschil te zien.

Hieronder in figuur 12 grafiek afvoervertraging SOBEK is een grafiek getoond met daarin het verschil tussen een traditioneel dak en een begroeid dak. De situatie met begroeide daken voert iets minder af op de top en voert deze ook iets vertraagd af. Dit klopt ook aangezien een begroeid dak maar enkele minuten vertraagd wanneer deze verzadigd is.



FIGUUR 12 GRAFIEK AFVOERVERTRAGING SOBEK

Hierboven in figuur 12 grafiek afvoervertraging SOBEK is een willekeurige dag gekozen om dit aan te kunnen tonen. Dit aangezien het onmogelijk is om in dit onderzoekstraject het gehele jaar te onderzoeken.

4. DISCUSSIE

In dit hoofdstuk zijn de methode en de resultaten van het onderzoek bediscussieerd.

Discussie Literatuuronderzoek

Voor het vinden van de juiste literatuur is gezocht via bepaalde sites en zoekwoorden. De kans is hierdoor aanwezig dat 'goede' literatuur over het hoofd is gezien of dat deze in een andere taal als Engels of Nederlands zijn geschreven. Om dit zoveel mogelijk te voorkomen heb ik tijdens mijn gehele afstuderen af en toe de tijd genomen om op zoek te gaan naar nieuwe bronnen en literatuur.

Tijdens dit onderzoek zijn er alleen bronnen gebruikt die in het Nederlands en Engels zijn geschreven. Informatie die in andere talen geschreven zijn, zijn niet in dit onderzoek meegenomen.

Veel bedrijven en literatuur verwijzen naar de Duitse (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. 2008). Deze richtlijnen zijn van 2008 en er zijn veel ontwikkelingen plaats op het gebied van waterberging en vertraging dus wellicht is deze bron niet meer geldig.

Discussie Methode

Verdamping: De verdamping gegevens die zijn gebruikt waren de dagwaarden van 1979. Er is uit gegaan dat er 24 uur per dag verdamping plaatsvindt. In de praktijk blijkt dat dit gemiddeld over het jaar van 07:00 tot 19:00 is. Daarnaast is er met de modellering uit gegaan dat wanneer er neerslag is er geen verdamping optreedt. In praktijk zal der op die moment wel degelijk een kleine hoeveelheid verdamping zijn.

De gewasfactor van een begroeid dak is niet bekend maar hier moet wel mee gerekend worden. Onderzoek van (Metselaar 2012) wijst uit dat deze factor tussen de 0,8 en 0,9 ligt. Met de berekening is uit gegaan van 0,85 maar deze zou dus anders kunnen zijn. Des te groter de berging is op begroeide daken des te gevoeliger dit eindresultaat is.

Bij de SOBEK modellering is uitgegaan van een afvloeit vertraging coëfficiënt van 0,3 (Vergroessen, Effectiviteit van groene daken, wadi's en It-riolen 2012). Omdat deze coëfficiënt lastig vast te stellen is aangezien veel factoren hier een rol spelen. Deze onzekerheid heeft wel invloed op het eindresultaat maar de conclusies die uit de resultaten getrokken zijn zullen dit niet veranderen.

Bij de Excel modellering van het effect op stedelijk niveau is er vanuit gegaan dat 80% van de tuinen verhard zijn en deze afvoeren op de riolering. Van de overige 20% is uitgegaan dat deze infiltreert. Er was geen specifieke informatie over de percentages, deze zijn afgeleid vanuit luchtfoto's die verkregen zijn via Gemeente Rotterdam. Omdat hierop niet goed te zien was hoeveel het percentage precies was is dit percentage naar boven afgerond om zo er voor te zorgen dat het effect niet 'negatief' meer kon uitvallen. Hierdoor is het resultaat niet heel gevoelig voor deze aanname.

Discussie Resultaten

De berekening van effect op stedelijk gebied toont als uitkomst dat het herinrichten van tuinen, zonder betegeling, een groter effect heeft op het stedelijk watersysteem als begroeide daken. Echter is hier alleen maar gekeken naar de totale jaar afvoeren en niet naar de piekafvoeren wat ook belangrijk is. In vervolgonderzoek zou dit onderzocht moeten worden.

De resultaten die verkregen zijn vanuit SOBEK zijn data per 5 min. Wanneer een begroeid dak en een traditioneel dak beide volledig gevuld zijn is er een verschil in afvoervertraging van enkele minuten (Vergroesen 2012). Doordat SOBEK data wegschrijft per 5 min. Is het verschil hiertussen niet te meten in deze situatie. Om dit te berekenen moet data in een kleiner tijdstap weggeschreven worden.

De werkconferenties zijn mede gebruikt voor kwaliteitscontrole van de producten. Hierbij hing de controle af van de aanwezige mensen, verkregen feedback en specialisme. Op verschillende werkconferenties waren niet alle partijen aanwezig waardoor er wellicht goede feedback verloren is gegaan. De wijze van kwaliteitscontrole tijdens deze werkconferenties ging via twee manieren. Allereerst presenteerde ik mijn resultaten en bevindingen met behulp van een presentatie aan de groep aanwezige tijdens de presentatie was de eerste mogelijkheid tot feedback. Wat volgde was dat ik aan een tafel ging zitten en hier verschillende mensen met specialisme op het gebied van waterberging en watervertraging hierbij kwamen zitten. Tijdens deze besprekingen stonden mijn resultaten en bevindingen centraal en werden deze besproken. Deze werkconferenties hebben er zeker voor gezorgd dat de kwaliteit van dit onderzoek omhoog is gegaan.

5. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk worden de conclusies en aanbevelingen beschreven. Tevens worden hier de hoofd- en deelvraag beantwoord.

Literatuuronderzoek:

De bijbehorende deelvragen bij het literatuuronderzoek staan hieronder weergegeven.

1. Welke kennis van water buffering op begroeide daken is er aanwezig in de wereld?
 - a. En is deze kennis bruikbaar in Nederland?
 - i. Indien dit niet het geval is, zijn deze gegevens aan te passen zodat deze in Nederland gebruikt kunnen worden?
2. Welke kennis van water afloei-vertraging op begroeide daken is er aanwezig in de wereld?
 - a. En is deze kennis bruikbaar in Nederland?
 - i. Indien dit niet het geval is, zijn deze gegevens aan te passen zodat deze in Nederland gebruikt kunnen worden?
3. Hoe kunnen deze gegevens gevalideerd worden naar riolering- en oppervlaktewater modellen?

In de wereld is veel informatie beschikbaar over begroeide daken. Vooral op het gebied van waterberging zijn er talloze beweringen gedaan. De Duitse (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. 2008) wordt door veel bedrijven en landen gezien als DE richtlijnen op het gebied van begroeide daken. De waterbuffering gegevens die hierin staan weergegeven zijn dan ook gebruikt in deze rapportage. Alleen moet wel rekening gehouden worden dat deze waardes de maximale waardes zijn.

Op het gebied van watervertraging door middel van begroeide daken zijn ook veel onderzoeken gedaan in de wereld. Het punt hierbij is dat de uitkomsten van deze onderzoeken vaak zeer verschillend zijn. Dit komt mede doordat er veel factoren een rol spelen bij de watervertraging.

Modellering:

Bijbehorende deelvragen:

1. Welke modellen worden er hedendaags gebruikt voor de riolering- en oppervlakte water
2. In de huidige situatie worden tuinen en groen niet mee gemodelleerd, waarom?
3. Kunnen begroeide daken in de huidige riolering- en oppervlaktewater gemodelleerd worden, en zo ja hoe?

Er zijn verschillende modellen waarmee het stedelijk watersysteem doorgerekend kan worden. Het meest gebruikte model in Nederland is SOBEK. Maar ook programma's als MOUSE en InfoWorks worden in Nederland gebruikt. Gekozen is om de modellering in SOBEK te doen aangezien hier de mogelijkheden voor waren.

In de huidige modellering worden tuinen en groen oppervlaktes soms niet mee gemodelleerd. De reden hiertoe is omdat dit al jaren niet gebruikelijk is en deze gedachtegang wordt voortgezet. Uit de Excel berekeningen blijkt dat deze oppervlaktes wel degelijk effect hebben op de totale afvoer van het gebied. De winst die er te behalen valt in het Witte dorp is op de totale

jaar afvoer 13%. Maar doordat bewoners haar tuinen bestraten wordt er 23% 'verloren'. Hierdoor kan de maatregel om tuinen weer 'groen' te maken in plaats van verhard oppervlak meer effect hebben als begroeide daken op stedelijk niveau.

Begroeide daken kunnen ingepast worden in de huidige riolering- en oppervlakte water modellen. Om het geheel zo generiek mogelijk te maken is er besloten om dit in te voeren door middel van een Excel bestand.

Hoofdvraag:

Hoe kan de kennis van waterbuffering en water afloei vertraging van extensief begroeide daken ingezet worden in modellen die capaciteit van oppervlakte water en capaciteit van rioleringen berekenen?

De eigenschappen van begroeide daken kunnen ingepast worden in de huidige modellen. In het geval van SOBEK kunnen deze direct ingevoerd worden maar om het geheel generiek te maken is besloten om begroeide daken eerst in Excel te modelleren. Via dit Excel bestand kunnen begroeide daken in andere modellen worden ingepast.

