

The image is a composite. The top half shows a modern, multi-story building with a dark facade and many windows, situated behind a field of dry, brownish vegetation. The bottom half shows a large concrete pipe being lowered into a deep trench. Two workers in dark clothing are visible at the bottom of the trench, one near the pipe's opening. The pipe is white and has a ladder attached to its side.

# HET UPGRADEN VAN HET RIOOL TOT EEN GROENDAK

EEN MAATSCHAPPELIJK RENDABELE INVESTERING?

ARNO STAR

## ONDERWIJSINSTITUUT

Hogeschool Van Hall Larenstein  
Larensteinselaan 26a  
6882 CT Velp  
Begeleider: Dhr W. van Briemen  
[willem.vanbriemen@wur.nl](mailto:willem.vanbriemen@wur.nl)  
[www.larenstein.nl](http://www.larenstein.nl)

## AUTEUR

Arno Star  
Schipholplein 150  
6843 BK Arnhem  
06-46078160  
[arno.star@wur.nl](mailto:arno.star@wur.nl)

Dit rapport is geschreven naar aanleiding van het afstuderen aan de Hogeschool Van Hall Larenstein in de richting realisatie tuin- en landschapsinrichting.

Het in dit rapport beschreven onderzoek is voortgekomen uit een vraag vanuit Van der Tol BV te Amsterdam. Het betreft een dringende vraag die in de nabije toekomst al tot uitwerking moet komen. Het probleem dat letterlijk uit de lucht komt vallen moet op een andere manier verwerkt worden.

Voor het onderzoek wordt een kostenvergelijking gemaakt tussen de kosten voor het aanleggen of renoveren van het rioolstelsel en de kosten voor het aanleggen van een gebouw met of zonder groendak. De kosten worden naar een vaste eenheid terug gebracht om het in een oogopslag duidelijk te maken.

Op het groendak vindt een deel waterberging plaats. De rest van de waterberging zal ook plaats vinden op het eigen terrein. Hierdoor is het terrein afgekoppeld van het riool en wordt het ontzien tijdens (hevige) regenbuien.

Voor het onderzoek is een referentiegebied gebruikt, dit is de Zuidas in Amsterdam. De Zuidas is gebruikt voor de mogelijke waterberging in dicht stedelijk gebied.

Hierbij wil ik ook de volgende mensen bedanken voor de hulp en medewerking.

Dit zijn bij Van der Tol BV: Dhr. S. Noome, Dhr. A. Veerman, Dhr. M. Terpstra, Mevr. A. Filippo en alle andere collega's.

Bij Advin Zuidoost zijn dit: Mevr. T. Vink, Dhr. H. Edel, Dhr. J. Vermeulen.

Bij Hogeschool Van Hall Larenstein is dit: Dhr. W. van Briemen.

Daarnaast nog Laura Star voor de controle van het rapport en mijn ouders voor het mogelijk maken van de studie.

Juni 2009

Arno Star

In dit rapport wordt een afstudeeronderzoek beschreven waarin een kostenvergelijking gemaakt is tussen het (her)inrichten van het riool en het vervaardigen van een groendak met een waterbergende functie op de grotere dakoppervlakken. Hierbij wordt de kleinschalige woningbouw niet behandeld.

Doel van het onderzoek was om vast te stellen of de aanleg van een groendak met waterbergende functie rendaler is de aanleg of renovatie van een (gemengd) riool.

Het eindresultaat van het onderzoek is voortgekomen uit een vergelijking van de kosten en baten per onderdeel. De baten die niet zijn meegenomen, zijn de maatschappelijke baten. Het is niet mogelijk om aan alle onderwerpen een waarde te koppelen, denk hierbij aan de waarde van luchtkoeling en luchtzuivering in de stad. Deze en veel meer baten zijn in de berekening niet meegenomen.

Het rioolstelsel is onder de loep genomen. De geschiedenis van het riool is aan de orde gekomen, waarna verder is ingegaan op de huidige stelsels die we binnen Nederland kennen. Dit om een ieder een duidelijk beeld te geven over de huidige situatie onder de grond. Het riool is in eerste instantie ingericht voor afvoer van vuil- en hemelwater. Inmiddels is bekend dat hemelwater schoon genoeg is om direct te lozen. Het hoeft niet meer naar de rioolwaterzuiveringsinstallaties. Ongeveer 80% van het water dat door het gemengd riool wordt gevoerd is hemelwater. Dit zorgt tijdens een flinke bui voor overlast, omdat het rioolstelsel de druk niet aan kan. Straten lopen onder en de overstorten lozen vuilwater op het oppervlaktewater.

Met de voorspellingen voor het toekomstige klimaat ziet het er niet naar uit dat het beter gaat worden. Er zal meer neerslag vallen in minder tijd. Hierdoor moet een oplossing bedacht worden voor de opvang van het water buiten het riool.

Daken zijn uitermate geschikt voor waterberging. Voorheen had het dak een waterafvoerende functie, dit is inmiddels veranderd en komt het opslaan van water op daken vaker naar voren. Door het bergen van water op het dak wordt het maaiveld en het rioolstelsel ontzien. Het vegetatiedak heeft hier een steeds groter aandeel in. De 'groene' daken zorgen voor een buffering van water, een vertraagde afvoer en zuivering van het hemelwater.

Deze daken brengen wel het nodige gewicht met zich mee, niet ieder gebouw is hier op berekend. Om een nagenoeg volledige waterberging op het dak te realiseren is een meter opbouw nodig. Met die opbouw is het mogelijk om 320 liter water te bergen per vierkante meter.

Dit gewicht moet opgevangen worden, hiervoor moet de constructie van het dak zwaarder gedimensioneerd worden. Het is dan mogelijk om meer gewicht op het dak aan te brengen. De zware constructie is financieel gezien niet aantrekkelijk. Maar het is een investering die zichzelf op den duur terug verdient.

Groene daken hebben veelal een isolerende werking waardoor veel bespaard kan worden op energiekosten. Door de isolerende werking van een groendak is veel geld te besparen. Dit wordt natuurlijk niet eenmalig terugverdiend, maar ieder jaar scheelt het weer in de energiekosten. Hier zijn echter geen exacte gegevens van bekend.

Groene daken zijn in verschillende gradaties in te delen, extensieve en intensieve daken zijn hierin te onderscheiden. Extensieve daken zijn geen gebruiksdaken. Intensieve daken zijn gemaakt voor het gebruik zoals dat normaal ook gebeurt met een tuin. Een intensieve tuin heeft een grotere isolerende werking dan een extensief dak. Dit komt doordat het pakket dikker is. Tevens kan het pakket meer water bufferen.

In een referentieonderzoek is gekeken naar het project Sponge Job Zuidas. Dit is een onderzoek geweest naar de mogelijkheden voor alternatieve waterberging in de Zuidas van Amsterdam. Dit is het dichtst bebouwde deel van Nederland en daarmee van groot belang voor de economische situatie. Het mag dan niet zijn dat er water op straat komt te staan en het leven stil komt te liggen. In het onderzoek zijn verschillende mogelijkheden van alternatieve waterberging aan de orde gekomen. Ook daktuinen hebben hier een rol in gehad. De daktuinen zijn uiteindelijk als duurste optie naar voren gekomen en bergingskratten waren de goedkoopste oplossing. Dit was tevens rendabeler dan waterafvoer via de traditionele manier.

Uiteindelijk komt het tot een kostenvergelijking waarin verschillende rekenmodellen aan de orde komen. Van basiskosten tot de mogelijkheden met subsidies.

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat het wel rendabel is om over te gaan naar waterberging middels groene daken. De kosten van de aanleg van groene daken met waterbergingsmogelijkheden zijn hoger dan de aanleg of renovatie van het riool. Echter, het maatschappelijk belang kan opwegen tegen de hoge kosten. Vaak zal dit niet het geval zijn gezien kosten eerder doorslaggevend zijn dan het maatschappelijk belang. Ook moet meegenomen worden dat een gebruikstuin op het dak de totale grootte van het perceel kan verkleinen, dit scheelt in de kosten aanzienlijk. Ook de isolerende werking van een groendak zorgt voor een jaarlijkse kostenbesparing.

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Voorwoord                             | 3  |
| Samenvatting                          | 4  |
| 1. Inleiding                          | 8  |
| 2. Het maatschappelijk belang         | 10 |
| 3. Riolering en Hemelwater            | 12 |
| 3.1. Inleiding                        | 13 |
| 3.2. Rioolsystemen                    | 14 |
| 3.3. Riool in cijfers                 | 16 |
| 3.4. Afkoppelen van het hemelwater    | 19 |
| 3.5. Hemelwater                       | 20 |
| 3.6. Waterberging                     | 23 |
| 3.7. Waterzuivering                   | 24 |
| 3.8. Kosten en baten                  | 25 |
| 4. Bebouwing                          | 26 |
| 4.1. Inleiding                        | 27 |
| 4.2. Traditioneel                     | 28 |
| 4.3. Innovatief                       | 29 |
| 4.4. Meervoudig ruimtegebruik         | 30 |
| 4.5. Duurzaamheid in de bouw          | 32 |
| 4.6. Energieverbruik en uitstoot      | 33 |
| 4.7. MIA / VAMIL                      | 34 |
| 4.8. Kosten en baten                  | 36 |
| 5. Groene daken en waterberging       | 40 |
| 5.1. Inleiding                        | 41 |
| 5.2. Extensieve daken en waterberging | 42 |
| 5.3. Intensieve daken en waterberging | 43 |
| 5.4. Economische voordelen            | 44 |
| 5.5. Maatschappelijke voordelen       | 45 |
| 5.6. Nadelen van groene daken         | 46 |
| 5.7. Kosten en baten                  | 47 |

|      |                                     |    |
|------|-------------------------------------|----|
| 6.   | Referentieonderzoek                 | 50 |
| 6.1. | Inleiding                           | 51 |
| 6.2. | Zuidas Sponge Job                   | 52 |
| 7.   | Kosten en baten                     | 62 |
| 7.1. | Inleiding                           | 63 |
| 7.2. | Uitgangspunten berekeningen         | 64 |
| 7.3. | De grondeigenaar                    | 66 |
| 7.4. | Het Waterschap                      | 67 |
| 7.5. | De investeerder                     | 68 |
| 7.6. | De eindgebruiker                    | 69 |
| 8.   | Conclusie en aanbevelingen          | 72 |
|      | Verklarende woordenlijst            | 74 |
|      | Referenties                         | 76 |
|      | Bijlages                            | 78 |
|      | Bijlage 1: Rekenmodel grondeigenaar | 79 |
|      | Bijlage 2: Rekenmodel waterschap    | 82 |
|      | Bijlage 3: Rekenmodel investeerder  | 85 |
|      | Bijlage 4: Rekenmodel eindgebruiker | 86 |

# 1. INLEIDING

Ongeveer 80% van het wat dat door het gemengd riool wordt afgevoerd is hemelwater. Hemelwater kan op een andere manier afgevoerd worden en hoeft niet via een rioolwaterzuiveringinstelling afgevoerd te worden. Door de toename van extreme buien moet er voor gezorgd worden dat het hemelwater gescheiden wordt van het vuilwater van huishoudens en andere bronnen. Deze hevige buien zorgen ervoor dat de riolen vol lopen en dit niet tijdig kunnen verwerken. De noodoverstorten zijn hiervoor gemaakt. Maar dat betekent dat er vuil water op het oppervlaktewater geloosd wordt met alle gevolgen van dien. Het afkoppelen van het riool kan zorgen voor een verlaging van de druk die momenteel op het riool staat.

Het afkoppelen van het riool en vervaardigen van een groendak heeft gevolgen voor de bouw van woningen. Deze moeten vaak zwaarder worden in de constructie. Hierdoor zal het dak de lasten kunnen dragen die er bovenop worden aangebracht inclusief de waterverzadiging. Gebouwen met een groendak zorgt voor een ander kostenplaatje dan een 'traditioneel' gebouw.

Het aanleggen van een groendak kan in verschillende gradaties. Een extensieve daktuin heeft een geringe opbouw en is vanaf 8 cm opbouw te leveren. Hiermee is een gewicht gemoeid van 90kg/m<sup>2</sup> in waterverzadigde toestand. Een intensieve tuin heeft een gewicht van enkele honderden kg/m<sup>2</sup>. De waterberging hierbij is groter dan bij een extensieve opbouw. Een daktuin heeft buiten de waterberging nog meer voordelen, deze zijn wel beschreven maar niet in euro's omgerekend.

De kostenvergelijking die in dit rapport beschreven staat gaat niet in op de bijkomende meerwaarden van een daktuin. Het gaat gericht om de kostenvergelijking tussen vernieuwen van het riool en de aanleg van woningen met groendak. Hierbij worden subsidies niet meegerekend omdat deze niet overal gelijk zijn. Wel zal er een paragraaf aan besteed worden. Wellicht heeft een groendak een meerwaarde voor de prijs van de woning, als dit een standaard percentage is dan zal het meegenomen worden, anders wordt slechts een indicatie gegeven over de mogelijkheden.

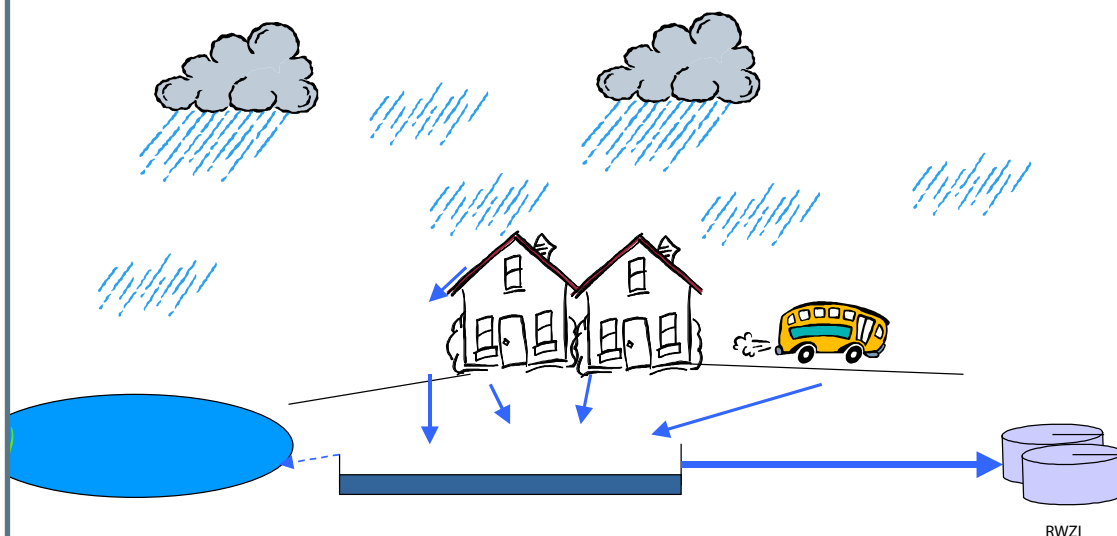
Voor het onderzoek is een referentiegebied, de Zuidas in Amsterdam, onderzocht. Bij het project 'Sponge Job, water bij hoge dichtheid' is onderzoek gedaan naar verschillende waterbergingsmogelijkheden en de rentabiliteit hiervan op het gebied van waterberging. Voor het referentiegebied is gekozen uit de mogelijkheden van groendaken, vijverdaken, bergingen in het gebouw en bergingskratten. De uitkomst hiervan staat vermeld bij het referentieonderzoek.

Verder zal onderscheid gemaakt worden tussen de kosten en baten van de verschillende partijen die deel nemen aan het bouwproces. Deze partijen hebben allemaal zo hun belangen, de kosten en baten worden daarom per partij uitgesplitst.

Doel van het onderzoek is om vast te stellen of de aanleg van een groendak met waterbergende functie rendabeler is dan de aanleg van een (gemengd) riool.

De figuren 1.1. en 1.2. op de volgende pagina geven de waterstromen aan. Hierbij is goed te zien dat in figuur 1.2. alleen het vuilwater van de gebouwen via het rioolstelsel wordt afgevoerd.

1.1. Traditionele manier van hemelwaterafvoer



1.2. Nieuwe manier van hemelwaterafvoer



## 2. HET MAATSCHAPPELIJK BELANG

Onder de term maatschappelijk belang wordt verstaan:

Belangen of behoeften die het individuele niveau overstijgen en op maatschappelijk vlak moeten worden aangepakt, al dan niet met betrokkenheid van de overheid.

Het rioleringsstelsel dat wij met zijn allen zo vertrouwen heeft vele voordelen met zich meegebracht. Toch komt er een tijd dat voor goede oplossingen een nog betere oplossing komt. Met de steeds vaker voorkomende chaos die de klimaatsverandering met zich mee brengt, begint men meer en meer in te zien dat een aantal zaken anders geregeld moet worden. Het rioolstelsel heeft in het verleden al een aantal metamorfoses ondergaan, bijvoorbeeld van gemengd naar gescheiden riool. De laatste metamorfose kan een hoop winst gemaakt worden. Dit onderzoek beschrijft het belang van de verandering en laat zien dat het maatschappelijk uit kan om hemelwater niet meer via de 'standaard' weg af te voeren.

De overheid stelt steeds vaker eisen voor het opvangen en verwerken van hemelwater. Het rioolstelsel wordt met deze maatregel grotendeels ontzien. Met de regelgeving omtrent waterberging op eigen terrein zal in de toekomst besloten worden om al het hemelwater op eigen terrein te bergen. Veelal bestaat het grootste deel van het perceel uit het gebouw dat er opstaat. Het dak van het gebouw heeft een bepaald oppervlak waar een immense hoeveelheid water jaarlijks op neerslaat. Deze neerslag moet 'traditioneel' gezien direct van het dak afgevoerd worden. Bij de nieuwe methode is het van belang om het water in ieder geval langer vast te houden en zo mogelijk helemaal vast te houden. Het langer vasthouden van hemelwater voorkomt een piekberging tijdens een hevige bui. De straten staan niet blank en de economische schade is beperkt.

Het is altijd al mogelijk geweest om grote hoeveelheden water op het dak op te slaan. Dit is alleen nooit het doel van een dak geweest. Met de verandering in de regelgeving komt er een moment dat het noodzakelijk zal worden om op het dak water te bergen.

Voordeel van het bergen op daken is dat het riool wordt ontzien en dus ook niet verder gedimensioneerd hoeft te worden. Het huidige rioolstelsel kan het vuilwater met gemak aan.

De kosten voor het aanleggen of vervangen van riolering en het zwaarder dimensioneren van woningen, waardoor een groendak aangelegd kan worden, pakt in eerste instantie niet gunstig uit. Een financiële voordeel kan komen als een voorziening wordt gemaakt voor het hergebruik van het zuiverende water. Het isolerende vermogen van daktuinen en de zuiverende werking van de planten op het dak zijn enkele voordelen. Dit en vele andere voordelen hebben grote meerwaarde op het financiële plaatje in de toekomst. Het grootste (financiële) voordeel zal behaald worden door de gemeente, deze zal dan ook het meest moeten stimuleren en investeren in het proces. De gezonde leefomgeving en daarmee gezondere gebruikers verdienen deze investering dubbel en dwars terug. De naam van de gemeente zal positief zijn en mensen willen liever in een schone stad wonen dan in een zwaar vervuilde stad. De gemeente moet niet alleen kijken naar de nalcaculatie van een bouwproject.

Ook in het kader van duurzaamheid zijn groene daken aantrekkelijk. Onderzoeken hebben uitgewezen dat materialen als dakbedekking langer meegaan doordat het is beschermd tegen UV-straling en de sterk wisselende temperatuurschommelingen tussen dag- en nachttemperatuur. Groene daken hebben, zoals eerder genoemd, een isolerende werking. Hierdoor kunnen de airco's in de zomer grotendeels uit blijven en zal in de winter minder gestookt hoeven te worden. Dit bespaart een aanzienlijk deel in de verbranding van fossiele brandstoffen die vaak worden gebruikt als energiebron voor het opwekken van deze energie. Kortom, de maatschappij heeft de groene daken nodig, het kan niet zo zijn dat men hier de plank mis slaat en deze kans onbenut laat.



# 3. RIOLERING EN HEMELWATER

|        |                                    |    |
|--------|------------------------------------|----|
| 3.1.   | Inleiding                          | 13 |
| 3.2.   | Rioolsystemen                      | 14 |
| 3.2.1. | Geschiedenis van het riool         | 14 |
| 3.2.2. | Gemengd riool                      | 14 |
| 3.2.3. | Verbeterd gemengd riool            | 14 |
| 3.2.4. | Gescheiden riool                   | 14 |
| 3.2.5. | Verbeterd gescheiden riool         | 15 |
| 3.2.6. | Drukriool                          | 15 |
| 3.3.   | Riool in cijfers                   | 16 |
| 3.3.1. | Basisgegevens riolering            | 16 |
| 3.3.2. | Vervanging van het riool           | 17 |
| 3.3.3. | Onderhoud riool                    | 18 |
| 3.4.   | Afkoppelen van het hemelwater      | 19 |
| 3.4.1. | Noodzaak afkoppelen                | 19 |
| 3.4.2. | Regelgeving betreffende afkoppelen | 19 |
| 3.5.   | Hemelwater                         | 20 |
| 3.5.1. | Neerslag                           | 20 |
| 3.5.2. | Wateroverlast                      | 20 |
| 3.5.3. | Neerslag in cijfers                | 20 |
| 3.5.4. | Klimaatverandering                 | 21 |
| 3.5.5. | Stedelijke wateropgave             | 22 |
| 3.6.   | Waterberging                       | 23 |
| 3.6.1. | Vasthouden, bergen, afvoeren       | 23 |
| 3.6.2. | Waterberging op eigen terrein      | 23 |
| 3.7.   | Waterzuivering                     | 24 |
| 3.7.1. | Zuivering                          | 24 |
| 3.7.2. | Zuivering in cijfers               | 24 |
| 3.8.   | Kosten en baten                    | 25 |

### 3.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op gegevens over hemelwater en de riolering. Het kan gaan om kengetallen maar ook over beschrijvingen van begrippen. Doel van dit hoofdstuk is het helder maken van het gehele stelsel dat er voor zorgt dat het hemelwater niet op straat blijft staan. Hierbij komt ook de geschiedenis van het riool aan bod. Dit om te bepalen wanneer het grootste deel van de Nederlandse riolering aan vervanging toe is.

Het rioolwaterzuiveringssysteem is gemaakt om vervuild water af te voeren en deze zal altijd behouden blijven. Op dit moment fungeert een deel van het riool ook als hemelwaterafvoer. Dit wordt op steeds meer plekken al opgelost door een apart infiltratieriool voor hemelwater aan te leggen. Hierdoor wordt het zogenoemde vuilwaterriool efficiënter gebruikt en kan de rioolwaterzuiveringsinstallatie beter het water zuiveren.

foto 3.1.  
Riolering bij een woning  
in aanbouw



## 3.2. RIOOLSYSTEMEN

### 3.2.1. Geschiedenis van het riool

Bij het ontstaan van steden en dorpen ontstonden problemen met het afvalwater. Daarvoor woonde men in kleine groepen en was het geen probleem om de behoefte ergens kwijt te raken of te hergebruiken.

Het oudst bekende stedelijk afwateringssysteem is dat van de Indusbeschaving (ca. 3300-1300 v. Chr.) in het huidige Noord-India en Pakistan. Deze omgeving had waarschijnlijk de dichtst bevolkte steden van die tijd. Bij de stadsaanleg werd gedacht aan een systeem voor afvalwaterbehandeling. Schoon water werd uit waterputten gehaald. In de huizen was een sanitaire voorziening en het afvalwater werd naar het overdekte riool geleid.

De romeinen hadden vanaf het Forum Romanum een riool lopen naar de Tiber, deze werd de Cloaca Maxima genoemd.

