

GROENE DAKEN ROTTERDAM MAATSCHAPPELIJKE KOSTEN-BATENANALYSE

GEMEENTEWERKEN

GEMEENTE ROTTERDAM

7 juli 2008

110643/WA8/050/000894

X.110643.000894

Inhoud

| | |
|---|-----------|
| Samenvatting | 3 |
| 1 Inleiding | 9 |
| 2 Plangebied en projectalternatieven | 12 |
| 2.1 Beschrijving plangebied | 12 |
| 2.2 Beschrijving projectalternatieven | 14 |
| 3 Werkwijze | 17 |
| 3.1 Beoordelingskader | 17 |
| 3.2 Bepaling en waardering van effecten | 18 |
| 3.2.1 Directe effecten | 18 |
| 3.2.2 Indirecte effecten | 24 |
| 3.2.3 Externe effecten | 25 |
| 3.3 Overige uitgangspunten | 33 |
| 4 Resultaat (M)KBA | 34 |
| 4.1 Private kosten en baten | 34 |
| 4.2 Maatschappelijke kosten en baten | 38 |
| 5 Gevoeligheidsanalyse | 43 |
| 6 Conclusies en aanbevelingen | 46 |
| 6.1 Conclusies | 46 |
| 6.2 Aanbevelingen | 48 |
| Bijlage 1 Literatuur | 49 |
| Bijlage 2 Nadere toelichting plangebied | 51 |
| Bijlage 3 Bijdrage groene daken aan wateropgave | 54 |
| Bijlage 4 Modelberekeningen EMOS op overstortvolume | 55 |
| Colofon | 57 |

Samenvatting

Achtergrond Groene Daken

Waterberging vraagt nieuwe oplossingen

In Rotterdam is er een tekort aan waterberging. In Waterplan 2 is uitgewerkt hoe de gemeente en haar partners, de waterschappen, hiermee willen omgaan. Daarbij worden ook innovatieve maatregelen voorgesteld. Het omtoveren van een deel van de platte daken in Rotterdam tot Groene Daken is een van deze innovatieve oplossingen.

Wat zijn Groene Daken?

Bij een groen dak verdampt een deel van het opgevangen regenwater. Daarnaast houdt de beplanting het water gedurende enige tijd vast, waardoor er per saldo minder water het riool instroomt en in een langzamer tempo. Hierdoor treedt een beperking van het overstortvolume op en vermindert ook de afvoer naar de AWZI. Daarnaast verwacht de gemeente van groene daken een aantal positieve neveneffecten, zoals een verbetering van de luchtkwaliteit, minder stookkosten en CO₂ uitstoot en een betere geluidisolatie van woningen.

Er zijn veel soorten Groene Daken. De hoofdvormen zijn:

- extensief groen dak met mos- en/of sedumbepanting. De beplanting vergt weinig onderhoud en is qua belasting geschikt is voor vrijwel alle typen dakconstructies;
- intensief groen dak met diverse vegetatie: gras, lage planten, struiken en/of bomen. Een intensief groen dak kan meer water vasthouden, maar heeft ook meer onderhoud nodig en is, vanwege de grotere belasting, niet geschikt voor ieder type dakopbouw.

Kosten-batenanalyse Groene Daken

Om de effecten en het rendement van Groene Daken nader te belichten, heeft ARCADIS in opdracht van Gemeentewerken Rotterdam een kosten-batenanalyse (KBA) uitgevoerd van deze maatregel. De KBA is op twee niveaus uitgewerkt, namelijk de kosten en baten voor de eigenaar/gebruiker (privaat) en de maatschappelijke (private en publieke) kosten en baten.

Plangebied

Het plangebied bestrijkt de gehele gemeente Rotterdam inclusief Hoek van Holland, Pernis, Hoogvliet en de bedrijventerreinen Noord-West en Spaanse Polder. Er is onderscheid gemaakt naar de volgende karakteristieken:

- Type object naar eigendom: grote en kleine woningbezitters, bedrijven, gemeente.
- Type object naar bouwjaarklasse.
- Type dak: plat (met een helling tot 4°) of schuin.

Nulalternatief en projectalternatief Groene Daken

Het nulalternatief is de situatie in het plangebied *exclusief* de invoering van Groene Daken. Het projectalternatief Groene Daken is de situatie in het plangebied *inclusief* de invoering van Groene Daken. Er zijn drie varianten onderscheiden (klein, middel en groot) binnen het projectalternatief Groene Daken. Deze varianten differentiëren naar type groen dak (extensief en intensief) en het aandeel groene daken van het geschikte (platte) dakoppervlak.

Verdere uitgangspunten zijn:

- Bij bestaande objecten wordt de aanleg van groene daken ingepast in de reguliere dakvervangingscyclus;
- Groene daken worden alleen toegepast op platte daken, die in het nulalternatief uitgerust worden met een bitumen of grindlaag.

Beoordelingskader

Het beoordelingskader is de specificatie van relevante effecten in deze KBA. De private effecten komen tot uitdrukking in de private KBA, de private en publieke effecten komen terug in de maatschappelijke MKBA. In de private KBA is als discontovoet gehanteerd 10% (marktconforme rendementseis). In de maatschappelijke (M)KBA is als discontovoet gehanteerd 2,5%. Daarboven is een standaard macro-economische risicotoeslag gehanteerd van 3%.

Ruimtelijk schaalniveau

De resultaten van de KBA zijn op verschillende ruimtelijke schaalniveaus weergegeven:

- per stadsdeel.
- Per geclusterd gebied (dichtstedelijk, stedelijk, landelijk en bedrijventerreinen).
- Voor Rotterdam als geheel.

Resultaten

Aard en omvang van effecten: weinig harde informatie

Groene Daken zijn al langere tijd in zwang. De aanleg ervan wordt – binnen en buiten Nederland – ondersteund met subsidieregelingen. Desondanks zijn er weinig ‘harde’ (meet)gegevens voorhanden over de effecten van groene daken. Veel van de aangetroffen effectinformatie berust op veronderstellingen of op beperkte proefopstellingen. In deze studie is getracht om op een transparante wijze de beschikbare informatie te ordenen, keuzen te maken en te toetsen. Dit zowel t.a.v. de aard en omvang van de fysieke effecten als de monetarisering van de effecten. Vanwege de beperkte harde informatie zijn er in de KBA conservatieve aannamen gedaan over de mogelijke resp. verwachte positieve effecten.

Luchtkwaliteit, waterretentie, energie en geluid zijn belangrijke baten

Groene daken hebben diverse positieve baten. De private baten geluiddemping en energiegebruik zijn het grootst. Luchtkwaliteit en waterretentie zijn de belangrijkste maatschappelijke baten. De bijdrage van groene daken aan de wateropgave in het dichtstedelijk deel van Rotterdam varieert tussen gemiddeld 4% en 19%. Voor stadsdelen met een naar verhouding beperkte wateropgave (Delfshaven en Kralingen-Crooswijk) zouden Groene Daken echter een aanmerkelijk grotere bijdrage kunnen leveren. Ook voor de bedrijventerreinen is de bijdrage naar verhouding groot (tot 50%). Voor de stedelijke en landelijke gebieden is het effect beperkter.

Groene daken zijn financieel veelal niet aantrekkelijk voor private partijen

De private baten van groene daken zijn, zeker bij een grootschalige toepassing, substantieel. Voor alle stadsdelen en bedrijventerreinen geldt echter dat het private netto contante waarde saldo negatief is. De meerkosten van groene daken zijn namelijk nog altijd groter dan de baten. Voor private partijen is het aanleggen van groene daken dus financieel meestal geen aantrekkelijke investering. Voor individuele private partijen kan dit overigens anders liggen vanwege verschillen in energieverbruik en waardeverandering. Ter illustratie is in tabel S.1 voor het stadscentrum het private KBA-resultaat weergegeven.

In tabel S.2 is het private rendement per gerealiseerde m² groen dak opgenomen voor de geclusterde stadsdelen en bedrijventerreinen. Het rendement verschilt per segment. Voor het dichtstedelijke gebied is het negatieve private rendement het kleinst. De bedrijventerreinen scoren het minst gunstig.

Tabel S.1

Overzicht KBA netto contante waarde Groene Daken stadscentrum Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007)

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|------------------------------------|---------------|----------------|---------------|
| <i>Kosten</i> | | | |
| Investerings | - 3,4 | - 10,0 | - 16,2 |
| Onderhoud | - 0,7 | - 2,0 | - 3,6 |
| <i>Directe baten</i> | | | |
| Energiegebruik | + 0,8 | + 2,5 | + 3,8 |
| Geluiddemping | + 0,3 | + 1,0 | + 1,4 |
| <i>Indirecte effecten</i> | | | |
| Waardeverandering objecten (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| <i>Externe effecten</i> | | | |
| Hittestress | +1,1 | + 3,2 | + 5,4 |
| Totaal | - 1,8 | - 5,3 | - 9,0 |

Tabel S.2

Privaat rendement Groene Daken per type deelgemeente en bedrijventerreinen Rotterdam (€ / m² groen dak, prijspeil 2007)

| Stadsdeel | Omvang dakoppervlak (m ²) | Rendement (€ per m ²) |
|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Stadscentrum | 122.658 (9%) | - 14,68 |
| Dichtstedelijk | 894.891 (62%) | - 9,95 |
| Stedelijk | 286.487 (20%) | - 24,08 |
| Landelijk | 40.425 (3%) | - 24,74 |
| Bedrijventerreinen | 219.440 (15%) | - 27,80 |
| Totaal Rotterdam | 1.441.243 (100%) | - 15,89 |

Voor het dichtstedelijke gebied zijn groene daken wel maatschappelijk rendabel

Voor dichtstedelijk Rotterdam zijn de maatschappelijke baten van groene daken groter dan de kosten, variërend tussen € 7 mln. en € 22 mln. Het resultaat is beter dan het private rendement vanwege de lagere maatschappelijke discontovoet, waardoor kosten en baten over een langere periode meetellen, maar ook door de additionele, maatschappelijke baten. Voor de overige stadsdelen en de bedrijventerreinen is het resultaat negatief. De grootste baten zijn privaat, namelijk energiebesparing (verwarming en koeling) en geluidreductie. Het publieke rendement (voor de overheid) is altijd positief. Binnen de publieke baten zijn vooral luchtkwaliteit en waterretentie van belang. Daarnaast zijn er nog kwalitatieve baten die niet in het monetaire saldo tot uitdrukking komen.

In tabel S.3 is voor het stadscentrum het resultaat van de maatschappelijke KBA weergegeven. In tabel S.4 is het maatschappelijke rendement per gerealiseerde m² groendak opgenomen.

Tabel S.3

Overzicht MKBA netto
contante waarde Groene
Daken stadscentrum
Rotterdam (€ mln. NCW 2010,
prijsspeil 2007)

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|--|------------------|----------------|---------------|
| <i>Kosten</i> | | | |
| Investerings | - 6,6 | - 19,4 | - 31,5 |
| Onderhoud | - 1,7 | - 5,1 | - 9,4 |
| <i>Directe baten</i> | | | |
| Energiegebruik | + 2,2 | + 6,5 | + 10,1 |
| Geluiddemping | + 0,9 | + 2,7 | + 4,2 |
| <i>Indirecte effecten</i> | | | |
| Waardeverandering objecten (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| Imago woon- en werkomgeving (kwal.) | + | + / ++ | ++ |
| <i>Externe effecten</i> | | | |
| Waterretentie | + 0,5 | + 1,5 | + 2,3 |
| Waterkwaliteit: minder overstort (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| Waterkwaliteit: minder zuivering | + 0,0 | + 0,0 | + 0,0 |
| Luchtkwaliteit: afvang PM ₁₀ | + 1,1 | + 3,4 | + 5,0 |
| Luchtkwaliteit: afvang NO _x | 0 | + 0,1 | + 0,1 |
| Klimaat: reductie CO ₂ -emissie | + 0,1 | + 0,4 | + 0,6 |
| Hittestress (reductie kosten koeling) | + 2,9 | + 8,3 | + 14,1 |
| Hittestress (thermisch comfort – kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| Biodiversiteit (kwal.) | 0/+ | + | ++ |
| Esthetische waardering | + 0,9 | + 2,6 | + 3,7 |
| Totaal | + 0,3 | + 1,0 | - 0,7 |

Tabel S.4

Maatschappelijk rendement
Groene Daken per type
deelgemeente en
bedrijventerreinen Rotterdam
(€/ m2 groen dak, prijsspeil
2007)

| Stadsdeel | Omvang dakoppervlak (m ²) | Publiek rendement (€ per m ²) | Totaal maatschappelijk rendement (privaat en publiek) (€ per m ²) |
|-------------------------|--|---|--|
| Stadscentrum | 122.658 (9%) | + € 21,20 | + € 2,45 |
| Dichtstedelijk | 894.891 (62%) | + € 16,65 | + € 7,93 |
| Stedelijk | 286.487 (20%) | + € 13,26 | - € 32,46 |
| Landelijk | 40.425 (3%) | + € 12,37 | - € 39,58 |
| Bedrijventerreinen | 219.440 (15%) | + € 13,22 | - € 43,75 |
| Totaal Rotterdam | 1.441.243 (100%) | + € 15,33 | - € 9,30 |

In tabel S.4 is een nader onderscheid gemaakt tussen het publieke rendement van Groene Daken (uitsluitend de publieke effecten) en het totale maatschappelijke rendement (privaat en publiek tezamen). Het publieke rendement is bij alle stadsdelen en bedrijventerreinen positief, in tegenstelling tot het maatschappelijke rendement. Het stadscentrum respectievelijk het dichtstedelijke gebied kent in alle gevallen het grootste (positieve) rendement.

Robuustheid van de resultaten

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse laten zien dat andere aannamen over de levensduur van groene daken, investeringskosten, de bijdrage aan de wateropgave, geluideffecten en discontovoet, grote veranderingen in het private en maatschappelijke rendement van groene daken tot gevolg hebben. Het private rendement in de KBA blijft negatief, dat minder ongunstig kan worden vanwege bijvoorbeeld een langere levensduur van de daken.

Dit ligt duidelijk anders bij het maatschappelijke rendement in de MKBA. Zie tabel S.5. Als er geen macro economische risicotoeslag wordt gehanteerd – wat verdedigbaar is vanwege de geringe invloed van economische groei en economische structuur op de kosten- en batenstromen van groene daken – is het maatschappelijke rendement in alle varianten (sterk) positief. Ook een langere levensduur van groene daken dan de gehanteerde 20 jaar en lagere investeringskosten werken sterk positief door op het resultaat. Een verandering in energiebesparing of retentiefunctie van groene daken heeft ook een duidelijk merkbaar effect, in positieve of negatieve zin. Ten slotte kan nieuwbouw - in deze studie niet meegenomen – een verdere positieve impuls geven. Hier kan immers van meet af aan rekening gehouden worden met aanleg van groene daken.

Tabel S.5

Resultaten
gevoeligheidsanalyse MKBA
netto contante waarde Groene
Daken stadscentrum
Rotterdam (€ mln. NCW 2010,
prijsspeil 2007)

| Aanpassing | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|---|---------------|----------------|---------------|
| Levensduur groene daken 40 jaar i.p.v. 20 jaar | + 3,3 | + 9,8 | + 12,9 |
| Aandeel woningen met een in pandig geluidniveau > 55 dB(A) 40% i.p.v. 80% | - 0,1 | - 0,4 | - 2,8 |
| Investeringskosten +25% | - 1,3 | - 3,9 | - 8,6 |
| Investeringskosten -25% | + 2,0 | + 5,9 | + 7,2 |
| Energiebesparing – 50% | - 0,8 | - 2,5 | - 6,3 |
| Waterretentie groene daken -50% | +0,1 | + 0,2 | - 1,9 |
| Waterretentie groene daken +50% | +0,8 | + 2,5 | + 1,5 |
| Geen risicotoeslag | + 3,7 | + 10,9 | + 11,4 |
| Oorspronkelijk resultaat | + 0,3 | + 1,0 | - 0,7 |

Nader onderzoek en monitoring van de betreffende effecten zal een beter inzicht verschaffen in de omvang van de effecten. Voor andere risicofactoren geldt echter dat ze waarschijnlijk – in gunstige zin – beïnvloed kunnen worden bij een stimuleringsregeling. Dit geldt bijvoorbeeld voor de investeringskosten en de gegarandeerde levensduur van groene daken.

Aanbevelingen

Op basis van de bevindingen in deze studie doen we de volgende aanbevelingen.

- De resultaten van de MKBA bieden voldoende perspectief om een verdere uitbouw van groene daken in Rotterdam te ondersteunen.
- Begin met het dichtstedelijke gebied van Rotterdam. Dit is het gebied met het grootste potentieel vergroenbaar dakoppervlak en waar de grootste private en maatschappelijke baten gerealiseerd kunnen worden. Vervolgens kan het programma ook worden opgezet voor de rest van de gemeente.
- Maak afspraken intern de gemeente en met de grote woningbezitters, de woningcorporaties, om bij renovatie en nieuwbouw over te stappen op 'groene daken'.
- Maak, als onderdeel van een structureel stimuleringsprogramma, afspraken met de branche over de aanlegkosten van groene daken en/of leveringsvoorwaarden (bijvoorbeeld een minimale gegarandeerde levensduur). Hierdoor zal het rendement van de investering verder kunnen toenemen.
- Gezien het verschil in privaat en maatschappelijk rendement is een stimuleringsregeling een geëigend instrument om investeringen door woningbezitters en bedrijven te bevorderen. Er zijn meerdere invalshoeken mogelijk om de hoogte van een dergelijke financiële regeling te bepalen. Van belang daarbij zijn onder meer het toepassingsgebied (alleen dichtstedelijk of geheel Rotterdam), de verwachte ontwikkelingen van de risicofactoren (effecten, kosten, levensduur), de verwachte bijdragen van andere partijen (woningbouwcorporaties, waterschappen) en de beschikbare middelen van de gemeente. Gebaseerd op de resultaten van deze (M)KBA zijn meerdere invalshoeken mogelijk, die uitkomen op een financiële stimuleringspremie tussen circa € 20 en € 30 per m²:
 - Ga uit van het wegwerken van het private rendementstekort voor geheel Rotterdam. Dit tekort is circa € 16 per m² gerealiseerd groendak.
 - Zet daar vervolgens een bonus op om investeren in groene daken financieel aantrekkelijk te maken voor private partijen. De omvang van de bonus is subjectief, maar kan afgeleid worden door de omvang van het totale maatschappelijke rendement in het dichtstedelijke segment (€ 8 per m²) of het publieke rendement voor geheel Rotterdam (€ 15 per m²).
- Stel een monitorprogramma in, waarmee de realisatie en effecten van groene daken adequaat gevolgd kunnen worden.
- Evalueer de hoogte van stimuleringspremie, afhankelijk van de resultaten van het monitorprogramma.