Aanbevelingen:

Tuinen en groen oppervlak moeten mee worden genomen in de modellering van stedelijk gebied. Wanneer dit is gebeurd kunnen begroeide daken ook worden ingepast in de modellering en komt er een beter resultaat uit.

Er moet verdiepend onderzoek gedaan worden naar de watervertraging van groene daken. Op dit moment is de informatie nog te divers om hier een afvloeï coëfficiënt aan te hangen. Dit is wel gedaan in de modellering omdat anders het onderzoek vast loopt.

Er moet verdiepend onderzoek gedaan worden naar de gewasfactor(en) van een begroeid dak. Op dit moment wordt gezegd dat deze tussen de 0,8 en 0,9 ligt maar dit moet per begroeid dak vastgesteld worden.

Er is geen eenduidige informatie bron wat betreft begroeide daken. Dit is best logisch want de onderzoeken zijn veelal onder totaal verschillende omstandigheden uitgevoerd. In de Duitse (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. 2008) staan richtlijnen die wereldwijd gebruikt worden. De omstandigheden waarbij deze zijn getest zijn vergelijkbaar met de Nederlandse situatie. Maar een aanbeveling om dit onderzoek te verbeteren is om per groen dak te testen wat de daadwerkelijke waterberging, watervertraging en gewasfactor is.

Om het effect van begroeide daken op stedelijk gebied te kunnen vast stellen is er meting nodig. Voordat deze meting plaatsvindt moet er een nul meting van dit gebied zijn geweest. Door de uitkomsten van deze resultaten te vergelijken kan het effect van begroeide daken op stedelijk gebied worden vastgesteld en dit tevens in modellen worden toegepast.

Wanneer men het effect van begroeide daken in de toekomst wil weten op het stedelijk watersysteem is het ook van belang dat gerekend wordt met toekomstige buien. In dit onderzoek was het van belang wat effect van begroeide daken is over een geheel jaar gezien vandaar dat hier gekozen is voor een neerslagreeks uit het verleden.

6. VERKLARENDE WOORDENLIJST

- **Bui08** – is een neerslagbui met een herhalingstijd van twee jaar. (RIONED sd)
- **Waterbuffering** – Het bergen van water op een bepaald oppervlak. (Wagemaker, Waterbuffering 2012)
- **Waterafvloei-vertraging** – De hoeveelheid neerslag dat later afgevoerd wordt. (Wagemaker, Begroeide Daken sd)
- **Model** – is een beschrijving van een systeem. (Universiteit van Amsterdam 2012)
- **DufLOW** – is een functioneel model voor het berekenen van waterbeweging van oppervlaktewateren. (MNP 2002)
- **Extensief Begroeid dak** – Begroeid dak met extensief beheer. (Ravesloot en Teeuw, Begroeide daken na 2010 2011)
- **Fijnstof** – luchtverontreiniging bestaande uit in de lucht zwevende deeltjes kleiner dan 10 micrometer (Ravesloot en Teeuw, Begroeide daken na 2010 2011)
- **Herhalingstijd** – gemiddelde tijdsinterval waarin (hydrologische) gebeurtenissen een bepaalde grenswaarde overschrijden (ENCYCLO 2012)
- **Monitoringgebied** – Gebied waarbij de effecten gemeten worden.
- **Mouse** – Stedelijk rioleringsmodel (DHI Inc. 1999)
- **Nutriënten** – Fosfor-, stikstof-, kalium- en siliciumverbindingen worden in de biologie meststoffen of nutriënten genoemd. Het zijn de bouwstoffen in de natuur. Planten gebruiken ze om eiwitten te maken waardoor ze kunnen groeien. (ENCYCLO 2012)
- **Overstort** – Situatie waarin rioolwater op het oppervlaktewater wordt geloosd. Dit vindt plaats wanneer het riool door teveel neerslag niet al het rioolwater kan verwerken. (ENCYCLO 2012)
- **SOBEK model** – is een numeriek programma voor het simuleren van waterbeweging, sedimentbeweging, waterkwaliteit en zoutbeweging in 1 dimensie in geschematiseerde open waterlopen (Rijksoverheid 2012)
- **Substraatlaag** – Grondlaag; Voedingslaag van begroeide daken (ENCYCLO 2012)
- **Thermisch** – met betrekking tot warmte. (ENCYCLO 2012)
- **Urban Heat Island Effect** – Thermiek van warme lucht boven stedelijke omgeving (Ravesloot en Teeuw, Begroeide daken na 2010 2011)
- **Validatie** – Controleren van een waarde of methode. (ENCYCLO 2012)
- **Winderosie** – Het wegwaaien of verstuiwen van grond. (ENCYCLO 2012)
- **Event** – Een event is een tijdstap waarin buien vallen (Vergroesen 2012)
- **Duikers** – Een duiker is civieltechnisch kunstwerk. Het is een kokervormige constructie, gelegen in wegen of toegangsdam, die is bedoeld om wateren met elkaar te verbinden. Bij een duiker wordt in principe de bodem van de watergang onderbroken, dit in tegenstelling tot een brug. (Wikipedia 2012)
- **Parameter (s)** – Waarde die ofwel verplicht ofwel optioneel dient meegegeven te worden aan een functie zodat een opdracht uitgevoerd wordt. (Computerwoorden.nl 2012)
- **Maaiveld** – is het grensvlak tussen de ondergrond en de lucht. Dit niveau variërend in hoogte en kan in Nederland boven of onder N.A.P. liggen. (DINOloket 2011)
- **Maaiveldhoogtekaart** – kaart met de daarbij behorende maaiveldhoogtes. (Wagemaker, Begroeide Daken sd)
- **GIS** – Geografisch Informatie Systeem (interactieve kaarten). (www.geodan.nl 2012)
- **ArcView** – is een programma waarmee u kaarten kunt tekenen en opmaken, ruimtelijke analyses kunt doen en uw werkprocessen vastleggen en automatiseren. (www.geodan.nl 2012)

7. BIBLIOGRAFIE

AHN. *AHN Viewer*. 2012. <http://www.ahn.nl/viewer> (geopend 05 19, 2012).

Alfred Diem, Wolfgang Ansel. *Integratives Regenwassermanagement am Beispiel des Baugebiets "Hohlgrabenäcker" in Stuttgart-Zuffenhausen*. Stuttgart, 2010.

Anna Palla, Ilaria Gnecco, Luca G. Lanza. „Hydrologic Restoration in the Urban Environment Using Green.” *Water*, 2010: 15.

ANP. *Rotterdam investeert extra in groene daken*. 15 11 2010.
<http://www.ad.nl/ad/nl/1038/Rotterdam/article/detail/1902574/2010/11/15/Rotterdam-investeert-extra-in-groene-daken.dhtml> (geopend 04 14, 2012).

Ansel, Wolfgang, geïnterviewd door Senny Wagemaker. *Effect begroeide daken op stedelijk niveau* (27 03 2012).

B.A. Currie, B. Bass. „Using Green Roofs to Enhance Biodiversity in the City of Toronto.” Toronto, 2010, 47.

Casey Trees and LimnoTech. *The Green Build-out Model: Quantifying the Stormwater Management Benefits of Trees and Green Roofs in Washington, DC*. Washington DC: Casey Trees and LimnoTech, 2007.

Casey Trees Endowment Fund and Limno-Tech, INC. *Re-Greening Washington, DC*. Washington, DC: Casey Trees Endowment Fund and Limno-Tech, INC., 2005.

Climate Protection Partnership Division. *Reducing urban heat Islands*. United States: Climate Protection Partnership Division.

CNT. *The value of green infrastructure*. Chicago: U.S. Environmental protection agency's. , 2010.

Columbia University. *Stormwater Retention for a Modular Green Roof Using Energy Balance Data*. New York: Columbia University, 2011.

Computerwoorden.nl. *Parameter*. 2012. <http://www.computerwoorden.nl/direct--25551--Parameter.htm> (geopend 08 01, 2012).

Deelgemeente Delfshaven Rotterdam. *Wijkanalyse t.b.v. integraal wijkactieprogramma 2011*. Rotterdam: Gemeente Rotterdam, 2011.

Deltares. *Sobek Suite*. 13 07 2012.
<http://www.deltares.com/hydro/product/108282/sobek-suite>.

DeNardo, J. C., A. R. Jarrett, H. B. Manbeck, D. J. Beattie, en R. D. Berghage. „Green roofs: A stormwater BMP.” 2005: 9.

Department of Economics. *UFZ*. Leipzig: Department of Economics, 2005.

DHI Inc. *Hydrologic Modeling Inventory*. Treviso: DHI Inc., 1999.

DINOlloket. *Wat is het maaiveld*. 22 07 2011. <http://www2.dinoloket.nl/content/wat-het-maaiveld> (geopend 08 01, 2012).

ENCYCLO. 2012. <http://www.encyclo.nl/> (geopend 05 07, 2012).

—. *Opzoeken; Substraat*. 07 05 2012. <http://www.encyclo.nl/begrip/substraat> (geopend 05 07, 2012).

Freek S., Mandema B. *Ecologische Daken - Daknatuur in de binnenstad van Groningen*. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen, 2008.