In de Middeleeuwen liepen in de steden goten door de straten waarin alle viezigheid werd geloosd. Deze slokop, een open riool, is de voorloper van het riool zoals grote Europese steden dat vanaf de 19e eeuw kennen.

Open riolen staan rechtstreeks in contact met de buitenlucht. Ze zijn op afstand te ruiken, zijn niet hygienisch en vormen een bron van ergernis. Om op een nette manier van het afvalwater af te komen hebben meer ontwikkelde landen een stelsel van rioleringsbuizen aangelegd. Dit is nog een betrekkelijk nieuw verschijnsel. Tot in de jaren '30 van de 20e eeuw deed men in de meeste Nederlandse steden zijn behoefte in een emmer. De emmers werden opgehaald, gelegeerd en gespoeld, dat legen gebeurde doorgaans op de akkers of in de plaatselijke rivier. In steden waar grachten doorheen liepen, diende de grachten als open riool. Met de komst van het gesloten riool kwam hier een einde aan. Voor de jaren '50 van de vorige eeuw is ongeveer 4100 km rioleringsbuis de grond in gegaan. Dit is 5% van de huidige hoeveelheid.

### 3.2.2. Gemengd riool

Er is sprake van een gemengd riool als zowel afvalwater als hemelwater via het zelfde systeem afgevoerd worden naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Een nadeel van dit systeem is dat relatief veel schoon water (80% hemelwater) naar de zuivering wordt afgevoerd, waardoor de zuivering meer wordt belast dan noodzakelijk. Door hevige buien kan het voorkomen dat het systeem al het afvalwater en hemelwater niet kan verwerken. Om dit op te lossen zijn in een gemengd stelsel overstorten aangebracht, die het rioolwater ongezuiverd kunnen lozen op het oppervlaktewater.

### 3.2.3. Verbeterd gemengd riool

Het verbeterd gemengde riool heeft net als het gemengd riool een overstort. Voordeel van dit riool is dat tussen de riolering en de overstort een bergbezinkbassin wordt aangebracht. Door het tijdelijk opvangen van het rioolwater kan dit bezinken. Vuile deeltjes kunnen naar de bodem zakken en zo blijft relatief schoon water over dat overgestort kan worden.

Een bergbezinkbassin kan ook vol raken, hierdoor zal het water vervuilen en dan zal alsnog vervuild water geloosd worden op het oppervlaktewater.

### 3.2.4. Gescheiden riool

Om de problemen, zoals genoemd bij (verbeterd) gemengd riool, te voorkomen wordt gebruik gemaakt van een gescheiden rioolstelsel. Het afvalwater en het hemelwater worden gescheiden afgevoerd. Het stelsel voor het hemelwater wordt hemelwaterafvoer (HWA) genoemd en dat voor het afvalwater wordt meestal droogweerafvoer genoemd (DWA). De droogweerafvoer leidt naar de afvalwaterzuivering. Omdat er geen sprake is van extreme pieken en dalen in de afvoer zijn overstorten hier niet nodig. Het hemelwater wordt rechtstreeks of via een beperkte zuivering op het oppervlaktewater afgevoerd of geïnfiltreerd in de bodem.

### 3.2.5. Verbeterd gescheiden riool

Een nadeel van het direct lozen op het oppervlaktewater is dat er vervuiling mee kan komen. Vooral bij aanvang van een bui wordt veel vuil van de daken en straten afgevoerd naar het oppervlaktewater. Om dit te voorkomen wordt op sommige plaatsen de hemelwaterafvoer aangesloten op de droogweerafvoer. Met behulp van een terugslagklep wordt zo het hemelwater dat aan het begin van een bui het systeem instroomt, afgeleid naar de zuivering, waardoor de meeste vervuiling er uit wordt gefilterd en er alleen nog relatief schoon hemelwater op het oppervlaktewater wordt geloosd. Een dergelijk systeem wordt het verbeterd gescheiden stelsel genoemd. Met dit stelsel wordt nog steeds veel water naar de zuiveringsinstallaties afgevoerd (zo'n 70% van de jaarlijkse neerslag). Voordeel van het systeem is dat bij hevige buien de piek van de afvoer niet in het droogweersysteem terecht komt waardoor de piekbelasting van de rioolwaterzuivering vele malen lager wordt.

### 3.2.6. Drukriool

Ongezuiverd rioolwater mag ook in het buitengebied niet zomaar worden geloosd. Veel dorpen worden aangesloten op een drukriool met pompreservoirs. In dit reservoir wordt het rioolwater onder vrijval verzameld. Daar wordt dit afvalwater vervolgens door een pomp via een drukriool afgevoerd.

## 3.3. RIOOL IN CIJFERS

Tabel 3.1.  
Omvang van het  
Nederlandse rioolstelsel

Bron: Rioned

### 3.3.1. Basisgegevens riolering

Hieronder staat, in tabel 3.1., weergegeven hoe groot de omvang van het Nederlandse rioolstelsel is.

| stelseltype                              | km buis       |
|------------------------------------------|---------------|
| gemengd rioolstelsel                     | 48500         |
| gescheiden stelsel - dwa                 | 12000         |
| gescheiden stelsel - rwa                 | 15500         |
| verbeterd gescheiden stelsel - dwa       | 5000          |
| verbeterd gescheiden stelsel - rwa       | 5600          |
| <b>totaal vrijvervalriolering</b>        | <b>86600</b>  |
| drukriolering                            | 15000         |
| persleiding beheer gemeenten             | 5500          |
| <b>totaal gemeentelijke riolering</b>    | <b>107100</b> |
| vrijvervalriolering beheer waterschappen | 600           |
| persleiding beheer waterschappen         | 8000          |
| <b>totaal riolering</b>                  | <b>115700</b> |

Ter informatie: Met deze lengte kan je bijna 3 keer de wereld rond

In tabel 3.2. staat het soort rioolstelsel met het aantal aangesloten inwoners.

Tabel 3.2.  
Verdeling rioolstelsel in  
2008

Bron: Rioned

| type riolering                           | aantal inwoners | aandeel % |
|------------------------------------------|-----------------|-----------|
| gemengd gerioleerd                       | 11400000        | 69,5      |
| gescheiden gerioleerd                    | 3000000         | 18,3      |
| verbeterd gescheiden gerioleerd          | 1350000         | 8,2       |
| drukriolering                            | 590000          | 3,6       |
| niet aangesloten (zuivering ter plaatse) | 65000           | 0,4       |
| totaal Nederland                         | 16405000        | 100,0     |

Bron: rioned

### Ouderdom van het vrijvervalriool

Hieronder, in tabel 3.3., staan de gegevens van de aanleg van het huidige rioolstelsel. De periodes zijn verdeeld in decennia met daarachter het aantal km buis dat is aangelegd. De cijfers hebben alleen betrekking op het vrijvervalriool.

Tabel 3.3.  
Ouderdom van het riool

Bron: Rioned

| jaar van aanleg | km buis |
|-----------------|---------|
| voor 1950       | 4100    |
| 1950-1959       | 6000    |
| 1960-1969       | 12500   |
| 1970-1979       | 18500   |
| 1980-1989       | 16000   |
| 1990-1999       | 15000   |
| 2000-2008       | 14500   |
| Totaal          | 86600   |

### 3.3.2. Vervanging van het riool

Voor het riool wordt een levensduur van gemiddeld 70 jaar aangehouden. Dit zou betekenen dat de riolering die voor 1950 is aangelegd, al vervangen is of aan vervanging toe is. Tabel 3.4. geeft de jaartallen van vervanging weer. In tabel 3.5. is te zien wat de waarde is van het rioolstelsel.

| jaar van aanleg | jaar van vervanging |
|-----------------|---------------------|
| voor 1950       | tot 2020            |
| 1950-1959       | 2000-2029           |
| 1960-1969       | 2030-2039           |
| 1970-1979       | 2040-2049           |
| 1980-1989       | 2050-2059           |
| 1990-1999       | 2060-2069           |
| 2000-2008       | 2070-2078           |

Tabel 3.4.  
Vervanging van het riool.

Bron: Rioned

| stelseltype                        | km buis | mld € |
|------------------------------------|---------|-------|
| gemengd rioolstelsel               | 48500   | 38    |
| gescheiden stelsel - dwa           | 12000   | 6,9   |
| gescheiden stelsel - rwa           | 15500   | 8,9   |
| verbeterd gescheiden stelsel - dwa | 5000    | 2,9   |
| verbeterd gescheiden stelsel - rwa | 5600    | 3,3   |
| totaal vrijvervalriolering         | 86600   | 60    |

Tabel 3.5.  
Lengte en waarde van het riool

Bron: Rioned

De waarde per strekkende meter is:  $60\text{mld} / 86600000\text{m} = \text{€ } 692,84$

De kosten voor het vervangen van het riool zijn hieronder, in tabel 3.6., per woning aangegeven.

| vervangingskosten per woning | 2007  |
|------------------------------|-------|
| gemengd stelsel              | 7400  |
| verbeterd gemengde stelsels  | 8300  |
| gescheiden stelsels          | 11500 |
| verbeterd gescheiden stelsel | 12000 |
| drukriolering                | 12000 |

Tabel 3.6.  
Vervangingskosten riolering per woning

Bron: Rioned

In tabel 3.7. is de prijs weergegeven van de aanlegkosten per strekkende meter. Het betreft de prijs van 2007.

| aanlegkosten per meter (2007) | m1 buis | m1 stelsel |
|-------------------------------|---------|------------|
| gemengd stelsel               | 340     | 340        |
| verbeterd gemengde stelsels   | 410     | 410        |
| gescheiden stelsels           | 240     | 480        |
| verbeterd gescheiden stelsel  | 250     | 500        |
| drukriolering                 | 25      | 25         |

Tabel 3.7.  
vervangingskosten riolering per meter

Bron: Rioned

### 3.3.3. Onderhoud riool

#### Inspectie en reiniging

Het riool moet na aanleg ervan goed onderhouden worden. Het onderhoud gebeurt vaak periodiek. Hieronder, in tabel 3.8., staat weergegeven hoeveel kilometer riool jaarlijks wordt geïnspecteerd en gereinigd.

Tabel 3.8.  
Inspectie en reiniging  
gemiddeld jaarlijkse  
hoeveelheid

Bron: Rioned

| gemeentegrootte<br>(aantal inwoners) | geïnspecteerd km buis<br>(% vrijvervalstelsel) | gereinigd km buis<br>(% vrijvervalstelsel) |
|--------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 0-10000                              | 230 (8,0)                                      | 340 (12,0)                                 |
| 10000-20000                          | 990 (8,2)                                      | 1400 (11,0)                                |
| 20000-50000                          | 1900 (6,4)                                     | 3100 (11,0)                                |
| 50000-100000                         | 990 (7,0)                                      | 1600 (12,0)                                |
| >100000                              | 1500 (6,8)                                     | 2500 (12,0)                                |
| Nederland                            | 5600 (6,9)                                     | 9000 (11,0)                                |

## 3.4. AFKOPPELEN VAN HET HEMELWATER

### 3.4.1. Noodzaak afkoppelen

Het afkoppelen van de hemelwaterafvoer is een effectieve maatregel om de werking van overstorten te reduceren. De lokale situatie bepaalt in belangrijke mate de effecten op bodem of oppervlaktewater.

Het afkoppelen zorgt er voor dat, bij hevige buien, het rioolstelsel niet vol loopt en / of overstroomt. Het hemelwater wordt op een andere manier afgevoerd. In tabel 3.9. wordt het percentage afkoppelingen per gemeentegrootte onderverdeeld.

| gemeentegrootte (aantal inwoners) | % reeds afgekoppeld (tot 1 januari 2005) | % gepland af te koppelen (2005-2010) |
|-----------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| 0-10000                           | 3,7                                      | 6,9                                  |
| 10000-20000                       | 3,9                                      | 5,5                                  |
| 20000-50000                       | 4,3                                      | 7,8                                  |
| 50000-100000                      | 4,7                                      | 5,1                                  |
| > 100000                          | 3,6                                      | 4,2                                  |
| Nederland                         | 4,3                                      | 5,7                                  |

Tabel 3.9.  
Afkoppelen per  
gemeenteklasse

Bron: Rioned

### 3.4.2. Regelgeving betreffende afkoppelen

Het activiteitenbesluit, het besluit lozing afvalwater huishoudens en het besluit lozingen niet-inrichtingen gelden voor afvloeiend hemelwater als algemene regels. Deze algemene regels vervangen, voor zover mogelijk, de vereiste vergunning of ontheffing voor het direct lozen van afvloeiend hemelwater in het oppervlaktewater of op of in de bodem zal zoveel mogelijk worden vervangen door algemene regels. Lozingen moeten daarbij voldoen aan de algemene zorgplicht: Afvalwater mag uitsluitend worden geloosd, indien door de samenstelling, eigenschappen of hoeveelheid ervan de nadelige gevolgen voor de kwaliteit van de bodem en het oppervlaktewater zoveel mogelijk worden beperkt en de doelmatige werking van de voorzieningen voor het beheer van afvalwater niet wordt belemmerd.

Lokale milieuomstandigheden kunnen ertoe leiden dat het bevoegd gezag (gemeente, provincie of waterschap) toch aanvullende eisen wil stellen aan afvloeiend hemelwater. Binnen het wettelijk kader zijn er dan twee mogelijkheden om hemelwaterlozingen te reguleren. Het bevoegd gezag kan maatwerkvoorschriften opstellen aan een individuele hemelwaterlozing op oppervlaktewater, riolering of op of in de bodem. Als het stellen van regels in een heel gebied gewenst is kan de gemeente een gebiedsgerichte verordening opstellen in plaats van het stellen van eisen per individuele lozing. Daarmee worden alle hemelwaterlozingen op riolering in een bepaald gebied gereguleerd. De verordeningbevoegdheid omvat twee onderdelen:

- het stellen van voorwaarden aan het lozen van afvloeiend hemelwater of van grondwater op of in de bodem of in een riool, en
- het beëindigen van lozingen van afvloeiend hemelwater of van grondwater in een vuilwaterriool.

Het opstellen van een gebiedsgerichte verordening kan de gemeente in overleg doen met het waterschap. Op basis van het hemelwaterbeleid zoals dat is vastgelegd in het gemeentelijk riolerings plan (GRP) wordt in gezamenlijk overleg afgesproken voor welk gebieden binnen een gemeente aanvullende regels moeten gaan gelden voor hemelwaterlozingen op riolering. Vanuit waterkwaliteitsoogpunt zal het daarbij gaan om gebieden waarbij de waterkwaliteitsdoelstellingen aantoonbaar worden overschreden.

## 3.5. HEMELWATER

### 3.5.1. Hemelwater

Hemelwater is een verzamelnaam voor regen, sneeuw en hagel, met inbegrip van dooiwater.

### 3.5.2. Wateroverlast

Wateroverlast is een verzamelnaam voor situaties waarin mensen overlast hebben als gevolg van te veel water. Hierbij kan het gaan om overlast als gevolg van water wat van beneden komt (grondwater). Daarnaast kan de overlast tijdelijk zijn, als gevolg van hevige regenval of door overstromingen. Er zijn 4 soorten wateroverlast, dit zijn tijdelijk en permanent respectievelijk grond- en hemelwater.

### 3.5.3. Neerslag in cijfers

De hoeveelheid neerslag die per maand valt is hieronder in tabel 3.10. weergegeven. De cijfers zijn gebaseerd op een gemiddelde hoeveelheid over de jaren 1971 tot 2000.

Tabel 3.10.  
Hoeveelheid neerslag per maand  
Bron:  
Meteodelfzijn.nl

| Maand     | Neerslag in mm |
|-----------|----------------|
| Januari   | 65,9           |
| Februari  | 41,3           |
| Maart     | 59,5           |
| April     | 40,4           |
| Mei       | 54,6           |
| Juni      | 75,1           |
| Juli      | 72,4           |
| Augustus  | 72,4           |
| September | 73,4           |
| Oktober   | 71,4           |
| November  | 77,1           |
| December  | 73,1           |
| Totaal    | 776,6          |

Hieronder staat het aantal dagen dat het heeft geregend. Deze dagen zijn onderverdeeld in verschillende hoeveelheden neerslag. Zware buien kunnen overlast veroorzaken op het rioolstelsel.

Het probleem doet zich vooral voor als het meerdere dagen achter elkaar regent.

Onder zware regen wordt een hoeveelheid van 20mm binnen een etmaal gerekend. Deze buien komen ongeveer 4 keer per jaar voor. Buien van 30mm komen ongeveer 2 keer per jaar voor en een bui met 50mm komt 1 keer in de 10 jaar voor.

Aantal dagen met een bepaalde hoeveelheid neerslag wordt hieronder in tabel 3.11. weergegeven.

Tabel 3.11.  
Hoeveelheid neerslag per bui  
Bron: KNMI

| Neerslag per bui | 1976-2005 |
|------------------|-----------|
| 0,1 mm en meer   | 191       |
| 5 mm en meer     | 53,33     |
| 10 mm en meer    | 20,5      |
| 15 mm en meer    | 8,66      |
| 20 mm en meer    | 3,83      |
| 25 mm en meer    | 1,83      |

De hoeveelheid neerslag (in mm) gedurende een gegeven aantal minuten, uren of etmalen met frequentie van overschrijding wordt in tabel 3.12. weergegeven.

| neerslagfrequentie |   |     |          | minuten |    |    |    | uren |    |    |    | etmalen |    |    |     |     |     |
|--------------------|---|-----|----------|---------|----|----|----|------|----|----|----|---------|----|----|-----|-----|-----|
|                    |   |     |          | 5       | 15 | 30 | 60 | 2    | 4  | 6  | 8  | 12      | 24 | 2  | 4   | 7   | 10  |
| 10                 | x | per | jaar     | -       | 3  | 4  | 5  | 7    | 9  | 11 | 12 | 13      | 15 | 19 | -   | -   | -   |
| 5                  | x | per | jaar     | -       | 4  | 6  | 7  | 10   | 12 | 14 | 15 | 17      | 21 | 26 | -   | -   | -   |
| 2                  | x | per | jaar     | 4       | 7  | 8  | 10 | 13   | 16 | 19 | 20 | 23      | 28 | 35 | 45  | 58  | 68  |
| 1                  | x | per | jaar     | 6       | 9  | 12 | 14 | 17   | 21 | 23 | 24 | 27      | 33 | 41 | 52  | 66  | 80  |
| 1                  | x | per | 2 jaar   | 7       | 12 | 15 | 18 | 22   | 25 | 27 | 29 | 32      | 39 | 48 | 60  | 76  | 91  |
| 1                  | x | per | 5 jaar   | 9       | 15 | 19 | 23 | 27   | 31 | 34 | 36 | 40      | 47 | 58 | 71  | 88  | 105 |
| 1                  | x | per | 10 jaar  | 10      | 18 | 23 | 27 | 31   | 36 | 39 | 41 | 46      | 54 | 65 | 80  | 98  | 114 |
| 1                  | x | per | 20 jaar  | 12      | 21 | 26 | 31 | 36   | 41 | 45 | 47 | 52      | 61 | 73 | 89  | 107 | 124 |
| 1                  | x | per | 50 jaar  | 14      | 25 | 31 | 37 | 43   | 49 | 53 | 56 | 61      | 71 | 84 | 100 | 119 | 135 |
| 1                  | x | per | 100 jaar | 15      | 28 | 35 | 42 | 48   | 55 | 59 | 62 | 68      | 79 | 92 | 109 | 127 | 143 |

Voorbeeld: in een tijdsduur van 24 uur is gemiddeld eens in de 2 jaar een neerslaghoeveelheid van minstens 39mm te verwachten.

#### 3.5.4. Klimaatverandering

Klimaatverandering is de verandering van het gemiddelde weertype over een bepaalde periode.

De verandering wordt gekenmerkt door een stijging of daling van de gemiddelde temperatuur en de gemiddelde neerslag op aarde. De temperatuursveranderingen hebben invloed op de ijskappen en gletsjers die als gevolg van de opwarming van de aarde versneld afsmelten.

Klimaatveranderingen zijn niet alleen van deze tijd, het klimaat verandert continu. Het bekendste fenomeen uit de geschiedenis zijn de glacialen of ijstijden. Tijdens ijstijden komen grote pakketten ijs met puin over het land geschoven, het zogenaamde landijs. Deze perioden werden gekenmerkt door extreme kou, andere perioden in de geschiedenis worden weer gekenmerkt door de droogte en warmte van die periode. Het wisselt elkaar af.

De periode van de 15e tot en met de halverwege de 19e eeuw werd ook gekenmerkt door de strengere winters maar hier was geen sprake van oprukkend landijs. Wel was er sprake van vergletsjering.

Door de klimaatverandering neemt de kans op extreem heftige regenbuien toe. Het water zal dan vaker op straat staan. Deze hinder moeten we accepteren. Vergelijk dit met andere extreme weersomstandigheden als sneeuw, gladheid en storm. Dat is het voorlopig standpunt van de rioleringsvakwereld. Schade moet wel worden vermeden. Onder schade wordt verstaan:

- Water dat gebouwen instroomt;
- Afvalwater dat uit het riool op straat loopt;
- Blokkades van belangrijke verkeersaders;
- Langdurige hinder van het verkeer

Het beperken van wateroverlast door hevige buien kan niet alleen door de aanleg van extra riolering. Dat zou miljarden euro's kosten. Daarom wordt een goed ontwerp van gebouwen en wegen extra belangrijk. Als deze tijdelijk het water kunnen opvangen en voorkomen dat het water de huizen binnentreedt dan wordt de overlast verminderd. Ook de belemming van ondergelopen straten zijn voor het verkeer dan niet aan de orde.

Tabel 3.12.  
Neerslaggegevens  
De Bilt

Bron: KNMI

Tabel 3.13.  
Aannames  
Klimaatverandering  
  
Bron: KNMI

In de tabel 3.13. hieronder worden de hoeveelheden weergegeven voor de verschillende verwachtingen.

| aantal dagen met een bepaalde hoeveelheid |           |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                           |           | G     | G+    | W     | W+    | G     | G+    | W     | W+    |
| jaartal                                   | 1976-2005 | 2020  | 2020  | 2020  | 2020  | 2050  | 2050  | 2050  | 2050  |
| neerslag                                  |           |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 0,1 mm en meer                            | 191       | 190,5 | 187,5 | 189,6 | 184   | 189,6 | 183,8 | 188,5 | 176,5 |
| 5 mm en meer                              | 53,33     | 54,16 | 52,66 | 54,5  | 52,33 | 54,33 | 52,33 | 55,16 | 53    |
| 10 mm en meer                             | 20,5      | 21,5  | 20,5  | 22,16 | 20,66 | 22,16 | 21,5  | 23,3  | 21,16 |
| 15 mm en meer                             | 8,66      | 9,16  | 8,66  | 10    | 9     | 9,83  | 9     | 10,83 | 9,16  |
| 20 mm en meer                             | 3,83      | 4,33  | 4,16  | 4,66  | 4,33  | 4,66  | 4,33  | 5,83  | 4,33  |
| 25 mm en meer                             | 1,83      | 2     | 2     | 2,33  | 2     | 2,33  | 2     | 3,16  | 2,33  |

### 3.5.5. Stedelijke wateropgave

Er is een norm voor het optreden van water op straat in relatie tot de capaciteit van de riolering en een normering voor overstromingen van waterlopen in relatie tot de capaciteit van de watergangen. De stedelijke wateropgave legt een verband tussen deze normen en kijkt hoe de normen zich tot elkaar verhouden.

Beide normen zijn uitgedrukt in een kans op herhaling in de tijd. Voor water op straat  $T = 2$  jaar en voor inundatie (onder water gelopen land)  $T = 100$  jaar. De normen zijn bedoeld voor beoordeling van verschillende systemen en situaties met verschillende kans op schade en de omvang van de schade.