HOOFDSTUK 1 Inleiding

Waterplan Rotterdam

Water vormt een wezenlijk onderdeel van Rotterdam en speelt daarmee ook een rol bij de verdere ontwikkeling van de stad. De watersystemen staan onder druk en de grenzen zijn of worden bereikt, mede als gevolg van ontwikkelingen die (ook) op Rotterdam afkomen. Door verandering van het klimaat kan er in korte tijd veel regen vallen. Om dat water te verwerken is opvang en berging nodig. Regenwater wordt in Rotterdam meestal samen met het afvalwater afgevoerd via het rioolstelsel naar de zuiveringsinstallaties. Het rioolstelsel kan maximaal 20 miljoen liter water bergen in het centrum. Als het hard en langdurig regent lopen de leidingen vol en wordt het overtollige water naar omliggende singels en sloten afgevoerd. Op dit moment is er al tekort aan circa 40.000 m³ in het Centrum en 500.000 m³ berging in heel Rotterdam. Er zou minimaal 80 hectare aan extra plassen en singels nodig zijn om dat tekort in open water op te vangen. Dat dit lastig is in een dichtstedelijke omgeving, zal duidelijk zijn.

In Waterplan 2 Rotterdam is uitgewerkt hoe de gemeente Rotterdam, de hoogheemraadschappen van Schieland en de Krimpenerwaard en van Delfland en het Waterschap Hollandse Delta de komende jaren willen omgaan met het water in de stad. Uitgangspunt hierbij is water toevoegen waar het kan en innovatief waar het moet. Groene daken is een van deze innovatieve oplossingen.

Maatregel Groene Daken

Door een geleidelijke transformatie van een substantieel deel van alle (platte) daken binnen Rotterdam naar groene daken, wil de gemeente Rotterdam de belasting op het watersysteem verminderen. Het mechanisme hierachter is dat de beplanting op het dak tijdens een regenbui het water opneemt en dit geleidelijk, via verdamping, terug brengt in de lucht. Doordat de beplanting het water ook vasthoudt, is verder sprake van een vertraagde afvoer van hemelwater naar het riool. Hierdoor komt er minder resp. geleidelijker regenwater in het riool terecht en dit verkleint weer de kans op wateroverlast. Daarnaast wordt van groene daken een aantal positieve neveneffecten verwacht zoals een verbetering van de luchtkwaliteit door afvang van fijnstof, lagere stookkosten en CO₂ uitstoot en een betere geluidisolatie van woningen.

Ter uitvoering van de maatregel is een programma Groene Daken Rotterdam geformuleerd. Dit programma omvat de financiering en planning van groene daken (inclusief een mogelijk subsidieprogramma), de juridische inbedding, technische randvoorwaarden, het realiseren van pilots, monitoring, communicatie en voorlichting.

Kosten-batenanalyse Groene Daken

Voor de verdere ontwikkeling van het programma Groene Daken heeft de gemeente Rotterdam aan ARCADIS gevraagd om een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) uit te voeren van de maatregel conform de OEI-leidraad van het Ministerie van V&W en de aanvullingen daarop.¹

Wat is een MKBA conform OEI?

In 2001 heeft het kabinet besloten dat voor alle projecten van nationaal belang een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) conform de zogeheten OEI methodiek uitgevoerd dient te worden. Een MKBA kent de volgende systematiek:

- Er wordt een nul- of referentiealternatief uitgewerkt voor de toekomst. Dit alternatief is niet hetzelfde als niets doen, maar presenteert de effecten van voorziene investeringen en beleid.
- Dit nulalternatief wordt op alle aspecten vergeleken met projectalternatieven en – varianten. De effecten worden zoveel mogelijk in geld uitgedrukt. De overige effecten worden kwalitatief beschreven.

De MKBA betreft het *maatschappelijke rendement* van een voorgenomen project, waarbij ook alle niet-financiële kosten en baten van dit project zijn meegenomen. Daarbij worden in het algemeen de volgende type effecten onderscheiden:

- De **directe effecten**: dit zijn de kosten van aanleg, beheer, onderhoud en exploitatie. Daarnaast zijn er de effecten op de primaire markt resp. in het primaire systeem waar het project plaats vindt.
- De **indirecte effecten**: door de verandering op de primaire markt resp. in het primaire systeem kunnen mogelijk andere markten of systemen beïnvloed worden. Denk bijvoorbeeld aan de vastgoed- en woningmarkt.
- De **externe effecten**: als gevolg van de realisatie van het project en/of het gebruik ervan kunnen zich diverse effecten voordoen op markten waarvoor geen reguliere marktprijs bestaat. Daarbij gaat het vaak om effecten op natuur, water, lucht, geluid en veiligheid.

Aangezien de OEI-leidraad in eerste instantie is gemaakt voor het domein van de infrastructuur, is door ARCADIS een verbijzondering gemaakt voor de toepassing op de maatregel Groene Daken.

De onderzoeksvragen die in deze rapportage worden beantwoord, zijn:

- Wat zijn de effecten (kosten en baten) voor de onderscheiden alternatieven van de maatregel Groene Daken? Daarbij wordt een onderscheid gemaakt naar de private kosten en baten (KBA) en de totale, maatschappelijke kosten en baten (MKBA).
- Wat is de verdeling van kosten en baten over verschillende (private en publieke) partijen? Dit is van belang als onderbouwing van een eventuele financiële stimuleringsregeling.
- Wat zijn de gevoeligheden ten aanzien van de omvang en samenstelling van de onderscheiden kosten en baten?

¹ OEI staat voor Overzicht effecten infrastructuur.

Leeswijzer

Deze rapportage is verder als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2: beschrijving van de onderscheiden maatregelalternatieven en het toepassingsgebied in Rotterdam.
- Hoofdstuk 3: beschrijving van het gehanteerde beoordelingskader en werkwijze voor het vaststellen van de effecten, de waardering van effecten en overige uitgangspunten.
- Hoofdstuk 4: KBA-resultaat (privaat) en MKBA-resultaat (privaat en publiek).
- Hoofdstuk 5: resultaten van gevoeligheidsanalyses.
- Hoofdstuk 6: conclusies en aanbevelingen.

De bijlagen van deze rapportage zijn:

- Bijlage 1: overzicht van de geraadpleegde bronnen
- Bijlage 2: nadere toelichting op de samenstelling van het plangebied
- Bijlage 3: bijdrage groene daken aan wateropgave per deelgebied
- Bijlage 4: modelresultaten EMOS waterretentie groene daken

HOOFDSTUK 2 Plangebied en projectalternatieven

2.1

BESCHRIJVING PLANGEBIED

Het plangebied bestrijkt de gehele gemeente Rotterdam inclusief Hoek van Holland, Pernis en Hoogvliet. De gemeente bestaat aldus uit 13 deelgemeenten. Tussen, maar ook binnen deelgemeenten zijn er grote verschillen in type bebouwing. Zo zijn er vooroorlogse en naoorlogse wijken, hoogbouw en nieuwbouw, voormalige dorpen en ruimer opgezette tuindorpen, bedrijventerreinen en natuurlijk het centrum van de stad.

Om grip te krijgen op de toepasbaarheid van groene daken zijn de volgende karakteristieken van de bebouwing van belang:

- Type object naar eigendom: grote en kleine woningbezitters, bedrijven, gemeente.
- Type object naar bouwjaar(klasse).
- Type dak: plat (met een helling tot 4°) of schuin.
- Bebouwingsdichtheid: dichtstedelijk, stedelijk, landelijk en bedrijventerreinen.

Ter toelichting op deze karakteristieken: de verwachting is dat groene daken *technisch* vooral toepasbaar zijn op platte daken. Qua *slagingskans* is de verwachting dat de gemeente en de grote woningbezitters (woningcorporaties) het initiatief moeten nemen bij het aanbrenge van groene daken, rekening houdend met de reguliere vervangingstermijn van hun woningbezit. In veel wijken vindt renovatie plaats die kansen kan bieden voor toepassing van groene daken. Vanwege de (geplande) herstructurering van de bedrijventerreinen Spaanse Polder en Noord-West, zijn deze ook in het plangebied opgenomen. De indeling naar bebouwingsdichtheid is van belang voor de mate waarin bepaalde effecten zich voordoen, vooral waterberging (mate van verharding) en hittestress (urban heat island).

In tabel 2.1 is voor de stad Rotterdam als geheel (exclusief bedrijventerreinen) een overzicht opgenomen van het aandeel dakoppervlak van woningen naar eigenaar. In tabellen 2.2 en 2.3 is de verdeling naar bouwjaarclassen en type daken opgenomen. In tabel 2.4 is de verdeling naar bebouwingsdichtheid weergegeven.

Tabel 2.1

Dakoppervlak Rotterdam naar eigenaar (exclusief bedrijventerreinen²), 2007

| Type eigenaar | Dakoppervlak (m ²) | % |
|-------------------------------|--------------------------------|------|
| Gemeente | 669.933 | 2,9 |
| Grote woningbezitters | 9.521.287 | 40,6 |
| Kleine woningbezitters | 9.551.319 | 40,7 |
| Overheid | 282.284 | 1,2 |
| Onbekend | 3.444.736 | 14,7 |
| Totaal | 23.469.559 | 100 |

Bron: gemeente Rotterdam

Tabel 2.2

Verdeling dakoppervlak Rotterdam naar bouwjaarklasse (exclusief bedrijventerreinen),³ 2007

| Bouwjaar | Dakoppervlak deelgemeenten (%) |
|------------------|--------------------------------|
| < 1946 | 25 |
| 1946-1955 | 4 |
| 1956-1967 | 17 |
| 1968-1979 | 9 |
| 1980-1994 | 18 |
| > 1995 | 8 |
| Onbekend | 19 |
| Totaal | 100 |

Bron: gemeente Rotterdam

Tabel 2.3

Verdeling dakoppervlak Rotterdam naar type dak, 2007

| Type dak | Dakoppervlak deelgemeenten (%) | Dakoppervlak bedrijventerreinen (%) |
|------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Plat | 71 | 98 |
| Niet plat | 29 | 2 |
| Totaal | 100 | 100 |

Bron: gemeente Rotterdam

Tabel 2.4

Verdeling dakoppervlak Rotterdam naar bebouingsdichtheid, 2007⁴

| Type dak | Dakoppervlak per type gebied (%) |
|---------------------------|----------------------------------|
| Dichtstedelijk | 56 |
| Stedelijk | 35 |
| Landelijk | 4 |
| Bedrijventerreinen | 5 |
| Totaal | 100 |

Bron: gemeente Rotterdam

² Bij de bedrijventerreinen zijn geen type eigenaren bekend. We gaan ervan uit dat dit in de praktijk overwegend bedrijven zullen zijn.

³ Van de bedrijventerreinen zijn de bouwjaren van de betreffende panden grotendeels onbekend. We gaan ervan uit dat de meeste van deze panden gebouwd zullen zijn na 1980.

⁴ Dichtstedelijk: stadscentrum, Delfshaven, Noord, Kralingen-Crooswijk, Feijenoord, IJsselmonde, Pernis en Charlois. Stedelijk: Hillegersberg-Schiebroek, Prins Alexander, Hoogvliet en Hoek van Holland. Landelijk: Overschie.

Uit tabel 2.1 blijkt dat voor de gemeente als geheel, grote en kleine woningbezitters een ongeveer gelijk aandeel in het totale dakoppervlak van woningen hebben. Het aandeel platte daken is gemiddeld genomen hoog, ruim 70%. Dit biedt in potentie een grote markt voor vergroening van daken. Per deelgemeente is het beeld echter zeer uiteenlopend. Dit geldt zowel voor de verdeling naar type eigenaar als voor de verdeling over de bouwjaarklassen en het aandeel platte daken. Zie bijlage 2 voor een nadere toelichting.

2.2

BESCHRIJVING PROJECTALTERNATIEVEN

In deze paragraaf zijn de alternatieven van de maatregel Groene Daken, inclusief het nulalternatief kort beschreven. In de KBA worden de effecten van de projectalternatieven en -varianten vergeleken met het nulalternatief.

Nulalternatief

Het nulalternatief is de situatie in het plangebied *exclusief* de invoering van de maatregel Groene Daken. Als uitgangspunten zijn gehanteerd:

- de huidige situatie en gebruik van daken in het plangebied (zie bijlage 2);⁵
- de reguliere vervangingscyclus van daken, afhankelijk van type dak;
- de verwachte afvoercapaciteit van het rioelstelsel en de waterbergingcapaciteit in het plangebied.

Projectalternatief Groene Daken

Het projectalternatief Groene Daken is de situatie in het plangebied *inclusief* de invoering van de maatregel Groene Daken. Daarbij gelden de volgende uitgangspunten:

- Bij bestaande objecten wordt de aanleg van groene daken ingepast in de reguliere dakvervangingscyclus;
- Groene daken worden alleen toegepast op daken met een dakhelling van maximaal 4°. Dit zijn de zgn. 'platte daken', die in het nulalternatief uitgerust worden met een bitumen of grindlaag.

Er zijn talloze uitvoeringsvormen van groene daken. Zie kader 1. Hoofdvormen zijn:

- extensief groen dak met mos- en/of sedumbepplanting. Deze vegetatie wordt geplante in een dunne substraatlaag (2-20 cm). De beplanting vergt weinig onderhoud en is qua belasting geschikt is voor vrijwel alle typen dakconstructies;
- intensief groen dak: in vergelijking met de extensieve uitvoeringsvorm hebben deze daken hebben een dikkere substraatlaag of grondlaag (20-50 cm) waarop diverse vegetatie geplant kan worden: gras, lage planten, struiken en/of bomen. De intensieve uitvoeringsvormen kunnen meer water vasthouden, maar hebben ook meer onderhoud nodig en zijn, vanwege hun grotere belasting, niet geschikt voor ieder type dakopbouw.

⁵ Er is geen informatie bekend over de ontwikkeling van de omvang en type dakoppervlak, samenhangend met nieuwbouwprojecten in het plangebied.

Kader 1 Toelichting type groene daken

Bron: Argex

Extensieve groene daken vergen geen of weinig onderhoud omdat de begroeiing beperkt is tot mossen, vetplanten en kruiden. Het gewicht van deze daken is relatief gering, 20 tot 200 kg/m², waardoor ze vaak geen aangepaste dakconstructie vergen en ook op bestaande gebouwen aangebracht kunnen worden. Extensieve groene daken zijn in beginsel niet toegankelijk behalve voor onderhoud.

Lichte of eenvoudige intensieve groene daken zijn te vergelijken met kruidenrijke graslanden. Dit type wordt dikwijls niet als een apart groen daktype beschouwd maar als een overgang tussen intensieve en extensieve groene daken. Dit weerspiegelt zich onder andere in het gewicht, ongeveer tussen 200 en 300 kg/m², en het onderhoud.

Intensieve groene daken zijn – in de meest uitgebreide vorm – vergelijkbaar met wat tuinen op de grond zijn. De begroeiing bestaat meestal voor een groot deel uit grassen met daarnaast ook kruiden, struiken en zelfs volwassen bomen. Naast een begroeiing kunnen ook paden, terrassen en eventueel zelfs een vijver aanwezig zijn. Zowel qua uitzicht, gebruik als onderhoud zijn deze groene daken min of meer vergelijkbaar met gewone tuinen. Een dergelijk dak weegt al gauw 300 tot zelfs meer dan 1500 kg/m² en vergt een aangepaste dragende constructie.

We onderscheiden drie varianten (klein, middel en groot) binnen het projectalternatief Groene Daken. De varianten differentiëren op de volgende aspecten:

- type groen dak;
- aandeel groene daken van het geschikte (platte) dakoppervlak.

Variant klein

Deze variant is als volgt samengesteld:

- uitsluitend toepassing van extensieve groene daken
- toepassing van groene daken bij 100% van de geschikte bestaande publieke objecten (gemeentelijke en andere overheidsgebouwen);
- toepassing van groene daken bij 25% van de geschikte bestaande objecten van grote woningbezitters (woningbouwcorporaties);
- toepassing van groene daken bij 25% van de geschikte bestaande objecten op de bedrijventerreinen Noord-West en Spaanse Polder.

Variant middel

Deze variant is als volgt samengesteld:

- uitsluitend toepassing van extensieve groene daken
- toepassing van groene daken bij 100% van de geschikte bestaande publieke objecten;
- toepassing van groene daken bij 75% van de geschikte bestaande objecten van grote woningbezitters;
- toepassing van groene daken bij 75% van de geschikte bestaande objecten op de bedrijventerreinen Noord-West en Spaanse Polder.
- Toepassing van groene daken bij 10% van de geschikte bestaande objecten van kleine woningbezitters (particuliere eigenaren / VVE).

Variant groot

Deze variant is als volgt samengesteld:

- Een verhouding van 90% extensieve en 10% intensieve groene daken
- toepassing van groene daken bij alle geschikte bestaande publieke objecten;
- toepassing van groene daken bij 100% van de geschikte bestaande objecten in eigendom van grote woningbezitters;
- toepassing van groene daken bij 100% van de geschikte bestaande objecten op de bedrijventerreinen Noord-West en Spaanse Polder.
- Toepassing van groene daken bij 25% van de geschikte bestaande objecten van kleine woningbezitters.