Gemeente Rotterdam. *Oud-Mathenesse/Witte dorp*. 2012. <http://www.rotterdam.nl/tekst:oudmathenessewittedorp> (geopend 07 30, 2012).

Gemeente Rotterdam. *SOBEK*. Rotterdam, 02 04 2012.

Getter, Kirsten L., Bradley D. Rowe, en Jeffrey A. Andesen. „Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention.” *ECOLOGICAL ENGINEERING*, 2007: 7.

Google. *Google Maps*. 2012. <https://maps.google.nl/> (geopend 07 10, 2012).

—. *Google Maps*. 2012. maps.google.com (geopend 06 27, 2012).

Greater Vancouver Sewerage & Drainage District. *Stormwater Source Control Design Guidelines*. Vancouver: Greater Vancouver Sewerage & Drainage District, 2005.

HafenCity. *Masterplan*. 2012. <http://www.hafencity.com/de/konzepte/die-basis-der-hafencity-entwicklung-der-masterplan.html> (geopend 02 21, 2012).

IFNet. *Infrastructure Development Institute IFNet Preparatory Unit, “Water in Rivers”*. 12 09 2002. <http://www.internationalfloodnetwork.org> (geopend 07 12, 2012).

IGRA. *Green Roofs - Bringing Nature Back to Town*. Berlijn: International Green Roof Association, 2009.

—. *Green Roofs Types*. 2012. http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php (geopend 04 14, 2012).

—. *Public Benefits*. 2012. http://www.igra-world.com/benefits/public_benefits.php (geopend 04 16, 2012).

Jeroen Mentens, Dirk Raes, Martin Hermey. „ScienceDirect.” *Floradak*. 13 05 2005. <http://www.floradak.be/downloads/eng.pdf> (geopend 02 02, 2012).

K.L.Getter, D.B.Rowe. „The role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development.” *HortScience*, 2006: `10.

klimateinfo. *Het klimaat van Hong Kong*. <http://www.klimateinfo.nl/hongkong/> (geopend 06 26, 2012).

KNMI. *Klimaat van de 21ste Eeuw*. . KNMI, 2006.

landenweb. *Hongkong*. 08 2011. <http://www.landenweb.net/hongkong/> (geopend 06 27, 2012).

M. Wanielsta, M. Hardin, M. Kelly. *A Comparative Analysis of Greenroof Designs Including Depth of Media, Drainage Layer Materials, and Pollution Control Media*. Florida: Stormwater Management Academy, 2008.

M.D. Hardin, M.P. Wanielsta. *A Water Quality Assessment of a Green Roof Stormwater Treatment Systems*. Florida: Stormwater Management Academy, 2006.

M.Wanielista, M.Hardin. *THE EFFECTIVENESS OF GREEN ROOF STORMWATER*. Florida: Stormwater Management Academy, 2007.

McDonald, D. *Stormwater Challenges, and the Rain Wise Toolbox of Solutions*. Seattle: Seattle Public Utilities, 2011.

Mesters, Carleen, geïnterviewd door Senny Wagemaker. (10 04 2012).

Mesters, Carleen. *Stroom en Onderstroom*, Wageningen.

Metselaar, Klaas, geïnterviewd door Senny Wagemaker. *Gewasfactor* (05 2012).

Metselaar, Klaas, geïnterviewd door Senny Wagemaker. *Gewasfactor* (28 06 2012).

MNP. *DUFLOW*. 02 12 2002.

[http://www.mnp.nl/modcat/versie3.1/rapportage/rapportage2.php?modelid\[1\]=164&showall=1](http://www.mnp.nl/modcat/versie3.1/rapportage/rapportage2.php?modelid[1]=164&showall=1) (geopend 05 07, 2012).

Moran, Amy Christine. *A North Carolina Field Study To Evaluate Greenroof Runoff Quantity, Runoff Quality And Plant Growth*. North Carolina: North Carolina State University, 2004.

neuts. *absolute druk*. 04 02 2011. http://www.neuts.nl/Duiken/absolute_druk.htm (geopend 06 27, 2012).

NIFV. „Gecoördineerde Regionale Incidentbeschrijdings Procedure.” *NIFV*. <http://www.nifv.nl/web/show/id=93512/contentid=580> (geopend 02 20, 2012).

Palla, Anna, Ilaria Gnecco, en Luca G Lanza. „Hydrological Restoration in the Urban Environment Using Green Roofs.” *Water*, 2010: 15.

PBWorks. *Crerar Benefit-Cost Analysis*. 2008.

<http://prairieecosystems.pbworks.com/w/page/18138774/Crerar%20Benefit-Cost%20Analysis> (geopend 04 14, 2012).

Pelzers, R. *Onderzoek naar de toepassing en gevolgen van groene daken in Arnhem*. Arnhem: Avans Hogeschool, 2008.

Ravesloot, C.M. „Classificatie implementatie technische eigenschappen begroeide daken.” Rotterdam, 2011.

Ravesloot, Christoph Maria, geïnterviewd door Senny Wagemaker. *Effect begroeide daken op stedelijk gebied* (2012).

Ravesloot, Christoph Maria, en Peter G. Teeuw. *Begroeide daken na 2010*. Amsterdam: Techne Press, 2011.

Ravesloot, Christoph Maria, en Peter Teeuw. *Begroeide daken na 2010*. Amsterdam: TechPress, 2011.

Rijksoverheid. *Wat is de relatie met SOBEK*. 2012.

http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/water_en_ruimte/baseline/meest_gestelde/@22088/sobek/ (geopend 04 11, 2012).

—. *Wat is de relatie met SOBEK*. 2012. http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/water_en_ruimte/baseline/meest_gestelde/@22088/sobek/ (geopend 05 07, 2012).

RIONED. *Leidraad Riolerings Modelu C2100*. RIONED.

RotterdamClimateInitiative. *Groene daken in Rotterdam*. 2012.

http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/nl/100_klimaatbestendig/projecten/groene_daken_in_rotterdam?portfolio_id=23 (geopend 07 30, 2012).

Scholz-Barth, Katrin. „Green Roofs: Stormwater Management From the top Down.” *Edcmag*, 2001: 10.

Schwarze, Reimund. *In the Aftermath of Dresden: New Directions in German Flood Insurance*. 4 2004. <http://ideas.repec.org/a/bla/geneva/v29y2004i2p154-168.html> (geopend 07 13, 2012).

sciencedirect. *Tsunami propagation scenarios in the South China Sea*. 2008.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1367912008001533> (geopend 06 26, 2012).

Simmons, Mark T, Brian Gardiner, Steve Windhager, en Jeannine Tinsley. „Green roofs are not created equal: the hydrologic and thermal performance of six different extensive green roofs and reflective an non-reflective roofs in a sub-tropical climate.” *Urban Ecosyst*, 2008: 10.

SpringerImages. 2006. http://www.springerimages.com/Images/Geosciences/1-10.1007_s10236-007-0123-4-0 (geopend 06 27, 2012).

Stamatelos, J. *Gardens in the Sky: Greening Cities with Green Roofs*. Utrecht: Universiteit Utrecht, 2012.

Stamatelos, Jennifer. *Gardens in the sky: Greening cities with green roofs*. Utrecht: Universiteit Utrecht, 2012.

Stephenson, Ray. „Green Roofs.” *BioOne*, 2009: 3.

Stichting RIONED. *Stedelijke wateropgave: Vergelijking normen voor water op straat en inundatie*. Stichting RIONED, 2006.

Stuart R. Gaffin, Reza Khanbilvardi, Cynthia Rosenzweig. „Development of a Green Roof Environmental Monitoring.” *sensors*, 04 2009: 14.

Susan Moyle Studlar, Jerilynn E. Peck. „Extensive Green Roofs and Mosses: Reflections from a Pilot.” *BioOne*, 2009: 13.

T. Vergroesen, U. Man Joshi, N. C. van de Giesen, F. H. M. van de Ven. „High resolution rainfall – runoff.” *Hydrology and Earth System Sciences (HESS)*, 2010: 44.

T.L.Carter, T.C. Rasmussen. „Hydrologic behavior of vegetated roofs.” *American water resource association*, 2006: 14.

Tackett, T. *Stormwater and GSI - Setting the Stage*. Seattle: RainWise, 2011.

