

MKBA Klimaatadaptatiestrategie Casus: Bergpolder Zuid

**Gemeente Rotterdam/
Programmabureau Duurzaam**

Auteur
Irene Pohl (Rebel)
Sigrid Schenk (Rebel)
André Rodenburg (Intertechniek)
Toine Vergroesen (Deltares)
In samenwerking met Susanne Buijs (Gemeente Rotterdam)

Datum
07.04.14

Status
Definitief

Klant
Gemeente Rotterdam/
Programmabureau Duurzaam

www.rebelgroup.com
KvK 56 67 43 68
Rabobank 1754.09.870

Rebel Economics & Transactions bv T 010 275 59 95
Wijnhaven 23 F 010 275 59 99
3011 WH Rotterdam info@rebelgroup.com

Management Samenvatting

De stad voorbereiden op verandering van het klimaat, met een strategisch aanpak en onderbouwde maatregelen – dat is het doel van de Rotterdamse Klimaatadaptatiestrategie. Een stap in het ontwikkelproces van deze strategie is de economische onderbouwing. Hiervoor heeft de gemeente Rotterdam in samenwerking met Rebel, Royal Haskoning DHV (RHDHV) en Deltares een evaluatie-instrument ontwikkeld dat is gebaseerd op de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). Met dit instrument worden de kosten van diverse klimaatadaptatiemaatregelen tegen de baten afgewogen.

In eerste instantie hebben we voor 43 adaptatiemaatregelen het instrument gevuld met data voor Rotterdam “algemeen”. In dit rapport beschrijven we de toepassing van het instrument op een concreet gebied, namelijk Bergpolder Zuid.

Afbeelding: Bergpolder Zuid is een stedelijk binnendijks gebied



In Bergpolder Zuid gaat naar verwachting op termijn schade ontstaan door hittestress, wateroverlast en verdroging. Een gedeelte van de wijk gaat opnieuw worden ontwikkeld en in deze MKBA worden verschillende maatregelen overwogen om deze schade in de toekomst te beperken. Deze maatregelen zijn:

1. Aanpassen gedrag en vergroten kennis huisartsen/GGD
2. Maatregel Groen in de straat (bomen, kleinschalig groen)
3. Maatregel Isolatie gebouwen (woningen en bedrijven)
4. Aanpassen van albedo van daken
5. Waterplein

6. Verhoging van stoepranden en verlaging wegen
7. Groene daken
8. Infiltrerende wegfundering/ waterpasserende verharding
9. Ontharden van tuinen en bermen

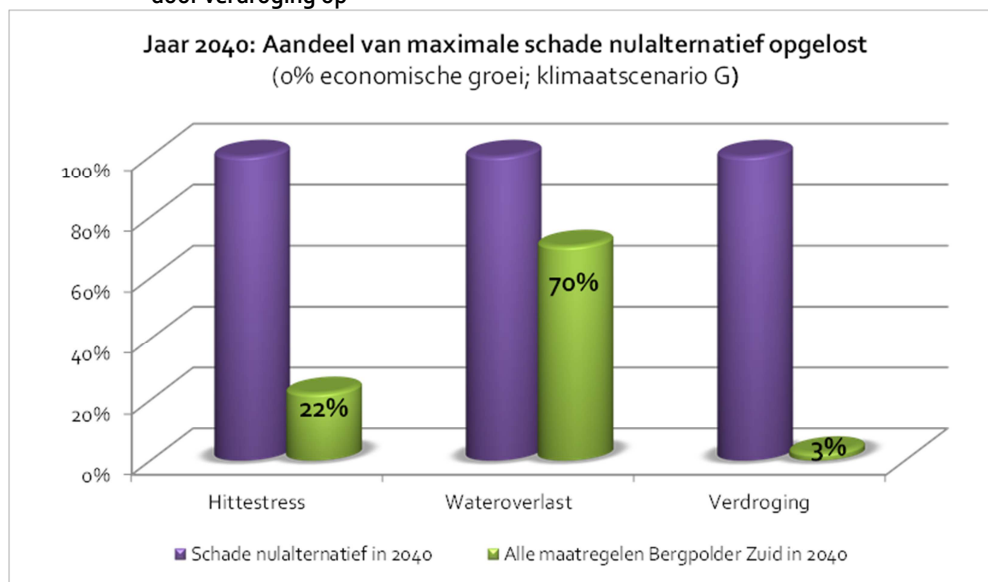
Onderstaand tabel toont het resultaat per maatregel voor klimaatscenario G.

Tabel In het basisscenario (2% economische groei) tonen vijf projectalternatieven een positief resultaat (NCW in € 1.000) in klimaatscenario G

2% groei; Klimaatscenario G	GGD advies	Groen straat	Isolatie gebouw	Albedo daken	Water- plein	Verhogen stoeprand	Groene daken	Infiltr. Wegfund.	Ontharden tuinen
Kosten									
Investerings- (-restwaarde)	1	11	1.946	83	103	62	347	59	7
Onderhoud	4	9	441	96	89	10	116	98	1
Baten									
Hittestress	266	5	152	70	2	-	16	-	-
Wateroverlast	-	-	-	-	22	57	34	39	21
Verdroging	-	-	-	-	10	-	-	148	437
Energie	-	-	1.192	-	-	-	-	-	-
CO ²	-	-	495	-	-	-	-	-	-
Luchtkwaliteit	-	-	-	-	-	-	211	-	-
Vastgoed	-	99	-	-	714	-	-	-	-
Totaal									
Som Kosten	5	21	2.387	179	192	72	463	157	8
Som Baten	266	105	1.839	70	748	57	261	187	459
Resultaat	260	84	-548	-108	556	-15	-202	30	451

In het basisscenario tonen 5 van de 9 maatregelen een positief resultaat, namelijk *GGD-advies*, *groen in de straat*, *waterplein*, *infiltrerende wegfundering* en *ontharden van tuinen en bermen*. Bij *groen in de straat* en het *waterplein* valt op dat het positieve resultaat met name tot stand komt door de hoge neveneffecten. Dit komt door een eenmalige stijging van de vastgoedwaarde met 2,5% door hogere ruimtelijke kwaliteit. De maatregelen *ontharden tuinen en bermen* kent een opvallend laag niveau aan investerings- en onderhoudskosten. Verder zijn er grote baten in het voorkomen van schade door verdroging te bereiken, zowel bij de gebouwfundering (ca. 98% van de baten) als ook bij groen (ca. 2% van de baten).