NB: de varianten hebben uitsluitend betrekking hebben op de *bestaande* voorraad van objecten. Er wordt geen rekening gehouden met nieuwbouwprojecten. Dit betekent dat de resultaten van de (M)KBA op dit punt een onderschatting zijn. Hierop komen we terug in de conclusies (hoofdstuk 6).

HOOFDSTUK 3 Werkwijze

3.1 BEOORDELINGSKADER

Het beoordelingskader bestaat uit een specificatie van de effecten die in deze KBA aan de orde zijn. Dit zijn deels effecten die toevallen aan eigenaren/gebruikers van objecten (privaat) en deels maatschappelijke effecten (publiek). De private effecten komen tot uitdrukking in de private KBA, de private en publieke effecten komen terug in de MKBA.

Tabel 3.2
Beoordelingskader

| Type effect | Effect | Privaat of publiek | Fysieke maatstaf | Bron effect | Waardering effect |
|---------------------------|--|--------------------|---|--|-----------------------------------|
| Directe effecten | Investeringskosten dak | Privaat | Meerkosten €/ m ² dak | ARCADIS Copijn | Mln. € |
| | Kosten beheer en onderhoud dak | Privaat | Meerkosten €/ m ² dak | ARCADIS Copijn | Mln. € |
| | Energiegebruik | Privaat | - Besparing m ³ gas - daling temperatuur binnenshuis in zomer | - EnergieNed - Acks | - Mln. € - kwalitatief |
| | Geluiddemping | Privaat | Reductie dB(A) | BR-Architect, bewerking ARCADIS | Mln. € extra woongenot |
| Indirecte effecten | Arbeidsmarkt, grond- en/of woningmarkt | Privaat | Woningwaarde | ARCADIS | Kwalitatief |
| | Imago | Publiek | Aantrekkelijke woon / werkomgeving | ARCADIS | Kwalitatief |
| Externe effecten | Waterretentie | Publiek | Retentie en vertraagde afvoer m ³ water / m ² dakopp. | - Ingenieursbureau Amsterdam - EMOS-model | Mln. € opportunity costs retentie |

| Type effect | Effect | Privaat of publiek | Fysieke maatstaf | Bron effect | Waardering effect |
|-------------|---------------------------------|------------------------|--|--|--|
| | Waterkwaliteit | Publiek | - verbetering waterkwaliteit door minder riooloverstort - Reductie m ³ water naar AWZI | - Ingenieursbureau Amsterdam - EMOS-model | - kwalitatief - Mln. € vermeden kosten AWZI |
| | Luchtkwaliteit | Publiek | Afvang emissies NO _x en PM ₁₀ | Gemeente Rotterdam | Mln. € vermeden schadekosten |
| | Klimaat | Publiek | Reductie emissies CO ₂ | CBS | Mln. € marktprijs CO ₂ |
| | Hittestress (urban heat island) | Privaat Publiek | - Besparing elektriciteit kantoren stadscentrum - Thermisch comfort buitenomgeving | Acks, bewerking ARCADIS | - Mln. € - Kwalitatief |
| | Biodiversiteit | Publiek | Diversiteit planten en dieren | ARCADIS | Kwalitatief |
| | Esthetische beleving | Publiek | Waardering voor groene omgeving | Acks | Mln. € stated preference |

Onderstaand volgt een toelichting hoe de fysieke effecten zijn bepaald en hoe deze effecten vervolgens zijn gewaardeerd. Daarbij gaat het steeds om het *verschil* van het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief.

3.2 BEPALING EN WAARDERING VAN EFFECTEN

In deze paragraaf beschrijven we hoe de effecten door ons zijn bepaald en gewaardeerd.

3.2.1 DIRECTE EFFECTEN

Investeringskosten dak

De aanleg- of investeringskosten voor een groen dak verschillen afhankelijk van het type groen dak. Een extensieve daktuin kost in aanleg tussen € 55 en € 90/m² inclusief dakbedekking.⁶ Voor een intensieve daktuin variëren de investeringskosten van € 75 tot € 150/m² inclusief dakbedekking. Deze prijzen zijn ontleend aan ervaringscijfers van ARCADIS Copijn en buitenlandse indicaties.

⁶ De prijzen van dakbedekking kunnen overigens ook sterk verschillen. Als richtprijs gaan we uit van een dubbellaags vol en zat verkleefde wortelwerende dakbedekking (€ 30/m²).

De variatie in kosten is afhankelijk van het materiaalgebruik en het inrichtingsniveau (type steen, beplanting, meubilair). Ook de hoogte van het object speelt een rol.

Tot 30 meter hoogte kan substraat (de onderlaag voor het groene dak) geblazen worden. Daarboven zijn meerkosten van toepassing vanwege de inzet van een hoogwerker en transport per zak.

Ook bij een regulier dak (nulalternatief) is uiteraard sprake van dakbedekking (zij het dan niet wortelwerend, maar wel waterdicht). Voor de KBA zijn alleen de *meerkosten* t.o.v. het nulalternatief van belang.

We hanteren in deze studie de volgende richtgetallen (raming Copijn):

- Extensief groen dak: € 45/m²;
- Intensief groen dak: € 120/m²;
- Meerkosten daken > 30 meter hoogte: € 45/m² (zowel bij intensieve als extensieve daken).

Levensduur daken

Voor de gekapitaliseerde investeringskosten in de (M)KBA is het van belang een indicatie te hebben van de verwachte levensduur van een groen dak in vergelijking met een regulier dak. De gemiddelde levensduur van een plat dak is 20 jaar. Op basis van de beschikbare literatuur kan niet aangetoond worden of en zo ja, in hoeverre de levensduur van een groen dak afwijkt van een regulier dak. Wel zijn er *veronderstellingen* resp. *verwachtingen* dat een groen dak langer (tot 2x zo lang) mee gaat als een regulier plat dak. Deze verwachting is ingegeven door de beschermende functie van een groen dak tegen weersinvloeden, die een positieve invloed heeft op de levensduur van de dakafdichting.

De oudste daktuinen in Nederland zijn momenteel circa 25 jaar oud en verkeren nog in een goede conditie. Dit is echter geen garantie dat het nog 15 jaar zonder problemen goed gaat. Het ligt in de lijn der verwachting dat dit wel het geval is, maar geen aannemer of verzekeringsmaatschappij zal dit risico nu zonder meer willen nemen. Uit ervaring is bekend dat de donkere delen (waar grond of substraat over de dakbedekking heen ligt) de dakbedekking nog in goede staat verkeert. De opstanden daarentegen (die bloot gesteld worden aan alle weersinvloeden) staan er minder florissant voor. Dakbedekking waar de beste garanties op te verkrijgen zijn, zijn dakbedekkingen die wortelwerend en dubbellaags, vol en zat verkleefd op een betonnen ondergrond worden aangebracht.

De garantie van de leverancier op waterdichte folie voor een regulier dak wijkt nu in de regel niet af van een wortelwerende en waterdichte dakbedekking. Dakbedekking heeft in de regel een garantie termijn van 10 jaar. In het geval van een groen dak moet de daarop liggende vegetatie (intensief of extensief) dan wel door de groenaannemer die het geheel heeft aangebracht, in onderhoud worden gebracht. Van de aannemer kan, indien wordt voldaan aan specifieke eisen, een verzekerde garantie van 20 jaar worden verlangd.

Bij een grootschalige toepassing van groene daken is het denkbaar dat leveranciers en groenaannemers geprikkeld worden tot het treffen van een zodanige technische en juridische constructie dat een nog langere, verzekerde levensduur van groene daken t.o.v. reguliere daken is gegarandeerd.

In de (M)KBA hanteren we de volgende levensduuralternatieven:

- Reguliere platte daken: 20 jaar
- Groene daken: 20 jaar (standaard) en 40 jaar (gevoeligheidsanalyse)

Gegeven de vervangingscyclus van 20 jaar bij reguliere platte daken, gaan we ervan uit dat gemiddeld elk jaar 5% van het betreffende dakareaal vervangen wordt. Dit betekent dat pas na 20 jaar het totale potentiële dakareaal vergoend zal zijn.

Kosten beheer en onderhoud dak

Regulier onderhoud aan reguliere platte daken bestaat uit het jaarlijks schoonvegen, vooral bij de uitloop omwille van een goede afwatering. Platte daken zijn onderhoudsgevoeliger dan hellende daken, omdat op een plat dak water kan blijven staan. Een klein gaatje of scheur kan al lekkage geven. Het dak moet dan ook in beginsel jaarlijks gecontroleerd worden op scheuren en gaatjes. In het geval van beschadigingen aan de bitumen dakbedekking moet deze hersteld worden (overlagen) (www.milieucentraal.nl).

Bij groene daken is sprake van een toename van de onderhoudskosten. Bij extensieve groene daken bestaan de onderhoudskosten uit een vaste jaarlijkse schouw van de staat van het dak en – in bijzondere gevallen – het besproeien van het plantendek. Bij de intensieve groene daken zijn de onderhoudskosten hoger, aangezien hier ook sprake is van intensiever beheer en onderhoud (snoeien, maaien, behandeling plantenziekten etc.).

De gemiddelde extra jaarlijkse onderhoudskosten van een groen dak zijn gebaseerd op ervaringscijfers van Copijn:

- Extensief groen dak: € 1/m²;
- Intensief groen dak: € 4/m² (exclusief sproeien).

De bovengenoemde kosten zijn gemiddelden en kunnen in de praktijk fluctueren afhankelijk van het materiaalgebruik en het inrichtingsniveau.

Energiegebruik

Het effect op het energiegebruik in objecten met groene daken is tweërlei:

- Een mogelijke besparing op de kosten voor koeling in de zomerperiode. Dit zijn vooral elektriciteitskosten vanwege koelsystemen (airconditioning).
- Een mogelijke besparing op stookkosten in de winterperiode. Dit zijn met name kosten gerelateerd aan het gasverbruik.

Koeling

Het substraat heeft een zekere inertie. Daarbij absorbeert de plantengroei zonne-energie en brengt vocht via verdamping in de atmosfeer. Zo blijft het op warme, zonnige dagen koeler onder een dak met vegetatie dan onder een klassiek plat dak. Het groene dak kan om die reden een bijdrage leveren in het woon- en leefcomfort van gebouwen met platte daken en tevens zorgen voor een besparing op de energiekosten voor koeling (BR-Architect).

Ervaringscijfers in het buitenland wijzen op een mogelijke 3-4^o temperatuurdaling binnenshuis in de zomer, bij een omgevingstemperatuur van 25-30^o (Acks). Dit is op zichzelf al een positief effect, dat we kwalitatief waarderen.

Het is echter de vraag in welke mate daadwerkelijk energiekosten in de zomer bespaard kunnen worden. Immers de meeste woningen in Nederland hebben geen airco-installatie. Deze zijn vooral te vinden in (grotere) kantoren. Voor de situatie in Rotterdam gaan we er daarom vanuit dat in relatie tot koeling, alleen sprake is van besparing op energiekosten in het stadscentrum van Rotterdam, waar de grootste concentratie kantoorgebouwen is. Dit effect behandelen we verder bij 'hittestress' (zie hoofdstuk 3.2.3).

Verwarming

In tegenstelling tot het koelende effect in de zomer, is het niet duidelijk hoe goed de isolerende werking van een groen dak is in de winterperiode en daarmee de omvang van de besparing op het gasverbruik. Een eigenschap van het groene dak is namelijk dat het permanent vocht uit de atmosfeer opneemt en door verdamping weer afgeeft. Zo zal een hoog watergehalte het isolerende vermogen van het groene dak verminderen. Vooral in koude en vochtige periodes, zoals de winter, zal de isolerende waarde van de dakbegroeiing beperkt zijn (BR-Architect).

De omvang van de besparingen op het gasverbruik van het pand is verder afhankelijk van het type pand, de oppervlakte en de locatie. Zo is voor het verwarmen van een vrijstaande woning meer gas nodig dan voor een flat. Het verbruik hangt ook af van het bouwjaar van de woning. Moderne woningen zijn beter geïsoleerd, en verbruiken daarom minder gas. In onderstaande tabel is een indicatie gegeven van het gemiddelde gasverbruik per type woning per bouwjaarperiode. Zie tabel 3.3.

Tabel 3.3

Gasverbruik per type woning en bouwperiode, m³.

| | Voor 1945 | 1945 tot 1981 | 1981 en later | Totaal gemiddeld |
|-------------------------|-----------|---------------|---------------|------------------|
| Vrijstaand | 2405 | 2725 | 1835 | 2375 |
| 2/1 kap | 2205 | 1890 | 1390 | 1765 |
| Rij-hoekwoning | 1950 | 1835 | 1245 | 1720 |
| Rij-tussenwoning | 1595 | 1485 | 1055 | 1380 |
| Flat | 1780 | 1005 | 780 | 1015 |
| Totaal | 1985 | 1695 | 1180 | 1580 |

Bron: EnergieNed, 2002

Het gasverbruik in *bedrijfsgebouwen en kantoren* is uiteraard verschillend van woningen. Een gemiddeld kantoor in Nederland verbruikt per vierkante meter 18 m³ aardgas (Bron: NOVEM, 2002). Omgerekend naar inhoud is dit gemiddeld 2,9 m³ gas/m³ gebouw. Hier zit echter een aanzienlijke spreiding omheen van 0,6-5,9 m³ gas/m³ gebouw (Bron: Milieubarometer, 2006). Het pandvolume van kantoren en bedrijven in Rotterdam is niet bekend. We maken daarom de volgende aannamen:

- Aandeel kantoren: stadscentrum 25%, overig dichtstedelijk 12,5%, stedelijk en landelijk 0%. Bedrijventerreinen 100%.
- Gemiddeld gasverbruik kantoren/bedrijven: 10x gemiddeld verbruik woning.

De beschikbare literatuur levert geen harde richtgetallen voor de warmte-isolatie van groene daken. Wel is de informatie bekend over het effect van dakisolatie op het gasverbruik. Voor een plat dak met een oppervlakte van 50m² kan de gemiddelde besparing oplopen van 220 m³ gas/jaar (onverwarmde zolder) tot ruim 500 m³ gas/jaar (verwarmde zolder) (Bronnen: Consumentenbond en www.woonhelpdesk.nl). In verhouding tot de gemiddelde verbruikcijfers in tabel 3.3 (die een mix zijn van wel/niet geïsoleerd) zijn dit besparingen van circa 15-30%.

We gaan ervan uit dat groene daken een beperkte additionele besparing op het energiegebruik teweeg zal brengen. De omvang daarvan zal in de praktijk uiteraard afhankelijk zijn van de specifieke uitgangssituatie (type bebouwing en mate van isolatie).

In vergelijking tot reguliere platte daken, voorzien van dakisolatie, gaan we uit van de volgende gemiddelde (extra) besparing op stookkosten door een groen dak:

- Extensief groen dak: 5% reductie gemiddeld gasverbruik woningen en bedrijven;
- Intensief groen dak: 10% reductie gemiddeld gasverbruik woningen en bedrijven.

Op de bedrijventerreinen houden we verder rekening met de mate van leegstand (COS, 2006) en rekenen we alleen met het daadwerkelijke aandeel gebruikte panden.

Als gasprijs hanteren we € 0,67 per m³ (Bron: EnergieNed).

Geluidemping

Een groot deel van de omgevingsgeluiden dringt het gebouw via het dak binnen. Vooral bij lichte dakconstructies, zoals hout of metaal, zal de bijkomende massa van het groene dak een gunstige invloed hebben op het akoestische comfort binnenin. Voor een enkelvoudige dakopbouw zal, volgens de wet van de massa, een verdubbeling van de massa per vierkante meter het geluid verminderen met ongeveer 6 dB(A). Voor andersoortige dakopbouwen is de ontkoppeling van het plantendeck met de draagstructuur bepalend voor de akoestische isolatie (Bron: BR-Architect). In de publicatie 'Rotterdam Groen van Boven' zijn waarden genoemd voor de vermindering van geluidweerskaatsing en verhoging van de geluidisolatie van resp. 3 en 8 dB(A).

De bovengenoemde (geschatte) effecten van groene daken liggen bij benadering in dezelfde orde van grootte als andere geluidreducerende maatregelen, bijvoorbeeld in relatie tot het wegverkeer. Zo kan met geluidschermen, afhankelijk van o.a. de afstand van de woning tot de weg, een geluidreductie van ten minste 10 dB(A) bereikt worden. Het toepassen van stille wegdekken (ZOAB) kan geluidreducties bewerkstelligen van rond de 6 dB(A) bij voertuigsnelheden van 80 km/h. Voor stillere banden wordt geschat dat in potentie de geluidemissie met 3 dB(A) kan worden verlaagd.

In deze studie gebruiken we de volgende kengetallen voor het effect van een groen dak op het in pandige geluidniveau:

- Extensief groen dak: 3 dB(A) lager geluidniveau;
- Intensief groen dak: 6 dB(A) lager geluidniveau.

Drempelwaarde

De verlaging van het in pandige geluidniveau als gevolg van groene daken gaat echter pas meetellen vanaf een zekere drempelwaarde. Onder deze drempelwaarde wordt immers geen hinder ervaren en levert een verlaging van het geluidniveau dus ook geen meerwaarde op. Ter indicatie is in tabel 3.4 een overzicht opgenomen van voorbeelden van geluidniveaus met bijbehorende dB(A) waarden.

Tabel 3.4

Indicatie geluidniveaus

| Niveau in dB | Voorbeeld |
|--------------|--|
| 0 | Gehoorgrens; hieronder hoort de gemiddelde mens niets meer |
| 20 | Stille slaapkamer, stiltegebied in de natuur |
| 30 | Gefluister |
| 40 | Normale woonkamer |
| 60 | Gespreksniveau |
| 80 | Drukke verkeersweg op 10 meter afstand |
| 100 | Opstijgende jumbojet op 200 meter hoogte |
| 110 | Drilboor op 1 meter afstand |
| 140 | Pijngrens |

Bron: www.vrom.nl

In deze studie hanteren we als drempelwaarde 55 dB(A). Deze waarde is gekozen vanwege de aansluiting op de *monetaire waardering* van geluidreductie. Hiervoor gebruiken we (CE, 2004), waarin voor geluiddemping *boven* 55 dB(A) de volgende kengetallen zijn afgeleid:

- Gemiddelde bezetting per woning: 2,5 personen per woning⁷;
- Waardering van de verandering in geluidbelasting⁸: € 25 per dB per persoon per jaar (prijspeil 2004) voor woningen > 55 dB(A). Omgerekend naar prijspeil 2008 is dit € 64,64 per woning per dB(A) per jaar.