- TAUW. *Modelleren van water op straat*. Capelle: TAUW, 2007.
- TeeuwRavesloot. *Begroeide daken na 2010 - Afstemming van techniek, organisatie & maatschappelijk belang*. Amsterdam: Techne Press, 2011.
- United States Environment Protection Agency (EPA). *Green Roofs for Stormwater Runoff Control*. Pennsylvania: EPA, 2009.
- Universiteit van Amsterdam. *Object-Oriented Analysis*. 2012.
<http://hcs.science.uva.nl/CIM/2001-2002/colleges/ooa-1.pdf> (geopend 08 01, 2012).
- University of Florida. *Greenroofs/Eco-Roofs*. Florida: University of Florida, 2008.
- Utrecht, Stadswerken. *Groene daken en gevels in het stationsgebied*. Utrecht: Gemeente Utrecht, 2008.
- Van Woert, Nicholaus D., Bradley D. Rowe, Jeffrey A. Andresen, Clayton L Rugh, Thomas R Fernandez, en Lan Xiao. „Green roof stormwater retention: Effects of roofs surface, slope and media depth.” *Journal of Environment Quality*, 2005: 9.
- Vergroesen, Toine, geïnterviewd door Senny Wagemaker. *Afvoer vertraging* (12 06 2012).
- Vergroessen, Toine, geïnterviewd door Senny Wagemaker. *Effect Stedelijk gebied* (06 2012).
- Vergroessen, Toine. *Effectiviteit van groene daken, wadi's en It-riolen*. Delft: Deltares, 2012.
- Vergroessen, Toine, Man U Joshi, N C van de Giessen, en F H.M. van de Ven. „High resolution rainfall - run off measurement setup for green roof experiments in a tropical environment.” *Hydrology and earth system sciences discussions*, 2010: 22.
- Vlaamse Milieumaatschappij. *Onderdelen van een groen dak*. 2012.
<http://www.vmm.be/water/waterwegwijzerbouwen/hemelwater/groendak/onderdelen-van-een-groendak> (geopend 04 18, 2012).
- Wagemaker, Senny. *Begroeide Daken*. Wageningen.
- . „Waterbuffering.” Middelharnis, 01 08 2012.
- Wagner, Reimund Schwarze and Gert G. *Flood Catastrophe in*.
http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.360130.de/diw_eb_2002-09-4.pdf (geopend 07 13, 2012).
- Wavin. *Binnenriolering Hemelwaterafvoer*. 10 2007.
<http://www.walravenbv.com/img/pdf/Wavin-handboek-HWA.pdf> (geopend 05 01, 2012).
- Wikipedia. *Duikers*. 2012. [http://nl.wikipedia.org/wiki/Duiker_\(kunstwerk\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Duiker_(kunstwerk)) (geopend 08 01, 2012).
- . *Witte dorp Rotterdam*. 2012. (geopend 30 07, 2012).
- . *Witte dorp Rotterdam*. 2012. [http://nl.wikipedia.org/wiki/Witte_Dorp_\(Rotterdam\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Witte_Dorp_(Rotterdam)) (geopend 07 30, 2012).
- www.geodan.nl. *ArcGIS Desktop*. 2012. <http://www.geodan.nl/producten/desktop-software/arcgis-desktop/> (geopend 08 01, 2012).

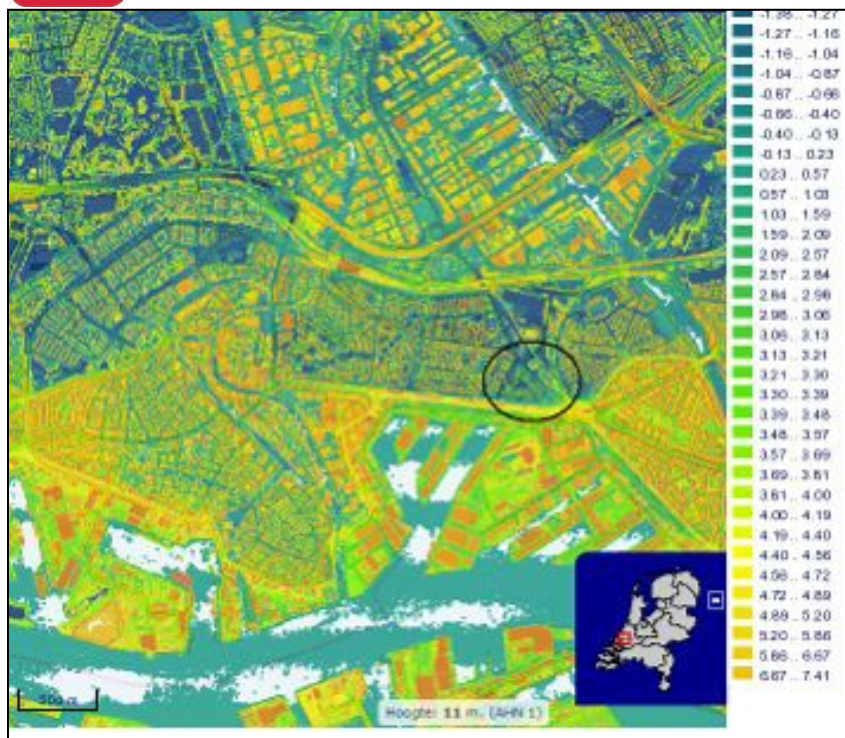
BIJLAGE I: WATERSYSTEEM WITTE DORP.

In figuur 12 watersysteem zijn de waterkunstwerken van het bemaling gebied Oud-mathenesse weergegeven. Met blauw zijn de overstort locaties en met rood is het gemaal weergegeven.

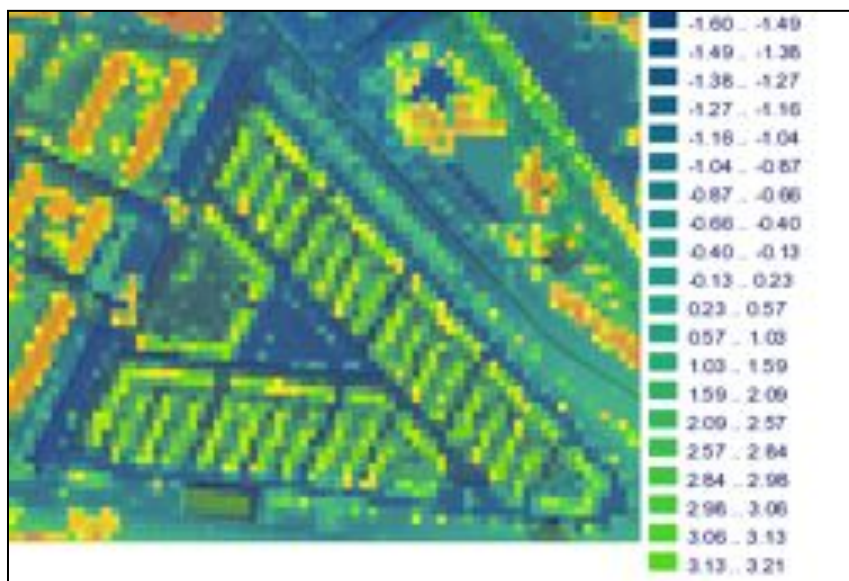


FIGUUR 13 WATERSYSTEEM

In figuur 13 Maaiveldhoogte kaart Rotterdam is met het zwarte rondje het Witte dorp aangegeven. In figuur 14 Maaiveldhoogte kaart is ingezoomd op het Witte dorp.



FIGUUR 14 MAAVELDHOOGTE KAART ROTTERDAM (AHN 2012)



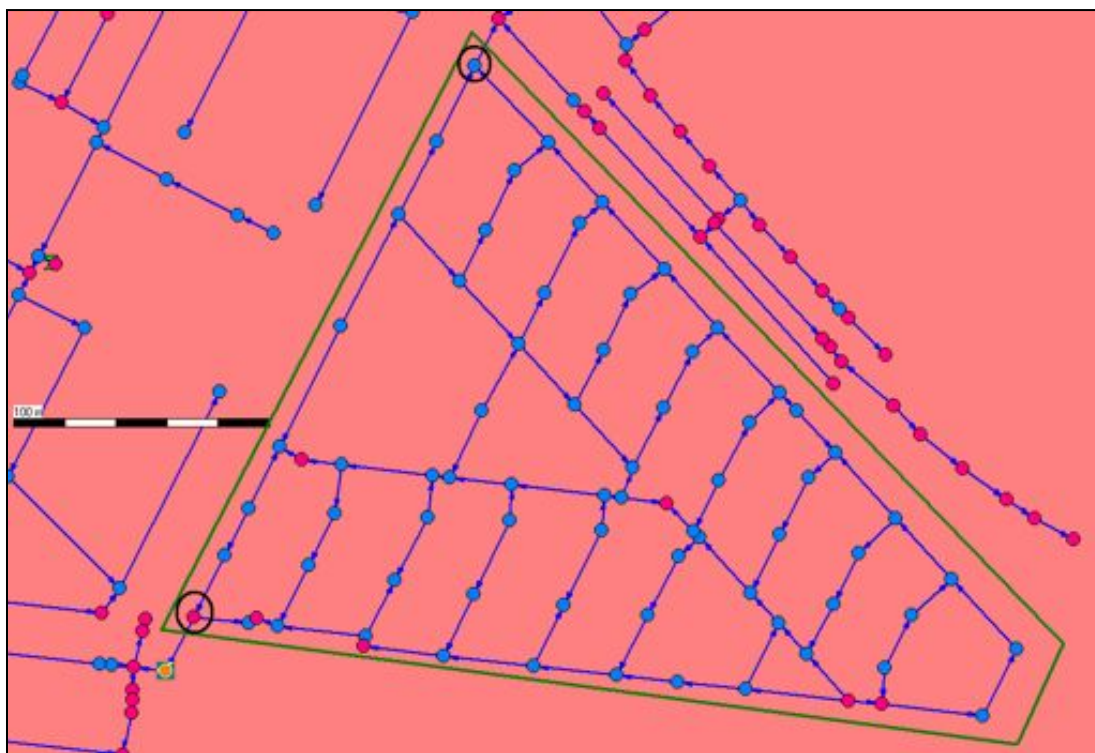
FIGUUR 15 MAAVELDHOOGTEKAART (AHN 2012)

BIJLAGE II: EISEN AAN SOBEK

In dit hoofdstuk wordt besproken welke parameters er nodig zijn om begroeide daken in het SOBEK model te krijgen. In de vorige hoofdstukken is besproken welke factoren van belang zijn met begroeide daken en nu moeten deze geïmplementeerd worden in het SOBEK model.