Grafiek Alle maatregelen bij elkaar lossen in het jaar 2040 ca. 22% van de schade door Hittestress, ca. 70% van de schade door wateroverlast en 3% van de schade door verdroging op



Bovenstaand plaatje toont het aandeel van de schade in het nulalternatief dat is opgelost door de implementatie van alle maatregelen in klimaatscenario G, beschouwd in het jaar 2040. In dit jaar is al een flink aantal van de maatregelen geïmplementeerd en zijn in het klimaatscenario G ook al effecten van klimaatverandering meegenomen.

Alle maatregelen bij elkaar genomen lossen 22% van de schade door hittestress op ten opzichte van het nulalternatief. Ook worden 70% van de schade door wateroverlast en 3% van de schade door verdroging opgelost. Met name de baten door verdroging lijken heel klein vergeleken met de schade in het nulalternatief. Dit is te verklaren met het feit dat meer dan 80% van de woningen in dit gebied schade ondervinden door vochttekort omdat de fundering uitdroogt. De maatregelen werken alleen als ze in dichte nabijheid van de fundering worden ingezet. Het maatregelpakket voor verdroging is beperkt vergeleken met de problematiek in dit gebied, en dus is het effect klein vergeleken met de schade in het nulalternatief.

De MKBA rekent vanuit maatschappelijk perspectief en overstijgt (negeert) daarbij instituties en actoren. In werkelijkheid is er wel degelijk sprake van verschillende actoren met diverse belangen. Om inzicht te krijgen in deze belangen splitsen we de kosten en de baten uit naar actor.

Tabel **Uit de actorenanalyse blijkt dat de kosten van maatregelen niet altijd bij de partij vallen die van de baten profiteert**

	Gemeente	Eigenaren/ ontwikkelaars	Bewoners/ bedrijven	Verzekeraar	Algemeen
GGD advies	Kosten aanleg en onderhoud		Baten hittestress	Baten hittestress	
Groen straat	Kosten aanleg en onderhoud	Vastgoedwaarde	Baten hittestress (alleen buiten)	Baten hittestress	
Isolatie		Kosten aanleg en onderhoud	Baten hittestress (alleen binnen); energiebesparing	Baten hittestress	CO ₂ reductie
Albedo daken		Kosten aanleg en onderhoud	Baten hittestress	Baten hittestress	
Waterplein	Kosten aanleg en onderhoud	Vastgoedwaarde Baten wateroverlast	Baten hittestress en wateroverlast	Baten hittestress	
Verhogen stoeprand	Kosten aanleg en onderhoud	Baten wateroverlast	Baten wateroverlast		
Groene daken		Kosten aanleg en onderhoud Baten wateroverlast	Baten hittestress Baten wateroverlast	Baten hittestress	Lucht-kwaliteit
Infiltrerende wegfundering	Kosten aanleg en onderhoud Baten groen	Baten verdroging	Baten wateroverlast Baten groen		
Ontharden tuinen		Kosten aanleg en onderhoud Baten funderingsschade	Baten groen		

Voor de maatregelen die effect hebben op hittestress geldt typisch dat de baten neerslaan bij bewoners, bedrijven en (zorg)verzekeraars, terwijl de investeringen worden gedaan door gemeente en eigenaren. Daar waar sprake is van nieuwbouw is het wellicht (gedeeltelijk) mogelijk om de maatregelen isolatie en albedo van daken in de koop of huur in te prijzen.

De analyse van de uitkomsten heeft opgeleverd dat 5 maatregelen uit de 9 bestudeerde maatregelen een positief resultaat hebben: *GGD-advies*, *groen in de straat*, *waterplein*, *infiltrerende wegfundering* en *ontharden van tuinen en bermen*. Dit geldt over de hele looptijd voor zowel klimaatscenario G als ook W+. In de gevoeligheidsanalyse hebben we de aanname voor economische groei en ramingsonzekerheid van de kosten getoetst en ook een robuustheidstest op de vastgoedwaardestijging uitgevoerd. De resultaten zijn voor de 5 maatregelen ook nog positief als we deze aannames veranderen. Dit betekent dat de uitkomsten robuust zijn.

Uit de actorenanalyse concluderen wij dat van de vijf maatregelen die een positieve netto contante waarde laten zien er vier zijn die normaliter door de gemeente worden aangelegd en onderhouden. Alleen voor de maatregel *ontharden van tuinen en bermen* geldt dat de kosten voor de tuinen bij vastgoedeigenaren vallen. Opvallend is dat voor deze maatregel ook de (meeste) baten bij de vastgoedeigenaren vallen. Deze maatregel is daarom zowel economisch aantrekkelijk als ook vanuit actoren perspectief gemakkelijk te implementeren (kosten en baten bij dezelfde partij). We merken deze maatregel daarom aan als een “no-regret”-maatregel.

Bij de maatregelen die positief scoren, maar waar de kosten en de baten verspreid zijn over verschillende actoren is het mogelijk om in gesprek te gaan over meebetalen op basis van inzicht in de voordelen en de meerkosten die optreden.