Het aandeel panden in Rotterdam dat een in pandig geluidniveau boven 55 dB(A) heeft, is niet bekend. We veronderstellen daarom de volgende verdeling:

- Dichtstedelijke deelgemeenten (bijv. centrum): 80%
- Stedelijke deelgemeenten (bijv. Hillegersberg-Schiebroek): 50%
- Landelijke deelgemeenten (buitenwijken) en bedrijventerreinen: 20%.

Ten slotte gaan we ervan uit dat bij objecten met platte daken slechts een beperkt deel, namelijk de bovenste woonlaag resp. woonlagen zullen profiteren van deze geluidreductie. We stellen dit aandeel gemiddeld op 25%.

⁷ Bron: CBS⁸ Bron: De prijs van een reis, CE 2004

3.2.2

INDIRECTE EFFECTEN

Effecten op arbeids-, grond of woningmarkt

De aanleg van groene daken zal werkgelegenheid met zich mee brengen. In buitenlandse MKBA-studies wordt dit effect vaak meegeteld (zie bijvoorbeeld Acks). In de Nederlandse MKBA-praktijk wordt hier echter vanaf gezien, omdat het vrijwel altijd gaat om verdringingseffecten (meer aanleg groene daken, minder aanleg reguliere daken). Verder verwachten we geen effecten van de aanleg van groene daken op de algemene verhouding tussen vraag en aanbod (schaarste) op de woning- en/of grondmarkt. Wel kan in algemene zin een (positief) effect optreden op het imago van het woon- en werkklimaat en – meer specifiek – op de waarde van de betreffende objecten (zie hieronder).

Waardeverandering objecten

De aanleg van een groen dak kan wel leiden tot een waardeverandering van het betreffende object. Dit kan veroorzaakt worden door enerzijds veranderingen in de objectieve kenmerken (bijvoorbeeld geluidisolatie, thermische isolatie, meer/minder dakonderhoud) van het pand, maar ook door meer subjectieve factoren (uitzicht, esthetische kenmerken). Dit laatste geldt dan echter niet zozeer voor de eigenaar van het betreffende pand, maar voor de bewoners/eigenaren van de omliggende respectievelijk hoger liggende bebouwing. De waardeverandering komt tot uitdrukking in de vrije marktwaarde van het betreffende object resp. de WOZ-waarde.

Om dubbeltellingen te voorkómen nemen we het effect ‘waardeverandering object’ alleen kwalitatief mee, aangezien de monetaire waardering in belangrijke mate al tot uitdrukking komt bij de waardering van geluiddemping en de waardering voor esthetische beleving.

Imago woon- en werkomgeving

Het is denkbaar dat groene daken een positief effect hebben op het algemene woon- en werkimago van de stad. Dit vereist dan wel een grootschalige toepassing, waardoor zowel de esthetische effecten (zie bij ‘welzijn’, hoofdstuk 3.2.3) als de comforteffecten (zie hittestress, hoofdstuk 3.2.3) in voldoende mate aanwezig zijn.

Om dubbeltellingen met de bovengenoemde effecten te voorkómen nemen we het effect ‘imago woon- en werkomgeving’ alleen kwalitatief mee.

3.2.3

EXTERNE EFFECTEN

Waterretentie

Een belangrijk kenmerk van stedelijke gebieden is het grote aandeel van verhardingen in de totale oppervlakte. Dit heeft als gevolg dat neerslag niet of nauwelijks in de bodem kan dringen en vrijwel direct naar de riolering afvloeit. Dit heeft onder andere tot gevolg dat zelfs relatief kleine buien voor een tijdelijke overbelasting van het rioleringsstelsel kunnen zorgen met lokale wateroverlast als gevolg.

Vanuit de WB21-beleidslijn ‘vasthouden, bergen, afvoeren’ wordt ook in het stedelijk waterbeheer gezocht naar mogelijkheden om neerslagwater (langer) vast te houden en op die manier stedelijke wateroverlast tegen te gaan. De aanleg van groene daken kan een van die oplossingsrichtingen zijn.

Waterretentie bij groene daken

Bij een groen dak verdampt een deel van het opgevangen regenwater. Daarnaast houdt de beplanting het water gedurende enige tijd vast, waardoor er per saldo minder water het riool instroomt en in een langzamer tempo (vertraagde afvoer). Hierdoor treedt enerzijds een beperking van het overstortvolume op en vermindert ook de afvoer naar de AWZI. Het eerstgenoemde effect is een bijdrage aan het bergingstekort in Rotterdam. Het tweede effect vergroot de capaciteit van het rioolstelsel. Zie figuur 3.1.

Figuur 3.1

Werking waterretentie groene daken



Bron: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2002)

Het waterbergend vermogen van groene daken is sterk afhankelijk van het type dak. Tabel 3.5 geeft een overzicht van het verschil in jaarlijkse neerslagafvoer zo als dat uit eerder onderzoek⁹ naar voren gekomen is. Hieruit blijkt dat groene daken veel meer water vasthouden dan traditionele daken en bovendien dat intensievere groene daken meer water vasthouden dan extensieve.

⁹ Liesecke, H-J. (1998). Das Retentionsvermögen von Dachbegrünungen. Stadt und Grün (1) p. 46-53.

Tabel 3.5

Waterbergend vermogen
(groene) daken naar type

| Daktype | Totale laagdikte | % afgevoerd van de totale neerslag |
|--|------------------|---|
| Vlak groendak | > 50 cm | 10 % |
| Vlak groendak | 25 à 50 cm | 20 % |
| Vlak groendak | 15 à 25 cm | 30 % |
| Vlak groendak | 10 à 15 cm | 40 % |
| Vlak groendak | 6 à 10 cm | 50 % |
| Vlak groendak | 4 à 6 cm | 60 % |
| Vlak groendak | 2 à 4 cm | 70 % |
| Vlak dak met grindlaag | 7 cm | 80 % |
| Hellend traditioneel dak | / | 100 % |
| Hellend groendak met een hellingsgraad tot 15° | alle laagdikten | dezelfde waarde als bij een gelijkaardige laagdikte voor een vlak groendak ^a |

Bron: Liesecke (1998), aangehaald in Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2002)

In deze studie gebruiken we in de MKBA de volgende kengetallen voor de gemiddelde jaarlijkse waterretentie van groene daken, afgeleid van de resultaten van recente Nederlandse praktijkproeven (Ingenieursbureau Amsterdam):

- Extensief groen dak: 13 mm/m² groen dakoppervlak
- Intensief groen dak: 25 mm/m² groen dakoppervlak

Per variant wordt per stadsdeel het totale areaal aan groene daken berekend. Deze wordt vermenigvuldigd met bovenstaande kengetallen waterretentie per m² groen dakoppervlak. Vanwege de dakvervangingscyclus van 20 jaar, waarbij gemiddeld elk jaar 5% van het potentiële groen dakoppervlak beschikbaar komt, is na 20 jaar het totale retentievolume van de maatregel bereikt. Daarna treden geen effecten meer op.

Effect groene daken op de stedelijke wateropgave

Het effect op de stedelijke wateropgave is uiteraard sterk afhankelijk van de locatie, aard en omvang van groene daken. In bijlage 3 is de bijdrage aan de stedelijke wateropgave per stadsdeel weergegeven, gebruik makend van de bovenstaande berekeningswijze. Hieruit blijkt dat, afhankelijk van de variant, de bijdrage varieert van gemiddeld 4% tot 19% in het dichtstedelijke gebied. Voor stadsdelen met een naar verhouding beperkte wateropgave (Delfshaven en Kralingen-Crooswijk) zouden Groene Daken echter een aanmerkelijk grotere bijdrage kunnen leveren. Ook voor de bedrijventerreinen is de bijdrage naar verhouding groot (tot 50%). Voor de stedelijke en landelijke gebieden is het effect beperkter. Hierbij tekenen we aan dat deze resultaten waarschijnlijk de bovengrens zijn, omdat het maximale effect van Groene Daken pas na 20 jaar zal zijn gerealiseerd (dus nog niet in 2015). Daarnaast is de gehanteerde rekenwijze tamelijk grof en simplistisch.

Als toets en aanvulling op deze berekening is daarom een beperkte exercitie uitgevoerd met het EMOS-model¹⁰ voor drie Rotterdamse rioleringsdistricten (8, 9 en 18).

¹⁰ EMOS staat voor EmissieMOdel voor Systeemkeuze en is een rioleringsmodel op basis van een bakbenadering, waarbij de afvalwater- en regenwaterstromen naast elkaar door het afvalwatersysteem gevolgd kunnen worden vanaf de invoerpunten tot aan de lozingspunten.

Deze districten corresponderen zo goed mogelijk met de deelgemeenten Centrum, Overschie en Prins Alexander.¹¹ Uit de berekeningen met EMOS blijkt dat de afvoervertraging geen invloed heeft op het rioolloopvolume van hemelwater. Alleen het bergend vermogen speelt een rol. Het hemelwater komt, weliswaar met enige vertraging, evengoed in het rioelstelsel terecht. Vertraging heeft wel effect op de momentane belasting van de riolering en kan een afvlakking van de af te voeren debieten veroorzaken. Dit is op zichzelf een gunstig effect dat van belang kan zijn vanwege de klimaatverandering (meer stortbuien).

Toegesplitst op het effect op het overstortvolume, laat het resultaat van de berekening met EMOS zien dat de afname van het overstortvolume toeneemt naarmate het areaal groene daken oploopt. Zie tabel 3.6. In bijlage 4 is een verdere toelichting opgenomen op de modelberekeningen.

Tabel 3.6

Effect op overstortvolume waterberging groene daken per variant Groene Daken

| Stadsdeel | Huidig overstort volume (m ³) | Afname overstortvolume | | |
|-----------------|---|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
| Stadscentrum | 30.000 | 6,1% (1800 m ³) | 16,4 % (4900 m ³) | 21,8% (6.500 m ³) |
| Prins Alexander | 22.000 | 3,2% (700 m ³) | 11,1% (2400 m ³) | 15,7% (3500 m ³) |
| Overschie | 16.000 | 4,5% (700 m ³) | 11,1% (1800 m ³) | 15,8% (2500 m ³) |

Deze resultaten geven aan dat groene daken een zekere bijdrage kunnen leveren aan het bergingstekort in Rotterdam. Voor het stadscentrum is door de gemeente een totaal tekort aangegeven van circa 40.000 m³ (zie hoofdstuk 1). Afhankelijk van de variant zouden groene daken dus mogelijk 10-15% van het bergingstekort kunnen wegwerken. Dit resultaat valt binnen de eerder berekende spreiding van 4-19%.

Waardering waterretentie

Het effect van waterretentie wordt gewaardeerd met behulp van eenmalig uitgespaarde kosten van alternatieve vormen van wateropvang ('opportunity costs'). Welke vorm het meest in aanmerking zou komen, is sterk afhankelijk van de karakteristieken van het betreffende gebied en de betreffende wateropgave.

In overleg met de gemeente Rotterdam zijn de volgende opportunity costs (voor alternatieve bergingsmaatregelen) aangehouden:

- Dichtstedelijk: € 500/m³
- Stedelijk: € 350/m³
- Landelijk: € 200/m³

Deze waardering voor waterretentie is overigens niet gebruikt voor die stadsdelen waar geen sprake is van een feitelijke wateropgave (Hillegersberg-Schiebroek en Prins Alexander). Hier is dus een waarde € 0 gebruikt.

¹¹ In deze modeloefening is geen rekening gehouden met de overstortbemaling en Centraal Automatische Sturing (CAS) van het Rotterdamse rioelstelsel. Daardoor moeten de hier berekende effecten als een bovengrens worden beschouwd.

Waterkwaliteit

Een effect van groene daken op de waterkwaliteit kan via meerdere routes verlopen:

- 1) Tijdens een riooloverstorting komt een mengsel van stoffen in het oppervlaktewater terecht, waaronder zuurstofconsumerende stoffen, nutriënten, zware metalen, microverontreinigingen en zwevende stof. De korte termijn effecten van een overstorting op de waterkwaliteit komen vooral tot uitdrukking in de zuurstofconcentratie van het ontvangende oppervlaktewater. Een ander korte termijn effect is de hygiëne: tijdens een overstorting worden coliforme bacteriën geloosd die een risico vormen voor de gezondheid. De lange termijn effecten van overstorten zijn de eutrofiëring van het oppervlaktewater en de aanwas van een verontreinigde sliblaag. (Bron: MKBA-verkenning afvalwaterketen Rotterdam). Door een afname van de riooloverstort vindt, naast een bijdrage aan het bergingstekort (zie 'waterretentie') ook minder vervuiling van het oppervlaktewater plaats met positieve gevolgen voor de mogelijkheden tot resp. aantrekkelijkheid van o.a. varen, zwemmen en vissen.
- 2) Het volume van regenwater dat via het riool wordt afgevoerd naar de waterzuivering neemt af door het bergende vermogen van de groene daken. Als gevolg hiervan hoeven minder zuiveringskosten en transportkosten gemaakt te worden.
- 3) De beplanting op het groene dak kan mogelijk vervuilende stoffen in het regenwater binden, waardoor het uiteindelijk afstromende water schoner is. Daarnaast kan bij intensieve groene daken ook sprake zijn van uitspoeling van stoffen vanwege bemesting (nitraat, fosfaat).

Van de vermindering van de riooloverstort, het *eerste* effect, is niet bekend in welke mate de aan waterkwaliteit gekoppelde functies¹² precies worden beïnvloed door de (vermindering van de) lozing van de stoffen. (Bron: MKBA-verkenning afvalwaterketen Rotterdam) We waarderen dit effect daarom *kwalitatief*.

De lagere zuiveringskosten als gevolg van de afname van het afgevoerde water, het *tweede* effect, berekenen we aan de hand van het bergend vermogen van extensieve resp. intensieve groene daken (13 mm/m² resp. 25 mm/m²) en de gemiddelde zuiveringskosten van regenwater (€ 0,18 / m³) en transportkosten regenwater door riolering (€ 0,10 / m³), samen dus € 0,28 / m³ (Bron: Gemeentewerken Rotterdam).

Over de specifieke aard en omvang van het bindend vermogen van de beplanting, het *derde* effect, is weinig bekend. Daarbij moet bedacht worden dat ook sprake kan zijn van negatieve effecten, bijvoorbeeld omdat ook fijnstof en stikstof uit de lucht wordt afgevangen (zie onderstaand bij 'luchtkwaliteit') die – bij afvoer naar het riool – een afname van de waterkwaliteit kunnen veroorzaken. Het eventuele extra fijn stof zal echter niet in meer kosten resulteren, omdat de hydraulische en organische belasting de zuiveringskosten bepalen. We laten daarom in deze studie dit effect verder *buiten beschouwing*. De uitspoeling van fosfaat en nitraat is vanuit het oogpunt van de waterbeheerder ongewenst. Dit kan mogelijk geregeld worden door eisen te stellen aan de aard en omvang van de bemesting van intensieve groene daken.

¹² Gebruiksfuncties: drinkwater voor vee, recreatieve beleving voor zwemmers, sportvissers, wandelaars en fietsers. Niet-gebruiksfuncties: bestaanswaarde, verervingswaarde en optiewaarde.

Luchtkwaliteit

Groene daken kunnen een bijdrage leveren aan het afvangen van vervuilende stoffen uit de lucht. Het gaat hier vooral om fijnstof (PM_{10}) en stikstofoxiden (NO_x , NO_2). De afvang van fijnstof is van de genoemde stoffen het belangrijkste, omdat dit ook naar verhouding een aanzienlijke bijdrage levert aan gezondheidsklachten van de inwoners van de stad (luchtwegaandoeningen, astma, bronchitis). Groene daken leveren geen wezenlijke bijdrage aan het afvangen van koolstofdioxide en ook niet aan de productie van extra zuurstof. Beide effecten treden wel op, maar de bijdragen zijn te verwaarlozen.

Over de omvang van het zuiverende effect van groenvoorzieningen lopen de wetenschappelijke meningen behoorlijk uiteen. Afhankelijk van de situatie kunnen negatieve effecten op de luchtkwaliteit optreden als gevolg van groen. Dit speelt vooral bij zgn. street canyons. De precieze effecten van aanleg van groen zijn nog niet bekend en zijn waarschijnlijk moeilijk te kwantificeren. Alterra onderzoekt momenteel in Maastricht en Nijmegen in welke mate stadsbomen en struiken de lucht zuiveren. De resultaten van dit onderzoek zijn nog niet beschikbaar. De effectiviteit van de maatregel staat vooral voor de binnenstad nog volop in discussie. (Bron: CROW, Kosten van luchtkwaliteitsmaatregelen).

Voor deze studie gebruiken we voor het zuiverend vermogen van dakgroen de richtwaarden van de gemeente Rotterdam (dhr. De Leu) als basis. Deze richtwaarden zijn:

- 500 gram PM_{10} per 100 m² groen dakoppervlak;
- 200 gram NO_x per 100 m² groen dakoppervlak.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extensieve groene daken: <ul style="list-style-type: none"> PM_{10}: 5 gram / m² dakoppervlak NO_x: 2 gram / m² dakoppervlak ▪ Intensieve groene daken (factor 1,5 t.o.v. extensieve daken): <ul style="list-style-type: none"> PM_{10}: 7,5 gram / m² dakoppervlak NO_x: 3 gram / m² dakoppervlak |
|---|

| |
|---|
| <p>Voor de monetaire waardering van de afvang van PM_{10} en NO_x hanteren we vermeden schadekosten, conform (CE, 2004). Het betreft de volgende kengetallen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ PM_{10}: € 133,47 / kilo (prijspeil 2007) ▪ NO_x: € 9,38 / kilo (prijspeil 2007) |
|---|

Klimaat

Energiebesparing als gevolg van de toepassing van groene daken levert, naast een directe financiële bate (zie 3.2.1), een bijdrage aan het klimaat door het verminderen van de uitstoot van CO₂.