Van korte duur water op straat kan zorgen dat economische schade beperkt blijft. Bij de norm voor de riolering wordt geen rekening gehouden met de bergingscapaciteit van de weg en de overige ruimte. Als deze capaciteit is benut kan binnendringend water in gebouwen schade veroorzaken. Bij het beoordelen van de kans op overstroming van oppervlaktewater is in principe geen marge in de vorm van berging. Een overstroming duurt over het algemeen veel langer dan enkele uren waarbij de kans op schade groot is.

### 3.6.1. Vasthouden, bergen, afvoeren

Vasthouden: het op een plek houden van het hemelwater

Bergen: het op een daarvoor bestemde plaats tijdelijk vasthouden van hemelwater

Afvoeren: het verplaatsen van hemelwater naar daarvoor bestemde (natuurlijke) voorzieningen.

### 3.6.2. Waterberging op eigen terrein

#### Ondergrondse oplossingen

- Bergingskratten  
Bergingskratten kunnen worden aangelegd onder de verharding. In de holle ruimte die door de kratten gecreëerd wordt kan een behoorlijke hoeveelheid water geborgen worden. Het percentage holle ruimte dat verkregen wordt is 95%. De krat wordt omhuld door geotextiel. Vanuit de kratten wordt het water vertraagd afgevoerd. De bergingscapaciteit van de kratten bedraagt 0,14m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.
- Tuin ophogen  
Door de tuin op te hogen wordt er meer ruimte gecreëerd tussen het maaiveld en het grondwater. De bergingscapaciteit zal daardoor toenemen. De hoeveelheid extra berging is afhankelijk van het grondsoort en de extra hoogte die wordt gecreëerd.
- Infiltratieriool  
Buis met een poreuze wand (beton), of voorzien van gaten (kunststof of beton) waardoor het water kan wegzijgen in de ondergrond. De voorziening heeft ook een transportfunctie.
- Bergingszakken  
Er zijn bergingszakken op de markt, die bijvoorbeeld onzichtbaar voor de omgeving in een vijver geplaatst worden. Eigenlijk dus een vorm van dubbel grondgebruik. Deze functioneren als een traditioneel bergbezinkbassin met een interne en externe overstort. Het overvloedige water stroomt toe via vrij verval in de overstortmodus. Even later wordt het rioolwater met pompen en onder hydrostatische druk van het vijverwater op de bergingszak weer teruggepompt. Als de zak gevuld is, ontsnapt er lucht via ontluchtingsventielen. Schoonmaken gebeurt met een doorspoelsysteem in de zak.

#### Bovengrondse oplossingen

- Groen dak  
Bij nieuwbouw, maar in sommige gevallen ook bestaande gebouwen, is het mogelijk om het dak dusdanig te construeren dat er, tijdelijk, een laag water staat.
- Regenton  
Een regenton is een simpele oplossing om hemelwater op te vangen. Het nadeel is dat het een beperkte bergingscapaciteit heeft.
- Afkoppeling regenpijp boven maaiveld met infiltratie in tuin  
Een makkelijke en tevens goedkope oplossing is het afkoppelen van de regenpijp. Hierdoor wordt het water niet meer afgevoerd via de riolering maar op eigen terrein. Op eigen terrein kan een voorziening gemaakt worden waar het water tijdelijk geborgen kan worden.
- Minder verharding in de tuin  
Minder verhardt oppervlak zorgt voor meer ruimte voor infiltratie van hemelwater in de bodem.
- Vijvers / wadi  
Vijvers zijn zeer geschikt om water in te bergen. Het is in principe hetzelfde als hemelwater dat naar een sloot afgevoerd wordt.  
Een wadi is een voorziening voor de infiltratie van hemelwater. Een wadi is een laagte waarin het hemelwater zich kan verzamelen en in de bodem kan infiltreren. Meestal is een wadi beplant met gras of biezengras. Een wadi helpt verdroging van de bodem tegen te gaan, vormt een buffer bij overvloedige regenval, en draagt bij aan de zuivering van het water.

## 3.7. WATERZUIVERING

### 3.7.1. Zuivering

Waterzuivering is het verwijderen van organische en chemische afvalstoffen uit water. Dit proces vindt in de natuur plaats door micro-organismen in het water. Wanneer water te sterk vervuild is, is dit natuurlijke proces niet toereikend en kan kunstmatige waterzuivering worden ingezet. Kunstmatige waterzuivering wordt gebruikt bij het verwerken van afvalwater en bij de behandeling van drinkwater.

### 3.7.2. Zuivering in cijfers

Hieronder staan de hoeveelheden weergegeven die de rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) hebben te verwerken.

Tabel 3.15.  
Zuiveringscapaciteit

Bron: Rioned

| basisgegevens                                    | peildatum | Nederland | N-H  | Gld  |
|--------------------------------------------------|-----------|-----------|------|------|
| zuiveringscapaciteit rwzi's (x 1000)             | 1-1-2007  | 26.213    | 4826 | 2930 |
| gezuiverd afvalwater (x 1000 m3/dag)             | 2006      | 5079      | 745  | 614  |
| gezuiverd afvalwater (x 10 <sup>6</sup> m3/jaar) | 2006      | 1854      | 272  | 224  |

Als er van wordt uitgegaan dat 85% van het water dat de zuivering bereikt hemelwater is, dan kan het riool en de zuivering voor een groot deel gespaard worden.

Het aantal m3 hemelwater is een jaar tijd (over 2006):

$$1.854.000.000 \cdot 0.85 = 1.575.900.000 \text{ m3 hemelwater}$$

Daarmee zou er maar 278.100.000m3 vuilwater gezuiverd hoeven te worden.

De zuivering van het vuilwater zal hierdoor veel efficiënter kunnen en de druk die op het riool staat is constant.

De kosten en baten voor het rioolsysteem worden hieronder weergegeven.

### Kosten

Zoals is tabel 3.6., op pagina 17, naar voren kwam zijn de kosten voor vervanging van het riool verschillende per systeem. Bij het totaal afkoppelen van het hemelwater wordt er voor gezorgd dat er geen gescheiden stelsel gelegd hoeft te worden. De baten hiervoor zijn  $11500 - 7400 = € 4100,-$  per aansluiting van een gebouw (prijsverschil tussen gescheiden stelsel en gemengd stelsel).

### Kosten per partij

Voor de gemeente en het waterschap zitten de kosten in het uitgeven van subsidies.

Per gemeente is het afhankelijk of er subsidie wordt gegeven en hoeveel, de bijdrage kan hierbij tot 20 euro per vierkante meter oplopen.

Het waterschap geeft subsidie voor het afkoppelen van het riool. Jaarlijks wordt korting gegeven op de rioolheffing. De subsidie van het waterschap kan oplopen tot 20 euro per vierkante meter en de korting 2 tot 5 euro per m<sup>2</sup> afgekoppeld oppervlak.

Voor de investerende partij(en) zijn er kosten voor de aankoop (nieuwbouw) van de grond en de uitvoering erop. In het geval de investeerder tevens de eigenaar is dan draait deze op voor de kosten.

De toekomstig eigenaar van het gebouw (nieuwbouw) heeft in dit stadium geen rol.

### Baten per partij

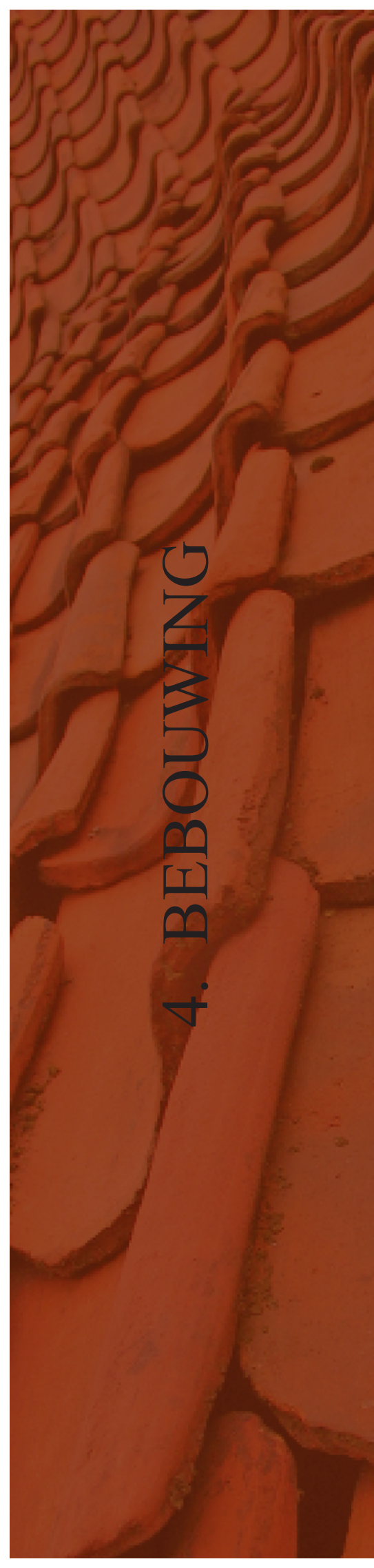
Voor het waterschap zijn de baten te vinden in het verminderen van de hoeveelheid te verwerken afvalwater. Hierdoor kan gericht gezuiverd worden en is de kans op een overlopend riool verkleind.

### De gemeente heeft baat bij de verkoop van grond.

Tevens heeft het baat bij afkoppeling, als het hemelwater infiltreert in de grond. Het infiltreren heeft als voordeel dat de grond niet uitdroogt en dat het grondwater weer een natuurlijk verloop krijgt, dit is echter niet in iedere regio het geval.

De investerende partij(en) heeft baat bij het kiezen voor een gemengd stelsel in plaats van het aanbrengen van een gescheiden stelsel. Dit scheelt in tijd en kosten. Als de investerende partij tevens de eigenaar is dan heeft deze ook baat bij de verschillende subsidies.

De toekomstig eigenaar heeft baat bij afkoppeling doordat deze korting kan krijgen op de rioolheffing. Dit levert een jaarlijkse besparing op.



## 4. BEBOUWING

|      |                                               |    |
|------|-----------------------------------------------|----|
| 4.1. | Inleiding                                     | 27 |
| 4.2. | Traditionele bouw                             | 28 |
| 4.3. | Innovatieve bouw                              | 29 |
|      | 4.3.1. 100% afkoppeling hemelwater            | 29 |
| 4.4. | Meervoudig ruimtegebruik                      | 30 |
|      | 4.4.1. Groene daken                           | 30 |
|      | 4.4.2. Waterdaken                             | 30 |
|      | 4.4.3. Maaiveld                               | 31 |
| 4.5. | Duurzaamheid in de bouw                       | 32 |
| 4.6. | Energieverbruik en uitstoot                   | 33 |
|      | 4.6.1. Energieverbruik                        | 33 |
|      | 4.6.2. Gemiddelde besparing                   | 33 |
|      | 4.6.3. De milieulast van de bebouwde omgeving | 33 |
| 4.7. | MIA / VAMIL                                   | 34 |
| 4.8. | Kosten en baten                               | 36 |
|      | 4.8.1. Aanleg                                 | 36 |
|      | 4.8.2. Kosten per partij                      | 37 |
|      | 4.8.3. Onderhoud                              | 38 |
|      | 4.8.4. Zorg voor de beschermlaag              | 38 |
|      | 4.8.5. Baten                                  | 38 |
|      | 4.8.6. Baten per partij                       | 38 |

#### 4.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de bouw en de zaken die daarin meetellen.

Allereerst wordt er een paragraaf besteed aan de traditionele manier van bouwen, dit is om de uitgangssituatie te kunnen belichten in dit onderzoek. Daarna zal ingegaan worden op de innovatieve bouw en de mogelijkheid tot waterberging op daken. Meervoudig ruimtegebruik is een term die hier bij komt kijken, daken kunnen geen onbenutte vlaktes meer zijn. Ze kunnen voor meerdere doeleinden gebruikt worden. Innovatieve bouw is ook zeker duurzame bouw. Het gebruik van materialen en verbruik van energie zijn hierin grote speerpunten. Deze speerpunten zijn niet alleen voor het einddoel, maar net zo zeer voor het proces tot aan het einddoel, van belang. De bouw is gebaat bij investeringen, vooral de gemeente heeft hier veel over te zeggen. De gemeente is ook degene die veel profijt haalt uit het bouwproject, deze en andere partijen komen ter sprake. De kosten en baten voor de aanleg en het onderhoud worden tegen elkaar afgewogen. Foto 4.1. geeft een nieuwbouwproject aan op IJburg in Amsterdam, het gebouw krijgt allemaal groene daken.

Foto 4.1.

IJburg, Amsterdam



## 4.2. TRADITIONELE BOUW

Onder traditionele bouw wordt verstaan de bouw zoals die gebruikelijk wordt uitgevoerd. Dit houdt in dat er een betonskelet wordt geplaatst, dit vormt de wanden en de plafons. De daken variëren van een plat dak (tot 5% afschot) tot een hellend dak (meer dan 5% afschot). Vaak worden platte daken bedekt met een bitumineuze dakbedekking en worden in sommige gevallen met grind bedekt. Meerdere bitumendaken zorgen zomers in de stad voor het “heat island effect”, dit is een opwarming van het gebied door het opwarmen van de daken. Deze temperatuur kan oplopen tot ongeveer 80° Celsius.

De constructie voor een plat of hellend dak is berekend op basis van het gewicht dat het moet dragen en een veiligheidsmarge voor bijvoorbeeld onderhoud, renovatie en sneeuwval. Het is niet zwaarder geconstrueerd dan wettelijk nodig is.

De daken hebben als doel het onderliggende gebouw te beschermen tegen weersinvloeden. Hierbij is het de bedoeling dat hemelwater niet op het dak blijft staan, maar wordt afgevoerd. Dit afvoeren gebeurt meestal naar het riool.

Het is over het algemeen bekend dat daken veel warmte van binnenuit door laten. Het kost dus veel energie om het gebouw op te warmen. Door isolatiemateriaal toe te passen kan dit al heel veel besparen.

De reden dat er vandaag de dag nog steeds veel op deze manier wordt gebouwd is omdat de methode vertrouwd is. Het is een snelle en makkelijke manier van bouwen. Voor het duurzamer bouwen gaan steeds meer stemmen op. De verwachting is dat de duurzame bouw in de nabije toekomst meer draagvlak gaat krijgen en dus meer zal worden toegepast.

Bij het vernieuwde bouwen komt de term duurzaam kijken. Het kan zijn dat in de aanschaf van een duurzame woning meer geld gaat zitten dan in een traditioneel gebouwde woning, maar de investering die gemaakt wordt is gemakkelijk terug te verdienen.

Door een groendak te maken kan veel bespaard worden op de energiekosten. De isolerende werking neemt toe naar mate de dikte van het substraatpakket toeneemt. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met een maximale daklast. Een opbouw van 8cm substraat (90kg per m<sup>2</sup> waterverzadigd) kan vaak aangelegd worden zonder dat extra zwaar geconstrueerd hoeft te worden. Wordt het pakket dikker en het gewicht daarmee zwaarder dan zal de constructie wel zwaarder worden gedimensioneerd. Dit brengt uiteraard kosten met zich mee.

Daarnaast wordt het door een groendak mogelijk om hemelwater vertraagd af te voeren naar het rioolstelsel. Dit heeft als voordeel dat het riool de tijd krijgt om het water geleidelijk af te voeren. Het is ook mogelijk om hemelwater op het dak te bergen. Het water zal op het dak worden opgeslagen en door gebruik van de beplanting en verdamping weer verdwijnen.

Door het groendak kan ook het eerder genoemde "heat island effect" beperkt worden, meer hierover is te lezen in hoofdstuk 5 "Groene daken en waterberging".

### 4.3.1. 100% waterberging op het dak

Om al het water dat op het dak valt te bergen is een aanzienlijke hoeveelheid substraat nodig. De meest voorkomende buien zijn hier goed op berekend. De extreme buien, zoals steeds vaker voorkomt, vormen hierbij echter een probleem. Als een T=100 bui voorkomt en geborgen zou moeten worden op het dak dan is er een substraatlaag nodig van ongeveer 100cm, Waarbij 99% van het hemelwater geborgen zal worden. De grootste problemen die zich voor kunnen doen zijn de langdurig natte periodes waarin dagen of weken achter elkaar neerslag valt.

100% waterberging op daken is niet altijd mogelijk, de grootste pieken zullen niet ten alle tijden opgevangen kunnen worden.

## 4.4. MEERVOUDIG RUIMTEGEBRUIK

Nederland is een dichtbevolkt land. Vrijwel elk stukje Nederland is in gebruik voor wonen, werken, verkeer en vervoer, recreatie, landbouw, natuur, water of andere functies. Tegelijkertijd groeit het aantal inwoners en neemt de claim op ruimte per inwoner toe. De hedendaagse mens wil veel en dat het liefst tegelijkertijd.

Binnen dit gegeven van overdadige en meervoudige claims op een vaste hoeveelheid ruimte vindt in Nederland de besluitvorming over nieuwe investeringen en meervoudige vormen van ruimtegebruik plaats. Deze besluitvorming is geen sinecure en verloopt in de praktijk moeizaam.

### 4.4.1. Groene daken

Het groen in de stad wordt steeds meer verdrongen door nieuwbouw, wegen en parkeerplaatsen. Een groen dak leeft en draagt bij aan de verfraaiing van onze leefomgeving. Maar niet alleen groen, ook andere functies voor daken zijn haalbaar, zoals sporten, recreëren, wonen, kijken en parkeren. De leefbare stad waar het ondanks hoge bebouwingsdichtheden voor de bewoners goed toeven is, kan mede gerealiseerd worden door daktuinen. Daar komt wel wat bij kijken. De details moeten kloppen, de basis moet goed zijn. Zijn de opstandhoogten voldoende, is het dakafschot toereikend? Is de constructie van het dak berekend op het extra gewicht van de daktuin en is de keuze van het dakbedekkingssysteem geschikt voor de daktuin en/of parkeerdak? Er is een groot aantal randvoorwaarden dat eerst getoetst moet worden voordat de daktuin ontworpen kan worden.

### 4.4.2. Waterdaken

Platte daken zijn niet uit het daklandschap weg te denken en ontwikkelen zich steeds meer tot publiek terrein met veel gebruiksfuncties. Een bijzondere gebruiksfunctie is de inrichting van een plat dak met waterpartijen, vijvers, waterterrassen en watervallen zoals bijvoorbeeld het waterdak bij het gebouw van de belastingdienst in Apeldoorn (foto 4.2.). Bijkomende voordelen van permanent water op het dak zijn de additionele koeling in de zomer, de beschikbaarheid van bluswater en een potentieel reservoir voor waterbuffering. Waterdaken moeten vanwege hun meestal kostbare inrichting en afwerking de ontwerper en de opdrachtgever een absolute zekerheid kunnen bieden dat de consequenties van onverhoopte waterlekkages te overzien zijn.

Foto 4.2.  
Waterdak belastingdienst  
Apeldoorn



#### 4.4.3. Maaiveld

Ondergronds ruimtegebruik zal de komende jaren een steeds belangrijkere rol spelen in de ruimtelijke ontwikkeling in Nederland. Steeds vaker worden gebouwen als parkeergarages onder het maaiveldniveau gebruikt.

Onder andere het COB (centrum ondergronds bouwen) stelt zich ten doel een blijvende en duurzame bijdrage te leveren aan de versterking van de kenniseconomie. Daarnaast wil COB op een kritische en vooral innovatieve wijze omgaan met ondergronds ruimtegebruik.

## 4.5. DUURZAAMHEID IN DE BOUW

### Duurzaamheid in de bouw

Duurzaamheid is een woord met veel verschillende definities. Iedereen zal de term anders uitleggen, maar allemaal zullen ze een raakvlak met elkaar hebben.

De interpretatie in dit onderzoek luidt als volgt:

*“Onder duurzame ontwikkeling wordt een ontwikkeling verstaan die voorziet in de behoefte van de huidige generatie zonder daarmee voor de toekomstige generaties de mogelijkheid in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien.”*

Het ontwikkelen en realiseren van een duurzaam gebouwde omgeving heeft meer te maken met een manier van denken dan dat het een kwestie is van het juiste materiaal toepassen. Een duurzaam concept of een integraal uitgewerkt ontwerp met goed gedetailleerde constructies is zo veel meer dan alleen een duurzaam materiaal. Het toepassen van duurzame materialen in een slecht ontwerp is meestal geen garantie dat het gebouw ook duurzaam is.

De ontwikkeling en realisatie zijn tevens gebonden aan de eisen die gesteld worden door de investeerder. Deze zal uiteindelijk kiezen of er wel of niet duurzaam gebouwd zal worden.

Een veel gehanteerde methode om met duurzaam bouwen bezig te zijn, is de Drie-Stappen-Strategie. Deze strategie beschouwt een gebouw, bouwwerk of zelfs een hele wijk als een object. Het streven is om zo min mogelijk en zo verstandig mogelijk IN het object te brengen. Is het eenmaal aangebracht, dan moet zoveel mogelijk UIT-stroom voorkomen worden en zo verstandig mogelijk met afval worden omgegaan. Dit houdt in dat tijdens het ontwerp al nagedacht wordt over toekomstige sloop en (her)bestemming van het afval. De Drie-Stappen-Strategie dient toegepast te worden op alle duurzaam bouwen factoren, zoals: materialen, energie, water en gezondheid en binnenmilieu.

Bij de Drie-Stappen-Strategie worden de stappen achtereenvolgens doorlopen:

IN:

1. Beperk de vraag: voorkom onnodig gebruik
2. Gebruik duurzame / eindeloze bronnen
3. Gebruik eindige bronnen verstandig

UIT:

1. Voorkom afval
2. Hergebruik afval
3. Verwerk (overig) afval verstandig.

Door duurzame ontwikkeling wordt er voor gezorgd dat de maatschappelijke winst toeneemt. De winst is op korte termijn wellicht niet direct te merken, op lange termijn (volgende generaties) zullen hier echter veel aan hebben.

## 4.6. ENERGIEVERBRUIK EN UITSTOOT

### 4.6.1. Energieverbruik

Verminderen van energieverbruik is beter voor het milieu. Goede isolatie van een gebouw zorgt daarvoor. Met isolatie gaat minder warmte verloren en slaat de verwarmingsketel minder vaak aan.

(uitgaande van een verwarmde zolder). Het gemiddelde jaarlijkse gasverbruik van een huishouden voor de centrale verwarming bedraagt 1204 m<sup>3</sup>. Het isoleren van het dak scheelt dus echt veel.

Met het isoleren van het dak kan gemiddeld per jaar 714 m<sup>3</sup> gas besparen bij woningen

Voor de isolatie van een dak kan gekozen worden uit een groot aantal materialen. Voor de milieuvergelijking moet rekening gehouden worden met de hoeveelheid materiaal die benodigd is, welke grondstoffen gebruikt worden, of er schadelijke stoffen vrijkomen tijdens de productie, en hoeveel milieubelasting het vervoer oplevert en het materiaal dat in de afvalfase komt. De milieverschillen tussen alle isolatiematerialen zijn klein, ten opzichte van de energiebesparing die het isoleren met zich meebrengt. Dus welk materiaal ook wordt gekozen, het levert altijd energiebesparing en dus milieuwinst op.