Inhoudsopgave

1	Een onderzoek naar de maatschappelijk economische waarde van klimaatadaptatie	9
1.1	Waarom dit onderzoek?	9
1.2	Hoe is dit rapport opgebouwd?	9
2	De onderzoeksmethodiek	10
2.1	Een bijzondere MKBA	10
2.2	De onderzoekstappen van de MKBA	10
2.3	Aannames in de MKBA	11
2.4	De geografische scope van het onderzoek	12
2.5	Probleembeschrijving gebied	13
3	De maatregelen voor Bergpolder Zuid	15
3.1	Nulalternatief	16
3.2	Maatregel: Aanpassen gedrag en vergroten kennis huisartsen/GGD	18
3.3	Maatregel: Groen in de straat (bomen, kleinschalig groen)	18
3.4	Maatregel: Isolatie gebouwen (woningen en bedrijven)	19
3.5	Maatregel: Aanpassen van albedo van daken	19
3.6	Maatregel: Waterplein	20
3.7	Maatregel: Verhoging van stoepranden en verlaging wegen	21
3.8	Maatregel: Groene daken	21
3.9	Maatregel: Infiltrerende wegfundering/ waterpasserende verharding	22
3.10	Maatregel: Ontharden van tuinen en bermen	22
4	De MKBA-resultaten	24
4.1	Resultaten Bergpolder Zuid	24
4.2	Gevoeligheidsanalyse	26
4.2.1	Klimaatscenario	26
4.2.2	Economische groei	26
4.2.3	Ramingsonzekerheden kosten	27
4.2.4	Vastgoedbaten	27
4.3	Resultaten Bergpolder Zuid ten opzichte van heel Rotterdam	27
4.4	Bij wie komen de baten en kosten terecht?	28
4.5	Conclusies resultaten en aanbevelingen	29
	Bijlage 1: Overzicht van de belangrijkste gebiedsspecifieke aannamen	31
	Bijlage 2: Algemene uitgangspunten per thema	32
	Bijlage 3: Uitgangspunten per maatregel voor Bergpolder Zuid	36
	Bijlage 4: Gevoeligheidsanalyse gedetailleerd	58
	Executive Summary	62

1 Een onderzoek naar de maatschappelijk economische waarde van klimaatadaptatie

1.1 Waarom dit onderzoek?

De stad voorbereiden op verandering van het klimaat, met een strategisch aanpak en onderbouwde maatregelen – dat is het doel van de Rotterdamse Klimaatadaptatiestrategie. Een stap in het ontwikkelproces van deze strategie is de economische onderbouwing. Hiervoor heeft de gemeente Rotterdam in samenwerking met Rebel, Royal Haskoning DHV (RHDHV) en Deltares een evaluatie-instrument ontwikkeld dat is gebaseerd op de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA).

Met dit instrument worden de kosten van diverse klimaatadaptatiemaatregelen tegen de baten afgewogen. Het is de eerste keer dat een dergelijk instrument wordt toegepast op stedelijke klimaatadaptatie.

In eerste instantie hebben we voor 43 adaptatiemaatregelen het instrument gevuld met data voor Rotterdam “algemeen”. In dit rapport beschrijven we de toepassing van het instrument op een concreet gebied, namelijk Bergpolder Zuid.

1.2 Hoe is dit rapport opgebouwd?

Om dit rapport leesbaar te maken zijn de uitgangspunten die we hanteren niet onderdeel van de hoofdtekst. We verwijzen hiervoor naar de bijlages en de uitgangspuntennotitie¹ van het eerste onderzoekstraject.

De rapportage is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 beschrijven we de onderzoeksmethodiek van deze studie. Dit houdt in een samenvatting van het eerste traject, de onderzoeksstappen die zijn gevolgd in dit project en de beschrijving van de aannames en het probleemgebied. Op basis hiervan gaan we in hoofdstuk 3 in op de maatregelen in Bergpolder Zuid. Met de gekozen alternatieven in hoofdstuk 3 zetten we de analyse voort in hoofdstuk 4 en interpreteren de uitkomsten met als onderdeel een gevoeligheidsanalyse en een actorenanalyse.

¹ Rebel, RHK, Deltares Nota uitgangspunten MKBA RAS eerste modelrun. 05.12.2012

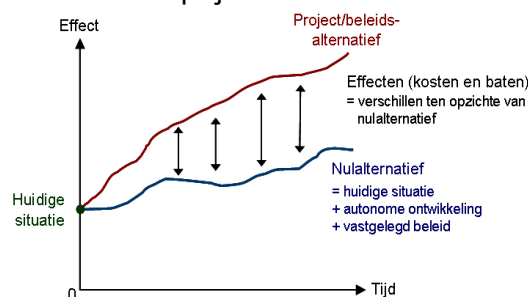
2 De onderzoeksmethodiek

2.1 Een bijzondere MKBA

In een MKBA worden de kosten van een investering tegen de baten afgewogen vanuit het perspectief van de maatschappij als geheel. Welke extra welvaart kunnen we verwachten als gevolg van de investering? Om de baten te kunnen waarderen, moet het effect van een project in kaart worden gebracht. Hiertoe worden als het ware twee filmpjes met elkaar vergeleken: een filmpje van hoe de wereld eruit ziet *zonder* uitvoering van het project (het nulalternatief), en een filmpje van hoe de wereld er uit ziet *met* uitvoering van het project (het projectalternatief). Het effect dat het project heeft op de maatschappij, is het verschil tussen de filmpjes.

Grafiek 1

In een MKBA wordt het effect bepaald door het bepalen van het verschil tussen nulalternatief en projectalternatief



In Nederland wordt de MKBA vaak toegepast bij infrastructuurprojecten. Daarvoor is door het CPB een leidraad ontwikkeld, namelijk de OEI-leidraad. Omdat voor klimaatadaptatie geen specifieke leidraad beschikbaar is hebben we ons zoveel mogelijk gebaseerd op de OEI-leidraad, bijvoorbeeld ten aanzien van het stappenplan en de waardering van diverse effecten. Voor sommige effecten hebben we voor deze MKBA zelf waarderingsmethoden ontwikkeld en aannamen gedaan op basis van literatuur.

Het instrument dat we hebben ontwikkeld maakt het mogelijk om investeringen door te rekenen niet alleen als ze nu worden gedaan, maar ook om ze te faseren in de tijd of juist nog enige tijd uit te stellen.

2.2 De onderzoekstappen van de MKBA

Bij het uitvoeren van deze MKBA hebben wij de volgende stappen doorlopen:

Stap 1: Uitvoeren intakegesprekken, scoping en go-/no-go-moment

In de eerste fase van het project lag de focus op het vaststellen van scope. Dit omvat naast de geografische afbakening van het casusgebied het vaststellen van de klimaatopgave en het nulalternatief. Verder hoort het kiezen en definiëren van maatregelen tot deze fase. Na deze eerste inventarisatie is er even stilgestaan bij het zogenoemde go-/no-go-moment om de afweging te maken of de casus voldoende inhoud biedt om verder te gaan.