In deze studie beperken we ons daarbij tot het directe gasverbruik t.b.v. verwarming. Dit is een (beperkte) onderschatting van het effect op CO₂-emissies, omdat de besparing op elektriciteit vanwege een mindere inzet van koelinstallaties indirect – via de energiecentrales – ook een vermindering van de CO₂-uitstoot oplevert.

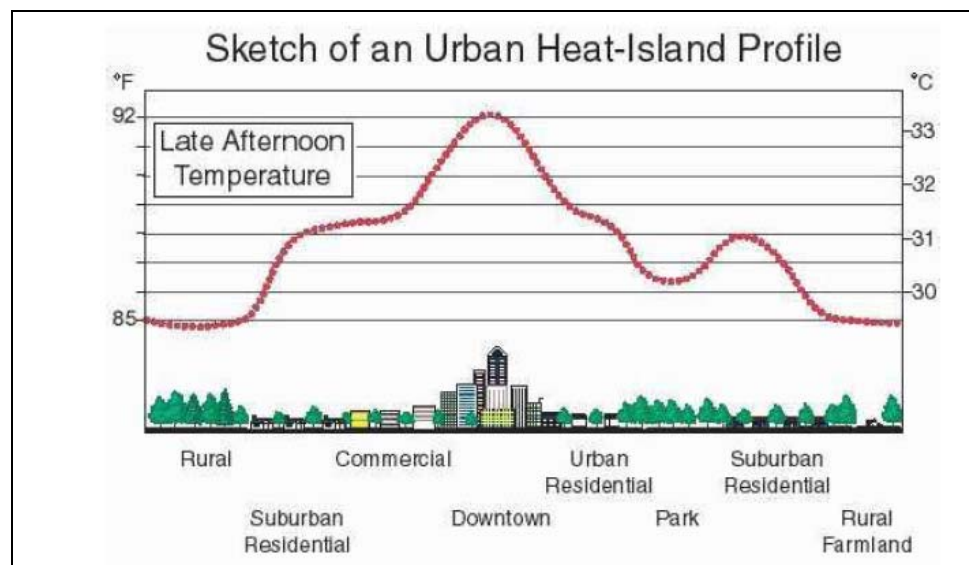
De berekening van het volume bespaard gas als gevolg van groene daken is toegelicht bij het effect 'energiegebruik'. We gebruiken een omrekenequivalent van 1,77 om m³ gas om te zetten naar kilo's CO₂ (Bron: CBS Energiebalans). De aldus berekende hoeveel kilo's CO₂ worden gewaardeerd met behulp van de gemiddelde marktprijs voor CO₂-rechten in 2007, namelijk € 23,50/ton (bron: www.emissierechten.nl).

Hittestress

Hittestress (in de literatuur ook wel bekend als het effect op het 'urban heat island') is een verschijnsel dat wordt veroorzaakt door veel grote gebouwen die de zonnewarmte absorberen en die warmte in de loop van de dag weer afstaan. Stedelijke centra zijn daardoor ongeveer drie graden Celsius warmer en koelen minder snel af dan hun omgeving. Dit vergt meer koelvermogen voor gebouwen, temeer omdat de koeling minder efficiënt werkt omdat de buitenlucht warmer is. Zie figuur 3.2.

Figuur 3.2

Werking hittestress



Bron: Gemeente Amsterdam, Energievoorziening Zuidas (2005).

De inzet van groene daken in – met name – centrumgebieden, met de grootste concentratie aan (hoge) kantoorgebouwen, kan een dempend effect hebben op hittestress, zowel in termen van thermisch comfort in het gebied (koeler) als op de kosten voor koeling in de gebouwen. De lagere omgevingstemperatuur kan verder een positief effect hebben op de gezondheid.

Hittestress wordt vooral genoemd in Amerikaanse en Canadese studies (zie o.a. Acks), waarbij gefocust is op typisch Amerikaanse steden met veel geconcentreerde hoogbouw in het centrumgebied en met een landklimaat (hete zomers, strenge winters). Het is niet op voorhand duidelijk of en zo ja, in welke mate dit effect voor de Nederlandse resp. voor de Rotterdamse situatie ook op zal treden, gezien de verschillen in klimaat en stedenbouw.

Ten aanzien van de omvang en waardering van het effect maken we in deze studie gebruik van de volgende gegevens resp. aannamen voor het berekenen van de *private effecten*:

- Een effect op hittestress doet zich alleen voor in het dichtstedelijke gebied, waarbij het effect in het stadscentrum verhoudingsgewijs 2x zo groot is verondersteld als in de andere stadsdelen binnen het dichtstedelijke gebied. Dit vanwege het grotere aandeel kantoren in het stadscentrum en de grotere hoogteverschillen in bebouwing.
- Extensieve groene daken: 5% reductie elektriciteitsverbruik huishoudens
- Intensieve groene daken: 15% reductie elektriciteitsverbruik huishoudens
- Gemiddeld elektriciteitsverbruik huishoudens: 3350 kWh (Bron: EnergieNed, 2002)
- Gemiddeld elektriciteitsverbruik bedrijven: 10 x verbruik huishoudens
- Gemiddelde elektraprijs: € 0,22 / kWh (Bron: CBS, 2007)

De *maatschappelijke effecten* van hittestress (verbetering thermisch comfort en gezondheid) waarderen we kwalitatief.

Biodiversiteit

Gebouwen nemen ruimte in en betekenen dus altijd habitatverlies. Ondanks dat groene daken geen volwaardige vervanging zijn van de verdwenen natuurlijke habitat, kunnen ze zowel voor fauna als flora een belangrijk landschapselement zijn. Groene daken kunnen fungeren als een tijdelijke habitat (als stapsteen en als tijdelijke vluchtplaats) maar ook als vervangingshabitat en als basishabitat.

In welke mate bepaalde planten- en diersoorten aanwezig zullen zijn hangt af van zeer veel factoren zoals het groene daktype, de wijze waarop de vegetatie aangebracht werd en de aanwezigheid van fauna en flora in de omgeving. In ieder geval zal de bloei van sedums een sterke aantrekkingskracht uitoefenen op vlinders en andere nectarzuigende insecten.

Aldus kunnen groene daken ook bijdragen aan de biodiversiteit, de verhoging van de verscheidenheid aan plant- en diersoorten (Bron: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 2002).

In deze studie waarderen we de effecten van groene daken op biodiversiteit op kwalitatieve wijze.

Esthetische waardering

Afhankelijk van de schaal en vorm waarop groene daken worden aangebracht, kunnen visuele voordelen optreden: een prettiger, groener aangezicht van de stedelijke omgeving voor omwonenden, met name in gebieden waar sprake is van gebouwen met wisselende hoogten. Zie figuur 3.3.

Figuur 3.3

Voorbeeld esthetische
waardering groendaken



Bron: Gemeentewerken Rotterdam, 2008.

Een uitzicht op een groene omgeving heeft een positief effect op de gemoedstoestand en aldus ook op de lichamelijke gezondheid van mensen. In stated preference studies (zie o.a. Acks) is aan mensen gevraagd welke waarde zij over zouden hebben voor een groen uitzicht boven een 'gewoon' uitzicht op de stedelijke omgeving. Hoewel de resultaten van dergelijke studies altijd met enige voorzichtigheid gebruikt moeten worden¹³, is het vooralsnog de enige mogelijkheid om een indicatie te geven voor de waardering van de visuele effecten van groene daken, die ook gerelateerd zijn aan het algemene imago van wonen en werken (zie hoofdstuk 3.2.2)

In deze studie gaan we uit van de volgende gegevens resp. aannamen t.a.v. de esthetische waardering van groene daken:

- Effect is alleen van toepassing in het stadscentrum vanwege de relatief grote hoogteverschillen in bebouwing in het stadscentrum t.o.v. de andere stadsdelen.
- Omvang effect naar rato van het aandeel groene daken in het centrumgebied
- Waardering effect: € 20 per persoon per jaar (bron: Acks)

¹³ Stated preference studies kenmerken zich door de aard van de vraagstelling ('what if') vaak door een zekere mate van vrijblijvendheid voor de respondent.

3.3

OVERIGE UITGANGSPUNTEN**Scope KBA**

De KBA is op twee niveaus uitgewerkt. Eerst wordt een analyse gemaakt van de private (dat wil zeggen voor de eigenaar/gebruiker) kosten en baten van groene daken. In tweede instantie wordt een analyse gemaakt van de totale kosten en baten, dus inclusief de publieke, maatschappelijke effecten.

Netto contante waarde

De effecten over de hele planfase worden met de Netto Contante Waarde methode in kaart gebracht waarbij wordt uitgegaan van een in beginsel oneindige planhorizon. Praktisch gesproken zijn de effecten in het KBA-rekenmodel berekend voor 100 jaar. Het gehanteerde prijspeil is 2008. Het basisjaar voor de NCW-berekening is 2010, het beoogde startjaar van de projectalternatieven.

In de private KBA is als discontovoet gehanteerd 10% (marktconforme rendementseis). In de maatschappelijke (M)KBA is als discontovoet gehanteerd 2,5%. Daarboven is een standaard macro-economische risicotoeslag gehanteerd van 3%. Deze toeslag geeft het risico weer voor de kosten- en batenstromen van veranderingen in de economische groei en/of economische structuur.

Discontovoet en netto contante waarde

In een KBA wordt de stroom van eenmalige en jaarlijkse kosten en baten bij elkaar opgeteld en vervolgens gedisconteerd naar het basisjaar 2010. Dat doen we op basis van de zogeheten netto contante waarde (NCW) methode.

Een euro die men ontvangt in jaar t , heeft niet dezelfde waarde als een euro die men nu reeds in bezit heeft. Immers, een euro die men nu bezit, kan tegen rente worden uitgezet, waardoor deze na t jaar meer oplevert. Om precies te zijn levert één euro na t jaar bij een rente r een bedrag op van $(1+r)^t$ euro.

Om de *huidige* waarde van *toekomstige* baten en kosten te bepalen, moeten deze daarom worden verdisconteerd met de relevante discontovoet. Dezelfde procedure geldt voor de waardering van de kosten en baten van een project. Alle baten en kosten worden contant gemaakt en vervolgens samengevat in één getal: de netto contante waarde (NCW).

De netto contante waarde:
$$NCW = \sum_{t=0}^N \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Hierin is B_t de baat in jaar t , C_t de kost in jaar t , r de rente of discontovoet die wordt gebruikt om bedragen in de toekomst naar het heden om te rekenen en N is de verwachte looptijd van het project.

Gevoeligheidsanalyse

Door het werken met verschillende varianten van het projectalternatief Groene Daken, is in de reguliere analyse feitelijk al sprake van gevoeligheidsanalyses. Daarnaast worden in hoofdstuk 5 nog alternatieve aannamen gemaakt over enkele dominante factoren in de (M)KBA-berekeningen (fysieke effecten, monetaire waardering en discontovoet).

HOOFDSTUK

4 Resultaat (M)KBA

In dit hoofdstuk presenteren we de resultaten van netto contante waarde berekening van de private kosten en baten (4.1) en van de maatschappelijke kosten en baten (4.2). De structuur is daarbij als volgt:

- Resultaten voor het stadsdeel centrum per effect en saldo.
- Resultaten voor de geclusterde gebieden per effect en saldo:
 - Dichtstedelijk: Stadscentrum, Delfshaven, Noord, Kralingen-Crooswijk, Feijenoord, IJsselmonde, Pernis, Charlois.
 - Stedelijk: Hillegersberg-Schiebroek, Prins Alexander, Hoogvliet, Hoek van Holland.
 - Landelijk: Overschie.
 - Bedrijventerreinen.
- Resultaten voor alle stadsdelen en bedrijventerreinen, uitsluitend saldo.
- In de bijbehorende excelbestanden zijn de overzichten opgenomen van de resultaten per effect en saldo van alle afzonderlijke stadsdelen en bedrijventerreinen.

4.1

PRIVATE KOSTEN EN BATEN

Stadscentrum

In tabel 4.1 is het overzicht opgenomen van de private netto contante waarde van de drie groene daken-varianten voor het stadsdeel centrum.

Tabel 4.1

Overzicht KBA netto contante waarde Groene Daken stadscentrum Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007)

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|------------------------------------|---------------|----------------|---------------|
| <i>Kosten</i> | | | |
| Investeringen | - 3,4 | - 10,0 | - 16,2 |
| Onderhoud | - 0,7 | - 2,0 | - 3,6 |
| <i>Directe baten</i> | | | |
| Energiegebruik | + 0,8 | + 2,5 | + 3,8 |
| Geluiddemping | + 0,3 | + 1,0 | + 1,4 |
| <i>Indirecte effecten</i> | | | |
| Waardeverandering objecten (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| <i>Externe effecten</i> | | | |
| Hittestress | +1,1 | + 3,2 | + 5,4 |
| Totaal | - 1,8 | - 5,3 | - 9,0 |

Geaggregeerde stadsdelen

In tabel 4.2 tot en met 4.5 is het overzicht opgenomen van de private netto contante waarde voor de geaggregeerde stadsdelen 'binnenstedelijk', 'stedelijk' en 'landelijk' en de bedrijventerreinen.

Tabel 4.2

Overzicht KBA netto contante waarde Groene Daken dichtstedelijk Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007)

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|------------------------------------|---------------|----------------|---------------|
| <i>Kosten</i> | | | |
| Investerings | - 22,9 | - 70,8 | - 116,1 |
| Onderhoud | - 4,8 | - 15,0 | - 27,7 |
| <i>Directe baten</i> | | | |
| Energiegebruik | + 10,1 | + 31,5 | + 49,3 |
| Geluiddemping | + 3,9 | + 12,3 | + 19,0 |
| <i>Indirecte effecten</i> | | | |
| Waardeverandering objecten (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| <i>Externe effecten</i> | | | |
| Hittestress | + 4,7 | + 14,4 | + 24,0 |
| Totaal | - 8,9 | - 27,7 | - 51,4 |

Tabel 4.3

Overzicht KBA netto contante waarde Groene Daken stedelijk Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007)

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|------------------------------------|----------------|----------------|---------------|
| <i>Kosten</i> | | | |
| Investerings | - 7,3 | - 23,1 | - 40,8 |
| Onderhoud | - 1,5 | - 4,9 | - 9,7 |
| <i>Directe baten</i> | | | |
| Energiegebruik | + 1,3 | + 4,1 | + 6,7 |
| Geluiddemping | + 0,6 | + 2,0 | + 3,3 |
| <i>Indirecte effecten</i> | | | |
| Waardeverandering objecten (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| <i>Externe effecten</i> | | | |
| Hittestress | 0 | 0 | 0 |
| Totaal | - € 6,9 | - 22,0 | - 40,5 |

Tabel 4.4

Overzicht KBA netto contante waarde Groene Daken landelijk Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007)

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|------------------------------------|---------------|----------------|---------------|
| <i>Kosten</i> | | | |
| Investerings | - 1,0 | - 2,6 | - 4,6 |
| Onderhoud | - 0,2 | - 0,6 | - 1,1 |
| <i>Directe baten</i> | | | |
| Energiegebruik | + 0,1 | + 0,4 | + 0,6 |
| Geluiddemping | + 0,1 | + 0,1 | + 0,2 |
| <i>Indirecte effecten</i> | | | |
| Waardeverandering objecten (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| <i>Externe effecten</i> | | | |
| Hittestress | 0 | 0 | 0 |
| Totaal | - 1,0 | - 2,7 | - 5,0 |

Tabel 4.5

Overzicht KBA netto contante waarde Groene Daken bedrijventerreinen Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007)

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|------------------------------------|---------------|----------------|---------------|
| <i>Kosten</i> | | | |
| Investerings | - 5,4 | - 16,2 | - 27,3 |
| Onderhoud | - 1,2 | - 3,6 | - 6,6 |
| <i>Directe baten</i> | | | |
| Energiegebruik | + 0,4 | + 1,3 | + 2,2 |
| Geluiddemping | + 0,0 | + 0,0 | + 0,1 |
| <i>Indirecte effecten</i> | | | |
| Waardeverandering objecten (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| <i>Externe effecten</i> | | | |
| Hittestress | 0 | 0 | 0 |
| Totaal | - 6,1 | - 18,4 | - 31,8 |

NCW saldo stadsdelen en bedrijventerreinen

In tabel 4.6. is voor alle individuele stadsdelen en bedrijventerreinen de totale private netto contante waarde weergegeven.