### 4.6.2. Gemiddelde besparing

De onderstaande tabel, 4.1., hieronder geeft aan hoeveel een huishouden gemiddeld kan besparen met dakisolatie. Er is uitgegaan van een woning met een vloeroppervlak van vijftig m<sup>2</sup>, een dakoppervlak van zeventig m<sup>2</sup>, en isolatiemateriaal met warmteweerstand (R-waarde) van 2,50 m<sup>2</sup> K/W.

| Maatregel                                 | Gasbesparing (m <sup>3</sup> / jaar) | Kostenbesparing(€ / jaar)* | Terugverdientijd** |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|
| Isoleren schuin dak (onverwarmde zolder)  | 308                                  | € 206                      | 2 jaar             |
| Isoleren schuin dak (verwarmde zolder)    | 714                                  | € 478                      | 2 jaar             |
| Isoleren zoldervloer (onverwarmde zolder) | 220                                  | € 147                      | 4 jaar             |

\*) Gasprijs 67 eurocent, prijspeil 2008.

\*\*) In de praktijk hangt de besparing ook af van hoeveel u thuis bent, en hoe warm u stookt. Als u bijna nooit thuis bent en een lage binnentemperatuur aanhoudt, bespaart u minder dan wanneer u veel thuis bent en warmer stookt. De terugverdientijd is dan ook wat langer. De berekening gaat uit van een gemiddelde aanwezigheid en een gemiddelde stooktemperatuur.

### 4.6.3. De milieulast van de bebouwde omgeving

Hoe groot is nu de milieubelasting van bedrijfsgebouwen, woningen, kunstwerken, overheidsgebouwen en overige creaties in het bebouwde Nederland samen.

Allereerst zijn daar natuurlijk de al langer bekende milieuschades. Zoals de in voorgaande decennia veroorzaakte bodemverontreinigingen, het dichtslibben van de verstedelijkte gebieden en de verregaande verkaveling van het landschap die daar het gevolg van is.

Tegenwoordig is ook bekend dat alle bebouwing in Nederland samen goed is voor een derde van de totale uitstoot van broeikasgassen. Daarmee is het Nederlandse vastgoed een grotere vervuiler dan de auto.

Tabel 4.1.  
Besparing energiekosten

Bron:  
Milieucentraal.nl

## 4.7. MIA / VAMIL

De MIA (Milieu Investeringsaftrek) en Vamil (willekeurige afschrijving milieu-investering) zijn fiscale regelingen voor ondernemers die investeren in milieuvriendelijke bedrijfsmiddelen. De MIA en Vamil zijn twee verschillende regelingen, maar worden vaak gecombineerd. Beide regelingen maken gebruik van een gezamenlijke lijst, de zogenaamde Milieulijst. Op deze lijst staan alle bedrijfsmiddelen genoemd die in aanmerking komen voor MIA en/of Vamil. De Milieulijst wordt jaarlijks herzien.

De MIA biedt ondernemers die investeren in milieuvriendelijke bedrijfsmiddelen een extra belastingaftrek. Tot 40 procent van het investeringsbedrag mag worden afgetrokken van de fiscale winst. Het percentage van de aftrek is afhankelijk van de milieueffecten en de gangbaarheid van het bedrijfsmiddel. Het voordeel per bedrijfsmiddel is in de Milieulijst door middel van een lettercode weergegeven zoals te zien is in figuur 4.1. hieronder.

De Vamil biedt een liquiditeits- en rentevoordeel. Ondernemers die Vamil voor een bedrijfsmiddel toepassen mogen dit bedrijfsmiddel willekeurig ofwel vrij afschrijven. De lettercode, zie figuur 4.1., bij het bedrijfsmiddel in de Milieulijst bepaalt of Vamil toegepast kan worden.

De MIA/Vamil-regeling stimuleert ook investeringen in duurzame gebouwen. Het moet daarbij dan wel gaan om gebouwen die niet gebruikt worden als woonhuis. De Wet inkomstenbelasting 2001 sluit investeringen in woonhuizen uit voor MIA/Vamil.

Sinds kort zijn ook woningcorporaties belasting verschuldigd over hun winst. Omdat deze organisaties veel investeren in duurzame gebouwen kunnen zij ook aanspraak maken op MIA/VAMIL. Behalve als het om investeringen in woonhuizen gaat natuurlijk.

Daarnaast stimuleert de MIA/Vamil-regeling de aanschaf van milieuvriendelijke technieken die onderdeel uitmaken van gebouwen, zoals bijvoorbeeld waterbesparende toiletten, infiltratiesystemen, wadi's, vegetatiedaken en gevelbegroeiing.

In zijn algemeenheid kan gezegd worden dat woonhuizen opstallen zijn welke naar aard en inrichting woningen zijn en bestemd zijn om als zodanig te worden gebruikt. Bestaat er twijfel dan geeft de bestemming de doorslag. De belastingdienst geeft informatie over wat wel en niet gezien kan worden als een investering in een woonhuis.

Figuur 4.1.  
MIA en VAMIL

bron: SenterNovem

### Legenda

#### Uitleg letters A t/m G

**A = 30% MIA + Vamil**

**B = 15% MIA + Vamil**

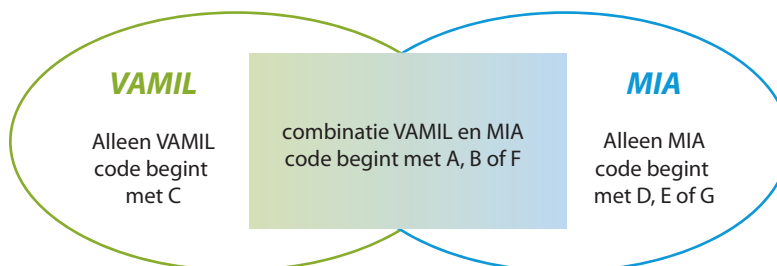
**C = alleen Vamil**

**D = alleen 30% MIA**

**E = alleen 15% MIA**

**F = 40% MIA + Vamil**

**G = alleen 40% MIA**



*MIA en VAMIL zijn twee aparte regelingen met een grote overlap.*

*Voor de meeste bedrijfsmiddelen kunt u zowel MIA- als VAMIL-voordeel krijgen.*

Enkele voorbeelden uit de regeling waar korting op aangevraagd kan worden zijn:

F7060 infiltratiesysteem

- a. bestemd voor: het bufferen en infiltreren van hemelwater in een geperforeerde container, waarbij het hemelwater na verblijf in deze container infiltreert in de bodem,
- b. bestaande uit: een geperforeerde container en (eventueel) geotextiel,  
of
- c. bestemd voor: het transporteren van hemelwater naar een infiltratiesysteem en/of infiltreren van hemelwater met geperforeerde leidingen,
- d. bestaande uit: geperforeerde leidingen en (eventueel) geotextiel,  
of
- e. bestemd voor: het bufferen en infiltreren van hemelwater in een wadi,
- f. bestaande uit: een wadi.

A7063 Voorziening voor het bufferen en vertraagd afvoeren van hemelwater

- a. bestemd voor: het tijdens hevige regenval opvangen en bufferen van hemelwater afkomstig van bedrijfsterreinen en bedrijfsgebouwen, niet zijnde kassen, waarbij het hemelwater vertraagd wordt afgevoerd of nuttig wordt toegepast en waarbij ten minste 50 liter hemelwater per vierkante meter opvangoppervlak kan worden gebufferd met een afvoersnelheid van ten hoogste 0,36 liter per uur per m<sup>2</sup>,
  - b. bestaande uit: een wateropslagvoorziening, (eventueel) een verzwaarde dakconstructie, (eventueel) geotextiel en (eventueel) leidingwerk voor nuttige toepassing.
- Toelichting: Bufferen en infiltreren van hemelwater kan worden gemeld onder code F 7060.

F7070 vegetatiedak

- a. bestemd voor: het afdekken en isoleren van een dakconstructie van een gebouw door een pakket van waterbufferende lagen met vegetatie ter voorkoming van overlast of overbelasting van het riool door hemelwater ter zuivering van de buitenlucht en/of ter bevordering van broed- en foerageergelegenheid voor dieren,
- b. bestaande uit: een waterkerende folie, een teeltlaag, (eventueel) een drainagelaag, (eventueel) een kunstmatige bevoeiing en verankering, (eventueel) constructieve aanpassingen bij bestaande daken en (eventueel) nestelvoorzieningen.

F7071 gevelbegroeiingssysteem

- a. bestemd voor: het isoleren van de buitenmuren van een gebouw door een vegetatielaag ter zuivering van de buitenlucht en/of ter bevordering van broed- en foerageermogelijkheden van dieren,
- b. bestaande uit: een frame met gevelbeschermende laag en substraat, (eventueel) constructieve aanpassingen bij bestaande muren, (eventueel) irrigatieleidingwerk en (eventueel) nestelvoorzieningen.

## 4.8. KOSTEN EN BATEN

Tabel 4.2.  
Bouwkosten  
woningbouw

bron:  
bouwkostenonline.nl

### 4.8.1. Aanleg

De aanlegkosten in deze paragraaf zijn onderverdeeld in woningen nieuwbouw en utiliteitsbouw nieuwbouw. Allereerst wordt hieronder in tabel 4.2. de kosten voor de woningbouw getoond. Op de pagina hiernaast zijn de prijzen voor de utiliteitsbouw weergegeven in tabel 4.3..

| Woningbouw             | toevoeging   | prijs / eenheid | eenheid* |
|------------------------|--------------|-----------------|----------|
| Cataloguswoning        | 2 laags      | € 812,00        | m2 BVO   |
| Cataloguswoning        | 3 laags      | € 826,00        | m2 BVO   |
| Herenhuis              | schuin dak   | € 918,00        | m2 BVO   |
| Herenhuis              | plat dak     | € 1.092,00      | m2 BVO   |
| Stedelijke villa       | schuin dak   | € 1.036,00      | m2 BVO   |
| Stedelijke villa       | plat dak     | € 1.275,00      | m2 BVO   |
| Landelijke villa       | schuin dak   | € 939,00        | m2 BVO   |
| Landelijke villa       | plat dak     | € 1.312,00      | m2 BVO   |
| Woonboerderij          |              | € 710,00        | m2 BVO   |
| geschakeld             |              |                 |          |
| twee onder één kap     | schuin dak   | € 851,00        | m2 BVO   |
| twee onder één kap     | plat dak     | € 947,00        | m2 BVO   |
| Seriematig 2 laags     | schuin dak   | € 726,00        | m2 BVO   |
| Seriematig 2 laags     | plat dak     | € 899,00        | m2 BVO   |
| Seriematig 3 laag      | schuin dak   | € 716,00        | m2 BVO   |
| Seriematig 3 laag      | plat dak     | € 794,00        | m2 BVO   |
| Herenhuis              |              | € 1.215,00      | m2 BVO   |
| Inpassing              |              | € 1.013,00      | m2 BVO   |
| Sociale huurwoning     |              | € 695,00        | m2 BVO   |
| Seniorenwoningen       |              | € 745,00        | m2 BVO   |
| Gestapeld              |              |                 |          |
| Urban villa (3-4 span) |              | € 950,00        | m2 BVO   |
| Woontoren              | tot 8 lagen  | € 1.005,00      | m2 BVO   |
| Woontoren              | tot 12 lagen | € 1.044,00      | m2 BVO   |
| Portiekwoning          | tot 3 lagen  | € 876,00        | m2 BVO   |
| Portiekwoning          | tot 4 lagen  | € 963,00        | m2 BVO   |
| Appartementenblok      |              | € 1.034,00      | m2 BVO   |
| Gallerijwoning         |              | € 957,00        | m2 BVO   |
| Sociale huurwoning     |              | € 838,00        | m2 BVO   |
| Seniorenwoningen       |              | € 1.111,00      | m2 BVO   |

\* eenheid = m<sup>2</sup> bruto vloer oppervlak (BVO)

Op tabel 4.2. is de MIA / VAMIL regeling niet van toepassing. De tabel op de volgende pagina valt wel onder deze regeling.

| Utiliteitsbouw                   | toevoeging  | prijs / eenheid | eenheid* |
|----------------------------------|-------------|-----------------|----------|
| Kantoorvilla                     |             | € 1.245,00      | m2 BVO   |
| Kleinschalig kantoor             |             | € 1.094,00      | m2 BVO   |
| Kantoorblok                      | tot 8 lagen | € 1.088,00      | m2 BVO   |
| Onderwijsfunctie                 |             |                 |          |
| Basisschool                      |             | € 960,00        | m2 BVO   |
| Voortgezet onderwijs             |             | € 1.023,00      | m2 BVO   |
| ROC                              |             | € 1.169,00      | m2 BVO   |
| Hogeschool                       |             | € 1.414,00      | m2 BVO   |
| Zorg- en gezondheidsfunctie      |             |                 |          |
| Regionaal ziekenhuis             |             | € 2.197,00      | m2 BVO   |
| Academisch ziekenhuis            |             | € 2.281,00      | m2 BVO   |
| Begeleid wonen                   |             | € 1.259,00      | m2 BVO   |
| Bedrijfsfunctie                  |             |                 |          |
| Bedrijfspand (met kantoorstrook) |             | € 684,00        | m2 BVO   |
| Opslagloods                      |             | € 489,00        | m2 BVO   |
| Bedrijfspand (geschakeld)        |             | € 523,00        | m2 BVO   |
| Sportfunctie                     |             |                 |          |
| Gymzaal                          |             | € 1.352,00      | m2 BVO   |
| Kantine/kleedruimte              |             | € 1.164,00      | m2 BVO   |
| Tennishal                        |             | € 762,00        | m2 BVO   |
| Sportcentrum                     |             | € 1.420,00      | m2 BVO   |

\* eenheid = m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlak (BVO)

Voor het verzwaren van de bouwkundige constructie ten behoeve van vegetatiedaken zijn bedragen tussen de € 35,- en € 65,- per m<sup>2</sup> genoemd.

Voor de zwaardere constructie wordt daarom rekening gehouden met een meerprijs van € 65,- per m<sup>2</sup> en voor de lichtere constructies een meerprijs van € 35,- per m<sup>2</sup>.

De vegetatiedaken met een substraatlaag van 8-10cm hebben geen extra constructieve eisen nodig. Deze hebben ook geen meerprijs.

#### 4.8.2. Kosten per partij

Het waterschap speelt bij de verdere proces van de bouw geen rol, deze rol is weggelegd voor de investerende partij. De gemeente heeft in veel gevallen ook bijna geen rol meer in het proces, het controleerd en handhaaft. De investerende partij maakt kosten voor de bouw van het gebouw.

Deze kosten zitten in grond, materialen en materieel dat gebruikt wordt voor het gebouw.

De toekomstig eigenaar speelt in dit deel van het proces wellicht mee, de wensen van de eindgebruiker kunnen er voor zorgen dat deze nauw betrokken is bij de aanleg van het gebouw.

Tabel 4.3.  
Bouwkosten  
utiliteitsbouw

Bron:  
bouwkostenonline.nl

#### 4.8.3. Onderhoud

Over het algemeen wordt voor een bitumendak een levensduur van 20 jaar aangehouden. Er zijn daken die na 15 jaar al vervangen moeten worden maar er zijn ook daken die na 30 jaar pas aan vervanging toe zijn.

Het voordeel van een groendak is dat de dakbedekking langer mee gaat. Over het algemeen wordt uit gegaan van zo'n 40 jaar. Hierin schommelt het van 20 jaar tot zelfs 60 jaar.

In de berekening wordt er van uit gegaan dat het groendak 2 keer zo lang mee kan als het een gewoon bitumendak.

Eens in de 2 jaar het dak op voor een inspectie is het advies. Kies wel het juiste moment. Die opmerking wordt duidelijk als u weet dat bij 80 °C bitumen begint te verweken en dat het bij 120 °C smelt. In de zomer kan de temperatuur door de zon makkelijk oplopen tot 110 °C. Bij zo'n 15 °C vorst is bitumen als glas. Het versplintert dan makkelijk als er op gelopen wordt. Het najaar is dan ook de beste periode om te inspecteren en onderhoudswerkzaamheden uit te voeren. In het schema is aangegeven waar u op moet letten bij het inspecteren. Door inwerking van zonlicht verouderen de bitumen. De levensduur van de dakbedekking wordt dan ook in grote mate bepaald door een goede afscherming voor het zonlicht.

Tabel 4.4.  
2 jaarlijks  
onderhoud daken

bron: Website  
Gemeente Utrecht  
Woningonderhoud

| Controleren       | Beoordelen op                                             | Mogelijke oorzaak                               |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Waterafvoer       | Stagneert wel / niet                                      | Verstopt                                        |
| Dakvlak           | Wel / niet langdurig nat                                  | Afvoer te hoog, dak buigt door, geen afschot    |
| Vuil en vegetatie | Niet / incidenteel / algemeen aanwezig                    | Slib, zand, leislag, alg, mos, planten          |
| Grindlaag/leislag | Gesloten / kale plekken / in bitumen gedrongen / vervuild | Door regen en wind laten leislagschilvers los   |
| Blazen            | Scherp afgetekende opbolling in ronde tot ovale vormen    | Lucht- of waterinsluiting, onvoldoende gekleefd |
| Kale plekken      | Craquelé (grillig gevormde haarscheuren, verwerking)      | Onbeschermd bitumenlaag                         |
| Aluminium daktrim | Scheuren in afwerkstrook t.p.v. stuiknaad trim            | Te lange daktrim gebruikt (2 to 2,5 m is goed)  |

#### 4.8.4. Zorg voor de beschermlaag

Bij dakbedekking met grof grind is het noodzakelijk regelmatig mos- en algengroei te verwijderen. Houdt een minimaal 3 cm dikke laag grof grind in stand (waait niet weg, zakt niet in de ondergrond). Bij windhoeken waar grind steeds wegwaait, betontegels omgekeerd (geen scherpe randen op de bedekking) neerleggen. Reinig de dakbedekking regelmatig. De frequentie is afhankelijk van de plaatselijke situatie. Denk aan wel/niet bomen in de omgeving. Reinig het dak met een harde bezem van bladeren, algen en mossen, al dan niet met behulp van water. Gebruik nooit oplosmiddel; die tast de dakbedekking onherroepelijk aan. Bij de aanleg van het dak aangebracht fijngrind- of leislaglagen zullen om de 4-8 jaar vernieuwd moeten worden. Bij in de fabriek in gewalste leislag bij geblazen bitumen is dat na 7-10 jaar en bij in de fabriek in gewalste lagen bij SBS bitumen is dat na 10-15 jaar. Na nog zo'n periode zal het meestal nodig zijn een nieuwe laag dakbedekking over de oude aan te brengen.

#### 4.8.5. Baten

Een gebouw met een groendak is duurzamer dan een gebouw zonder, als het dak in goede staat verkeerd zou dit een meerwaarde op het gebouw kunnen betekenen. Dit is echter geheel afhankelijk van de locatie. Hierdoor is een standaardbedrag bovenop de normale m<sup>2</sup> prijs niet vast te stellen. Over het algemeen is het dus wel zo dat er een waardeverhoging is bij een gebouw met groendak.

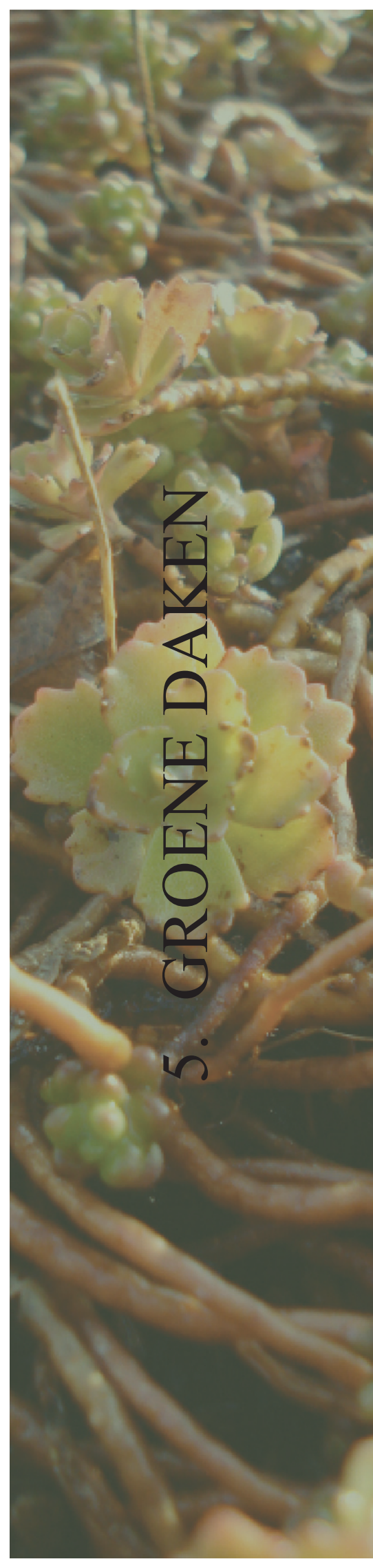
#### 4.8.6. Baten per partij

Het waterschap heeft baat bij berging op daken. Hierdoor wordt het riool ontzien.

De gemeente heeft baat bij berging op daken. De kans wordt dan kleiner dat straten onder water komen te staan als er een hevige bui is gevallen.

De investerende partij heeft baat bij de hogere opbrengsten voor het gebouw.

De toekomstig eigenaar heeft baat bij de investering doordat de energiekosten lager zullen worden (bij het aanleggen van een groendak).



## 5. GROENE DAKEN

|      |                                         |    |
|------|-----------------------------------------|----|
| 5.1. | Inleiding                               | 41 |
| 5.2. | Extensieve daken en waterberging        | 42 |
| 5.3. | Intensieve daken en waterberging        | 43 |
| 5.4. | Economische voordelen                   | 44 |
|      | 5.4.1. Minder energiekosten             | 44 |
|      | 5.4.2. Langere levensduur dakbedekking  | 44 |
|      | 5.4.3. Verhoging vastgoedwaarde         | 44 |
|      | 5.4.4. Groendaken en subsidie           | 44 |
|      | 5.4.5. Groendaken en fiscale regelingen | 44 |
| 5.5. | Maatschappelijke voordelen              | 45 |
|      | 5.5.1. Verbetering waterbeheer          | 45 |
|      | 5.5.2. Verbetering leefomgeving         | 45 |
|      | 5.5.3. Verbetering klimaat              | 45 |
|      | 5.5.4. Gunstig voor de gezondheid       | 45 |
| 5.6. | Nadelen van groene daken                | 46 |
| 5.7. | Kosten en baten                         | 47 |

### 5.1. Inleiding

Groendaken worden steeds vaker toegepast en ook in verschillende vormen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen extensieve (foto 5.1) en intensieve daktuinen. Extensieve daktuinen vergen weinig onderhoud en hebben een kleinere opbouwhoogte dan de intensievere tuinen. De hoeveelheid waterberging op het dak hangt af van de drainage- en substraatlaag die er aanwezig is. Het substraat dat op het dak ligt heeft een ook grote bergende werking. Een teveel aan water wordt via de drainageplaten opgevangen en eventueel doorgevoerd richting de afvoeren van het dak. De kosten voor een relatief simpele extensieve daktuin zijn over het algemeen standaard te bepalen. Er kan echter een relatief klein verschil zitten in kosten die gemoeid zijn bij de locatie. Wordt het pakket dikker en de eisen van invulling groter dan worden de kosten hoger. Er is wel een richtprijs gegeven waar rekening mee gehouden kan worden.

Foto 5.1.  
Extensieve daktuin  
Radboud Ziekenhuis  
Nijmegen



## 5.2. EXTENSIEVE DAKEN EN WATERBERGING

Extensieve begroeningen onderscheiden zich door middel van het vermogen om na aanleg bijna zonder mensenhanden tot volledige groei te komen. Door de keuze van de juiste planten en combinaties van planten wordt een natuurlijke omgeving gecreëerd die in staat is zichzelf in stand te houden door middel van hun aanpassings- en regeneratievermogen, ook onder de extreme omstandigheden die zich kunnen voordoen.