Stap 2: Opstellen en invullen invulformulier

Na de afbakening van de casus en het formuleren van de nul- en projectalternatieven is door Deltares en Intertechniek een invulformulier opgesteld. Hier dienen naast de gebiedskengetallen zoals aantal woningen en bedrijven, ook informatie wat betreft de klimaatopgave en de kosten en effecten van de maatregelen ingevuld te worden. In het geval dat geen gebiedsspecifieke informatie beschikbaar is, werd teruggevallen op de kengetallen voor heel Rotterdam van het eerste traject. Dit is het geval voor het merendeel van de kengetallen. Alleen enkele gebiedsspecifieke gegevens, zoals aantal bewoners, woningen begane grond en met fundering op houten palen en het aantal en de tijd van implementatie zijn gebiedsspecifiek gemaakt. Het invullen van de formulieren is door de gemeente met ondersteuning van Deltares en Intertechniek uitgevoerd en met de projectleider afgestemd. Ook het onderzoeksbureau TNO en onderzoekers van het onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat leverden input. Het ingevulde formulier dient als basis voor de inputsheets in het rekenmodel.

Stap 3: Verwerken inputs en aanpassen rekenmodel

De invulformulieren uit stap 2 dienen als basis voor het invullen van de inputsheets van het rekenmodel. Zo kan bijvoorbeeld met gebiedsspecifieke kennis over het aantal woningen het schadegetal in het geval van hittestress worden berekend. Ook worden de maatregelen toegepast op het gebied door bijvoorbeeld het maximale aantal, het tempo van implementatie en de investeringskosten in het model te zetten. Het rekenmodel is flexibel gebouwd en staat na invullen van de nieuwe gegevens klaar voor berekening.

Stap 4: Rekenen en analyse resultaten

Het rekenmodel werkt niet anders dan in het eerste traject. Via een cockpit kan de gebruiker de keuze maken welke maatregel (of combinatie van maatregelen) hij wil beschouwen. Verder kunnen bepaalde factoren worden aangepast om de gevoeligheid van de uitkomsten te toetsen. Hier is te denken aan de mate van economische groei, het klimaatscenario of de ramingsonzekerheid van de kosten. De analyse van de resultaten gaat in op de Netto Contante Waarde van de kasstromen en de robuustheid van de uitkomsten op basis van de gevoeligheidsanalyse.

Stap 5: Schrijven rapportage en geven eindpresentatie

De proces en de uitkomsten van het traject zijn in dit rapport samengevat. Verder werden de uitkomsten gepresenteerd bij de projectgroep.

2.3 Aannames in de MKBA

De MKBA en het bijhorende rekenmodel zijn gebaseerd op diverse aannames. Deze zijn in de uitgangspuntennotitie² van het eerste traject uitgebreid beschreven. De belangrijkste uitgangspunten zijn:

- We hanteren een tijdshorizon van 50 jaar.
- We onderscheiden twee klimaatscenario's die door het KNMI gedefinieerd zijn als "G" en "W+".
- De prijspeil van de ramingen (zowel kosten als ook effecten) is 2013.
- We gaan uit van een herinvestering van elke maatregel na afloop van de levensduur. De restwaarde van elke maatregel na 50 jaar verrekenen wij met het saldo van de investeringskosten.

² Rebel, RHK, Deltares. *Nota uitgangspunten MKBA RAS eerste modelrun*. 05.12.2012

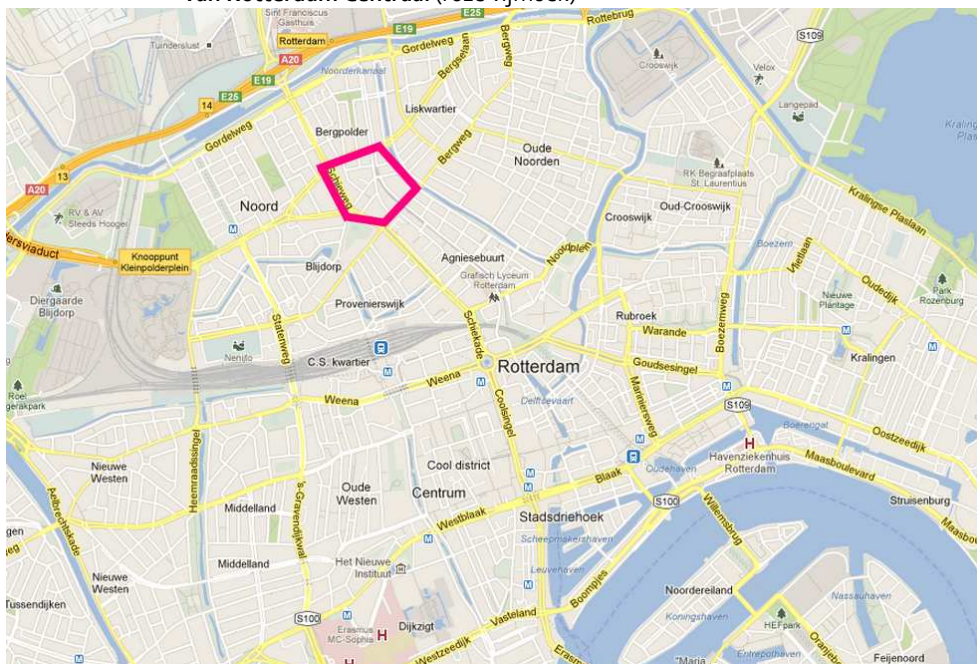
- Het resultaat is uitgedrukt als een Netto Contante Waarde. Voor de berekening hanteren we een discontovoet van 5,5%.
- Op de kosten en baten rekenen we in het basisscenario met een economische groei van 2%.

De flexibiliteit van het rekenmodel staat toe deze aannames aan te passen om de robuustheid van de uitkomsten te toetsen. We hebben deze gevoeligheidsanalyse voor een deel van de aannames uitgevoerd. Hier gaan we in hoofdstuk 4 verder op in.