Tabel 4.6

Overzicht KBA totale netto contante waarde Groene Daken per deelgemeente en bedrijventerrein Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007)

| Stadsdeel | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|--|---------------|----------------|----------------|
| Stadscentrum | - 1,8 | - 5,3 | - 9,0 |
| Delfshaven | - 1,2 | - 3,5 | - 7,3 |
| Overschie | - 1,0 | - 2,7 | - 5,0 |
| Noord | - 0,1 | - 0,4 | - 1,6 |
| Hillegersberg-Schiebroek | - 1,5 | - 4,6 | - 8,8 |
| Kralingen-Crooswijk | - 1,4 | - 4,5 | - 7,6 |
| Feijenoord | - 1,7 | - 5,2 | - 9,3 |
| IJsselmonde | - 1,6 | - 5,4 | - 10,0 |
| Pernis | - 0,0 | - 0,2 | - 0,4 |
| Prins Alexander | - 3,6 | - 11,3 | - 20,3 |
| Charlois | - 1,1 | - 3,2 | - 6,2 |
| Hoogvliet | - 1,5 | - 5,0 | - 8,6 |
| Hoek van Holland | - 0,2 | - 1,2 | - 2,9 |
| Totaal Rotterdam excl. bedrijventerreinen | - 16,8 | - 52,4 | - 96,9 |
| Bedrijventerreinen | - 6,1 | - 18,4 | - 31,8 |
| Totaal Rotterdam incl. bedrijventerreinen | - 22,9 | - 70,8 | - 128,7 |

Toelichting resultaten KBA:

- De private baten van groene daken zijn, zeker bij een grootschalige toepassing, substantieel.
- Voor alle stadsdelen en bedrijventerreinen is echter het private netto contante waarde saldo negatief. Voor private partijen is het aanleggen van groene daken dus financieel geen aantrekkelijke investering.
- De verandering in de absolute omvang van kosten en baten tussen de varianten is overwegend gekoppeld aan de verandering in dakareaal dat in de varianten wordt 'vergroend' en de mix van type groene daken.
- In alle gevallen is de toename van de baten in de varianten 'middel' en 'groot' onvoldoende om de stijging van de kosten voor investering en onderhoud te compenseren. Het negatieve netto contante waardesaldo neemt hierdoor toe.
- Het verschil in rendement tussen de stadsdelen wordt bepaald door
 - de hoogte van de kosten, die zijn gerelateerd aan de absolute omvang van het groene dakoppervlak en
 - de omvang van de baten, die voortkomen uit de besparingen op energie (verwarming en koeling) en geluidoverlast. De ligging en samenstelling van de wijken naar bouwjaarklassen zijn bepalend voor deze baten.
- Uitgedrukt in termen van privaat rendement per m² gerealiseerd groen dakoppervlak is het beeld als volgt:

Tabel 4.7

Privaat rendement Groene Daken per type deelgemeente en bedrijventerreinen Rotterdam (€/ m2 groen dak, prijspeil 2007)

| Stadsdeel | Omvang dakoppervlak (m2) ¹⁴ | Privaat rendement (€ per m2) |
|-------------------------|--|------------------------------|
| Stadscentrum | 122.658 (9%) | - 14,68 |
| Dichtstedelijk | 894.891 (62%) | - 9,95 |
| Stedelijk | 286.487 (20%) | - 24,08 |
| Landelijk | 40.425 (3%) | - 24,74 |
| Bedrijventerreinen | 219.440 (15%) | - 27,80 |
| Totaal Rotterdam | 1.441.243 (100%) | - 15,89 |

Het (negatieve) private rendement verschilt per segment. Voor het dichtstedelijke gebied is het negatieve rendement het kleinst, zelfs kleiner dan voor het stadscentrum. Dit wordt vooral veroorzaakt door de grote(re) baten voor energie en hittestress in de andere stadsdelen in het dichtstedelijke gebied als gevolg van de mix van bouwjaarklassen.

¹⁴ In tabel 4.7 is het dakoppervlak in beeld gebracht behorend bij de variant 'klein'. Voor de verdeling van oppervlak over de verschillende gebieden alsmede voor het rendement per m2 dakoppervlak geven echter de varianten 'middel' en 'groot' dezelfde resultaten.

4.2

MAATSCHAPPELIJKE KOSTEN EN BATEN

Stadscentrum

In tabel 4.8 is het overzicht opgenomen van de maatschappelijke netto contante waarde van de drie groene daken-varianten voor het stadsdeel centrum.

Tabel 4.8

Overzicht MKBA netto contante waarde Groene Daken stadscentrum Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007)

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|--|---------------|----------------|---------------|
| <i>Kosten</i> | | | |
| Investerings | - 6,6 | - 19,4 | - 31,5 |
| Onderhoud | - 1,7 | - 5,1 | - 9,4 |
| <i>Directe baten</i> | | | |
| Energiegebruik | + 2,2 | + 6,5 | + 10,1 |
| Geluiddemping | + 0,9 | +2,7 | + 4,2 |
| <i>Indirecte effecten</i> | | | |
| Waardeverandering objecten (kwal.) | 0/+ | + | + /++ |
| Imago woon- en werkomgeving (kwal.) | + | + /++ | ++ |
| <i>Externe effecten</i> | | | |
| Waterretentie | + 0,5 | + 1,5 | + 2,3 |
| Waterkwaliteit: minder overstort (kwal.) | 0/+ | + | + /++ |
| Waterkwaliteit: minder zuivering | + 0,0 | + 0,0 | + 0,0 |
| Luchtkwaliteit: afvang PM ₁₀ | + 1,1 | + 3,4 | + 5,0 |
| Luchtkwaliteit: afvang NO _x | 0 | + 0,1 | + 0,1 |
| Klimaat: reductie CO ₂ -emissie | + 0,1 | + 0,4 | + 0,6 |
| Hittestress (reductie kosten koeling) | + 2,9 | + 8,3 | + 14,1 |
| Hittestress (thermisch comfort – kwal.) | 0/+ | + | + /++ |
| Biodiversiteit (kwal.) | 0/+ | + | ++ |
| Esthetische waardering | + 0,9 | + 2,6 | + 3,7 |
| Totaal | + 0,3 | + 1,0 | - 0,7 |

Geaggregeerde stadsdelen

In de tabellen 4.9 tot en met 4.12 is het overzicht opgenomen van de maatschappelijke netto contante waarde van de drie groene daken-varianten voor de geaggregeerde stadsdelen 'binnenstedelijk', 'stedelijk' en 'landelijk' en voor de bedrijventerreinen.

Tabel 4.9

Overzicht MKBA netto
contante waarde Groene
Daken dichtstedelijk Rotterdam
(€ mln. NCW 2010, prijspeil
2007)

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|--|------------------|----------------|---------------|
| <i>Kosten</i> | | | |
| Investerings | - 44,4 | - 137,6 | - 227,0 |
| Onderhoud | - 12,7 | - 39,4 | - 72,8 |
| <i>Directe baten</i> | | | |
| Energiegebruik | + 26,7 | + 82,9 | + 129,6 |
| Geluiddemping | + 10,3 | + 32,1 | + 50,2 |
| <i>Indirecte effecten</i> | | | |
| Waardeverandering objecten (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| Imago woon- en werkomgeving (kwal.) | + | + / ++ | ++ |
| <i>Externe effecten</i> | | | |
| Waterretentie | + 3,7 | + 11,5 | + 17,9 |
| Waterkwaliteit: minder overstort (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| Waterkwaliteit: minder zuivering | + 0,0 | + 0,1 | + 0,1 |
| Luchtkwaliteit: afvang PM ₁₀ | + 8,4 | + 26,3 | + 39,3 |
| Luchtkwaliteit: afvang NO _x | + 0,2 | + 0,7 | + 1,1 |
| Klimaat: reductie CO ₂ -emissie | + 1,7 | + 5,1 | + 8,0 |
| Hittestress (reductie kosten koeling) | + 12,3 | + 38,0 | + 63,2 |
| Hittestress (thermisch comfort – kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| Biodiversiteit (kwal.) | 0 | 0/+ | + |
| Esthetische waardering | + 0,9 | + 2,6 | + 3,7 |
| Totaal | + 7,1 | + 22,3 | + 13,0 |

Tabel 4.10

Overzicht MKBA netto
contante waarde Groene
Daken stedelijk Rotterdam (€
mln. NCW 2010, prijspeil
2007)

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|-------------------------------------|------------------|----------------|---------------|
| <i>Kosten</i> | | | |
| Investerings | - 14,1 | - 45,0 | - 79,4 |
| Onderhoud | - 4,1 | - 13,0 | - 25,6 |
| <i>Directe baten</i> | | | |
| Energiegebruik | + 3,4 | + 10,7 | + 17,8 |
| Geluiddemping | + 1,7 | + 5,3 | + 8,6 |
| <i>Indirecte effecten</i> | | | |
| Waardeverandering objecten (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| Imago woon- en werkomgeving (kwal.) | + | + / ++ | ++ |

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|--|---------------|----------------|---------------|
| <i>Externe effecten</i> | | | |
| Waterretentie | + 0,8 | + 2,6 | + 4,4 |
| Waterkwaliteit: minder overstort (kwal.) | 0/+ | + | + /++ |
| Waterkwaliteit: minder zuivering | + 0,0 | + 0,0 | + 0,1 |
| Luchtkwaliteit: afvang PM ₁₀ | + 2,7 | + 8,6 | + 13,8 |
| Luchtkwaliteit: afvang NO _x | + 0,1 | + 0,2 | + 0,4 |
| Klimaat: reductie CO ₂ -emissie | + 0,2 | + 0,7 | + 1,1 |
| Hittestress (reductie kosten koeling) | + 0,0 | + 0,0 | + 0,0 |
| Hittestress (thermisch comfort kwal.) | 0 | 0 | 0 |
| Biodiversiteit (kwal.) | 0 | 0/+ | + |
| Esthetische waardering | + 0,0 | + 0,0 | + 0,0 |
| Totaal | - 9,3 | - 29,8 | - 58,9 |

Tabel 4.11

Overzicht MKBA netto contante waarde Groene Daken landelijk Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007)

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|--|---------------|----------------|---------------|
| <i>Kosten</i> | | | |
| Investerings | - 1,9 | - 5,0 | - 9,0 |
| Onderhoud | - 0,6 | - 1,5 | - 3,0 |
| <i>Directe baten</i> | | | |
| Energiegebruik | + 0,4 | + 1,0 | + 1,7 |
| Geluiddemping | + 0,1 | + 0,2 | + 0,4 |
| <i>Indirecte effecten</i> | | | |
| Waardeverandering objecten (kwal.) | 0/+ | + | + /++ |
| Imago woon- en werkomgeving (kwal.) | + | + /++ | ++ |
| <i>Externe effecten</i> | | | |
| Waterretentie | + 0,1 | + 0,2 | + 0,3 |
| Waterkwaliteit: minder overstort (kwal.) | 0/+ | + | + /++ |
| Waterkwaliteit: minder zuivering | + 0,0 | + 0,0 | + 0,0 |
| Luchtkwaliteit: afvang PM ₁₀ | + 0,4 | + 1,0 | + 1,6 |
| Luchtkwaliteit: afvang NO _x | + 0,0 | + 0,0 | + 0,0 |
| Klimaat: reductie CO ₂ -emissie | + 0,0 | + 0,1 | + 0,1 |
| Hittestress (reductie kosten koeling) | + 0,0 | + 0,0 | + 0,0 |
| Hittestress (thermisch comfort) | 0 | 0 | 0 |
| Biodiversiteit (kwal.) | 0 | 0/+ | + |
| Esthetische waardering | + 0,0 | + 0,0 | + 0,0 |
| Totaal | - 1,6 | - 4,1 | - 7,8 |

Tabel 4.12

Overzicht MKBA netto contante waarde Groene Daken bedrijventerreinen Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007)

| Effect | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|--|---------------|----------------|---------------|
| <i>Kosten</i> | | | |
| Investeringen | - 10,5 | - 31,4 | - 48,9 |
| Onderhoud | - 3,1 | - 9,4 | - 16,3 |
| <i>Directe baten</i> | | | |
| Energiegebruik | + 1,1 | + 3,5 | + 5,1 |
| Geluiddemping | + 0,0 | + 0,1 | + 0,1 |
| <i>Indirecte effecten</i> | | | |
| Waardeverandering objecten (kwal.) | 0 | 0/+ | + |
| Imago woon- en werkomgeving (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| <i>Externe effecten</i> | | | |
| Waterretentie | + 0,6 | + 1,9 | + 2,8 |
| Waterkwaliteit: minder overstort (kwal.) | 0/+ | + | + / ++ |
| Waterkwaliteit: minder zuivering | + 0,0 | + 0,0 | + 0,1 |
| Luchtkwaliteit: afvang PM ₁₀ | + 2,1 | + 6,2 | + 8,8 |
| Luchtkwaliteit: afvang NO _x | + 0,1 | + 0,2 | + 0,2 |
| Klimaat: reductie CO ₂ -emissie | + 0,1 | + 0,2 | + 0,3 |
| Hittestress (reductie kosten koeling) | + 0,0 | + 0,0 | + 0,0 |
| Hittestress (thermisch comfort) | 0 | 0 | 0 |
| Biodiversiteit (kwal.) | 0 | 0/+ | + |
| Esthetische waardering | + 0,0 | + 0,0 | + 0,0 |
| Totaal | - 9,6 | - 28,7 | - 47,8 |

NCW-saldo stadsdelen en bedrijventerreinen

In tabel 4.13 is voor alle stadsdelen en bedrijventerreinen de totale maatschappelijke netto contante waarde weergegeven.

Tabel 4.13

Overzicht MKBA totale netto contante waarde Groene Daken per deelgemeente en bedrijventerreinen Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007)

| Stadsdeel | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|--------------------------|---------------|----------------|---------------|
| Stadscentrum | + 0,3 | + 1,0 | - 0,8 |
| Delfshaven | + 2,1 | + 6,4 | + 4,8 |
| Overschie | - 1,6 | - 4,1 | - 7,9 |
| Noord | + 3,0 | + 9,8 | + 13,3 |
| Hillegersberg-Schiebroek | - 2,1 | - 6,2 | - 12,7 |
| Kralingen-Crooswijk | + 0,3 | + 0,9 | - 1,6 |
| Feijenoord | + 0,5 | + 1,7 | - 0,9 |
| IJsselmonde | - 0,4 | - 1,2 | - 5,0 |
| Pernis | - 0,0 | - 0,0 | - 0,2 |
| Prins Alexander | - 4,7 | - 14,9 | - 28,8 |
| Charlois | + 1,3 | + 3,9 | + 3,4 |
| Hoogvliet | - 2,1 | - 6,8 | - 12,6 |

| Stadsdeel | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|--|---------------|----------------|----------------|
| Hoek van Holland | - 0,4 | - 2,0 | - 4,8 |
| Totaal Rotterdam exclusief bedrijventerreinen | - 3,8 | - 11,4 | - 53,7 |
| Bedrijventerreinen | - 9,6 | - 28,7 | - 47,8 |
| Totaal Rotterdam inclusief bedrijventerreinen | - 13,4 | - 40,1 | - 101,5 |

Toelichting resultaten MKBA:

- Voor dichtstedelijk Rotterdam zijn de maatschappelijke baten van groene daken groter dan de kosten, variërend tussen € 7 mln. en € 22 mln. Het resultaat is beter dan het private rendement vanwege de lagere maatschappelijke discontovoet, waardoor kosten en baten over een langere periode meetellen, maar ook door de additionele, maatschappelijke baten. Voor de overige stadsdelen en de bedrijventerreinen is het resultaat negatief.
- Binnen de maatschappelijke baten neemt het effect op waterretentie de tweede plaats in, na luchtkwaliteit.
- Uitgedrukt in termen van maatschappelijk rendement per m² gerealiseerd groen dakoppervlak is het beeld als volgt:

Tabel 4.14

Maatschappelijk rendement Groene Daken per type deelgemeente en bedrijventerreinen Rotterdam (€/ m2 groen dak, prijspeil 2007)

| Stadsdeel | Omvang dakoppervlak (m2) ¹⁵ | Publiek rendement (€ per m2) | Totaal maatschappelijk rendement (privaat en publiek) (€ per m2) |
|-------------------------|--|------------------------------|--|
| Stadscentrum | 122.658 (9%) | + € 21,20 | + € 2,45 |
| Dichtstedelijk | 894.891 (62%) | + € 16,65 | + € 7,93 |
| Stedelijk | 286.487 (20%) | + € 13,26 | - € 32,46 |
| Landelijk | 40.425 (3%) | + € 12,37 | - € 39,58 |
| Bedrijventerreinen | 219.440 (15%) | + € 13,22 | - € 43,75 |
| Totaal Rotterdam | 1.441.243 (100%) | + € 15,33 | - € 9,30 |

In tabel 4.14 is een nader onderscheid gemaakt tussen het publieke rendement van Groene Daken (uitsluitend de publieke effecten) en het totale maatschappelijke rendement (privaat en publiek tezamen). Het publieke rendement is bij alle stadsdelen en bedrijventerreinen positief, in tegenstelling tot het maatschappelijke rendement. Het stadscentrum respectievelijk het dichtstedelijke gebied kent in alle gevallen het grootste (positieve) rendement.

¹⁵ In tabel 4.14 is het dakoppervlak in beeld gebracht behorend bij de variant 'klein'. Voor de verdeling van oppervlak over de verschillende gebieden en voor het rendement per m² dakoppervlak geven echter de varianten 'middel' en 'groot' dezelfde resultaten.

HOOFDSTUK 5 Gevoeligheidsanalyse

De resultaten van de (M)KBA, zoals beschreven in hoofdstuk 4, zijn in belangrijke mate afhankelijk van de (veronderstelde) omvang van de fysieke effecten, de gebruikte monetaire waardering en de toegepaste discontovoet.

Bij wijze van toets op de robuustheid van de resultaten presenteren we in dit hoofdstuk voor het stadsdeel Stadscentrum het effect van andere aannamen over de meest bepalende variabelen in de analyse. Voor de overige stadsdelen resp. de totalen kan de relatieve toe- of afname van het netto contante waarde saldo worden afgeleid van de resultaten voor het Stadscentrum.

Type gevoeligheidsanalyses

- Het effect van een langere levensduur van groene daken t.o.v. reguliere daken, namelijk 40 jaar versus 20 jaar. Hierdoor treden baten op in het projectalternatief vanwege de langere termijn van herinvestering.
- Het effect van een gehalveerd aandeel woningen dat te maken heeft met een geluidniveau > 55 dB(A). In het stadscentrum komt dit dan neer op 40% in plaats van 80%.
- Het effect van 25% hogere of lagere investeringskosten. De kostenkengetallen zijn een gemiddelde schatting, wellicht dat in Rotterdam de kosten hoger of lager uitvallen, mede afhankelijk van het totale volume.
- Het effect van een lagere gemiddelde energiebesparing, bijvoorbeeld vanwege een betere isolatie van woningen en kantoren in het nulalternatief. We gaan dan uit van 2,5% (i.p.v. 5%) bij extensieve daken en 5% (i.p.v. 10%) bij intensieve daken.
- Het effect van 50% hogere of lagere waterretentie van groene daken. Het uitgangspunt wordt dan 6,5 mm/m² retentie bij extensieve daken en 12,5 mm/m² bij intensieve daken.
- Het effect van bij een lagere private discontovoet, namelijk 6%. De gedachte hierbij is dat woningcorporaties en/of particuliere huiseigenaren mogelijk een minder grote rendementseis hebben dan de marktconforme rentevoet (10%).
- Het effect van het niet toepassen van een risicotoeslag, waarmee dus uitsluitend de maatschappelijke discontovoet (2,5%) van toepassing is. De achterliggende gedachte is dat het macro-economisch risico van dit type investeringen niet erg groot is, immers de kosten- en batenstromen zijn niet of weinig afhankelijk van verschillen in de economische groei en economische structuur.