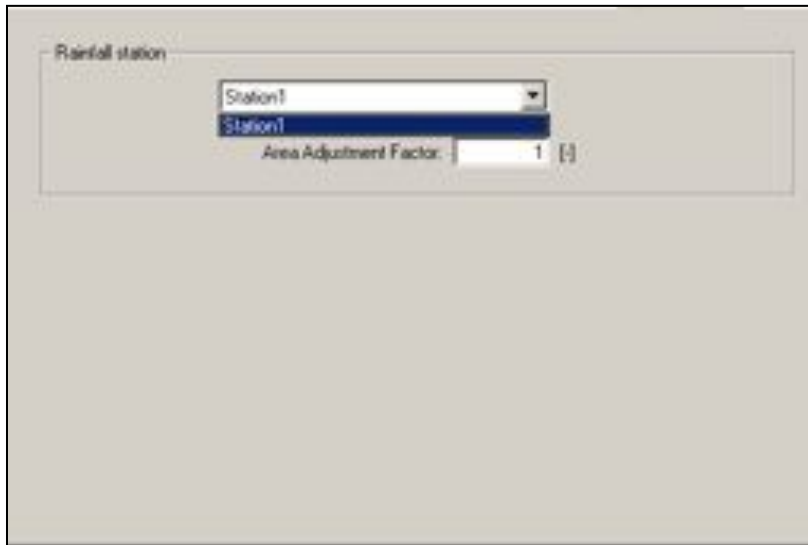
In SOBEK wordt gewerkt met 'nodes' en 'pipes'. Per node of pipe kunnen verschillende specificaties worden opgegeven, zoals het oppervlakte dat hierop afvoert en de hierbij behorende afvoercoëfficiënten en berging. De 'nodes' zijn de rondjes, blauw en paars, weergegeven in figuur 15 overzicht SOBEK. De lijnen die deze 'nodes' met elkaar verbinden zijn de 'pipes', met blauw weergegeven.

Het gebied dat hieronder binnen de groene lijnen is weergegeven is het Witte dorp in Rotterdam. Met zwart omcirkeld zijn de twee punten waar het water het gebied uit gaat.



FIGUUR 16 OVERZICHT SOBEK

Per gebied kan aangegeven worden welk rainfall station hiervoor gebruikt moet worden, dus welke neerslag data doorgerekend moet worden voor dit specifieke gebied. Dit is weergegeven in figuur 16 Meteo station hieronder.



Rainfall station

Station1

Area Adjustment Factor: 1 [-]

FIGUUR 17 METEO STATION

Afvoercoëfficiënt

Per gebied kan tevens een afvoercoëfficiënt worden gegeven. Hieronder in figuur 18 Afvoercoëfficiënt staat weergegeven hoe deze kan worden meegenomen met het modelleren.

[Common for all nodes of this type]

Parameter for runoff delay:

Runoff Coefficient [1/min]

Area type	Runoff type		
	With a slope	Flat	Stretched flat
Closed paved	0.5	0.2	0.1
Open paved	0.5	0.2	0.1
Roof	0.5	0.2	0.1
Unpaved	0.5	0.2	0.1

FIGUUR 18 AFVOERCOEFFICIENT

Berging

In figuur 19 berging is een invoerscherm weergegeven van de afvoercoëfficiënt van de berging. Ook hiervoor kan per node/gebied aangegeven worden wat de bepaalde berging is.

[Common for all nodes of this type]

Area storage

Surface storage per type, subdivided in delay of runoff:

Area type	Runoff type		
	With a slope	Flat	Stretched flat
Closed paved	0	0.5	1 (mm)
Open paved	0	0.5	1 (mm)
Roof	0	2	4 (mm)
Unpaved	2	4	6 (mm)

FIGUUR 19 BERGING

Infiltratie

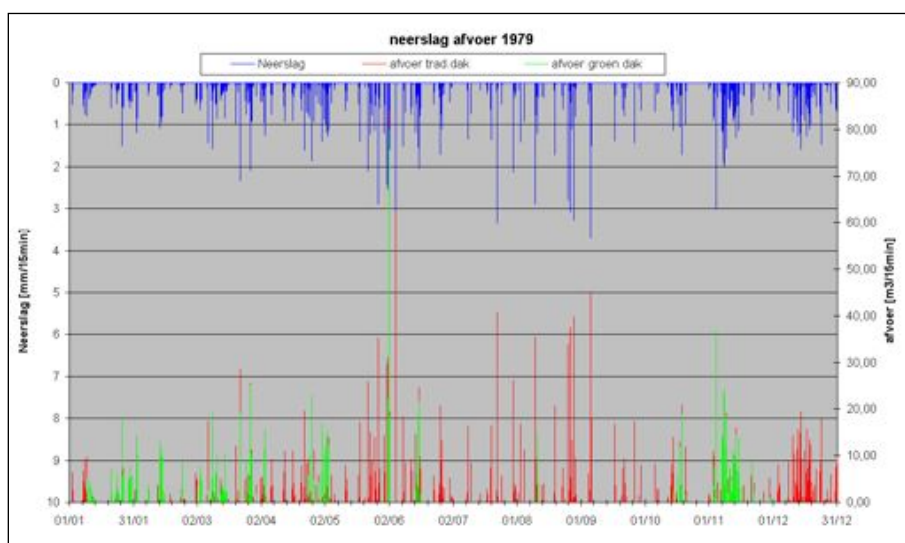
In deze paragraaf wordt weergegeven hoe infiltratie meegenomen kan worden in de modellering in SOBEK. De infiltratie van daken is logische wijs 0 aangezien hier geen infiltratie in de bodem plaats vindt. Maar bij andere oppervlakte, zoals onverhard oppervlak, speelt infiltratie wel degelijk een belangrijke rol.

Het verschil, in hoofdstuk 4 besproken, tussen een traditioneel dak en een begroeid dak is dat er op een begroeid dak meer berging is en het water vertraagd wordt afgevoerd. Deze beide parameters zijn aanwezig in SOBEK.

BIJLAGE III: RESULTATEN EXCEL

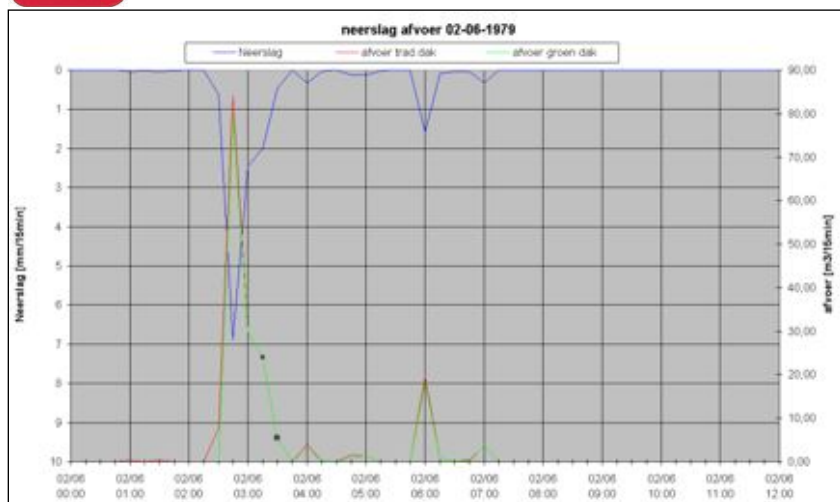
Traditioneel dak vs. Begroeid dak (15 mm)

Hieronder in figuur 19 Trad. Dak vs. Begroeid dak(15 mm) is der vergelijking gemaakt tussen een traditioneel dak en een begroeid dak met een berging van 15mm. De gekozen 15mm. Berging is de minimale berging waaraan een groen dak wil voldoen wanneer men subsidie wil verkrijgen voor een begroeid dak. Op een traditioneel dak is ook berging aanwezig (2mm). Tijdens de berekeningen wordt er niks aan het traditionele dak veranderd. Bij de berekeningen is nog geen rekening gehouden met de afvoercoëfficiënt dit komt wel aanbod tijdens de SOBEK berekeningen. Met blauw weergegeven in de onderstaande figuur is de neerslag die gevallen is.