2.4 De geografische scope van het onderzoek

Bergpolder Zuid is een 19^e-eeuwse woonwijk in Rotterdam met relatief hoge dichtheden en weinig groen. Op initiatief van de deelgemeente Noord en woningcorporatie Vestia is een Masterplan³ gemaakt. De huidige structuur van de wijk is daarin de basis voor twee verschillende woonmilieus. Levendig stedelijk wonen – “reuring” – geeft mogelijkheden voor hogere dichtheden, creatieve en innovatieve woongebouwen en levendige straten en pleinen. Rustig stedelijk wonen – “rust” – richt zich meer op (toekomstige) bewoners die houden van groene, speelse binnenhoven en meer traditionele architectuur en stedenbouw.

Afbeelding 1 Bergpolder Zuid ligt in Rotterdam Noord ten zuiden van de A20 en ten noorden van Rotterdam Centraal (roze vijfhoek)



De dynamische contouren van Bergpolder Zuid worden gevormd door de assen van de Schieweg en de Bergweg. In de wijk zet de levendigheid zich door langs de Hofbogen. Het vernieuwde Eudokiaplein met winkels en culturele voorzieningen is het entreeplein voor de wijk. Het

³ Deelgemeente Rotterdam Noord (en Vestia Rotterdam Noord). *Masterplan Bergpolder Zuid*. September 2011

Insulindeplein vormt het groene hart van de buurt. De rustige contouren van Bergpolder Zuid worden gevormd door de lommerrijke Bergsingel en Bergselaan. De ruime kerktuin trekt de lommerrijke singel tot diep in Bergpolder Zuid. Binnen het raamwerk van rust liggen de gesloten bouwblokken waar rond rustige groene binnenhoven wordt gewoond. De rustige stedelijke woonomgeving kent veelal brede stoepen met enkelzijdig parkeren en groene buurtspeelpleintjes.

2.5 Probleembeschrijving gebied

Het vastgestelde Masterplan beschrijft mogelijkheden voor onder meer groene daken, geveltuinen en groene openbare ruimtes. In het kader van dit plan vinden daarnaast verschillende nog lopende KvK - onderzoeken plaats door TNO, WUR (hittestress buitenruimte), TU Eindhoven (hittestress binnenruimte), Deltares en TU Delft (wateroverlast) naar extra kansen voor klimaatbestendige maatregelen en de (kosten) effectiviteit daarvan (water, groen, materiaalgebruik en relaties met het binnenklimaat). De dominante thema's zijn hittestress en wateroverlast. Maar gedurende het project is ook verdroging als thema naar voren gekomen.

Hoewel het project als geheel vanwege de bestuurlijke veranderingen en economische crisis tijdelijk in de ijskast is gezet lopen de KvK onderzoeken nog door en is men van daaruit bereid om input te leveren voor de MKBA RAS. Uitgangspunt voor de MKBA is het Masterplan met een nog vast te stellen klimaatadaptief maatregelenpakket dat wordt afgezet tegen een autonome ontwikkeling met Masterplan, maar zonder klimaatadaptieve maatregelen.

Het gebied is 12,5 ha groot, bevat 1207 woningen, waarvan 18,48% op de begane grond. De gemiddelde woningwaarde bedraagt € 132 733,-. Er wonen 2253 mensen. Er zijn 35 bedrijven in het gebied gevestigd. De meeste woningen zijn op houten palen gefundeerd. We gaan uit van 1000 woningen op houten palen.

De jaarlijks optredende schade in Bergpolder bedraagt voor wateroverlast ruim € 7.500,-. Als het klimaat gaat veranderen wordt dat ruim € 21 000,-. De door hittestress veroorzaakte jaarlijkse schade bedraagt ruim € 93.000,-. Bij klimaatverandering naar G, dan wel naar W+ groeit dat bedrag naar bijna € 150.000,-, respectievelijk bijna € 300.000,-. De grootste jaarlijkse schade wordt veroorzaakt door verdroging. Die post bedraagt nu ruim € 1.300.000,-. Dat kan groeien tot bijna € 1.500.000,- bij klimaatscenario G, en tot ruim € 2.700.000,- bij klimaatscenario W+. Deze schade wordt bijna geheel bepaald door de houten funderingen. In de beschrijving van het nulalternatief (paragraaf 3.1) gaan we in detail in op de ontwikkeling van de schadegetallen in Bergpolder Zuid.

Afbeelding 2⁴ Het onderzoeksgebied Bergpolder Zuid is stedelijk, binnendijks gebied



De locatie waar de maatregelen van toepassing zullen zijn, zijn niet verder gespecificeerd. Bovenstaand afbeelding geeft wel een indicatie, waar bijvoorbeeld de straten, de gebouwen en ook bestaand groenvoorzieningen zich bevinden.

⁴ Deelgemeente Rotterdam Noord (en Vestia Rotterdam Noord). *Masterplan Bergpolder Zuid*. September 2011

3 De maatregelen voor Bergpolder Zuid

De maatregelen in Bergpolder Zuid zijn afkomstig uit de voorgeselecteerde maatregelen voor de MKBA voor heel Rotterdam. Ze zijn beschreven in de uitgangspuntennotitie van die MKBA. Deze beschrijvingen zijn aangepast daar waar sprake is van gebiedsspecifieke wijzigingen en opgenomen in [bijlage 3](#). Een puntsgewijze samenvatting van de effecten van deze maatregelen is in dit hoofdstuk opgenomen.