Resultaten gevoeligheidsanalyses

In tabel 5.1 resp. 5.2 is het overzicht opgenomen van de gevoeligheidsanalyse op de private (KBA) en maatschappelijke (MKBA) netto contante waarde van de drie groene daken-varianten voor het stadsdeel centrum. Daarbij is – ter vergelijking - ook de in hoofdstuk 4 berekende netto contante waarde weergegeven. We wijzen erop dat de resultaten uitsluitend de gemonetariseerde effecten weergegeven en niet de kwalitatieve effecten.

Tabel 5.1

| Resultaten | Aanpassing | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|---|---|---------------|----------------|---------------|
| gevoeligheidsanalyse KBA | | | | |
| netto contante waarde Groene Daken stadscentrum Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007) | Levensduur groene daken 40 jaar i.p.v. 20 jaar | - 1,0 | - 2,9 | - 5,3 |
| | Aandeel woningen met een in pandig geluidniveau > 55 dB(A) 40% i.p.v. 80% | - 2,0 | - 5,8 | - 9,8 |
| | Investeringskosten +25% | - 2,6 | - 7,8 | - 13,0 |
| | Investeringskosten -25% | - 1,0 | - 2,8 | - 4,9 |
| | Energiebesparing – 50% | - 2,2 | - 6,5 | - 10,9 |
| | Private discontovoet 6% i.p.v. 10% | - 2,3 | - 6,8 | - 12,0 |
| | Oorspronkelijk resultaat (hoofdstuk 4) | - 1,8 | - 5,3 | - 9,0 |

Tabel 5.2

| Resultaten | Aanpassing | Variant Klein | Variant Middel | Variant Groot |
|---|---|---------------|----------------|---------------|
| gevoeligheidsanalyse MKBA | | | | |
| netto contante waarde Groene Daken stadscentrum Rotterdam (€ mln. NCW 2010, prijspeil 2007) | Levensduur groene daken 40 jaar i.p.v. 20 jaar | + 3,3 | + 9,8 | + 12,9 |
| | Aandeel woningen met een in pandig geluidniveau > 55 dB(A) 40% i.p.v. 80% | - 0,1 | - 0,4 | - 2,8 |
| | Investeringskosten +25% | - 1,3 | - 3,9 | - 8,6 |
| | Investeringskosten -25% | + 2,0 | + 5,9 | + 7,2 |
| | Energiebesparing – 50% | - 0,8 | - 2,5 | - 6,3 |
| | Waterretentie groene daken -50% | +0,1 | + 0,2 | - 1,9 |
| | Waterretentie groene daken +50% | +0,8 | + 2,5 | + 1,5 |
| | Geen risicotoeslag | + 3,7 | + 10,9 | + 11,4 |
| | Oorspronkelijk resultaat | + 0,3 | + 1,0 | - 0,7 |

Bespreking resultaten:

- Een langere levensduur van groene daken (40 jaar i.p.v. 20 jaar) heeft een positief effect op de netto contante waarde (NCW). In de private KBA resulteert dit echter niet in een tekensomslag en blijft dus nog steeds negatief. Bij de MKBA wordt het positieve saldo aanmerkelijk groter. Bij de grote variant wordt het saldo ook positief.
- Een lager aandeel woningen dat zou profiteren van een afname van het in pandige geluidniveau (40% in plaats van 80%) leidt bij de KBA tot een lichte verslechtering van het oorspronkelijke resultaat. Bij de MKBA verdwijnt het licht positieve saldo bij de varianten klein en middel. Het NCW-saldo wordt dan in alle varianten licht negatief.
- Een toename van de investeringskosten met 25% leidt tot een groter negatief NCW-saldo in de KBA. Bij de MKBA is dan ook sprake van uitsluitend negatieve NCW-saldi.

- Bij een afname van de investeringskosten met 25% is bij de KBA geen sprake van een omslag van het NCW-saldo. Deze blijven negatief. Bij de MKBA stijgt het positieve NCW-saldo aanzienlijk en wordt ook positief in de variant 'groot'.
- Een minder sterke energiebesparing door groene daken heeft een groot effect op zowel de private als de maatschappelijke netto contante waarde. In alle gevallen leidt dit tot een negatief resultaat.
- Een mindere retentiefunctie van groene daken (-50%) leidt tot een lagere bijdrage aan de stedelijke wateropgave. Het maatschappelijke rendement neemt af. Bij een groter dan verwacht waterbergend vermogen (+50%) neemt het rendement uiteraard toe en wordt ook positief bij de variant 'groot'.
- Een lagere private discontovoet (6% in plaats van 10%) bij de KBA leidt tot een toename van het negatieve NCW-saldo in alle varianten. Dit wordt veroorzaakt doordat de langere termijn kosten veel zwaarder meewegen dat de baten.
- In het geval van de MKBA leidt het weglaten van de risicotoeslag tot een aanzienlijke verbetering van het NCW-saldo. Ook de variant 'groot' wordt nu positief. De grotere baten van de intensieve groene daken zorgen ervoor dat het NCW-saldo in deze variant groter is dan van de variant 'middel'.

HOOFDSTUK

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1

CONCLUSIES

Naar aanleiding van de resultaten van de (M)KBA Groene Daken trekken we de volgende conclusies.

Aard en omvang van effecten: weinig harde informatie

Het concept Groene Daken is al langere tijd in zwang en wordt – vooralsnog vooral buiten Nederland – beleidsmatig ondersteund met subsidieregelingen. Desondanks blijken er weinig ‘harde’ (meet)gegevens voorhanden over de effecten van de toepassing van groene daken. Veel van de aangetroffen effectinformatie blijkt te berusten op veronderstellingen of op beperkte proefopstellingen. In deze studie is gepoogd om op een transparante wijze de beschikbare informatie te ordenen, keuzen te maken en te toetsen. Dit zowel t.a.v. de aard en omvang van de fysieke effecten als de monetaarisering van de effecten. Vanwege de beperkte harde informatie zijn er in de KBA conservatieve aannamen gedaan over de mogelijke resp. verwachte positieve effecten.

Type effecten: luchtkwaliteit en waterretentie belangrijke maatschappelijke baten

De groene daken hebben diverse positieve effecten (baten). De (private) baten van geluiddemping, energiegebruik en hittestress zijn het grootst. Luchtkwaliteit en waterretentie zijn de belangrijkste, gemonetariseerde maatschappelijke baten. Het waterbergende vermogen van groene daken kan een bijdrage leveren aan het bergingstekort in Rotterdam. Voor het stadscentrum is door de gemeente een totaal tekort aangegeven van circa 40.000 m³. Afhankelijk van de variant zouden groene daken mogelijk 10-15% van het bergingstekort kunnen wegwerken. Het effect op waterkwaliteit is in de (M)KBA mogelijk onderbelicht vanwege de beperkte mogelijkheden tot kwantificering resp. monetaarisering.

Groene daken zijn financieel veelal niet aantrekkelijk voor private partijen

De private baten van groene daken zijn, zeker bij een grootschalige toepassing, substantieel. Voor alle stadsdelen en bedrijventerreinen geldt echter dat het private netto contante waarde saldo negatief is. De meerkosten van groene daken zijn namelijk nog altijd groter dan de eerdergenoemde baten. Voor private partijen is het aanleggen van groene daken in het algemeen dus financieel geen aantrekkelijke investering. Voor individuele private partijen kan dit echter anders liggen vanwege verschillen in energieverbruik en waardeverandering.

Voor het dichtstedelijke gebied zijn groene daken wel maatschappelijk rendabel

Voor dichtstedelijk Rotterdam zijn de maatschappelijke baten van groene daken groter dan de kosten, variërend tussen € 7 mln. en € 22 mln. Het resultaat is beter dan het private rendement vanwege de lagere maatschappelijke discontovoet, waardoor kosten en baten over een langere periode meetellen, maar ook door de additionele, maatschappelijke baten. Voor de overige stadsdelen en de bedrijventerreinen is het resultaat negatief. De grootste baten zijn privaat, namelijk energiebesparing (verwarming en koeling) en geluidreductie. Het publieke rendement (voor de overheid) is altijd positief. Binnen de publieke baten zijn vooral luchtkwaliteit en waterretentie van belang. Daarnaast zijn er nog kwalitatieve baten die niet in het monetaire saldo tot uitdrukking komen.

Het maatschappelijke rendement per stadsdeel verschilt. Dit komt door de hoogte van de kosten (die gerelateerd zijn aan de absolute omvang van het groene dakoppervlak) en de omvang van de baten die voortkomen uit de besparingen op energie (verwarming en koeling) en geluidoverlast. De ligging en samenstelling van de wijken naar bouwjaarclassen zijn bepalend voor deze baten.

Robuustheid van de resultaten

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse laten zien dat andere aannamen over de levensduur van groene daken, investeringskosten, effecten op geluid, energie, waterretentie en de hoogte van de discontovoet, grote veranderingen in het private en maatschappelijke rendement van groene daken tot gevolg hebben.

In de private KBA blijft sprake van een negatief rendement, dat minder ongunstig kan worden vanwege bijvoorbeeld een langere levensduur van de daken. Dit ligt anders bij de MKBA. Als er geen macro economische risicotoeslag wordt gehanteerd – wat verdedigbaar is vanwege de geringe invloed van economische groei en economische structuur op de kosten- en batenstromen van groene daken – is het maatschappelijke rendement in alle varianten (sterk) positief. Ook een langere levensduur van groene daken dan de gehanteerde 20 jaar en lagere investeringskosten werken sterk positief door op het resultaat. Een lagere gemiddelde energiebesparing werkt sterk negatief door. Een groter of kleiner waterbergend vermogen van groene daken heeft ook een duidelijk merkbaar effect. Ten slotte kan nieuwbouw - in deze studie niet meegenomen – een verdere positieve impuls geven. Hier kan immers van meet af aan rekening gehouden worden met aanleg van groene daken.

Nader onderzoek en monitoring van de betreffende effecten zal een beter inzicht verschaffen in de omvang van de effecten. Voor andere risicofactoren geldt echter dat ze waarschijnlijk – in gunstige zin – beïnvloed kunnen worden bij een stimuleringsregeling. Dit geldt bijvoorbeeld voor de investeringskosten en de gegarandeerde levensduur van groene daken.

6.2

AANBEVELINGEN

Op basis van de bevindingen in deze studie doen we de volgende aanbevelingen.

- De resultaten van de MKBA bieden voldoende perspectief om een verdere, stapsgewijze uitbouw van groene daken in Rotterdam te ondersteunen.
- Begin met het dichtstedelijke gebied van Rotterdam. Dit is het gebied met het grootste potentieel vergroenbaar dakoppervlak en waar de grootste private en maatschappelijke baten gerealiseerd kunnen worden. Vervolgens kan het programma ook worden opgezet voor de rest van de gemeente.
- Maak afspraken intern de gemeente en met de grote woningbezitters, de woningcorporaties, om bij renovatie en nieuwbouw over te stappen op 'groene daken'.
- Maak, als onderdeel van een structureel stimuleringsprogramma, afspraken met de branche over de aanlegkosten van groene daken en/of leveringsvoorwaarden (bijvoorbeeld een minimale gegarandeerde levensduur). Hierdoor zal het rendement van de investering verder kunnen toenemen.
- Gezien het verschil in privaat en maatschappelijk rendement is een stimuleringsregeling een geëigend instrument om investeringen door woningbezitters en bedrijven te bevorderen. Er zijn meerdere invalshoeken mogelijk om de hoogte van een dergelijke financiële regeling te bepalen. Van belang daarbij zijn onder meer het toepassingsgebied (alleen dichtstedelijk of geheel Rotterdam), de verwachte ontwikkelingen van de risicofactoren (effecten, kosten, levensduur), de verwachte bijdragen van andere partijen (woningbouwcorporaties, waterschappen) en de beschikbare middelen van de gemeente. Gebaseerd op de resultaten van deze (M)KBA zijn meerdere invalshoeken mogelijk, die uitkomen op een financiële stimuleringspremie tussen circa € 20 en € 30 per m²:
 - Ga uit van het wegwerken van het private rendementstekort voor geheel Rotterdam. Dit tekort is circa € 16 per m² gerealiseerd groendak.
 - Zet daar vervolgens een bonus op om investeren in groene daken financieel aantrekkelijk te maken voor private partijen. De omvang van de bonus is subjectief, maar kan afgeleid worden door de omvang van het totale maatschappelijke rendement in het dichtstedelijke segment (€ 8 per m²) of het publieke rendement voor geheel Rotterdam (€ 15 per m²).
- Stel een monitorprogramma in, waarmee de realisatie en effecten van groene daken adequaat gevolgd kunnen worden.
- Evalueer de hoogte van stimuleringspremie, afhankelijk van de resultaten van het monitorprogramma.

BIJLAGE 1

Literatuur

- Acks, K. et al. (2006) *A framework for Cost- Benefit Analysis of Green Roofs: Initial Estimates*; Columbia University Center for Climate Systems Research
- Acks, K. et al. (2006) *Green roofs in the New York Metropolitan region*; Columbia University Center for Climate Systems Research
- Carbin, M. et al. (2004) *Het Groene Dak van Amsterdam*; Amsterdam Anders/ De Groenen
- CBS (2003), *Energiebalans*
- CE (2004), *De prijs van een reis*
- Claassen, M. et al. (2006) *Water bij hoge dichtheid: Sponge Bob Zuidas, Deelrapportage 2: De Inventarisatie*; Gemeente Amsterdam/Zuidas/Hoogheemraadschap AGV/Waternet/Leven met water
- Clark, C. et al. (2007) *Green Roof Valuation: A Probabilistic Economic Analysis of Environmental Benefits*; University of Michigan
- COS Rotterdam (2008) *Bevolking en gegevens oppervlakte per deelgemeente 2007*
- Doshi, H. et al. (2005) *Report on the Environmental Benefits and Costs of the Green Roof Technology for the City of Toronto*; Ryerson University
- Gaffin, S. et al. (2006) *Energy Balance Modeling applied to a Comparison of White and Green Roof Efficiency*; Columbia University Center for Climate Systems Research
- Gemeente Amsterdam, afdeling DRO (2004) *Handleiding Daktuinen*
- Gemeente Amsterdam, dienst Milieu en Bouwtoezicht (2005), *Energievoorziening Zuidas*
- Gemeente Rotterdam (2005) *Rotterdam Groen van Boven*
- Gemeentewerken Rotterdam (2005) *Rotterdam Centraal; Milieu (effect) rapport*
- HKV e.a., *MKBA-verkenning voor de afvalwaterketen Rotterdam, 2006*
- Kuypers, V. & E. de Vries (2006) *Groen voor Lucht: Van theorie naar Groene Praktijk; Toepassingen om Lucht te zuiveren*; Alterra Wageningen UR
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, afdeling Bos&Groen (2002), *Extensieve Groendaken*
- Ministerie van VROM (2006) *Met Groen meer Stad; Nieuwe impulsen voor stedelijk groen*
- Peck, S. & M. Kuhn, (...) *Design Guidelines for Green Roofs*
- *Roof & Garden Brochure Groene Daken*
- Rosenzweig C. et al. (...) *Green Roofs in the New York Metropolitan Region (flyer)*; Columbia University Center for Climate Systems Research
- Smiet, C. (2005) *Waterberging op Kavels: het Bergend Vermogen van Daktuinen*; Ingenieurs Bureau Amsterdam (IBA)
- Velazquez, L. (2005) *Organic Greenroof Architecture: Sustainable Design for the New Millennium*; Environmental Quality Management/ Summer 2005
- Vlaams Instituut voor Bio-ecologisch wonen (VIBE) (2007), *Technische fiche Groendaken & Gevelbegroeiing*
- Witteveen & Bos (2006) *Kentallen Waardering Natuur, Water, Bodem en Landschap, Hulpmiddel bij MKBA's.*

URL:

- www.BR-Architect.be; informatie over isolatie en akoestiek groene daken
- www.caseytrees.org; *Re-greening Washington DC: A Green Roof Vision Based on Quantifying Storm Water and Air Quality Benefits* (2005)
- www.consumentenbond.nl; informatie over kosten en effecten van energiebesparende maatregelen in woningen
- www.emissierechten.nl; ontwikkeling van prijs CO₂-emissierechten
- www.igra-world.com; *Benefits of Green Roofs*; 5 maart 2008
- www.greenroofs.org; *About Green Roofs*, 5 maart 2008
- www.knmi.nl; *Neerslagcijfers Rotterdam*, 5 maart 2008
- www.lage-energierekening.nl; Geraadpleegd 16 april 2008
- www.milieucentraal.nl; informatie over effecten van energiebesparende maatregelen
- www.stillerverkeer.nl; informatie over effecten van geluidsisolerende maatregelen in het wegverkeer.
- www.woonhelpdesk.nl; informatie over kosten en effecten van dakisolatie.