FIGUUR 20 TRAD. DAK VS BEGROEID DAK (15MM)

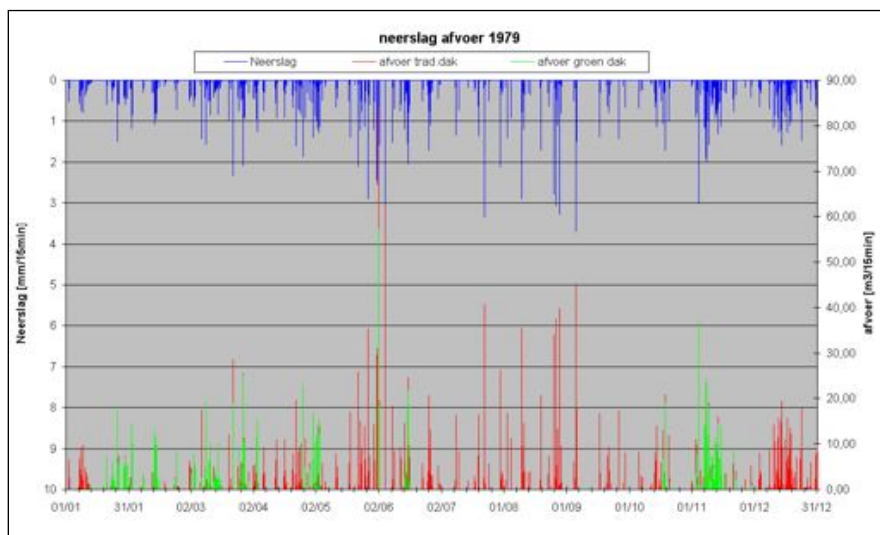
Hieronder in figuur 20 Trad. Dak vs. Begroeid dak (15 mm) zoom is de 2^{de} van juni weergegeven, deze dag is gekozen omdat er op deze dag een extreme bui heeft plaatsgevonden. De bui had een intensiteit van bijna 7mm in één kwartier. Wat opvalt is dat het begroeide dak bijna hetzelfde reageert als het traditionele dak. Het groene dak kan wel meer water bergen maar wanneer deze volledig gevuld is zal deze op de zelfde wijze het water afvoeren als het traditionele dak.



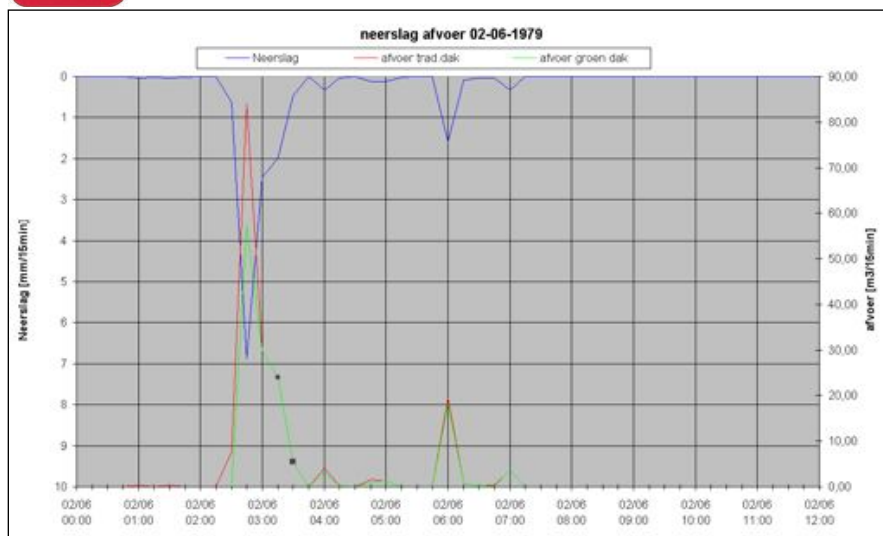
FIGUUR 21 TRAD. DAK VS BEGROEID DAK (15MM) ZOOM

Traditioneel dak vs. Begroeid dak (23 mm)

Gekozen is voor 23 mm. Aangezien dit getal in de meeste literatuur naar voren komt als standaard waarde. Hieronder in figuur 22 Trad dak. Vs. Begroeid dak (23 mm) is goed te zien dat het begroeide dak minder water afvoert naar de riolering als het traditionele dak. De eerste buien kunnen vaak geheel worden opgenomen door het begroeide dak, pas wanneer er in een kort tijdsbestek nog een bui valt kan het begroeide dak het ook niet meer bergen en voert het water af naar de riolering. In figuur 23 trad. Dak vs. Begroeid dak (23 mm) zoom is goed te zien dat het begroeide dak meer water kan bergen dan het normale dak. Maar wanneer het begroeide dak vol is voert het even snel water af naar de riolering als het traditionele dak.



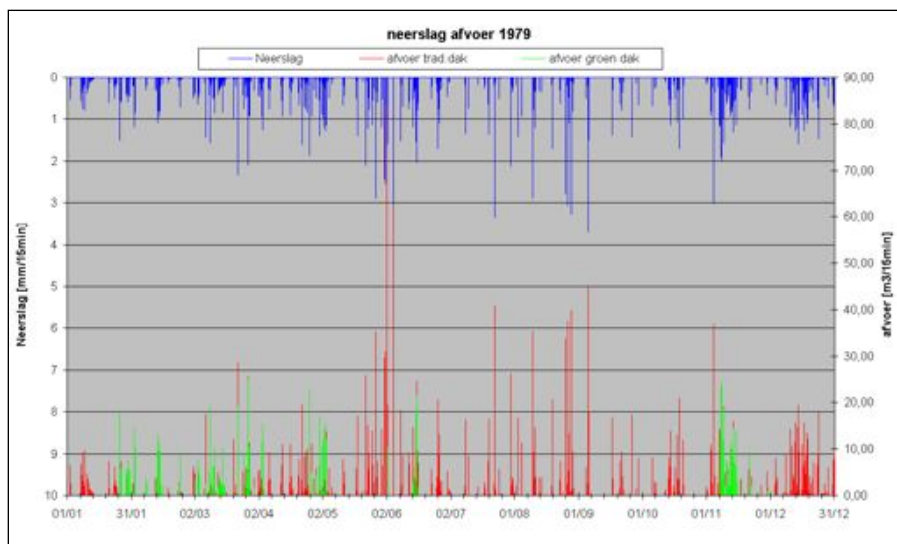
FIGUUR 22 TRAD. DAK VS. BEGROEID DAK (23 MM)



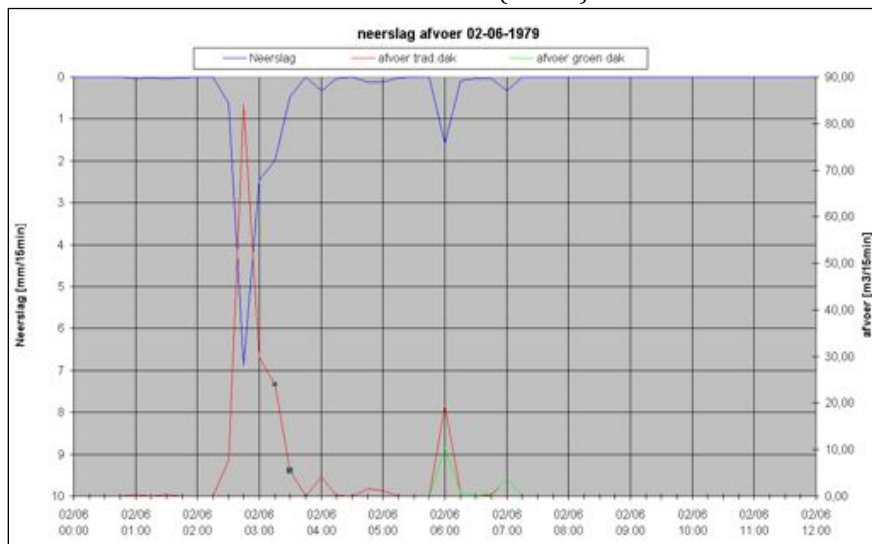
FIGUUR 23 TRAD. DAK VS. BEGROEID DAK (23 MM) ZOOM

Traditioneel dak vs. Begroeid dak (40 mm)

In deze paragraaf komt de laatste vergelijking van een traditioneel dak met een begroeid dak. Het begroeide dak heeft hier een waterberging van 40 mm. In de figuren 24 en 25 is het verschil tussen een traditioneel dak en het begroeide dak weergegeven. In figuur 25 trad dak vs. Begroeid dak (40mm) zoom is te zien dat het begroeide dak de gehele piekbui die op 02:45 valt kan bergen. Pas om 05:45 is het begroeide dak geheel gevuld en voert het water af naar de riolering.



FIGUUR 24 TRAD. DAK VS. BEGROEID DAK (40MM)



FIGUUR 25 TRAD DAK VS. BEGROEID DAK (40MM) ZOOM

BIJLAGE IV: LITERATUURLIJST EFFECT OP STEDELIJK GEBIED

In deze bijlage staat de literatuurlijst die is doorgelezen op zoek naar het effect van begroeide daken op stedelijk niveau. Naast deze lijst is ook de literatuur weergegeven in de bibliografie gebruikt maar ook dit leverde niks op.