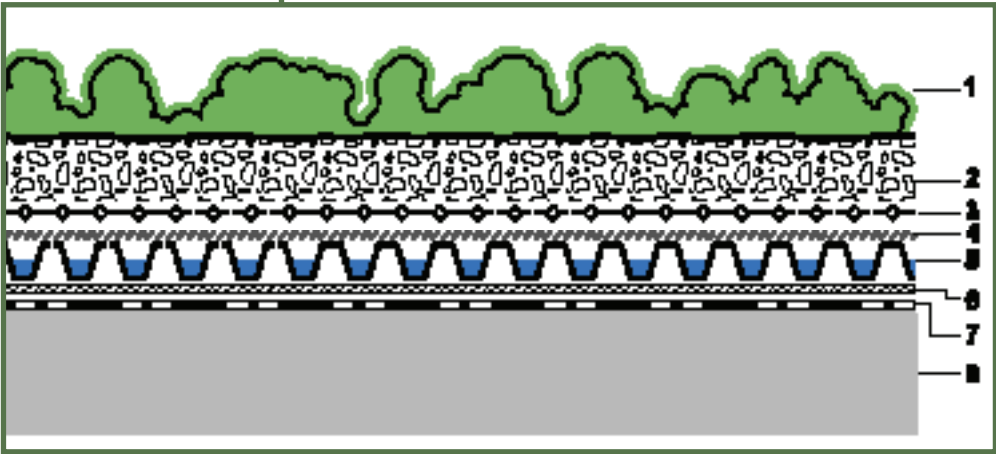
Vaak worden hierbij vetplanten, kruiden en grassen gebruikt, die een mooie, aaneengesloten vegetatie vormen, in een combinatie die is gebaseerd op hun oorspronkelijke groeiomgeving. Een extensief dak kan zorgen dat de meeste neerslag die valt niet, of vertraagd, het riool bereikt. Bij heviger neerslag zal het pakket wel verzadigd raken en het overtollige water direct afvoeren. Binnen de extensieve platte daken wordt onderscheid gemaakt tussen de in tabel 5.1. genoemde systemen in figuur 5.1. is een schematische opbouw weergegeven:

Tabel 5.1.  
Waterbergend vermogen  
extensieve daken

Figuur 5.1.  
Sedumtapijt

bron: ZinCo

| Naam systeemopbouw | opbouwhoogte | waterbuffering |
|--------------------|--------------|----------------|
| Sedumtapijt        | 9 cm         | 25 l/m2        |
| Sedumtapijt plus   | 11 cm        | 36 l/m2        |
| Kruidendak         | 10 cm        | 36 l/m2        |
| Lichtgewicht dak   | 10 cm        | 21 l/m2        |



1. Plantlaag
2. Substraatlaag
3. Valbeveiliging
4. Filtervlies
5. Drainageplaat
6. Beschermmat
7. Wortelvaste dakbedekking
8. Dakconstructie

## 5.3. INTENSIEVE DAKEN EN WATERBERGING

Intensieve vegetatiedaken, zoals het voorbeeld van foto 5.2., hebben een hogere opbouw in de substraatlaag en ook de drainageplaten hebben een hogere opbouw waardoor ze meer water vast kunnen houden. Ook het substraat houdt een grote hoeveelheid water vast. Het gehele pakket wordt een stuk zwaarder, de constructie van het gebouw moet hier wel op berekend zijn. Vaak is het probleem dat er eerst gebouwd wordt en later bekeken wordt wat er met de tuin allemaal gaat gebeuren. Hierdoor kan het voorkomen dat het voor ogen zijnde beeld niet te realiseren is. De constructie is te zwak en daardoor wordt vaak terug gevallen op een eenvoudiger systeem. Een intensieve gebruikstuin heeft al snel een gewicht (waterverzadigd) van 300 kg per m<sup>2</sup> en kan oplopen tot ongeveer 900 kg per m<sup>2</sup>. Dit wordt vaak vergeten door de architect. In tabel 5.2. zijn verschillende systemen benoemd met daarbij de opbouwhoogte en de bijbehorende waterbuffering.

| Naam systeemopbouw | opbouwhoogte | waterbuffering       |
|--------------------|--------------|----------------------|
| Lavendelweide*     | 16 cm        | 70 l/m <sup>2</sup>  |
| Parktuin*          | 27 cm        | 110 l/m <sup>2</sup> |
| Dakpark**          | 60 cm        | 180 l/m <sup>2</sup> |
| Dakpark**          | 100 cm       | 320 l/m <sup>2</sup> |
| Parkeerdak*        | 22 cm        | 75 l/m <sup>2</sup>  |

\* gegevens ZinCo

\*\* Gegevens Optigroen

Tabel 5.2.  
Waterbergend vermogen  
intensieve daken

Foto 5.2.  
Intensieve daktuin  
IJburg, Amsterdam



## 5.4. ECONOMISCHE VOORDELEN

In deze paragraaf staan de grootste economische voordelen benoemd voor groene daken.

### 5.4.1. Minder energiekosten

Groendaken hebben een warmte-isolerend effect, waardoor het binnenshuis in de zomer koeler en in de winter warmer blijft. Door deze thermische isolatie kan er in gebouwen flink bespaard worden op het koelen en verwarmen.

### 5.4.2. Langere levensduur dakbedekking

De onderliggende dakbedekking wordt beschermd tegen UV-straling, extreme temperaturen, temperatuurswisselingen en hagelstenen. Groendaken zijn daardoor minder snel aan vervanging toe en hebben dus een langere levensduur. Er wordt vanuit gegaan dat een groen dak twee keer langer mee gaat dan een bitumendak.

### 5.4.3. Verhoging vastgoedwaarde

Groendaken bieden een hogere “return on investment” bij vastgoedinvesteringen: ze verhogen de waarde van het gebouw zelf en van de omringende gebouwen.

### 5.4.4. Groendaken en subsidies

Groendaken hebben een groot aantal maatschappelijke voordelen. Er is een groot aantal gemeenten dat subsidies verstrekt voor de aanleg van een daktuin. Dit aantal wordt steeds groter.

### 5.4.5. Groendaken en fiscale regelingen

Naast subsidieregelingen bij een aantal gemeenten, bestaan er ook twee fiscale regelingen voor ondernemers waarvoor groendaken in aanmerking komen: de MIA en de Vamil. De MIA en Vamil zijn, zoals eerder genoemd, bedoeld voor ondernemers die investeren in specifieke op de milieulijst genoemde milieuvriendelijke technieken of apparatuur voor hun onderneming zoals groendaken. Ondernemers die bewust bezig zijn met hun leefomgeving kunnen door de MIA en Vamil een groot financieel voordeel behalen.

## 5.5. MAATSCHAPPELIJKE VOORDELEN

### 5.5.1. Verbetering waterbeheer

- Wateropname: groendaken kunnen meer dan 50% van het hemelwater opnemen en via verdamping weer afgeven aan de atmosfeer. Hierdoor worden het rioolstelsel en de waterzuiveringbedrijven ontlast.
- Vertraagde afvoer: de door klimaatverandering steeds vaker voorkomende stortbuien zijn vooral in het westen van het land een groot probleem. De waterafvoersystemen en riolen kunnen de grote hoeveelheden water niet aan. Groendaken vertragen de afvoer van water tijdens deze hevige stortbuien, waar traditionele daken het hemelwater direct afvoeren.
- Waterzuivering door beplanting: groendaken filteren het hemelwater voordat het de afvoer bereikt. Enerzijds ontlast ook dit de waterzuiveringsbedrijven. Anderzijds kan dit water wanneer het ter plekke opgevangen wordt ingezet worden voor andere doeleinden dan voor gebruik als drinkwater, bijvoorbeeld voor schoonmaken, het doorspoelen van het toilet en in (vaat)wasmachines; het zogenaamde grijze circuit.

### 5.5.2. Verbetering leefomgeving

- Groendaken bieden in tijden van verstedelijking vervangende levensruimte voor plant, dier en mens. Groendaken dragen bij tot de verhoging van de verscheidenheid aan plant- en diersoorten: meer bloemen, vlinders en vogels.
- Groendaken hebben een esthetische meerwaarde en veroorzaken de vorming van natuurlijke aromatische geuren.

### 5.5.3. Verbetering klimaat

- Groendaken compenseren de CO<sub>2</sub>-uitstoot, doordat de planten CO<sub>2</sub> opnemen.
- Door het relatief grote aandeel versteend oppervlak is het in steden altijd enkele graden warmer (het zogenaamde Urban Heat Island effect). Groendaken gaan deze opwarming van stedelijke omgeving tegen. Ze vermijden de warmteopstapeling van vastgehechte dakbedekkingen en warmteweerkaatsing.
- Ook de energiebesparing door de isolerende werking van groendaken heeft een positieve invloed op het klimaat.

### 5.5.4. Gunstig voor de gezondheid

Hoe meer groendaken een stedelijk omgeving heeft, hoe groter het effect zal zijn op het welzijn van bewoners:

- Groendaken verminderen de hoeveelheid fijnstof in de lucht. Een groendak werkt luchtzuiverend voor onzichtbare luchtpollen en stofdeeltjes. Het groen neemt 10 tot 20% van het stof en de schadelijke bestanddelen op.
- Het natuurlijk uitzicht van groendaken werkt rustgevend, stressverlagend en productieverhogend. Het maakt mensen gezonder, gelukkiger, creatiever en meer ontspannen.
- Groendaken verhogen de aantrekkelijkheid van steden doordat het aantal grote zwart-grijze oppervlakten verminderd wordt.

## 5.6. NADELEN VAN GROENE DAKEN

Er zijn een aantal negatieve kanten aan daktuinen. Dit komt voornamelijk voort uit slecht onderhoud en / of slechte aanleg. De punten worden hieronder genoemd:

1. Opsporen en verhelpen van lekkages  
Dit is een vaak lastig en duur punt. De lekkage is vaak niet snel te vinden en het daksysteem kan in het ergste geval helemaal verwijderd worden.
2. Gebrek aan onderhoud  
Net als bij een gewone tuin zorgt dit voor een minder mooie uitstraling.
3. Negatieve isolatiewaarde  
Bij een slecht geïsoleerd dak kan dit een negatieve factor zijn. Het is ook mogelijk om de isolatie om het daktuinsysteem aan te leggen.
4. Brandveiligheid  
Bij grote droogte kan een vegetatiedak brandbaarder zijn een traditioneel dak. Het moet dan zo droog zijn dat ook de waterbuffer is. In principe doet een vegetatiedak niet onder voor traditionele daken in dit opzicht. Ze moeten namelijk aan de zelfde veiligheidseisen voldoen.

## 5.7. KOSTEN EN BATEN

### 5.7.1. Aanlegkosten groendak

In tabel 5.3. en 5.4. zijn de prijzen weergegeven die relevant zijn voor het aanleggen van een extensief en een intensieve daktuin.

| omschrijving               | aantal<br>/1h | aantal | 1h | norm/1h | manuren | loon | materiaal/1h | materieel/1h | Bedrag     |
|----------------------------|---------------|--------|----|---------|---------|------|--------------|--------------|------------|
| drainagemateriaal          | 1             | 1      | m2 | 0,15    | 0,15    | 6    | € 7,94       | 0,00         | € 13,94    |
| substraat                  | 1             | 1      | m2 | 0,15    | 0,15    | 6    | € 8,17       | 0,00         | € 14,17    |
| vegetatiemat               | 1             | 1      | m2 | 0,2     | 0,2     | 8    | € 18,15      | 0,00         | € 26,15    |
| filterdoek                 | 1             | 1      | m2 | 0,02    | 0,02    | 0,8  | € 1,59       | 0,00         | € 2,39     |
| bescherm/<br>absorpsiedoek | 1             | 1      | m2 | 0,02    | 0,02    | 0,8  | € 1,82       | 0,00         | € 2,62     |
| totaal                     |               | 1      | m2 |         |         |      |              |              | € 59,27 ** |
|                            |               |        |    |         |         |      |              |              |            |
|                            |               |        |    |         |         |      |              | uurloon      | € 40,00    |

\*\* minimumprijs per m<sup>2</sup>

Tabel 5.3.  
Eenheidskosten  
extensief dak

Bron: Bouwkostenonline

| omschrijving               | aantal<br>/1h | aantal | 1h | norm/1h | manuren | loon | materiaal/1h | materieel/1h | Bedrag     |
|----------------------------|---------------|--------|----|---------|---------|------|--------------|--------------|------------|
| drainagemateriaal          | 1             | 1      | m2 | 0,2     | 0,2     | 8    | € 15,88      | 0,00         | € 23,88    |
| intensief substraat        | 1             | 1      | m2 | 0,3     | 0,3     | 12   | € 18,15      | 0,00         | € 30,15    |
| vaste planten*             | 1             | 1      | m2 | 0,4     | 0,4     | 16   | € 22,69      | 0,00         | € 38,69    |
| filterdoek                 | 1             | 1      | m2 | 0,02    | 0,02    | 0,8  | € 1,59       | 0,00         | € 2,39     |
| bescherm/<br>absorpsiedoek | 1             | 1      | m2 | 0,02    | 0,02    | 0,8  | € 1,82       | 0,00         | € 2,62     |
| totaal                     |               | 1      | m2 |         |         |      |              |              | € 97,73 ** |
|                            |               |        |    |         |         |      |              |              |            |
|                            |               |        |    |         |         |      |              | uurloon      | € 40,00    |

\* indicatieprijs

\*\* minimumprijs per m<sup>2</sup>

Tabel 5.4.  
Eenheidskosten  
intensief dak

Bron: Bouwkostenonline

#### 5.7.2. Kosten per partij

Het waterschap en de gemeente kunnen subsidie geven voor het vervaardigen van een groendak. De investerende partij heeft de kosten voor het aanleggen van het groendak, deze kosten zullen worden doorberekend naar de toekomstig gebruiker.

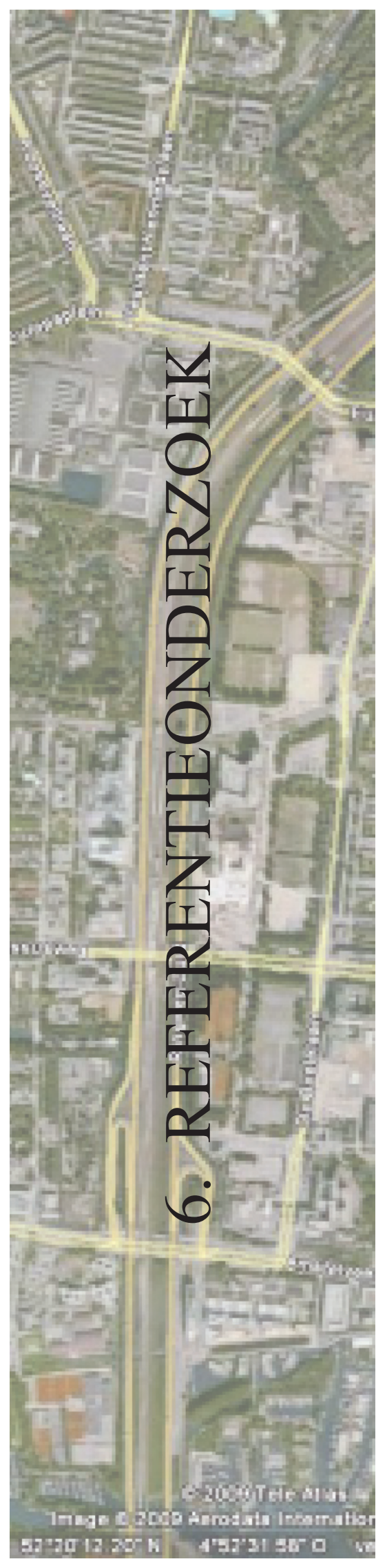
#### 5.7.3. Baten

Bij verschillende gemeenten in Nederland wordt subsidie verstrekt voor het aanbrengen van een groendak, dit ter compensatie van de kosten die vaak hoog oplopen. Door een subsidie toe te kennen wordt de drempel lager en zal er sneller voor gekozen worden. De subsidies variëren van 0 tot 30 euro per m<sup>2</sup>. Vaak zit er een maximum aan van 1.500 of 2.000 euro per gebouw.

#### 5.7.4. Baten per partij

Iedere partij heeft baat bij groene daken. Zo heeft het waterschap baat bij waterberging en waterzuivering. De gemeente heeft bij groendaken zelf. Dit vanwege de verbetering van de leefomgeving. De investerende partij heeft baat bij groendaken, door naam te maken met duurzamer bouwen. De toekomstig eigenaar heeft baat bij groendaken door de isolerende werking en bij intensieve daken het meervoudig ruimtegebruik.





## 6. REFERENTIEONDERZOEK

|      |                                                     |    |
|------|-----------------------------------------------------|----|
| 6.1. | Inleiding                                           | 51 |
| 6.2. | Sponge Job, inleiding                               | 52 |
| 6.3. | Probleemstelling                                    | 53 |
| 6.4. | Onderzoek                                           | 54 |
|      | 6.4.1. Onderzoeksvragen juridische aspecten         | 54 |
|      | 6.4.2. Antwoorden op het juridisch aspect           | 54 |
|      | 6.4.3. Onderzoeksvragen techniek                    | 55 |
|      | 6.4.4. Antwoorden techniek                          | 55 |
|      | 6.4.5. Onderzoeksvragen economie en<br>maatschappij | 56 |
| 6.5. | Resultaten                                          | 58 |
|      | 6.5.1. De gevoeligheidsanalyse                      | 58 |
| 6.6. | Conclusie MKBA                                      | 60 |

### 6.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op een referentieproject: het project voor de Zuidas in Amsterdam. De Zuidas in Amsterdam is een project dat voor het belangrijkste deel over waterberging gaat. Het onderzoek is genaamd “Sponge Job Zuidas, water bij hoge dichtheid”. Doel van het onderzoek was om verschillende invalshoeken te kijken wat de beste optie zou zijn voor waterberging in het meest stedelijke gebied van Nederland. Groendaken, waterdaken en andere mogelijke oplossingen zijn met elkaar vergeleken. De uitkomst van dit onderzoek is een maatschappelijke kosten baten analyse (MKBA).

Figuur 6.1.  
Toekomstbeeld Zuidas  
Amsterdam

Bron: [www.nieuwbouw.amsterdam.nl](http://www.nieuwbouw.amsterdam.nl)



## 6.2. SPONGE JOB ZUIDAS, INLEIDING

Alternatieve waterberging kan oplossingen bieden voor de hemelwaterproblematiek in gebieden waar weinig ruimte beschikbaar is om oppervlaktewater te creëren. Tevens kunnen de grondprijzen dermate hoog zijn dat het financieel niet haalbaar is om op de traditionele manier waterberging te creëren.

Zuidas in Amsterdam, het nieuwe stedelijke centrum van Amsterdam, is zo'n gebied waar de grondprijzen hoog zijn en de onbebouwde ruimte schaars. Het gebied bevindt zich voor een groot deel nog in de ontwikkelingsfase. De gemeente Amsterdam was samen met het Rijk en een aantal banken, plannen aan het ontwikkelen voor het realiseren van een ambitieus stuk nieuwe stad waarin een grote infrastructuurbundel ondergronds gebracht wordt. De bebouwingsdichtheid wordt hoog, mede om het plan financieel haalbaar te krijgen. Vanuit de gemeente Amsterdam en het hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht was in de plannen als belangrijk aspect de waterhuishouding naar voren gebracht, om wateroverlast nu en in de toekomst te voorkomen.

### Sponge Job Zuidas, water bij hoge dichtheid

Het project 'Sponge Job Zuidas, water bij hoge dichtheid' is voortgekomen uit de bovenstaande problematiek. Het was een onderzoeksproject met als doel om de juridische, economische, maatschappelijke en technische knelpunten bij het toepassen van alternatieve waterbergingstechnieken te onderzoeken en uiteindelijk een handleiding te maken waarmee alternatieve waterberging goed georganiseerd en vastgelegd kan worden.

Het project heeft een doorlooptijd van een jaar, en is gestart in januari 2006. Vijf verschillende fasen zijn in een jaar tijd doorlopen. Te beginnen met de inventarisatiefase van de bestaande informatie over alternatieve waterberging en eindigend met pilotprojecten waar de verschillende oplossingsrichtingen zijn getoetst. Het project met daarbij de probleemstelling, de verschillende doelstellingen, de verwachte eindresultaten en de fasering worden hieronder toegelicht.

Figuur 6.2.  
Voorblad document  
Sponge Job

### Het Consortium

Voor het project 'Sponge Job Zuidas, water bij hoge dichtheid' zijn verschillende instanties in een consortium bij elkaar gekomen. De opdrachtgevers zijn het Projectbureau Zuidas en Waternet.

De stichting 'Leven met Water' heeft een bijdrage geleverd in de vorm van een subsidie. Zij stimuleren onder andere innovatieve stedelijke onderzoeksprojecten, waar het Sponge Job Project onder valt. De andere leden van het consortium zijn het Ingenieursbureau Amsterdam (IBA), Ontwikkelingsbedrijf Gemeente Amsterdam (OGA), Projectmanagementbureau (PMB) en de Dienst Ruimtelijk Ordening (DRO). Door het combineren van de verschillende overheidsinstanties in het projectteam Sponge Job Zuidas, wordt het resultaat van het onderzoek breed gedragen. De verschillende belangen en inzichten van de instanties zijn op deze manier het beste toegepast, wat voor de uitvoeringsfase zeker een voordeel is geweest.



In het projectplan is de algemene probleemstelling als volgt omschreven:

De extreme verdichting en de toename van verharding in Zuidas moeten worden gecompenseerd door extra waterberging. Een groot deel van de waterberging zal worden gevonden in de aanleg van oppervlaktewater in het openbaar gebied. Dit is enkelvoudig grondgebruik dat feitelijk niet past binnen de visie en exploitatie van Zuidas.

Waterberging door meervoudig grondgebruik vereist een specifiek juridisch kader. De grond heeft meerdere bestemmingen. De waterberging valt niet onder de huidige beschrijving in vergunningen noch in ruimtelijke plannen (bestemmingsplan). Een duurzame en beheerbare waterberging vereist een handhaafbare vastlegging. Zowel in keur als in legger moeten nieuwe artikelen worden opgenomen. Wellicht dat ook het vastleggen van de (meervoudige) functie(s) in het bestemmingsplan effectief zijn (bij ruimtelijk relevante oplossingen). Ook de aansluitvoorschriften voor het riool kunnen worden ingezet. De toepassing van alternatieve waterberging vereist ook aanpassingen in de wijze en instrumenten van handhaving en beheer. Ook moet een heldere systematiek worden opgesteld om de effectieve bijdrage van de berging te kwantificeren en te handhaven.

Traditionele waterberging wordt over het algemeen gerealiseerd in de (publiek beheerde) openbare ruimte. Bij verdichtingen als in Zuidas is dit niet langer haalbaar noch wenselijk. Ook de waterberging op de uitgeefbare kavels moet worden geoptimaliseerd. Hierbij kunnen stimulansen voor de initiatiefnemers en gebouwbeheerders een positieve rol spelen. Er wordt dan gedacht aan verlaging van de rioolheffing en andere financiële prikkels. Ook kan de waterberging (inclusief de beheerverplichtingen) worden opgelegd of overeengekomen in een privaatrechtelijke overeenkomst met de initiatiefnemer (in Amsterdam de erfpachtovereenkomst). In deze overeenkomst kan, als bijzondere bepaling, ook toegang of zelfs appartementsrecht of opstalrecht aan de waterbeheerder worden toegekend.

In de praktijk komt de toepassing van alternatieve waterberging nauwelijks van de grond. De problemen liggen niet zo zeer op het technische vlak maar meer op het gebied van regelgeving, organisatie en acceptatie. Het onderzoeksproject Sponge Job Zuidas heeft zich specifiek gericht op deze laatste knelpunten.