Ten opzichte van de algemene aannamen voor Rotterdam als geheel zijn voor deze gebiedscasus een aantal uitgangspunten gebiedsspecifiek gemaakt voor Bergpolder Zuid. De belangrijkste gebiedsspecifieke uitgangspunten zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 1 De belangrijkste gebiedsspecifiek uitgangspunten voor Bergpolder Zuid

Kenmerk	Aanname Bergpolder Zuid	Aanname Rotterdam
Oppervlakte gebied	0,125 km ² = 12,5 ha	100 km ²
Arbeidsproductiviteit	0.4% van heel Rotterdam (excl. Haven)	75% van heel Rotterdam (excl. Haven)
Aantal woningen	1.207	300.000
Aantal inwoners	2.253	616.250
Gemiddelde waarde woning	€ 132.733	€ 150.000
Aantal woningen op begane grond	18,5%	40%
Aantal bedrijven	35	30.000
Aantal woningen met kwetsbare fundering (houten palen)	1000	20.000

De fasering van de maatregelen is afkomstig van gemeente Rotterdam en gebaseerd op de aanname van meeliften. Een toelichting bij deze fasering is daarbij niet gegeven, en derhalve ook niet in dit document opgenomen. Een uitgangspunt is dat na afloop van de levensduur van een maatregel wordt geherinvesteerd. De restwaarde van een maatregel op het einde van de 50 jaar wordt met de investeringskosten verrekend.

Momenteel worden er in Bergpolder Zuid een aantal onderzoeken uitgevoerd in het kader van het nationale onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat. Op basis van tussentijdse resultaten van het thema Climate Proof Cities (CPC) zijn aannamen gedaan ten aanzien van de omvang van effecten (bijvoorbeeld hoeveel afkoeling in termen van graden levert een bepaalde maatregel op). De voornaamste bron hierbij is het inhoudelijke voortgangsrapport 2013 van CPC⁵. De tussentijdse resultaten van het thema CPC zijn echter nog niet volledig en ook niet altijd gebiedsspecifiek of op het voor deze MKBA gewenste schaalniveau. Zo is het bijvoorbeeld lastig gebleken om tot meer

⁵ Klimaatbestendige steden. Voortgangsrapportage Climate Proof Cities 2013, December 2013, Kennis voor Klimaat.

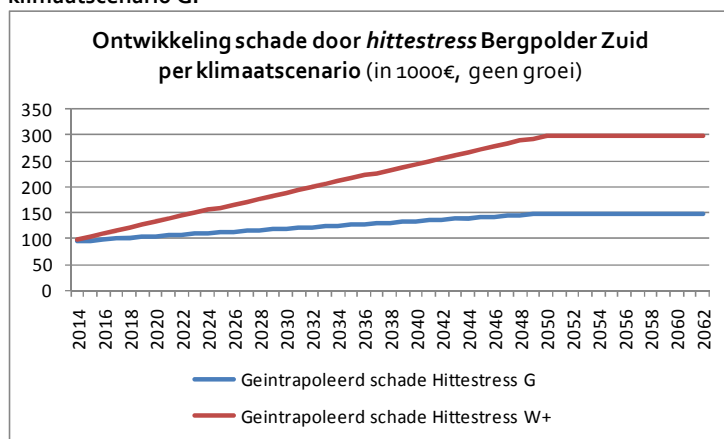
specifieke aannamen te komen ten aanzien van effecten van albedoverandering op de binnentemperatuur.

3.1 Nulalternatief

In het nulalternatief is er sprake van schade door hittestress, wateroverlast en verdroging. De uitgangspunten die wij per klimaatthema hanteren zijn beschreven in [bijlage 2](#). De onderstaande grafieken geven inzicht in de groei van de schadegetallen per thema over de jaren. Dit is tot stand gekomen door een inschatting te maken voor de schade vandaag en de schade in het jaar 2050 op basis van de klimaatscenario's G en W+ van het KNMI en daartussen te interpoleren. Om alleen het interpolatie-effect te tonen hebben wij in onderstaand grafieken geen economische groei toegepast.

Grafiek 2

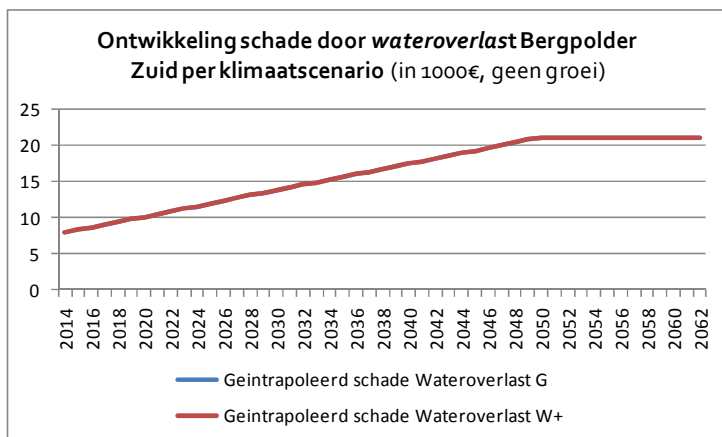
In klimaatscenario W+ stijgt de schade door hittestress tot 2050 sterker dan in klimaatscenario G.



Bovenstaand grafiek toont de ontwikkeling van de schade door hittestress in Bergpolder Zuid tussen 2014 en 2062. Het klimaatscenario W+ houdt meer en langere periodes van hitte in dan klimaatscenario G. Daardoor neemt ook de schade door hittestress in klimaatscenario W+ sterker toe dan in klimaatscenario G, namelijk van ca. € 100.000 in 2014 naar ca. € 150.000 in 2062 voor G en naar ca. € 300.000 in 2062 voor W+.

Grafiek 3

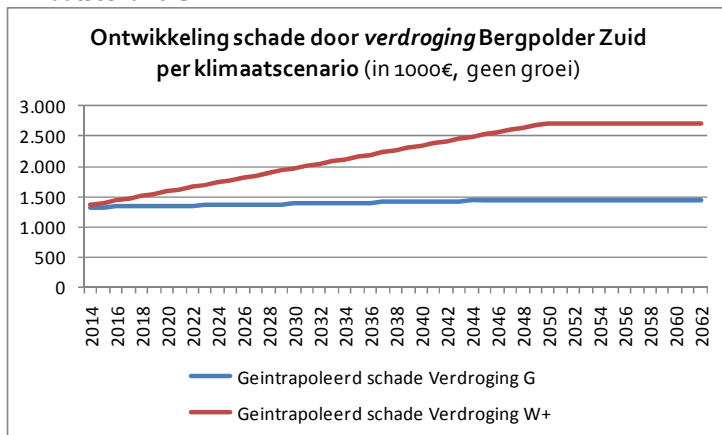
De toename van de schade door wateroverlast is gelijk in klimaatscenario G en W+: in beide scenario's meer dan verdubbelt zich de schade.