BIJLAGE 2

Nadere toelichting plangebied

In onderstaande tabellen B.2.1, B2.2 en B2.3 zijn voor de stad Rotterdam als geheel en per deelgemeente (exclusief bedrijventerreinen) overzichten opgenomen van respectievelijk het aandeel dakoppervlak van woningen naar eigenaar, naar bouwjaarklasse en naar type dak (plat/niet plat)/

Huidige omvang en samenstelling dakoppervlak

| Type eigenaar | Totaal (m ² en %) | Stads- centrum | Delfshaven | Overschie | Noord | Hillegersberg- Schiebroek | Kralingen- Crooswijk |
|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Gemeente | 669.933 3% | 35.700 3% | 13.785 1% | 32.671 4% | 8.270 1% | 36.093 2% | 33.477 2% |
| Grote woningbezitters | 9.521.287 41% | 458.911 36% | 844.322 65% | 148.408 18% | 669.319 49% | 340.126 19% | 784.835 51% |
| Kleine woningbezitters | 9.551.319 41% | 408.185 32% | 388.269 30% | 419.876 50% | 496.382 36% | 1.217.236 68% | 450.028 29% |
| Overheid | 282.284 1% | 15.168 1% | 12.192 1% | 28.191 3% | 3.132 0% | 86.647 5% | 14.637 1% |
| Onbekend | 3.444.736 15% | 347.051 27% | 36.127 3% | 207.129 25% | 188.767 14% | 110.477 6% | 264.238 17% |
| Totaal | 23.469.559 100% | 1.265.015 100% | 1.294.695 100% | 836.275 100% | 1.365.871 100% | 1.790.580 100% | 1.547.216 100% |

Tabel B.2.1

Dakoppervlak Rotterdam totaal en per deelgemeente naar eigenaar, 2007

| Type eigenaar | Feijenoord | IJsselmonde | Pernis | Prins Alexander | Charlois | Hoogvliet | Hoek van Holland | Bedrijven terreinen |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| Gemeente | 17.137 1% | 98.893 3% | 2.568 2% | 68.185 2% | 137.082 5% | 164.827 6% | 21.244 1% | |
| Grote woningbezitters | 1.102.748 66% | 1.581.590 43% | 22.792 14% | 1.029.034 37% | 1.206.190 47% | 1.230.311 42% | 102.701 6% | |
| Kleine woningbezitters | 340.803 20% | 1.368.727 37% | 126.836 80% | 1.243.573 44% | 858.683 33% | 928.413 32% | 1.304.309 82% | |
| Overheid | 5.122 0% | 5.636 0% | 1.340 1% | 36.636 1% | 54.180 2% | 3.786 0% | 15.617 1% | |
| Onbekend | 200.673 12% | 621.830 17% | 4.258 3% | 430.392 15% | 314.061 12% | 572.393 20% | 147.339 9% | |
| Totaal | 1.666.483 100% | 3.676.675 100% | 157.794 100% | 2.807.821 100% | 2.570.196 100% | 2.899.730 100% | 1.591.210 100% | |

Bron: gemeente Rotterdam

Tabel B.2.2

Dakoppervlak Rotterdam totaal en per deelgemeente naar bouwjaarklasse, 2007

| | Totaal | Stads-centrum | Delfshaven | Overschie | Noord | Hillegersberg-Schiebroek | Kralingen-Crooswijk |
|------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------------------|---------------------|
| Voor 1906 | 16.248 | 1.954 | 2.646 | 341 | 4.434 | 177 | 2.149 |
| 1906-30 | 48.039 | 680 | 13.454 | 794 | 8.728 | 4.009 | 5.386 |
| 1931-44 | 32.521 | 719 | 3.005 | 1.125 | 10.110 | 2.625 | 1.978 |
| 1945-59 | 36.120 | 2.997 | 2.836 | 3.867 | 1.082 | 4.938 | 3.016 |
| 1960-69 | 35.546 | 103 | 25 | 341 | 177 | 3.551 | 495 |
| 1970-79 | 21.148 | 580 | 114 | 100 | 699 | 737 | 1.629 |
| 1980-89 | 50.035 | 5.963 | 2.917 | 244 | 3.661 | 779 | 8.111 |
| Na 1990 | 48.399 | 3.407 | 4.098 | 841 | 3.921 | 2.845 | 3.588 |
| Totaal | 288.056 | 16.403 | 29.095 | 7.653 | 32.812 | 19.661 | 26.352 |

| | Feijenoord | IJsselmonde | Pernis | Prins Alexander | Charlois | Hoogvliet | Hoek van Holland | Bedrijven terreinen |
|------------------|---------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|------------------|---------------------|
| Voor 1906 | 3.416 | 138 | 299 | 83 | 417 | 54 | 140 | |
| 1906-30 | 9.620 | 554 | 370 | 323 | 3.878 | 26 | 217 | |
| 1931-44 | 2.991 | 1.563 | 239 | 315 | 7.615 | 149 | 87 | |
| 1945-59 | 831 | 756 | 246 | 137 | 12.973 | 1.651 | 790 | |
| 1960-69 | 92 | 12.745 | 700 | 9.273 | 2.690 | 4.732 | 622 | |
| 1970-79 | 572 | 3.557 | 47 | 8.567 | 747 | 2.997 | 802 | |
| 1980-89 | 4.462 | 5.737 | 18 | 12.889 | 1.487 | 3.031 | 736 | |
| Na 1990 | 7.523 | 3.159 | 228 | 9.996 | 4.297 | 3.709 | 787 | |
| Totaal | 29.507 | 28.209 | 2.147 | 41.583 | 34.104 | 16.349 | 4.181 | 35 |

Bron: gemeente Rotterdam

Tabel B.2.3

Dakoppervlak Rotterdam totaal en per deelgemeente naar type dak, 2007

| Type dak | Totaal (m ²) | Stads-centrum | Delfshaven | Overschie | Noord | Hillegersberg-Schiebroek | Kralingen-Crooswijk | |
|------------------|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|
| Plat | 10.451.333 65% | 1.055.536 87% | 877.353 70% | 421.747 66% | 817.534 74% | 739.202 55% | 995.038 76% | |
| Niet-plat | 5.698.543 35% | 154.626 13% | 369.571 30% | 219.167 34% | 285.724 26% | 603.764 45% | 317.953 24% | |
| Totaal | 16.149.876 | 1.210.163 | 1.246.925 | 640.914 | 1.103.258 | 1.342.966 | 1.312.991 | |
| Type dak | Feijenoord | IJsselmonde | Pernis | Prins Alexander | Charlois | Hoogvliet | Hoek van Holland | Bedrijven terreinen |
| Plat | 908.604 63% | 1.181.343 76% | 64.548 46% | 1.493.409 68% | 1.012.357 67% | 588.517 59% | 296.145 21% | 877.758 99% |
| Niet-plat | 541.545 37% | 367.603 24% | 75.296 54% | 719.485 32% | 491.703 33% | 406.343 41% | 1.145.762 79% | 9.709 1% |
| Totaal | 1.450.149 | 1.548.946 | 139.844 | 2.212.894 | 1.504.060 | 994.860 | 1.441.907 | 887.466 |

Bron: gemeente Rotterdam

Bijdrage groene daken aan wateropgave

In tabel B.3.1 is het berekende effect op de stedelijke wateropgave (bron: Gemeentewerken Rotterdam) weergegeven per stadsdeel en bedrijventerreinen.

Tabel 4.6

Berekende retentie groene daken per stadsdeel en bedrijventerreinen

| Stadsdeel | Wateropgave 2015 (m ³) | Variant Klein (m3 en%) | Variant Middel (m3 en%) | Variant Groot (m3 en%) |
|--|------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Stadscentrum | 38.000 | 1595 (4%) | 4700 (12%) | 7255 (19%) |
| Delfshaven | 10.000 | 2029 (20%) | 6090 (61%) | 9234 (92%) |
| Overschie | 45.000 | 526 (1%) | 1369 (3%) | 2278 (5%) |
| Noord | 60.000 | 1263 (2%) | 4144 (7%) | 6650 (11%) |
| Hillegersberg-Schiebroek | 0 | 842 (0%) | 2485 (0%) | 4307 (0%) |
| Kralingen-Crooswijk | 8.000 | 1585 (20%) | 5016 (63%) | 7809 (98%) |
| Feijenoord | 40.000 | 1960 (5%) | 6016 (15%) | 9058 (23%) |
| IJsselmonde | 76.000 | 1546 (2%) | 5131 (7%) | 8197 (11%) |
| Pernis | 2.000 | 40 (2%) | 171 (9%) | 331 (17%) |
| Prins Alexander | 0 | 1966 (0%) | 6170 (0%) | 10024 (0%) |
| Charlois | 65.000 | 1615 (2%) | 4772 (7%) | 7525 (12%) |
| Hoogvliet | 90.000 | 812 (1%) | 2648 (3%) | 4166 (5%) |
| Hoek van Holland | 26.000 | 105 (0%) | 543 (2%) | 1172 (5%) |
| Dichtstedelijk | 299.000 | 11634 (4%) | 36040 (12%) | 55959 (19%) |
| Stedelijk | 116.000 | 3724 (3%) | 11846 (10%) | 19670 (17%) |
| Landelijk | 45.000 | 526 (1%) | 1369 (3%) | 2278 (5%) |
| Totaal Rotterdam excl. bedrijventerreinen | 460.000 | 15883 (3%) | 49255 (11%) | 77907 (17%) |
| Bedrijventerreinen | 25.000 | 2853 (11%) | 8558 (34%) | 12464 (50%) |
| Totaal Rotterdam incl. bedrijventerreinen | 485.000 | 18736 (4%) | 57813 (12%) | 90372 (19%) |

Uit de tabel blijkt dat de bijdrage van Groene Daken sterk kan verschillen per stadsdeel, variërend van enkele procenten tot nagenoeg de gehele wateropgave.

Voor twee stadsdelen is de bijdrage feitelijk '0', omdat daar geen wateropgave is, namelijk Hillegersberg-Schiebroek en Prins Alexander.

BIJLAGE 4

Modelberekeningen EMOS op overstortvolume

Uitgangspunten

- Regenreeks 1955-1964 van De Bilt (kwartiergegevens).
- Het bergend vermogen voor extensieve groene daken bedraagt 13 mm.
- Het bergend vermogen voor intensieve groene daken bedraagt 25 mm.
- De afvoercoëfficiënt is 0.2 (vlakke dak- Leidraad Riolerings module C2100).
- Verhard oppervlak verdeling volgens Leidraad Riolerings module C2100: 20% gesloten, 30% open en 50% dak voor stadsdeel Prins Alexander (gebrek aan gegevens).
- Berekend met drie varianten:
 - Klein: alle van overheid + 25% van grote woonbezitters van het vlakke dak oppervlak.
 - Middel: alle van overheid + 75% van grote woonbezitters +10% van kleine woonbezitters van het vlakke dak oppervlak.
 - Groot: alle van overheid + alle van grote woonbezitters + 25% van kleine woonbezitters van het vlakke dak oppervlak.
- Dak oppervlak van onbekende eigenaren is niet meegerekend.
- Er is aangenomen dat de rioleringsdistricten dezelfde zijn als de bemalinggebieden.

Tabel B.4.1

Percentage groene daken per variant per deelgemeente

| Stadsdelen | Klein | Middel | Groot |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| | % GroeneDak | % GroeneDak | % GroeneDak |
| Centrum | 6.2 | 18.4 | 23.1 |
| Prins Alexander | 3.4 | 10.7 | 15.9 |
| Overschie | 3.7 | 9.5 | 14.5 |

Resultaten

De berekeningsresultaten van EMOS zijn opgenomen in tabel B.4.2.

Tabel B.4.2

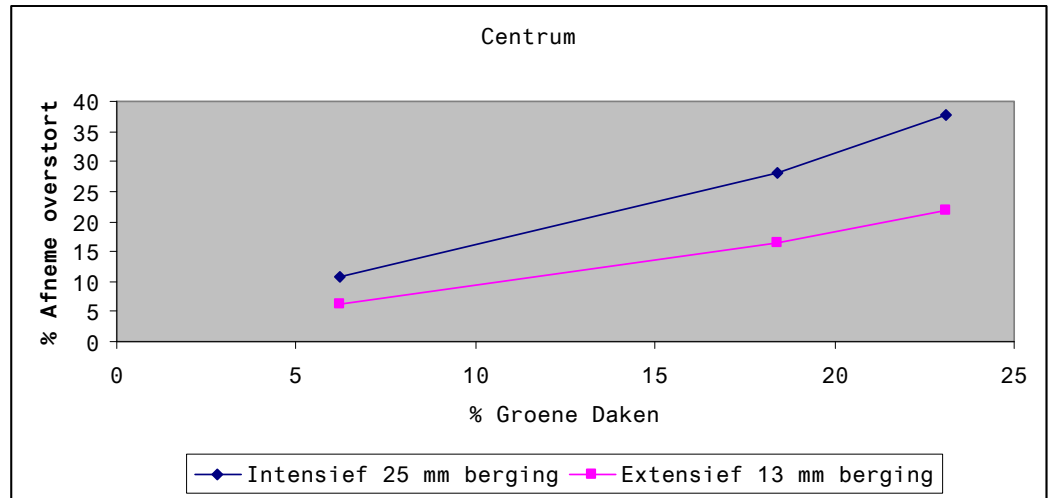
Berekeningsresultaat per variant en per type dak

| Stadsdelen | % Afname overstortvolume | | | | | |
|-----------------|--------------------------|--------|-------|-------------------------|--------|-------|
| | Intensieve groene daken | | | Extensieve groene daken | | |
| | Klein | Middel | Groot | Klein | Middel | Groot |
| Centrum | 10.9 | 28.1 | 37.7 | 6.1 | 16.4 | 21.8 |
| Prins Alexander | 5.6 | 19.4 | 26.5 | 3.2 | 11.1 | 15.7 |
| Overschie | 7.3 | 17.7 | 25.4 | 4.5 | 11.1 | 15.8 |

Het resultaat van de berekening met EMOS laat zien dat met variant klein voor het stadsdeel centrum het overstort volume afneemt met 10% voor intensieve daken. De extensieve daken hebben minder effect, namelijk 6% minder overstort volume. In de middel en hoge variant neemt de afname van het overstortvolume toe verder toe tot 37% voor de intensieve daken en 22% voor extensieve daken. Ook bij de andere stadsdelen is sprake van een vergelijkbare ontwikkeling. Zie figuren B.4.1 tot en met B.4.3.

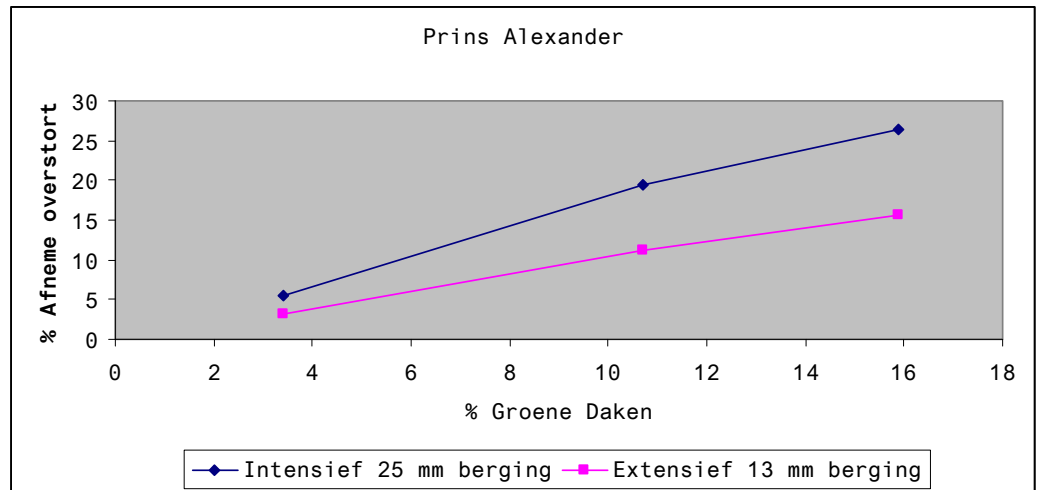
Grafiek B.4.1

Percentage afname overstortvolume in stadsdeel centrum



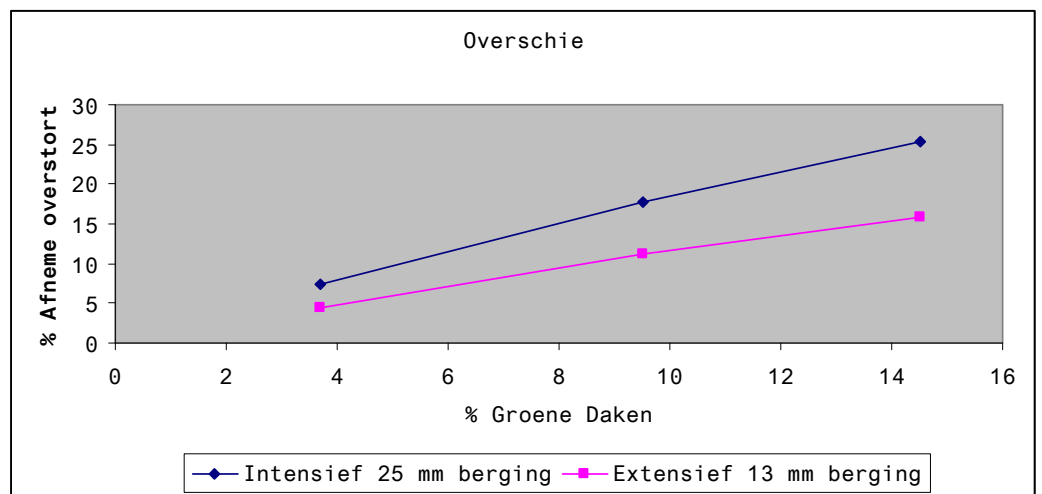
Grafiek B.4.2

Percentage afname overstortvolume in stadsdeel Prins Alexander



Grafiek B.4.3

Percentage afname overstortvolume in stadsdeel Overschie



COLOFON

GROENE DAKEN ROTTERDAM

MAATSCHAPPELIJKE KOSTEN-BATENANALYSE

OPDRACHTGEVER:

WATERMANAGEMENT
GEMEENTEWERKEN
GEMEENTE ROTTERDAM

Elijan Bes
Daniel Goedbloed

STATUS:

EINDRAPPORT

AUTEUR:

David van Moppes
Jeroen Klooster

GECONTROLEERD DOOR:

Pepijn Abbink Spaink

VRIJGEGEVEN DOOR:

Ursula Blom

7 juli 2008
110643/WA8/050/000894

ARCADIS NEDERLAND BV
Lichtenauerlaan 100
Postbus 4205
3006 AE Rotterdam
Tel 010 2532 222
Fax 010 4553 026
www.arcadis.nl
Handelsregister
9036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.