In de inventarisatiefase zijn de verschillende knelpunten benoemd en omgezet in onderzoeksvragen. Deze zijn voor deze fase van het project voorgelegd aan de onderzoeksteamleden. Knelpunten en problemen specifiek voor deze fase zijn per cluster op elkaar afgestemd. Het einddoel was het ontwikkelen van één algemene routebeschrijving waarin alle oplossingsrichtingen worden samengevoegd. Dit proces was gewaarborgd door regelmatig onderling af te stemmen en elkanders voortgang te volgen.

## 6.4. ONDERZOEK

Voor het onderzoek Sponge Job, water bij hoge dichtheid zijn verschillende onderzoeksvragen naar voren gekomen met elk een andere invalshoek. De onderzoeksvragen zijn hieronder weergegeven per categorie:

### 6.4.1. Onderzoeksvragen Juridische aspecten

- Wat is duurzaam borgen van alternatieve waterberging?
  - Welke onderdelen vallen hieronder (onderhoud, beheer en handhaving)?
- Kan een alternatieve waterbergingstechniek duurzaam geborgen worden?
  - Welk(e) instrument(en) moet hiervoor worden ingezet?
- Moet er onderscheid worden gemaakt tussen juridische borging op privaat en publiek terrein?
- Hoe kan handhaving duurzaam geborgen worden?
  - Moet er onderscheid worden gemaakt tussen handhaving op publiek en privaat terrein?
- Hoe kan het onderhoud duurzaam geborgen worden?
  - Moet er onderscheid worden gemaakt tussen handhaving op publiek en privaat terrein?
- Wie is verantwoordelijk voor het functioneren van de techniek?
- Wie is verantwoordelijk voor het niet functioneren van de techniek?
- Wie is verantwoordelijk bij wateroverlast?

### 6.4.2. Antwoorden op het juridisch aspect

De eerste drie vragen worden hierbij beantwoord omdat de andere vragen overkoepelend zijn.

#### Wat is duurzaam borgen van alternatieve waterberging?

- Welke onderdelen vallen hieronder (onderhoud, beheer, en handhaving)?

Een alternatieve waterberging wordt als duurzaam geborgd beschouwd wanneer het voortbestaan van de alternatieve waterberging volledig verankerd is in één of meerdere juridische overeenkomsten. Verschillende aspecten van de alternatieve waterberging tezamen moeten zorgen voor het langdurig functioneren. In de juridische overeenkomsten dienen deze aspecten, zoals de technische eisen, het onderhoud, de onderhoudsplicht, het beheer en de handhaving, te worden benoemd. De onderbouwing van de aspecten zijn door het onderzoeksteam Techniek onderzocht en in de vorm van een toetsingskader gegoten.
- Kan een alternatieve waterbergingstechniek duurzaam geborgd worden?
  - Welk(e) instrument(en) moet hiervoor worden ingezet?

Alternatieve waterberging kan duurzaam geborgd worden. De keurontheffing als juridische borging tezamen met het bestemmingsplan als procedurele borging worden door het onderzoeksteam voorgedragen. De keurontheffing zorgt voor een meldingsplicht van de initiatiefnemer bij het aanbrengen vanaf een bepaalde hoeveelheid aan verhard oppervlak. Bij uitgave van de ontheffing worden verplichtingen gesteld aangaande de systeemeisen, het onderhoud en de handhaving. Het bestemmingsplan zorgt voor het vroeg aanhaken bij de planvorming en het toestaan van de bestemming water aan een object. Als achtervang of extra borging kan ook, afhankelijk van de gemeente, de erfpachtovereenkomst worden ingezet.

- Moet er onderscheid worden gemaakt tussen juridische borging op privaat en publiek terrein?  
Nee, er hoeft geen onderscheid gemaakt te worden. De eisen die aan de techniek worden gesteld zijn hetzelfde, waar deze techniek zich ook bevindt, op privaat of publiek terrein.

Voor het onderhoud, beheer en handhaving geldt hetzelfde. Één van de beleidsregels schrijft dat de onderhoudsplichtige de eigenaar van de grond is. Op openbaar terrein kan dit de gemeente of het stadsdeel (de beheerder) zijn, voor privaat terrein zal dit de private eigenaar van het gebouw zijn. Beide eigenaren zijn in alle twee de gevallen verplicht tot het onderhouden van de techniek. Hetzelfde geldt voor de handhaving en het beheer. Specifiek voor de instrumenten geldt dat het bestemmingsplan, welke richting geeft aan de objecten met een waterbergende functie, dat zowel private als publieke partijen zich hieraan behoren te houden. Ook de keurontheffing zal zowel de publieke als de private partij bij de waterbeheerder moeten aanvragen.

#### 6.4.3. Onderzoeksvragen techniek:

- Welke techniek kan ingezet worden bij hemelwaterberging?
- Wanneer is een waterbergingstechniek geschikt voor gebruik?
- Welke eisen moeten er gesteld worden aan een waterbergingstechniek? Welk toetsingskader gaat er gelden?
  - Hoeveel kan de techniek aan hemelwater bergen?
  - Wat is de ruimteclaim?
  - Is de techniek duurzaam; wat zijn de eisen van duurzaamheid?
  - Is de techniek complex in aanleg en onderhoud?
  - Hoeveel onderhoud komt er bij de techniek kijken?
  - Hoe komt het beheer er uit te zien; wat houdt het beheer in?
  - Wat zijn de kosten voor aanleg, onderhoud en beheer?
  - Wat zijn de risico's?
  - In welke situatie is de techniek toepasbaar? En in welke situatie niet?

#### 6.4.4. Antwoorden techniek:

- Wanneer wordt een techniek geschikt bevonden als waterbergingstechniek?  
Iedere willekeurig voorgestelde techniek wordt geschikt bevonden wanneer deze voldoet aan de eisen uit het toetsingskader. Uitgangspunt hierbij is dat de aanleg van alternatieve waterberging (zoals open of halfgesloten verhardingen, vegetatiedaken en dergelijke) in principe leidt tot vermindering van de hoeveelheid benodigd oppervlaktewater ter compensatie van de aanleg van extra verharding. Mits de initiatiefnemer kan aantonen dat de voorgestelde ingrepen voldoende effectief en duurzaam zijn, en dat zij zonder veel onderhoud zullen blijven functioneren.
- Hoeveel kan de techniek aan hemelwater bergen?  
De initiatiefnemer zal moeten specificeren hoeveel water er geborgen kan worden in de alternatieve waterberging. Waterberging zal voornamelijk plaatsvinden in holle ruimtes in de waterbergingsconstructie. De hoeveelheid effectieve holle ruimte waar zich geen water bevindt gedurende een droge periode is gelijk aan de bergingscapaciteit. Waarbij wel zeker gesteld moet zijn dat het water in een voldoende grote snelheid naar deze holle ruimtes kan stromen om te voorzien in piekberging. Als eis is door het projectteam gesteld dat de bergingscapaciteit minimaal 70 m<sup>3</sup> water moet kunnen bergen.
- Wat is de ruimteclaim?  
Afhankelijk van de bergingscapaciteit van de waterbergingstechniek tezamen met de wateropgave kan bepaald worden wat de ruimteclaim is van de willekeurige waterbergingstechniek.

- Is de techniek duurzaam? Wat zijn de eisen voor duurzaamheid?  
Als uitgangspunt staat in de Keur (het wetboek van het waterschap) beschreven dat de initiatiefnemer kan aantonen dat de voorgestelde ingrepen voldoende effectief en duurzaam zijn.
- Hoeveel onderhoud komt er bij de techniek kijken?  
Als uitgangspunt staat in de Keur beschreven dat de waterbergingstechniek zonder veel onderhoud moet blijven functioneren. Een onderhoudsplan moet worden ingediend bij het waterschap, op basis van dit plan en de andere ingediende bewijzen zal een beslissing worden gemaakt over het wel/niet verlenen van de keurontheffing aan de initiatiefnemer.
- Wat zijn de risico's?  
De volgende risico's zijn door het projectteam inzichtelijk gemaakt:  
Beperkte afvoer van neerslag naar waterbergingsconstructies indien de afvoer van neerslag van het afwaterend gebied naar de waterbergingsconstructie te beperkt is zal er water op het afwaterend gebied blijven staan.  
Beperkte waterbergingscapaciteit indien de waterbergingscapaciteit te klein is zal er bij een beperkte afvoer naar het oppervlaktewater (zonder noodoverloop), water op het afwaterend gebied blijven staan. Indien de afvoer naar het oppervlaktewater niet begrensd is (of er is een noodoverloop aanwezig) zal het oppervlaktewatersysteem zwaarder belast worden.  
Beperkte afvoer naar oppervlaktewater indien de afvoer van water uit de waterbergingsconstructies naar het oppervlaktewatersysteem te beperkt is zal er water op het afwaterend gebied blijven staan.

#### 6.4.5. Onderzoeksvragen economie en maatschappij

- Wat zijn de positieve en negatieve effecten van het toepassen van alternatieve waterberging?
  - In het algemeen
  - Per actor
- Wat is het verschil in kosten en baten tussen de traditionele manier van waterberging en alternatieve waterberging?
- Wat is het verschil in kosten en baten tussen de verschillende actoren?
- Zijn stimulansen noodzakelijk om alternatieve waterberging van de grond te krijgen?
- Welke actor zou de stimulans moeten geven?
- Welke stimulansen kunnen worden ingezet om alternatieve waterberging te stimuleren?

Antwoorden op de onderzoeksvragen betreffende economie en maatschappij.

De maatschappelijke kosten baten analyse heeft inzicht gegeven in de wenselijkheid van het toepassen van alternatieve waterbergingstechnieken. Hiermee is één deel van het gestelde doel voor dit cluster bereikt waarbij inzicht wordt gegeven in de economische en maatschappelijke vraagstukken die bij de toepassing van alternatieve waterbergingstechnieken komen kijken.

De positieve en negatieve effecten van het toepassen van alternatieve waterberging, in het algemeen en per actor, zijn met de MKBA in beeld gebracht en tijdens de conclusies in het rapport uitgebreid besproken.

Het verschil in kosten tussen de traditionele waterberging en alternatieve waterberging zijn in percentages gegeven. Het MKBA-saldo, de berekening van de kosten en baten, voor de alternatieven 'Vijvers op daken' en 'Berging in gebouw' lag 18% hoger dan de referentiesituatie, de traditionele waterberging. De alternatieven 'Bergingskratten' en 'Peilopzetting' kwamen uit op plus 7%, 'Daktuinen' op min 3%. Dus dit betekent dat het voor alternatieve waterberging rendabeler is om Vijvers op daken te maken of bergende capaciteit in gebouwen.

Op basis van het voorgaande antwoord kunnen ook de volgende twee vragen beantwoord worden:

- Zijn stimulansen nodig om alternatieve waterberging van de grond te krijgen?
- Van welke actor zou de stimulans moet komen?

Doordat vooral de gemeente, en in mindere mate de initiatiefnemer en het waterschap, profiteren van alternatieve waterberging en vooral de eigenaar, en in mindere mate de burgers, moeten betalen, zou hier een stimulans tegenover kunnen staan. De gemeente heeft er belang bij om het gebied optimaal te gebruiken en in te richten en hierbij de belangen van verschillende actoren in te passen. Wanneer zij ruimte in het plangebied willen besparen, om bijvoorbeeld meer vastgoed te kunnen ontwikkelen, zullen ze alternatieve waterberging moeten gaan promoten bij de diverse initiatiefnemers. De initiatiefnemers zullen op hun beurt het gebouw inclusief alternatieve waterberging aan de toekomstige eigenaar moeten verkopen. Zowel de initiatiefnemer als de gemeente zal de eigenaar tegemoet moeten komen in de extra kosten die deze voor de alternatieve waterberging moet maken. Hoe hoog deze tegemoetkoming is, is ook afhankelijk van de waarde die de eigenaar geeft aan de kwalitatieve effecten die eerder als zeer positief voor de eigenaar uit de analyse zijn gekomen.

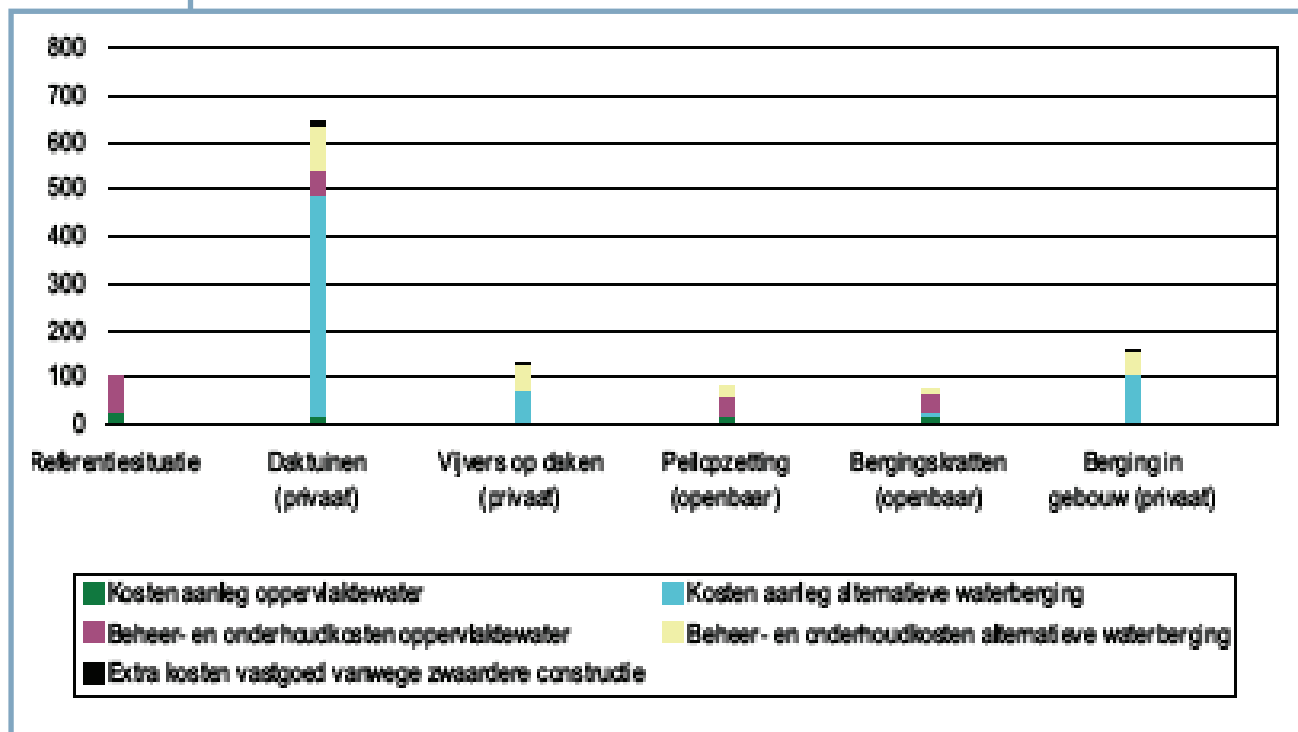
De volgende onderzoeksvraag sluit aan op het voorgaande:

Welke stimulansen kunnen worden ingezet om alternatieve waterberging te stimuleren?

Door de MKBA-saldo is richting gegeven aan de diverse actoren bij het toepassen van alternatieve technieken. Als laatste stap, om daarmee ook de doelstelling te bereiken, zullen alle mogelijke stimulansen in kaart moeten worden gebracht. Tijdens de volgende fase van dit onderzoeksproject zullen voor de verschillende pilots ook de economische en maatschappelijke effecten in kaart worden gebracht. Naar aanleiding daarvan zal worden gekeken of het wel/niet noodzakelijk is om stimulansen in te brengen, en zo ja, welke stimulansen dit zullen moeten zijn.

## 6.2.4. RESULTATEN

Voor het onderzoek geeft het MKBA een goede indruk van de mogelijkheden en de kosten die gemaakt worden voor de uitvoering. In grafiek 6.1. zijn de kosten voor de onderzochte mogelijkheden weergegeven. Het geeft goed weer hoe de kosten per m<sup>2</sup> zich weerhouden tegenover de referentiesituatie.



Grafiek 6.1.  
Kosten  
Watersysteem

### 6.5.1. De gevoeligheidsanalyse

Om de robuustheid van de uitkomsten van de MKBA te toetsen zijn de volgende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd:

Basisuitkomst (dit is de MKBA zoals hiervoor beschreven en fungeert als referentie voor de gevoeligheidsanalyses per m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlak (bvo))

De residuele grondprijs is € 500/m<sup>2</sup> bvo in plaats van € 1.000/m<sup>2</sup> bvo

De residuele grondprijs is € 1.500/m<sup>2</sup> bvo in plaats van € 1.000/m<sup>2</sup> bvo

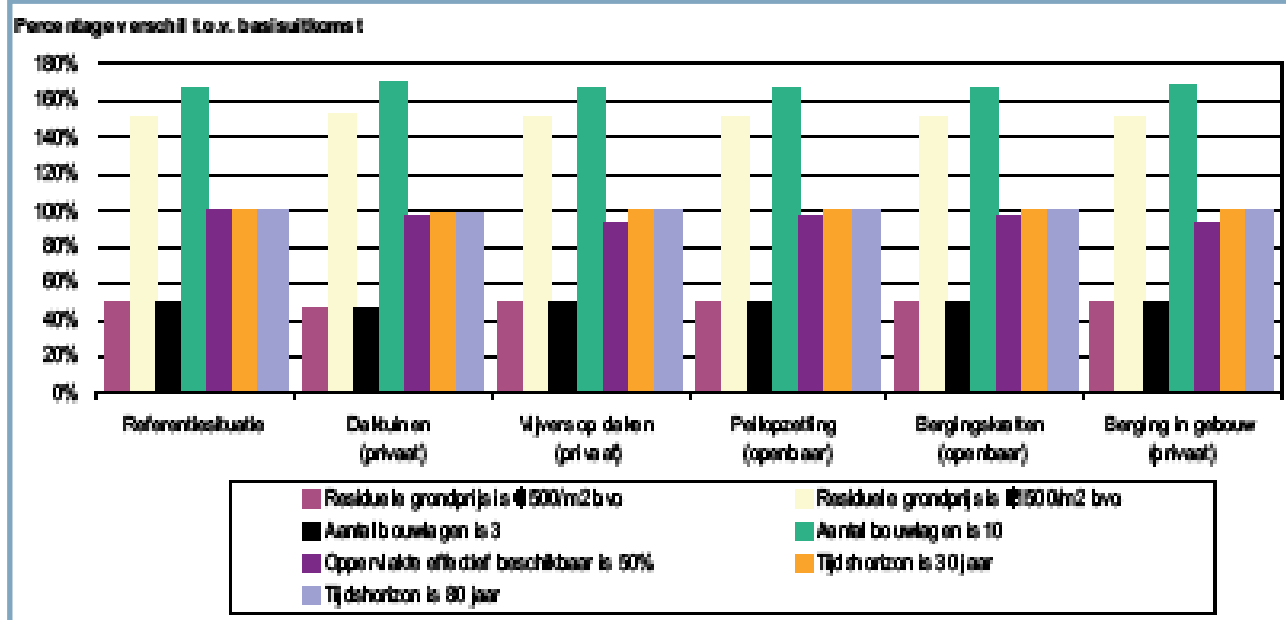
Het aantal bouwlagen is 3 in plaats van 6

Het aantal bouwlagen is 10 in plaats van 6

De oppervlakte die effectief beschikbaar is voor bebouwing is lager: 50% (de veronderstelling is dat de vrijgekomen grond niet volledig maar slechts voor de helft kan worden gebruikt voor ontwikkeling van vastgoed)

De tijdshorizon is 30 jaar in plaats van 50 jaar

De tijdshorizon is 80 jaar in plaats van 50 jaar



De resultaten die zijn weergegeven in grafiek 6.2. zijn de meest relevante voor dit document.

Grafiek 6.2.  
gevoeligheidsanalyse  
MBKA

## 6.2.5. CONCLUSIE MKBA

Het toepassen van alternatieve waterberging is wenselijk vergeleken met de 'traditionele' manier van waterberging.

Daarbij is met de volgende punten rekening gehouden:

- Een te lage effectiviteit van de waterbergingstechniek, samen met de hoge kosten voor het watersysteem zorgen voor een negatief rendement voor de initiatiefnemer.
- Op privaat terrein draait de eigenaar op voor de beheer- en onderhoudskosten van de techniek.
- Traditioneel waterbergen wordt kwalitatief het hoogst gewaardeerd.
- Gebruikers zijn de grote verliezers op kwalitatief gebied en eigenaren zijn de winnaars.

Bovenstaande conclusies zijn de algemene conclusies. Eerder is bij de resultaten onderscheid gemaakt tussen de kwantitatieve effecten en de kwalitatieve effecten die op hun beurt weer waren onderverdeeld naar de algemene kosten en de toegekende waarden per alternatief en de toegekende waarden en kosten per actor. Met dit laatste kunnen de directe kasstromen inzichtelijk worden gemaakt. Er zijn namelijk actoren die profiteren en actoren die betalen. De specifieke conclusie die hieruit getrokken kan worden is belangrijk voor de verdere gang van zaken, namelijk het inzetten van stimulansen om alternatieve waterberging toe te passen.

De MKBA uitkomst (kwantitatieve effecten)

De daktuinen zijn de minst effectieve waterbergingstechniek met daarbij relatief hoge aanleg, beheer en onderhoudskosten van het gehele watersysteem. De lage effectiviteit zorgt voor weinig extra te ontwikkelen grond voor vastgoed, waarbij de totale kosten niet opwegen tegen de opbrengst. Geconcludeerd kan worden dat het maatschappelijk nut van daktuinen als alternatieve waterberging niet aanwezig is.

Opmerking: een daktuin is wel van maatschappelijk nut op andere vlakken dan waterberging.

Deze zijn minimaal net zo belangrijk in binnenstedelijk gebied:

- Luchtzuivering
- Koeling
- Vertraagde afvoer
- Meervoudig ruimtegebruik
- Benut als tuin
- Als extra m2 te verkopen

In tegenstelling tot de daktuinen komen de dakvijvers en de berging in het gebouw wel goed uit de kosten batenanalyse naar voren. Deze twee technieken zijn de meest effectieve waterbergingstechnieken, met daarbij relatief lage kosten. Door de effectiviteit levert deze techniek relatief veel extra grond op die gebruikt kan worden voor nieuw te ontwikkelen vastgoed. Het maatschappelijk nut van deze twee technieken is aanwezig.

De peilopzetting en de bergingskratten zijn minder effectief dan de dakvijver en de berging in gebouwen, maar een stuk effectiever dan de daktuin. De totale kosten voor het watersysteem zijn lager dan bij de dakvijver en de berging. Dit uitgezet tegen de opbrengsten van extra te ontwikkelen vastgoed is het maatschappelijk nut ook voor deze technieken aanwezig.





## 7. KOSTEN EN BATEN

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 7.1. Inleiding                   | 63 |
| 7.2. Uitgangspunten berekeningen | 64 |
| 7.3. De grondeigenaar            | 66 |
| 7.4. Het waterschap              | 67 |
| 7.5. De investeerder             | 68 |
| 7.6. De eindgebruiker            | 69 |

### 7.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de totale kostenvergelijking tussen traditioneel en innovatief bouwen.

In het traject van bouwen komen over het algemeen vier verschillende partijen aan de orde. Dit zijn de grondeigenaar, het waterschap, de investeerder en de eindgebruiker. In sommige situaties zijn het meer of minder partijen.

In diverse rekenmodellen wordt duidelijk gemaakt per partij of de investering wel of niet gunstig is. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen het traditioneel dak, een extensief dak en een intensief dak.

Figuur 7.1.  
Verschillende kosten en  
baten.