De twee klimaatscenario's G en W+ van het KNMI kennen geen onderscheid in de mate van wateroverlast. Daarom is de ontwikkeling van de schade door wateroverlast in beide klimaatscenario's dezelfde en toont bovenstaand plaatje maar een lijn voor beide klimaatscenario's. De schade stijgt van € 8.000 in 2014 naar € 21.000 in 2062.

Grafiek 4

In klimaatscenario W+ stijgt de schade door verdroging tot 2050 sterker dan in klimaatscenario G.



In het nulalternatief stijgt de schade door verdroging in Bergpolder Zuid van ca. € 1,3 mln. in 2014 naar ca. € 1,5 mln. in 2050 in klimaatscenario G. Het klimaatscenario W+ voorspelt langere periodes van hitte en droogte. Daarom is de toename van de schade tot 2050 in klimaatscenario W+ duidelijk sterker met een stijging van de schade naar ca. € 2,7 mln. in 2050.

Het nulalternatief in deze MKBA houdt in dat de schade wordt geaccepteerd en *geen maatregelen* voor schadebeperking in worden gezet. Tegen deze referentie worden negen maatregelen afgezet. In de volgende paragrafen beschrijven we in het kort deze negen maatregelen. De uitgebreide uitgangspunten zijn in [bijlage 3](#) opgenomen.

3.2 Maatregel: Aanpassen gedrag en vergroten kennis huisartsen/GGD

De bewoners moeten zich bewust worden van het feit dat ze zelf ook wat kunnen doen, zoals ramen openen of juist dicht doen, opzoeken van koele plekken, tempo en activiteiten aanpassen, meer drinken, bijstellen van medicatie, e.d. Door de kennis van huisartsen en GGD te vergroten, kunnen zij beter aan bewoners uitleggen wanneer ze welke maatregelen het beste wel, en wanneer juist niet moeten nemen.

Uitgangspunten bij de interpretatie van deze maatregel zijn:

- Periode van implementatie: 2014.
- 50% van de mensen wordt bereikt.

Kosten

De kosten zijn afgeleid van de kosten voor heel Rotterdam naar rato van bewoners (2.253 / 616.250).

Effect

De maatregel heeft alleen effect op hittestress, en wel:

- Binnen: afkoeling met 1 °C voor de helft van de woningen (604 woningen)
- Buiten: afkoeling met 1 °C voor de helft van het gebied (6,27 ha)

3.3 Maatregel: Groen in de straat (bomen, kleinschalig groen)

Bomen koelen door verdamping en beperken instraling van de zon op straatniveau en dus voorkomen opwarming van het oppervlak en de mensen onder de bomen. Meetbare effecten liggen tussen de 5 en 10 graden in stedelijk gebied. Daarnaast wordt door de verdamping, ook door andere planten, de temperatuur lokaal verlaagd. Voorwaarde is dat er voldoende water in de bodem aanwezig is om te verdampen.

Uitgangspunten bij de interpretatie van deze maatregel zijn:

- 700 m straat wordt van bomen voorzien.
- We gaan uit van meeliften en daarom een gefaseerde periode van uitvoering: 2018 – 2038.

Kosten

De kosten zijn op dezelfde manier berekend als voor heel Rotterdam, zie [bijlage 3](#).

Effect

- Effect op hittestress:
 - Binnen: geen
 - Buiten: afkoeling met 1 °C voor 0,7 ha (dat is 5,6% van het totale areaal)
- Effect op wateroverlast: geen
- Effect op verdroging: geen
- Neveneffecten:
 - Energie & CO₂: geen

- Fijnstof: De effecten van groen op luchtkwaliteit zijn zeer afhankelijk van lokale omstandigheden en kunnen zelfs negatief zijn. Daarom is dit effect niet meegenomen.⁶
- Vastgoedwaarde: positief eenmalig effect, vastgoedwaardestijging met 2,5% voor 15 woningen per 100m.

3.4 Maatregel: Isolatie gebouwen (woningen en bedrijven)

Een sterk geïsoleerde gebouwschil helpt om de binnentemperatuur in zomer en winter te beheersen. Een positief (verlagend) effect op het hitte-eiland treedt op naarmate de isolatie meer aan de buitenkant zit zodat er minder warmte in de gebouwen wordt opgeslagen. Deze maatregel komt zowel hittestress als het hitte-eiland ten goede.

Uitgangspunten bij de interpretatie van deze maatregel zijn:

- 50% van de woningen wordt geïsoleerd.
- We gaan uit van meeliften met nieuwbouw en daarom een gefaseerde periode van uitvoering: 2014 – 2038.

Kosten

De kosten zijn op dezelfde manier berekend als voor heel Rotterdam, zie [bijlage 3](#).

Effect

- Effect op hittestress:
 - Binnen: afkoeling met 1 °C voor de helft van de woningen (604 woningen)
 - Buiten: geen
- Effect op wateroverlast: geen
- Effect op verdroging: geen
- Neveneffecten:
 - Energie & CO₂: besparing van 10 m³ aardgas en erbij horend CO₂-uitstoot per m² isolatie
 - Fijnstof: geen
 - Vastgoedwaarde: geen

3.5 Maatregel: Aanpassen van albedo van daken

De maatregel houdt het lichter maken van daken in (bijvoorbeeld, door wit maken). De daken zullen lichter worden gemaakt, zodat ze meer straling terugkaatsen. De muren zullen iets donkerder worden gemaakt, zodat ze minder straling afgeven.

Uitgangspunten bij de interpretatie van deze maatregel zijn:

⁶ In principe heeft groen een luchtzuiverende werking (afvang PM₁₀ en NO_x). Maar grote dichtheid van bomen zorgt dan weer voor een verminderde verticale uitwisseling van de lucht. Hierdoor nemen de concentraties van luchtvervuiling van bijvoorbeeld verkeer toe.