1. (Stuart R. Gaffin 2009)
2. (Susan Moyle Studlar 2009)
3. (Stephenson 2009)
4. (T. Vergroesen 2010)
5. (Anna Palla 2010)
6. (Moran 2004)
7. (United States Environment Protection Agency (EPA) 2009)
8. (Greater Vancouver Sewerage & Drainage District 2005)
9. (B.A. Currie 2010)
10. (Scholz-Barth 2001)
11. (Columbia University 2011)
12. (McDonald 2011)
13. (Tackett 2011)
14. (Casey Trees Endowment Fund and Limno-Tech,INC. 2005)
15. (M.D. Hardin 2006)
16. (M. Wanielsta 2008)
17. (Susan Moyle Studlar 2009)
18. (University of Florida 2008)
19. (Climate Protection Partnership Division sd)
20. (M.Wanielista 2007)
21. (Casey Trees and LimnoTech 2007)
22. (K.L.Getter 2006)
23. (Stamatelos 2012)

24. Face to face gesprek:
25. (Ravesloot, Effect begroeide daken op stedelijk gebied 2012)
26. (Ansel 2012)
27. (Metselaar 2012)
28. (Vergroessen, Effect Stedelijk gebied 2012)

BIJLAGE V: WERKCONFERENTIE

Bedrijfsnaam	Omschrijving	Contactpersoon	Functie
Zinco	Leverancier daktuinsystemen	Peter Koop	
Sempergreen BV	Producent vegetatiematten, beplating voor groendaken, plantmatten en living walls	Joost de Gier	Salesmanager
NIOO	Nederlands Instituut van Ecologie	Petra van den Berg	Directeur Bedrijfsvoering
Ekogras	Leverancier dakbegroeiing/systemen	C.J. Hobo	Directeur
Daklab	Ontwikkelaar daklandschap	Stef Janssen	Dakinnovator
Kwerreveld dakbedekkingen bv.	Leverancier dakbekkingen	Vincent van Zantvoort	directeur
QuestScope Duurzaam	Duurzaamheid	J.N. (Coos) Timmermans	Directeur
RDM Campus Kenniscentrum	Adaptief bouwen	R.E. de Graaf	Lector
Stroom en Onderstroom	Conflict bemiddeling	Carleen Mesters	Directrice
Gemeentewerken Rotterdam	Ingenieursbureau	Titus van Hille	Adviseur Milieu en ruimtelijke ontwikkeling
Van der Tol Groep	Hoveniers en terreininrichters	Aart Veerman	Directeur
Adviesbureau voor Bouwmarketing	Adviseur	Wim Verburg	Eigenaar
Leven op Daken	daktuin inrichting	Erik Steegman	Directeur
Deltares	Kennisinstituut op het gebied van water, ondergrond en infrastructuur	Toine Vergroessen	Sr. Adviseur/onderzoeker
Universiteit Wageningen	Bodemkunde, ecohydrologie en Grondwaterbeheer	Klaas Metselaar	
Tu Delft	Technische Universiteit	Peter Teeuw	Assistent Professor
Vereniging van Hoeveniers en groenvoorzieners	Hoeveniers en Groenvoorzieners	Bas Wijffels	
Bureau Groenadvies	advies- en ingenieursbureau op het gebied van civieltechnische werken en het stedelijk groen	Albert-Jan Kerksen	Directeur

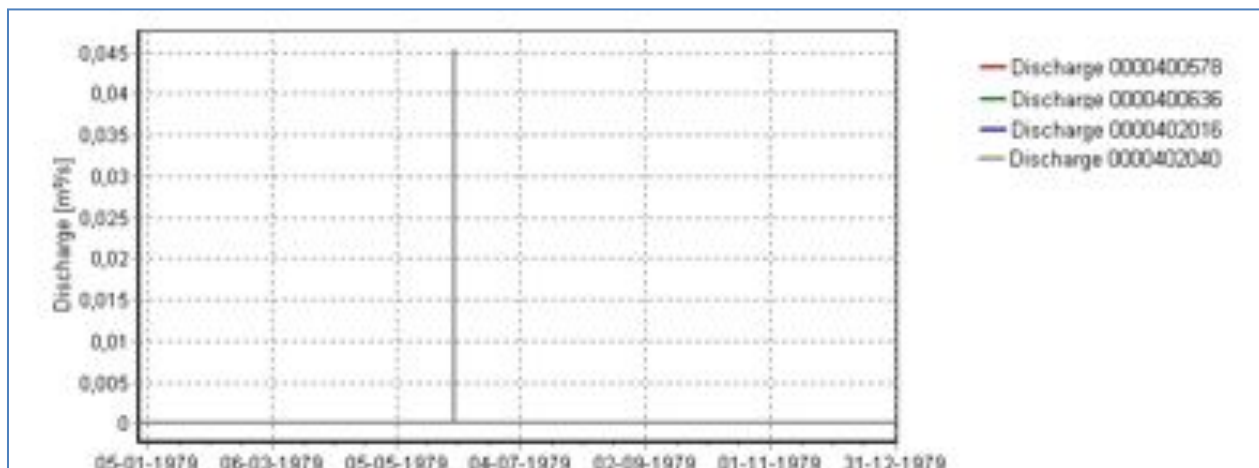
TABEL 11 AANWEZIGE WERKCONFERENTIE

BIJLAGE VI: RESULTATEN SOBEK.

In deze bijlage worden de grafiek verkregen uit SOBEK weergegeven.

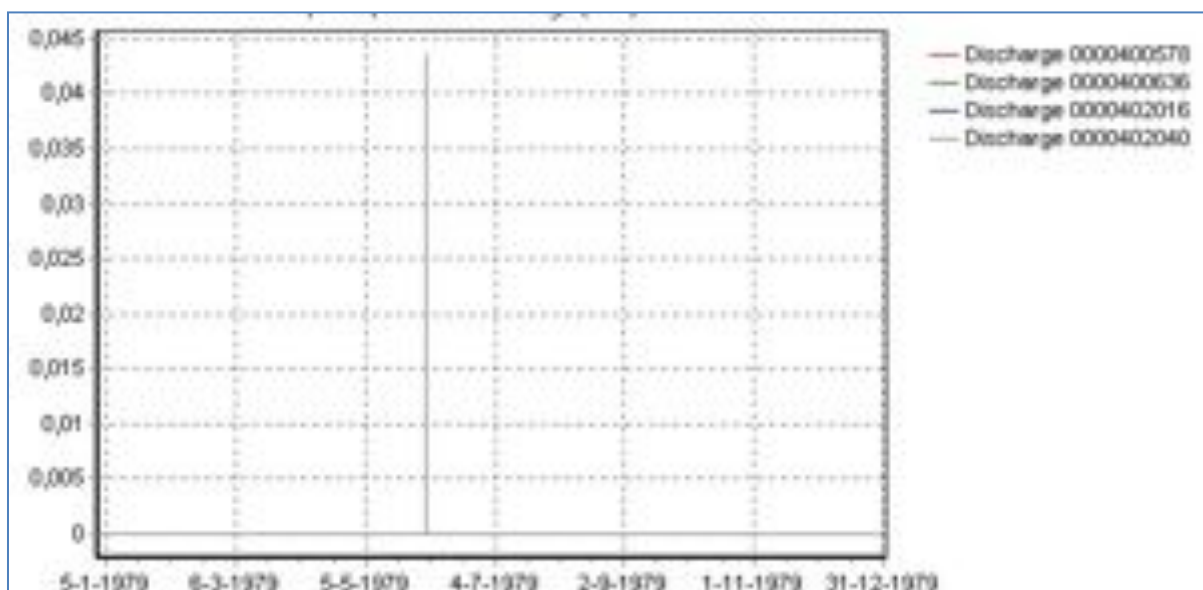
Frequentie overstorten:

Hieronder in figuur 26 grafiek overstort begroeid dak 15 mm. is de grafiek vanuit SOBEK verkregen weergegeven. Hierin is te zien dat het debiet van de overstort van een begroeid dak met 23 mm. 0,046 m³/s is.



FIGUUR 26 GRAFIEK OVERSTORTBEGROEID DAK 23 MM.

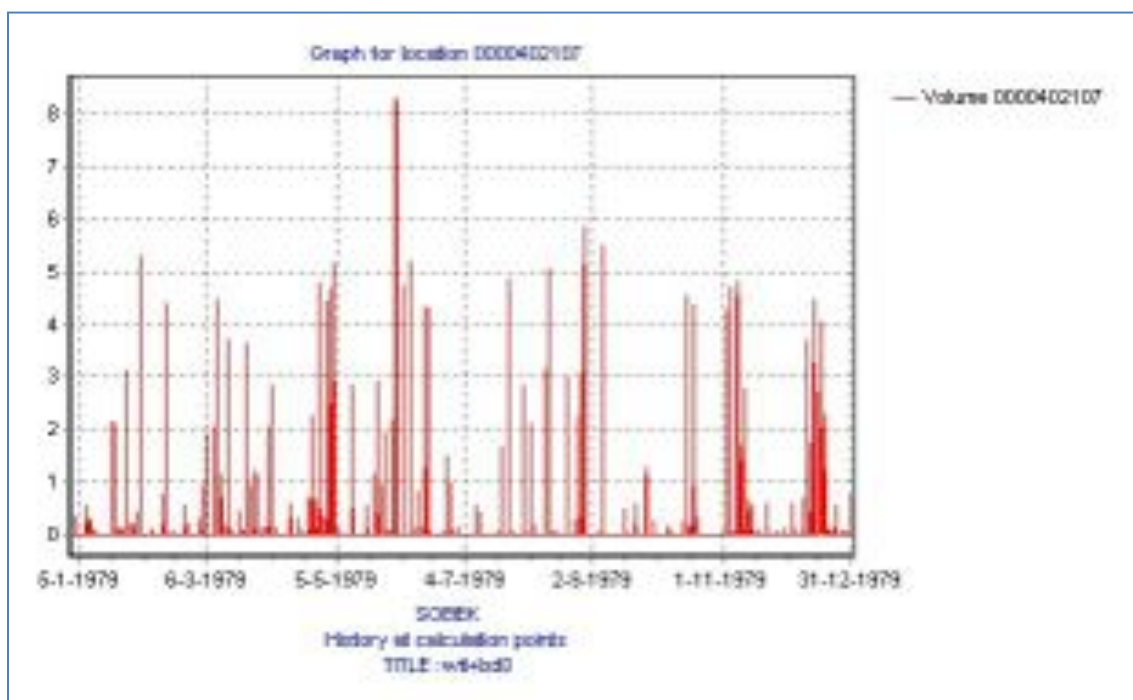
Hieronder in figuur 27 grafiek overstort begroeid dak 23 mm. is de grafiek vanuit SOBEK verkregen weergegeven. Hierin is te zien dat het debiet van de overstort van een begroeid dak met 23 mm. 0,043 m³/s is.