## 7.2. UITGANGSPUNTEN BEREKENING

De berekening wordt onderverdeeld in vier deelnemende partijen. Dit zijn de grondeigenaar, het waterschap, de investeerder en de eindgebruiker. Iedere partij heeft eigen belangen in het traject en hierdoor is aan het eind ook een conclusie te trekken of het wel of niet haalbaar is om het hemelwater van het riool af te koppelen.

Het oppervlak van de daken waar vanuit wordt gegaan is 1000m<sup>2</sup>. Het gaat hier om platte daken. De berekeningen gaan er van uit dat het nulpunt wordt gezien als de kosten voor het traditioneel bouwen. De kosten voor de groendaken worden hier gegeven in meer- of minderwaarde.

In de berekening is gerekend met een rioolaansluiting. Bij aanwezigheid van meerdere aansluitingen wordt meer bespaard op de kosten.

Voor de extensieve daken is geen constructieve verandering nodig. Hier worden dus geen meerkosten aan verbonden in de bouw. Voor de aanleg van een extensief groendak is een prijs van € 59,27 per m<sup>2</sup> aangehouden. Dit is een richtprijs, het kan hierin voorkomen dat prijzen van bedrijven hoger of lager zijn dan het gestelde bedrag. Bij deze opbouw wordt 25 liter per m<sup>2</sup> geborgen.

Voor de intensieve daken wordt er van uit gegaan dat er een substraatlaag van 40cm op het dak komt. Dit brengt een constructieverzwarende met zich mee die in het meest gunstige geval € 35, - per m<sup>2</sup> zal kosten.

De aankleding van de tuin is hier ook minimaal. Voor een hoger bedrag kan meer gerealiseerd worden.

De richtprijs voor het aanleggen van een intensief groendak met een substraatlaag van 40cm ligt op € 97,73 per m<sup>2</sup> exclusief de constructieverzwarende.

Met een substraatlaag van 40cm wordt 95 tot 99% van het hemelwater opgevangen.

Voor de kortingen en subsidies die gegeven kunnen worden zijn extra kolommen gemaakt. Hierdoor is snel te zien wat de subsidies goed kunnen maken in de investering. Voor het extensieve groendak is de korting op de waterschapsbelasting gesteld op € 2, - per m<sup>2</sup>, dit is omdat er geen totale berging plaats vindt. Voor de aanleg een groendak geeft het waterschap een subsidie van € 20,- per m<sup>2</sup> en de gemeente geeft ook een subsidie van € 20,- per m<sup>2</sup>.

Voor de kortingen en subsidies voor een intensief groendak is de korting van het waterschap gesteld op € 5, - per m<sup>2</sup>, dit is omdat er bijna 100% waterberging is. Voor de aanleg van het groendak geeft het waterschap een subsidie van € 20, - per m<sup>2</sup>, ook de gemeente geeft een subsidie van € 20, - per m<sup>2</sup>.

Op de volgende pagina is in tabel 7.1. een model gegeven van de tabel is gebruikt.

|                             | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|-------|
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |       |
| vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 0,00          | 0,00  |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00  |
| aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00  |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |       |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00  |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00  |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 0,00          |       |
| totaal                      |             |               |               | 0,00  |
| verschil                    |             |               |               | 0,00  |
| MIA / Vamil                 |             |               |               |       |
| totaal utiliteitsbouw       |             |               |               |       |
| verschil                    |             |               |               |       |

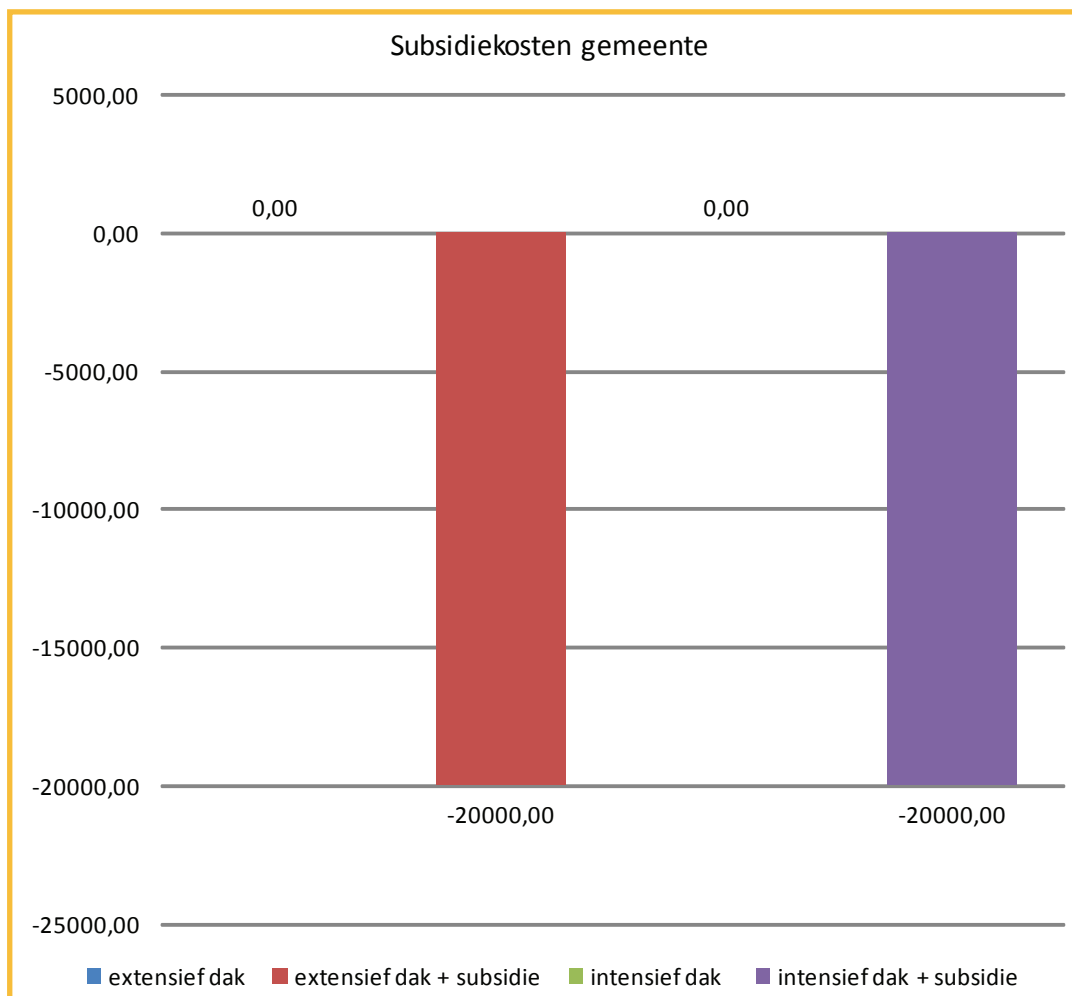
Tabel 7.1.  
Voorbeeldtabel  
berekeningen

## 7.3. DE GRONDEIGENAAR

Grafiek 7.1.  
Kosten voor de gemeente  
in de vorm van subsidie.

De grondeigenaar is in veel gevallen de gemeente. Zeker bij nieuwbouwprojecten. De gemeente verkoopt de grond aan een projectontwikkelaar, dit is dan de investeerder. Het kan ook voorkomen dat de eindgebruiker al de bezitter is van de grond.

In dit geval wordt er van uit gegaan dat de gemeente de eigenaar is van de grond. Omdat de grondprijzen in Nederland nogal verschillen zijn de tarieven niet meegenomen. Maar aan te nemen is dat de gemeente bij de verkoop van de grond altijd geld binnen krijgt.



In grafiek 7.1. is te zien dat het bouwproces de gemeente niets meer kost dan het bouwproces met een traditioneel bitumendak. In de vorm van subsidie kan een gemeente er voor kiezen om een steentje bij te dragen. In dit geval is voor een dak van 1000 m<sup>2</sup> een subsidie uitgekeerd van € 20,- per vierkante meter.

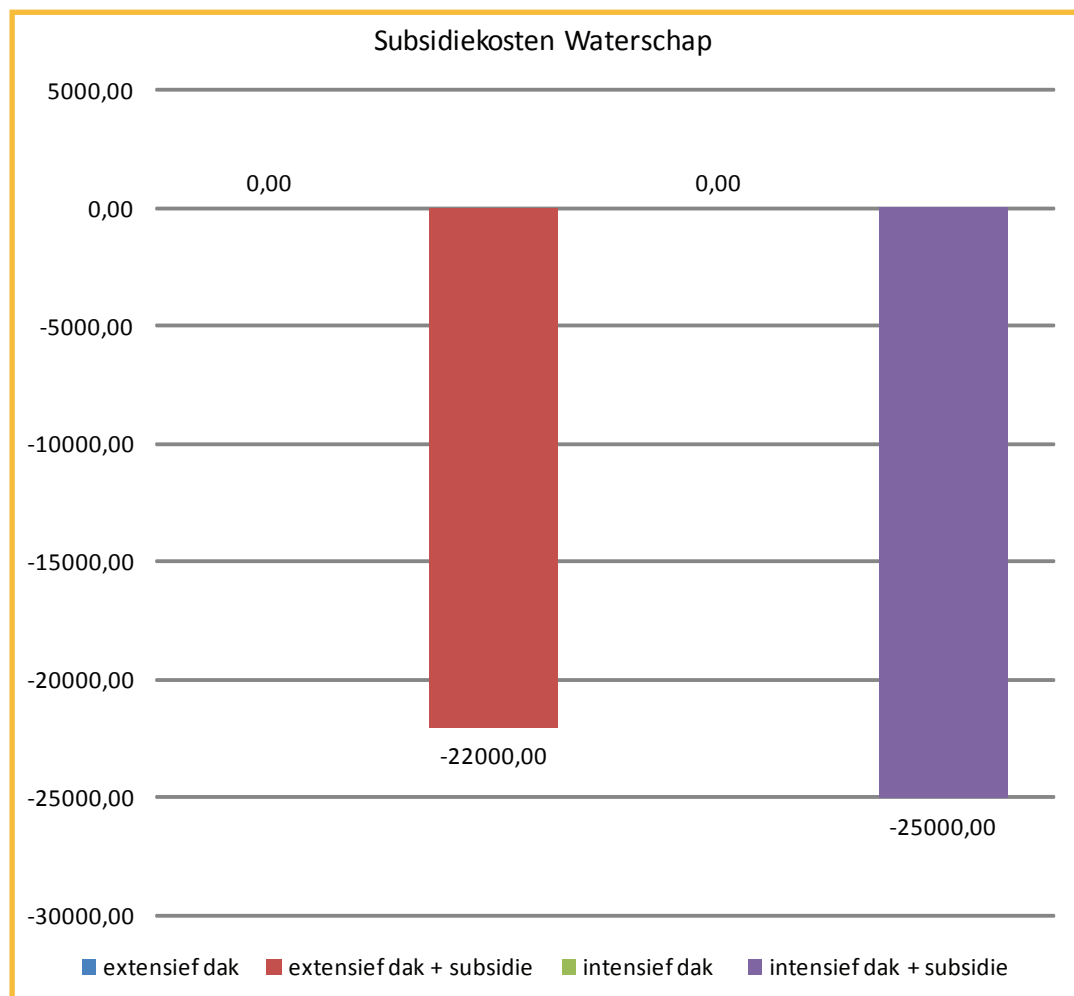
De bijdrage levert de gemeente meer op door de maatschappelijke waarde van een daktuin.

Dit zijn:

- Ecologische waarde
- Esthetiek
- Geluidsisolatie
- Gezondheid
- Luchtkoeling
- Luchtzuivering
- Opvang fijnstof

In bijlage 1 is de tabel gegeven met de ingevoerde gegevens die relevant zijn voor de grondeigenaar.

Het waterschap geeft korting op de rioolbelasting en vaak ook een subsidie voor de aanleg van groene daken. Dit is omdat het riool in het geval van een groendak water opvangt en vasthoudt of vertraagd afvoert. In dit geval wordt het riool ontzien en zal minder water naar de rioolwaterzuiveringsinstallaties gaan.



Grafiek 7.2.  
Kosten voor het waterschap in de vorm van kortingen en subsidie

In grafiek 7.2. is te zien dat het bouwproces het waterschap verder niets kost meer dan het bouwproces met een traditioneel bitumendak. In de vorm van subsidie kan een waterschap er voor kiezen om een steentje bij te dragen. In dit geval is voor een dak van 1000m<sup>2</sup> een subsidie uitgekeerd van € 20,- per m<sup>2</sup> en een jaarlijkse korting van € 2,- p/m<sup>2</sup> voor een extensief groendak en € 5,- voor een intensief groendak

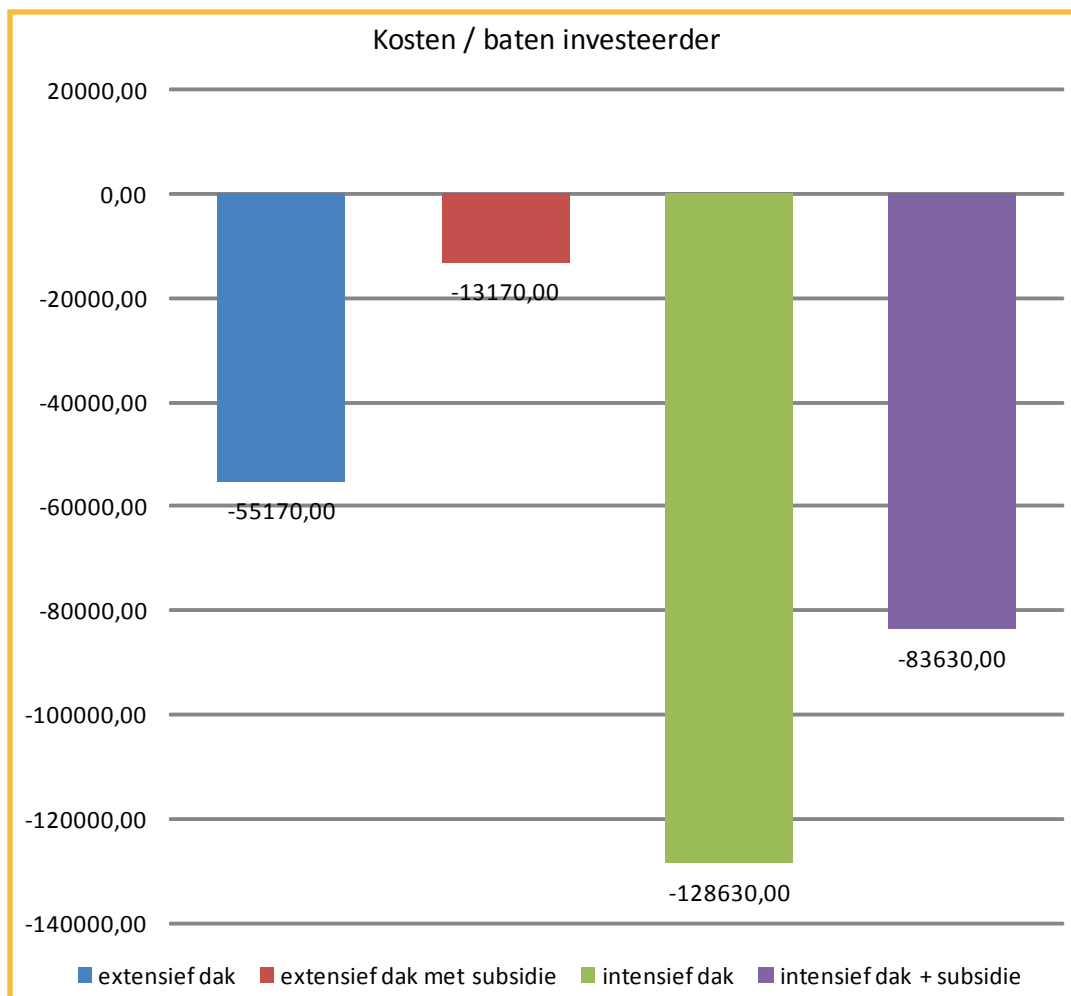
De bijdrage levert het waterschap meer op door de besparing op het riool en de zuivering.

In bijlage 2 zijn de gegeven weergegeven in een tabel.

## 7.5. DE INVESTEERDER

Grafiek 7.3.  
Kosten voor de  
investeerder in het  
project

De investeerder is de partij die de bouw van projecten financiert. Deze koopt de grond van de grondeigenaar (meestal de gemeente) en gaat daarop bouwen. De investeerder is het meest gebaat bij financiële winst. Voor deze partij is het geen optie om het traject te beginnen met negatieve financiële vooruitzichten.

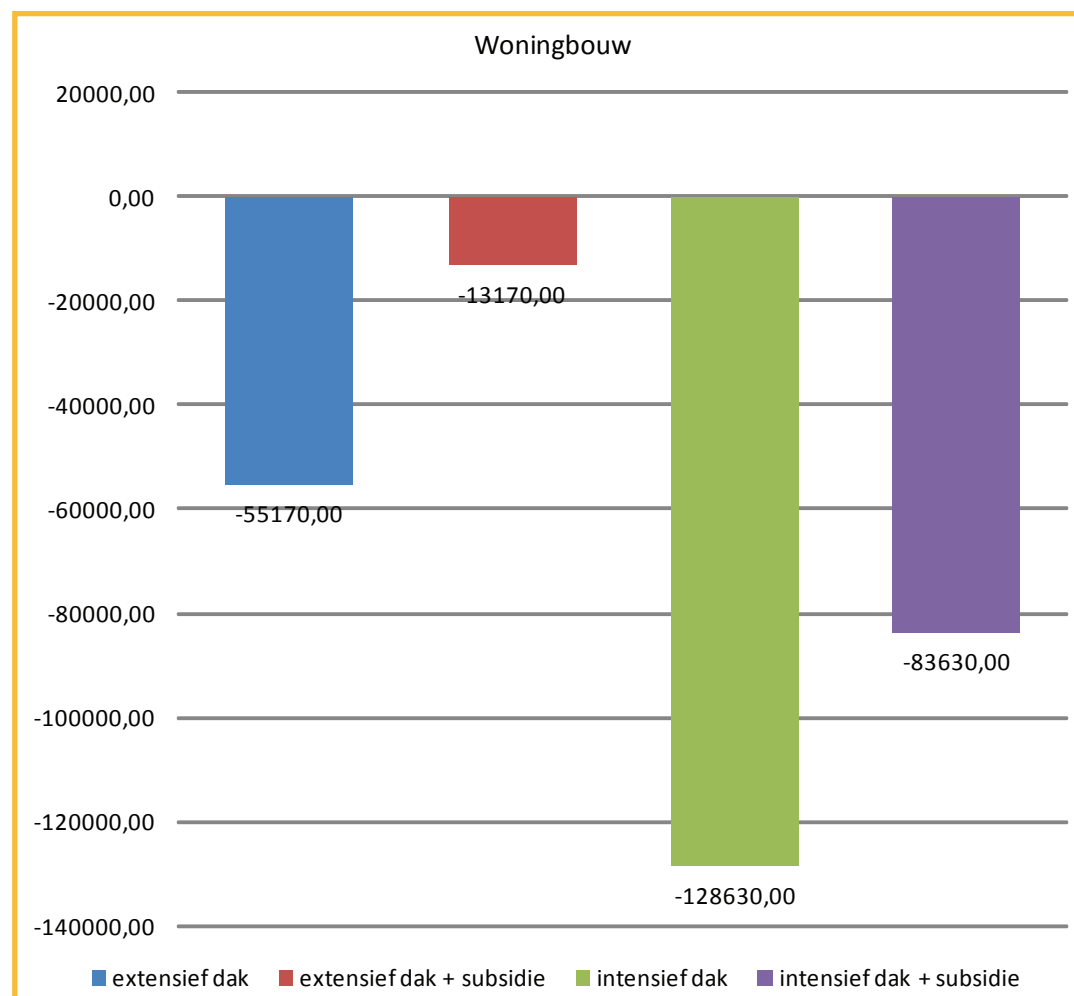


In grafiek 7.3. is goed te zien dat de investeerder veel extra kosten moet maken om een groendak te realiseren. Dit zal uiteindelijk door de eindgebruiker betaald worden.

In bijlage 3 is de tabel gegeven met de ingevoerde gegevens die relevant zijn voor de investeerder.

De eindgebruiker is de partij die in het proces de eisen voor de bouw op tafel legt. Deze partij heeft veel baat bij groene daken. Deze daken kunnen, zeker op langere termijn, er voor zorgen dat de investering terug verdient wordt.

Het is ook de partij die uiteindelijk het hele traject gaat betalen.



Grafiek 7.4.  
Kosten voor de  
eindgebruiker.

In grafiek 7.4. is te zien dat een subsidieregeling met de gemeente en het waterschap een deel van de kosten wordt vergoed. Dit is een stimulans voor de toekomstig eigenaar.

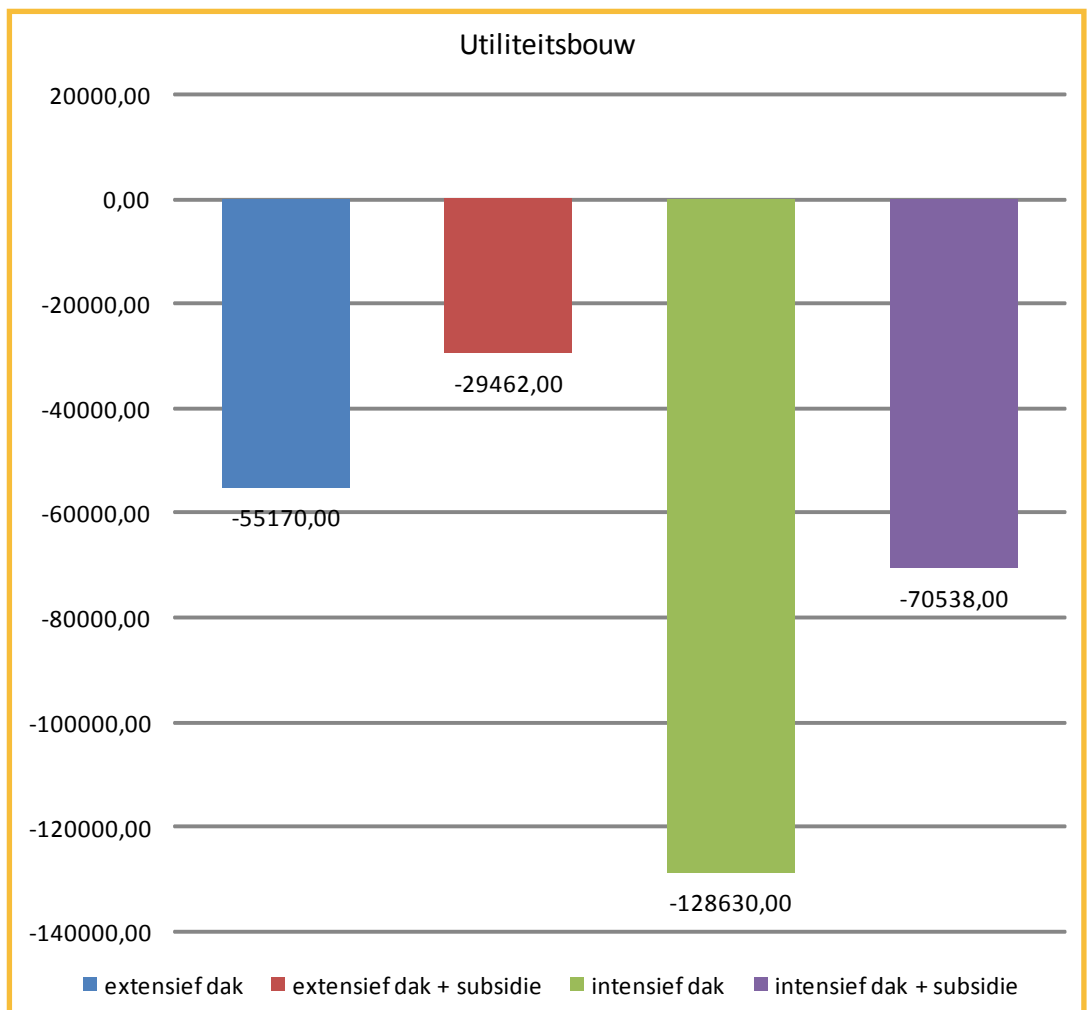
Naar deze kosten zijn er nog verschillende baten te noemen, dit zijn:

- Esthetiek
- Geluidsisolatie
- Gezondheid
- Isolatie
- Luchtzuivering
- Opvang fijnstof
- Levensduur dak

Alleen al door de goede isolerende werking van een groendak is het mogelijk om binnen enkele jaren de extra investering terug te verdienen.