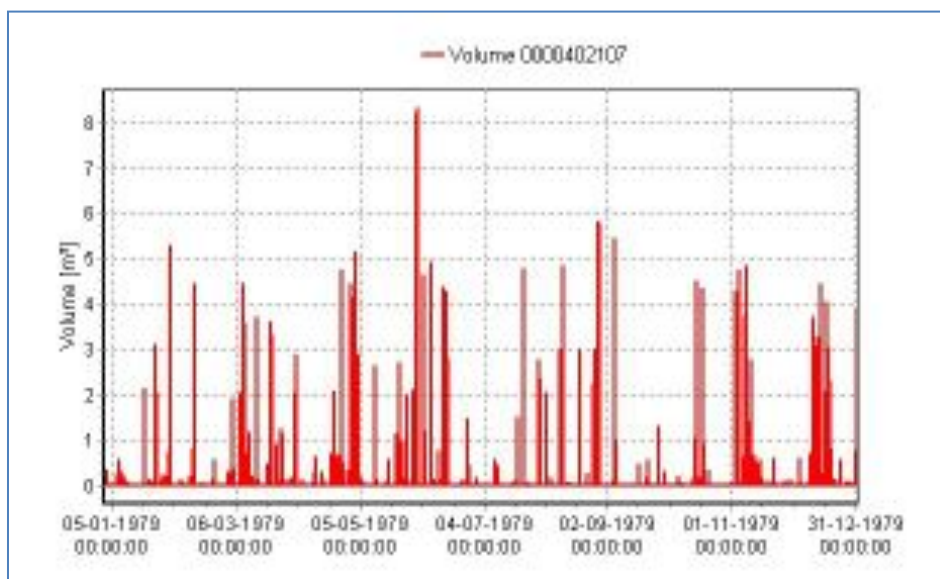
FIGUUR 27 GRAFIEK OVERSTORT BEGROEID DAK 23 MM.

Afvoeren

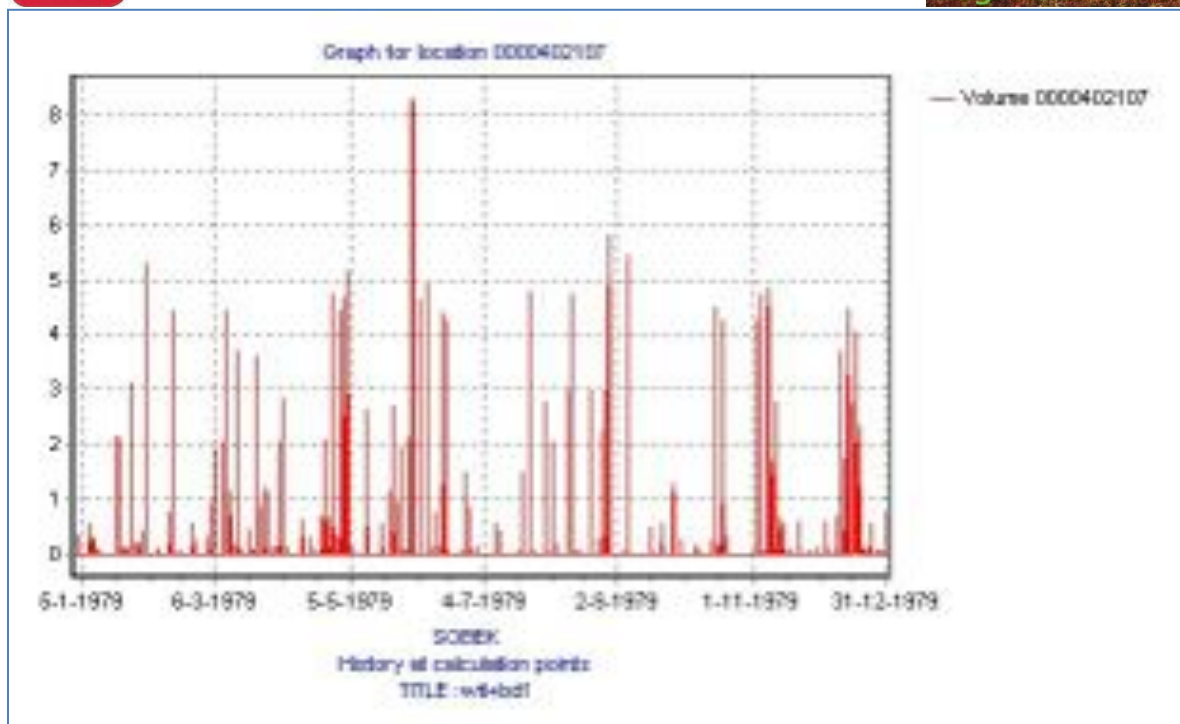
In deze sub paragraaf zijn de afvoeren weergegeven verkregen vanuit SOBEK. Hieronder in figuren 28,29,30 en 31 zijn de afvoeren weergegeven van de verschillende situaties. Te zien is dat de situaties nauwelijks van elkaar verschillen dit heeft als reden dat nu niet alleen gekeken is op dakniveau maar op stedelijk niveau.



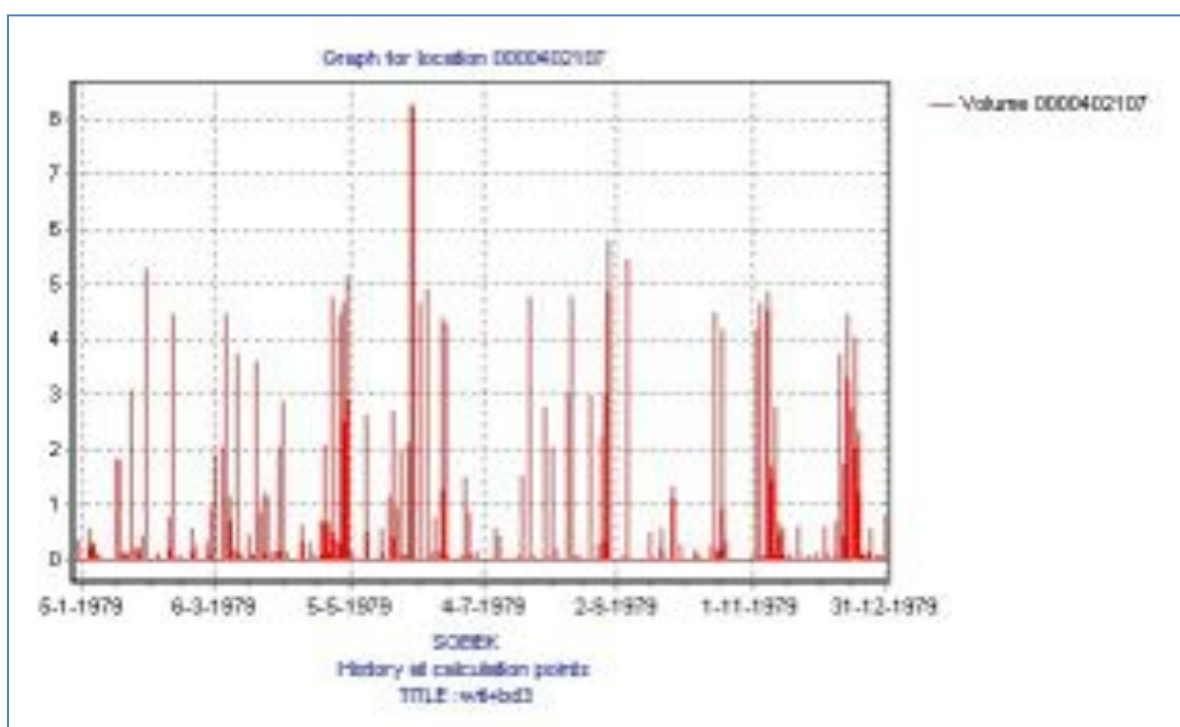
FIGUUR 28 AFVOER TRADITIONEEL DAK (STEDELIJK NIVEAU)



FIGUUR 29 AFVOER SOBEK BEGROEID DAK 15 MM. (STEDELIJK NIVEAU)



FIGUUR 30 AFVOER SOBEK BEGROEID DAK 23 MM. (STEDELIJK NIVEAU)



FIGUUR 31 AFVOER SOBEK BEGROEID DAK 40 MM. (STEDELIJK NIVEAU)