In bijlage 4 is de tabel gegeven met de ingevoerde gegevens die relevant zijn voor de eindgebruiker.

Grafiek 7.5.  
Kosten voor de  
eindgebruiker in het  
bedrijfssegment



Door de MIA/Vamil regeling komen voor de eindgebruiker twee mogelijkheden. De eerste is een gebouw met woonfunctie en de tweede is een gebouw zonder woonfunctie.

Voor de utiliteitsbouw is er een ander kostenoverzicht gemaakt. Hier is de MIA/Vamil regeling op van kracht en daardoor kan er een korting bedongen worden van 40% op de investering voor het groendak, de subsidies van gemeente en waterschap vallen hier niet onder. De overige voordelen zijn hier net als bij de woningbouw ook van kracht.

Zoals te zien is verschillen de bedragen niet als er geen subsidie wordt verstrekt. Door het verschil tussen subsidie en de MIA/Vamil regeling komt hier wel een verschil in kosten.



## CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Kijkend naar de financiële uitkomst kan geconcludeerd worden dat het groendak altijd duurder is dan bouwen via de traditionele manier. Er zijn grote kostenposten die niet direct terugverdiend worden uit andere posten. De projectontwikkelaar of eindgebruiker moet door de financiële meerprijs heen kijken om de bijkomende voordelen te zien.

In het onderzoek zijn de volgende punten meegenomen:

- Het bouwkundig vloeroppervlak;
- Vervanging van het riool, gemengd of gescheiden;
- De constructie van het dak, wel of niet verzwaren;
- De aanlegwaarde van het groendak;
- Kortingen en subsidies;
- MIA/Vamil regeling voor de utiliteitsbouw

Financieel valt niet direct winst te halen in de vergelijking tussen renovatie van het riool of het aanleggen van een gebouw met groendak. Als gekeken wordt naar de financiën over een langere periode dan is wordt het financieel aantrekkelijk. Kwalitatief gaat een groendak over het algemeen langer mee dan een bitumendak. Tevens zorgt de isolerende werking van een groendak voor een besparing op de jaarlijkse energiekosten. Deze opbrengsten zijn kwalitatief, de kosten zijn niet meegenomen en kunnen wellicht bij een vervolgonderzoek nader bepaald worden.

De kosten die geïnvesteerd worden in een groendak, worden na enkele jaren al weer terugverdiend door vermindering van de energiekosten. Vaak wordt hier een termijn van 5 tot 10 jaar bij genoemd.

De isolerende werking heeft zomers een koelende werking en 's winters houdt het de warmte beter vast. Naast de energiekosten is het voordeel dat de omgeving in zijn totaal kwalitatief verbeterd. Minder fijnstof in de lucht, een koelere omgeving en geluidsisolatie zijn allemaal punten die de maatschappelijke meerwaarde vergroten. Opbrengsten van deze positieve meerwaarde zijn niet meegenomen en kunnen eventueel in een vervolgonderzoek bepaald worden. Doordat de lucht in de werkomgeving schoner is blijven de werknemers actiever en is de productiviteit efficiënter.

Voor het waterschap zou het beter zijn als iedereen een intensief groendak aanlegt, met waterberging van 95 tot 99% van al het hemelwater. Het rioolstelsel wordt hierdoor ontzien en efficiënter gebruikt. De zuiveringskosten kunnen omlaag omdat er gericht kan worden gezuiverd. Het hemelwater wordt op de daken opgevangen. Het deel dat niet opgevangen kan worden moet in de bodem kunnen infiltreren en / of naar het oppervlaktewater gestuurd worden. De zuiveringsbesparingen zijn niet meegenomen in de kostenvergelijking. Dit kan kwantitatief bepaald worden in een vervolgonderzoek.

De gemeente heeft veel baat bij groene daken. Zeker dichtbebouwde steden hebben hier baat bij. De zuiverende werking en de koeling van de lucht zorgen voor een aangename leefklimaat. Steden moeten het hebben van inwoners en deze moeten en willen hier in goede gezondheid leven. Subsidies zijn een goed middel om de ondernemers te stimuleren te investeren in een groendak. De meeste ondernemers zijn niet bekend met de positieve werking van groendaken. Hier zou ook meer voorlichting door de gemeente gegevens moeten worden. Het is gemeenten aan te raden om groene daken vast te leggen in het bestemmingsplan. Hierdoor wordt het een verplichting om groene daken aan te leggen bij de bouw. Bij nieuwbouw is het makkelijker omdat de constructie nog gemaakt moet worden.

De investeerder kan ook veel baat hebben bij het duurzamer bouwen met groene daken. Het geeft een goede naam aan het bedrijf en het kan hiermee reclame maken.

Naar groene daken worden verschillend gekeken. Er zijn positieve en negatieve gedachten over de mogelijkheden en de uiteindelijke voordelen die behaald worden. De optimist is groot voorstander en ziet de voordelen. De pessimist ziet overal nadelen in. Beide hebben vaak voor een

deel gelijk. Zonder de pessimist wordt te rooskleurig naar projecten gekeken. Zonder optimist zal er geen duurzaam project uit de grond komen.

Om dus de vraag te beantwoorden of het rendabel is:

Ja, het is absoluut rendabel. Alleen worden de kosten niet al terugverdiend in het bouwproces.

Hierbij moet opgemerkt worden dat een pand vaak voorzien is van een tuin. De aanlegkosten van de tuin en de aankoop voor de extra grond zorgen ervoor dat de investering in het groendak ook financieel baat geeft.

# VERKLARENDE WOORDENLIJST

|                          |                                                                                                                                               |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Actor                    | De betrokken partij en / of bepaling                                                                                                          |
| Afkoppeling              | Hemelwater niet meer via het riool afvoeren                                                                                                   |
| Baten                    | Alle gevolgen met positief nut                                                                                                                |
| Bebouwing                | Alles wat gebouwd is en bestaat uit muren en een overkapping met een permanent karakter, bedoeld voor verblijf, handel, verkeer en/of arbeid. |
| Drukriool                | Het systeem waarbij een pomp het vuilwater door stuurt                                                                                        |
| Duurzaam(heid)           | Weinig aan slijtage of bederf onderhevig                                                                                                      |
| Ecologisch               | Verleid naar natuur                                                                                                                           |
| Economisch               | Vaak herleid naar financiële middelen                                                                                                         |
| Energieverbruik          | De som van aanvoer, winning en voorraadonttrekking, verminderd met de afleveringen van energiedragers                                         |
| Estetisch                | De beoordeling in mooi en lelijk                                                                                                              |
| Extensieve daken         | Vaak lichtgewicht vegetatiedak zonder verdere gebruiksfunctie                                                                                 |
| Gemengd riool            | Systeem van afvoeren van vuilwater en hemelwater in een zelfde buis                                                                           |
| Gescheiden riool         | Systeem van afvoeren van vuilwater en hemelwater in aparte buizen                                                                             |
| Groendak                 | Dak met beplanting erop                                                                                                                       |
| Hemelwater               | Hemelwater is de algemene term voor sneeuw, hagel en regen                                                                                    |
| Innovatief               | Vernieuwend                                                                                                                                   |
| Intensieve daken         | Vegetatiedak met een gebruiksfunctie                                                                                                          |
| Investering              | Een opoffering in tijd of geld ten behoeve van een doel dat pas op lange termijn wordt behaald                                                |
| Klimaat                  | Gemiddelde toestand van de atmosfeer in een bepaald gebied                                                                                    |
| Kosten                   | Geld gewaardeerde offers die gebracht zijn bij de productie                                                                                   |
| Maaiveld                 | De oppervlakte van het terrein                                                                                                                |
| Maatschappelijk          | hulpverlening bij aanpassingsmoeilijkheden in arbeids-, school- of ander leefmilieu                                                           |
| Meervoudig ruimtegebruik | In meer dan één opzicht gebruik maken van de ruimte                                                                                           |
| Neerslag                 | Hemelwater is de algemene term voor sneeuw, hagel en regen                                                                                    |
| Onderhoud                | Het in goede staat houden van                                                                                                                 |
| Ontwikkeling             | Het vergaren van bredere kennis                                                                                                               |
| Opstandhoogte            | De hoogte van de opstaande rand van het dak                                                                                                   |
| Riool / riolering        | Systeem van afvoeren van vuilwater en hemelwater                                                                                              |

|                            |                                                                       |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Stedelijke wateropgave     | Vooraf vastgestelde normen over waterstromingen in bebouwd gebied     |
| Traditioneel               | Volgens de oude gewoonte                                              |
| Uitstoot                   | Het uitdrijven van stoffen                                            |
| Upgraden                   | Verbeteren                                                            |
| Verbeterd gemengd riool    | Systeem met bezinkbassin                                              |
| Verbeterd gescheiden riool | Systeem dat eerste deel hemelwater afvoert via vuilwaterbuis          |
| Waterberging               | Het (tijdelijk) vasthouden van water                                  |
| Waterdaken                 | Daken met een waterbergende functie                                   |
| Waterzuivering             | Is het verwijderen van organische en chemische afvalstoffen uit water |

# REFERENTIES

## Boeken

Titel: De winst van duurzaam bouwen  
Auteur: Anne-Marie Rakhorst  
Uitgever: Search knowledge / Scriptum  
ISBN: 9789055946266  
Jaar: 2008

## Documenten

Titel: Groen Vastgoed  
Subtitel: Een onderzoek naar de mogelijkheden voor vegetatiedaken en begroeide gevels op vastgoed van woningcorporaties  
Auteur: Petri Schagen  
Afstudeerproject 2008

Titel: Sponge Job Zuidas  
Subtitel: water bij hoge dichtheid  
Auteur: Waternet  
Jaar: 2007

Titel: Groen boven alles  
Subtitel: Over dak- en gevelgroen als fundament onder de groene stad  
Auteur: Tom Bade, Fred Tonneijk, Berend van Middendorp  
Uitgever: Triple E productions

Titel: Klimaatverandering, hevige buien en riolering  
Auteur: Rioned

Titel: Anders omgaan met hemelwater in bestaand gebied  
Auteur: Grontmij

Titel: Beleidsnota aan- en afkoppelen verhard oppervlak  
Auteur: Waterschap Zeeuwse Eilanden

Titel: Rool in cijfers  
Auteur: Rioned

Titel: Effecten van afkoppelen  
Subtitel: beleidsverkenning naar effecten en grenzen van het sturen met hemelwater in bestaand stedelijk gebied.  
Auteur: Grontmij

Titel: Groene daken Rotterdam  
Subtitel: maatschappelijke kosten-batenanalyse  
Auteur: Arcadis

Titel: Gemeentelijk rioleringsplan Gouda 2004-2008  
Auteur: Gemeente Gouda

## Websites

aquaflow.nl  
aquasolar.be  
bda.nl  
beheerenonderhoudkosten.nl  
belastingdienst.nl  
binnenland.nieuws.nl  
bouwkostenonline.nl  
bouwweb.nl  
bouwwereld.nl  
camerainspectie.nl  
cbs.nl  
co20woning.nl  
cob.nl  
conceptueelbouwen.nl  
dubo-centrum.nl  
duurzaamnieuws.nl  
duurzaamondernemen.nl  
duurzaamthuis.nl  
encyclo.nl  
eneco.nl  
ez.nl  
groendaken-nederland.nl  
hbo-kennisbank.nl  
hetnieuwemaaiveld.nl  
ibos-hemelwater.nl  
infomil.nl  
knmi.nl  
kroezenrioolbeheer.nl  
levenopdaken.nl  
meermetminder.nl  
meervoudigruimtegebruik.nl  
milieucentraal.nl  
milieudefensie.nl  
nieuwsbank.nl  
nuon.nl  
nvm.nl  
onb.nl  
ondergronds bouwen.eu  
optigroen.nl  
overenergie.nl  
rijnland.net  
riool.net  
riool-specialisten.nl  
senternovem.nl  
sproutstart.nl  
stowa.nl  
uvw.nl  
vandale.nl  
vandertolbv.nl  
venray.nl  
vrom.nl  
waterdaken.nl  
waterschaprivierenland.nl  
weka.nl  
zinco.de  
zinco.nl

|           |                          |
|-----------|--------------------------|
| Bijlage 1 | Rekenmodel grondeigenaar |
| Bijlage 2 | Rekenmodel waterschap    |
| Bijlage 3 | Rekenmodel investeerder  |
| Bijlage 4 | Rekenmodel eindgebruiker |

## BIJLAGE 1: REKENMODEL GRONDEIGENAAR

| Referentie                 |             |               |               |       |
|----------------------------|-------------|---------------|---------------|-------|
|                            | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs |
| Bebouwing BVO              | 1000        | m2            |               |       |
| vervanging riolaansluiting | 1           | aansluitingen | 0,00          | 0,00  |
| Dakconstructie             | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00  |
| Aanleg waarde groendak     | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00  |
| Korting / subsidie:        |             |               |               |       |
| rioolbelasting             | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00  |
| subsidie waterschap        | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00  |
| subsidie gemeente          | 1000        | m2            | 0,00          |       |
| totaal                     |             |               |               | 0,00  |

Tabel B.1.  
Rekenmodel  
Referentiebeeld

Tabel B.2.  
Rekenmodel  
Extensief dak  
Exclusief subsidie

|                             |             |               |               |       |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|-------|
| extensief dak               |             |               |               |       |
|                             | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |       |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 0             | 0,00  |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |       |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| totaal                      |             |               |               | 0,00  |

Tabel B.3.  
Rekenmodel  
Extensief dak  
Inclusief subsidie

|                             |             |               |               |           |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|-----------|
| extensief dak + subsidie    |             |               |               |           |
| Bebouwing                   | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs     |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |           |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 0             | 0,00      |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |           |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 20            | 20000,00  |
| totaal                      |             |               |               | 20000,00  |
| verschil referentie         |             |               |               | -20000,00 |
| MIA / Vamil                 | 0%          | korting       | 0             | 0,00      |
| totaal utiliteitsbouw       |             |               |               | 20000,00  |
| verschil                    |             |               |               | -20000,00 |

|                             |             |               |               |       |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|-------|
| intensief dak               |             |               |               |       |
|                             | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |       |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 0             | 0,00  |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |       |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| totaal                      |             |               |               | 0,00  |

Tabel B.4.  
Rekenmodel  
Intensief dak

|                             |             |               |               |           |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|-----------|
| intensief dak + subsidie    |             |               |               |           |
|                             | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs     |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |           |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 0             | 0,00      |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |           |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 20            | 20000,00  |
| totaal                      |             |               |               | 20000,00  |
| verschil referentie         |             |               |               | -20000,00 |
| MIA / Vamil                 | 0%          | korting       | 0             | 0,00      |
| totaal utiliteitsbouw       |             |               |               | 20000,00  |
| verschil                    |             |               |               | -20000,00 |

Tabel B.5.  
Rekenmodel  
Intensief dak  
Inclusief subsidie

## BIJLAGE 2: REKENMODEL WATERSCHAP

Tabel B.6.  
Rekenmodel  
Referentiebeeld

| Referentie                  |             |               |               |       |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|-------|
| Bebouwing                   | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |       |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen |               |       |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |       |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00  |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00  |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 0,00          |       |
| totaal                      |             |               |               | 0,00  |

|                             |             |               |               |       |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|-------|
| extensief dak               |             |               |               |       |
|                             | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |       |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 0             | 0,00  |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |       |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| totaal                      |             |               |               | 0,00  |

Tabel B.7.  
Rekenmodel  
Extensief dak

|                             |             |             |               |           |
|-----------------------------|-------------|-------------|---------------|-----------|
| extensief dak + subsidie    |             |             |               |           |
| Bebouwing                   | hoeveelheid | eenheid     | prijs/eenheid | prijs     |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2          |               |           |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluiting | 0             | 0,00      |
| Dakconstructie              | 1000        | m2          | 0             | 0,00      |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2          | 0             | 0,00      |
| Korting / subsidie:         |             |             |               |           |
| rioolbelasting              | 1000        | m2          | 2             | 2000,00   |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2          | 20            | 20000,00  |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2          | 0             | 0,00      |
| totaal                      |             |             |               | 22000,00  |
| verschil referentie         |             |             |               | -22000,00 |
| MIA / Vamil                 | 0%          | korting     | 0             | 0,00      |
| totaal utiliteitsbouw       |             |             |               | 22000,00  |
| verschil                    |             |             |               | -22000,00 |

Tabel B.8.  
Rekenmodel  
Extensief dak  
Inclusief subsidie

Tabel B.9.  
Rekenmodel  
Intensief dak  
Exclusief subsidie

|                             |             |               |               |       |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|-------|
| intensief dak               |             |               |               |       |
| Bebouwing                   | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |       |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 0             | 0,00  |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |       |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 0             | 0,00  |
| totaal                      |             |               |               | 0,00  |

Tabel B.10.  
Rekenmodel  
Intensief dak  
Inclusief subsidie

|                             |             |              |               |           |
|-----------------------------|-------------|--------------|---------------|-----------|
| intensief dak + subsidie    |             |              |               |           |
| Bebouwing                   | hoeveelheid | eenheid      | prijs/eenheid | prijs     |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2           |               |           |
| Vervanging Rioolaansluiting | 1           | aansluitingn | 0             | 0,00      |
| Dakconstructie              | 1000        | m2           | 0             | 0,00      |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2           | 0             | 0,00      |
| Korting / subsidie:         |             |              |               |           |
| rioolbelasting              | 1000        | m2           | 5             | 5000,00   |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2           | 20            | 20000,00  |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2           | 0             | 0,00      |
| totaal                      |             |              |               | 25000,00  |
| verschil referentie         |             |              |               | -25000,00 |
| MIA / Vamil                 | 0%          | korting      | 0             | 0,00      |
| totaal utiliteitsbouw       |             |              |               | 25000,00  |
| verschil                    |             |              |               | -25000,00 |

## BIJLAGE 3: REKENMODEL INVESTEERDER

| Referentie                  |             |               |               |          |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|----------|
|                             | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs    |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |          |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 11500,00      | 11500,00 |
| Dakconstructie              |             |               |               |          |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00     |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |          |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00     |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00     |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 0,00          |          |
| totaal                      |             |               |               | 11500,00 |

Tabel B.11.  
Rekenmodel  
Referentiebeeld

| extensief dak               |             |             |               |           |
|-----------------------------|-------------|-------------|---------------|-----------|
|                             | hoeveelheid | eenheid     | prijs/eenheid | prijs     |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2          |               |           |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluiting | 7400          | 7400,00   |
| Dakconstructie              | 1000        | m2          | 0             | 0,00      |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2          | 59,27         | 59270,00  |
| Korting / subsidie:         |             |             |               |           |
| rioolbelasting              | 1000        | m2          | 0             | 0,00      |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2          | 0             | 0,00      |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2          | 0             | 0,00      |
| totaal                      |             |             |               | 66670,00  |
| verschil referentie         |             |             |               | -55170,00 |

Tabel B.12.  
Rekenmodel  
Extensief dak

| intensief dak               |             |               |               |            |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|------------|
|                             | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs      |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |            |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 7400          | 7400,00    |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 35            | 35000,00   |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 97,73         | 97730,00   |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |            |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0             | 0,00       |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0             | 0,00       |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 0             | 0,00       |
| totaal                      |             |               |               | 140130,00  |
| verschil referentie         |             |               |               | -128630,00 |

Tabel B.13.  
Rekenmodel  
Intensief dak

## BIJLAGE 4: REKENMODEL EINDGEBRUIKER

Tabel B.14.  
Rekenmodel  
Referentiebeeld

| Referentie                  |             |               |               |          |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|----------|
|                             | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs    |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |          |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 11500,00      | 11500,00 |
| Dakconstructie              |             |               |               |          |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00     |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |          |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00     |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0,00          | 0,00     |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 0,00          |          |
| totaal                      |             |               |               | 11500,00 |

|                             |             |               |               |           |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|-----------|
| extensief dak               |             |               |               |           |
|                             | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs     |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |           |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 7400          | 7400,00   |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 59,27         | 59270,00  |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |           |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| totaal                      |             |               |               | 66670,00  |
| verschil referentie         |             |               |               | -55170,00 |

Tabel B.15.  
Rekenmodel  
Extensief dak  
Exclusief subsidie

|                             |             |               |               |           |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|-----------|
| extensief dak + subsidie    |             |               |               |           |
|                             | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs     |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |           |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 7400          | 7400,00   |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 0             | 0,00      |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 59,27         | 59270,00  |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |           |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | -2            | -2000,00  |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | -20           | -20000,00 |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | -20           | -20000,00 |
| totaal                      |             |               |               | 24670,00  |
| verschil referentie         |             |               |               | -13170,00 |
| MIA / Vamil                 | -40%        | korting       | 59270         | -23708,00 |
| totaal utiliteitsbouw       |             |               |               | 40962,00  |
| verschil referentie         |             |               |               | -29462,00 |

Tabel B.16.  
Rekenmodel  
Extensief dak  
Inclusief subsidie

Tabel B.17.  
Rekenmodel  
Intensief dak  
Exclusief subsidie

| intensief dak               |             |               |               |            |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|------------|
|                             | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs      |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |            |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 7400          | 7400,00    |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 35            | 35000,00   |
| Aanleg waarde groendak      | 1000        | m2            | 97,73         | 97730,00   |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |            |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | 0             | 0,00       |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | 0             | 0,00       |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | 0             | 0,00       |
| totaal                      |             |               |               | 140130,00  |
| verschil referentie         |             |               |               | -128630,00 |
| MIA / Vamil                 | 0%          | korting       | 132730        | 0,00       |
| totaal utiliteitsbouw       |             |               |               | 140130,00  |
| verschil referentie         |             |               |               | -128630,00 |

Tabel B.18.  
Rekenmodel  
Intensief dak  
inclusief subsidie

| intensief dak + subsidie    |             |               |               |           |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|-----------|
|                             | hoeveelheid | eenheid       | prijs/eenheid | prijs     |
| Bebouwing BVO               | 1000        | m2            |               |           |
| Vervanging rioolaansluiting | 1           | aansluitingen | 7400          | 7400,00   |
| Dakconstructie              | 1000        | m2            | 35            | 35000,00  |
| Aanleg waarde gorendak      | 1000        | m2            | 97,73         | 97730,00  |
| Korting / subsidie:         |             |               |               |           |
| rioolbelasting              | 1000        | m2            | -5            | -5000,00  |
| subsidie waterschap         | 1000        | m2            | -20           | -20000,00 |
| subsidie gemeente           | 1000        | m2            | -20           | -20000,00 |
| totaal                      |             |               |               | 95130,00  |
| verschil referentie         |             |               |               | -83630,00 |
| MIA / Vamil                 | -40%        | korting       | 132730        | -53092,00 |
| totaal utiliteitsbouw       |             |               |               | 82038,00  |
| verschil refentie           |             |               |               | -70538,00 |