- Uitgangspunt voor de dakbedekking in Bergpolder Zuid is dat het merendeel van de daken groene daken zullen zijn, slechts een enkel dak krijgt een albedo-dak. 10% van de huizen in Bergpolder Zuid krijgt een Albedo-dak.
- We gaan uit van een meeliften en daarom een gefaseerde periode van uitvoering: 2014 – 2038.

Kosten

De kosten zijn op dezelfde manier berekend als voor heel Rotterdam, zie [bijlage 3](#).

Effect

- Effect op hittestress:
 - Binnen: afkoeling met 2 °C voor 10% van de woningen (121 woningen)
 - Buiten: afkoeling met 1 °C voor 10% van het gebied (1,26 ha)
- Effect op wateroverlast: geen
- Effect op verdroging: geen
- Neveneffecten:
 - Energie & CO₂: geen
 - Fijnstof: geen
 - Vastgoedwaarde: geen

3.6 Maatregel: Waterplein

Pleinen zijn grotere eenheden in de openbare ruimte. Elke wijk en buurt heeft wel één of meerdere van deze pleinen of parken in het gebied liggen. Door deze pleinen te verlagen kan tijdelijke (ondergrondse) waterberging gerealiseerd worden. Kinderen vinden spelen met water altijd leuk, en daarnaast worden ze zich bewust van de aanwezigheid van water in de stad.

Uitgangspunten bij de interpretatie van deze maatregel zijn:

- 1 waterplein met capaciteit 400 m³ en oppervlak van 1000 m².
- Periode van uitvoering: 2038⁷.

Kosten

De kosten zijn op dezelfde manier berekend als voor heel Rotterdam, zie [bijlage 3](#).

Effect

- Effect op hittestress:
 - Binnen: geen
 - Buiten: Afkoeling met 1 °C voor 1 ha
- Effect op wateroverlast: 20 cm waterhoogteverlaging in een toestroomgebied van 2 ha, waarvan in 10% van het gebied water op straat komt.
- Effect op verdroging:

⁷ De uitvoering van de maatregel *waterplein* is in 2038 geplant. De reden hiervoor is dat de plein waar de waterplein zou ontstaan recent is opgeknapt. De maatregelen worden op basis van de aanname "meeliften" uitgevoerd. Daarom zou op korte termijn geen herstructurering van het plein tot een waterplein realistisch zijn. Dit betekent ook dat pas vanaf 2038 baten door schadebeperking ontstaan door het waterplein.

- Groen: 20 mm grondwateraanvulling voor een gebied van 2 ha.
- Funderingen: geen
- Neveneffecten:
 - Energie & CO₂: geen
 - Fijnstof: geen
 - Vastgoedwaarde: positief eenmalig effect, vastgoedwaardestijging met 2,5% op 500 omliggende woningen

3.7 Maatregel: Verhoging van stoepranden en verlaging wegen

Als het verschil tussen straathoogte en stoephoogte grote gemaakt wordt, ontstaat er op straat meer ruimte om water te bergen. Het water komt dan minder snel de huizen binnen. Als deze straten aan elkaar gekoppeld worden kan ook een bewuste sturing van het water plaatsvinden naar het laagste punt in de omgeving of richting het oppervlaktewater.

Uitgangspunten bij de interpretatie van deze maatregel zijn:

- 1400 m straat wordt aangepakt.
- Periode van uitvoering: 700 m tussen 2018 – 2038, 700 m tussen 2038 – 2063.

Kosten

De kosten zijn op dezelfde manier berekend als voor heel Rotterdam, zie [bijlage 3](#).

Effect:

Deze maatregel heeft alleen effect op wateroverlast, en wel 10 cm waterhoogteverlaging voor 7 ha toestroomgebied.

3.8 Maatregel: Groene daken

Groene daken zijn daken waarop water geborgen kan worden, dat vervolgens verdampt. Daardoor wordt, naast de vermindering van de afvoer, ook de temperatuur van de directe omgeving iets lager. Wanneer ook de afvoer van het niet te bergen water wordt vertraagd (in de drainage laag onder het groeimedium), wordt de waterretentie hoger.

Uitgangspunten bij de interpretatie van deze maatregel zijn:

- Groene daken met vertraagde afvoer en blauwe daken.
- 11560 m² dakoppervlak wordt groen dak. Bij een gemiddeld dakoppervlak van 40 m² zijn dat 289 woningen.
- Periode van uitvoering: 3040 m² tussen 2013 – 2023, 2360 m² tussen 2023 – 2038, 6160 m² tussen 2038 – 2063.

Kosten

De aanlegkosten zijn gesteld op €52,50 per m². De kosten liggen daarmee lager dan voor heel Rotterdam. Oorzaak is voortschrijdend inzicht t.a.v. de hoogte van aanlegkosten⁸.

⁸ Informatie afkomstig van het infopunt duurzaam Rotterdam van de gemeente Rotterdam.

Effect

- Effect op hittestress:
 - Binnen: geen
 - Buiten: 0,5 °C voor 10,8 ha
- Effect op wateroverlast: 4 cm waterhoogteverlaging voor 10,8 ha toestroomgebied
- Effect op verdroging: geen
- Neveneffecten:
 - Energie & CO₂: geen
 - Fijnstof: 5 gram/m² PM₁₀; 2 gram/m² NO_x
 - Vastgoedwaarde: geen

3.9 Maatregel: Infiltrerende wegfundering/ waterpasserende verharding

Bij aanpassing van wegen in de stad kan bewust gekozen worden om water van de weg op te vangen en tussen het wegdek en de grondwaterstand te bergen. Dit gebeurt in het korrelskelet wat de wegconstructie standaard heeft om de belasting te dragen.

Uitgangspunten bij de interpretatie van deze maatregel zijn:

- 1400 m straat wordt aangepakt.
- We gaan uit van meeliften met gepland groot onderhoud en daarom een gefaseerde periode van uitvoering: 700 m tussen 2018 – 2038, 700 m tussen 2038 – 2063.

Kosten

De kosten zijn op dezelfde manier berekend als voor heel Rotterdam, zie [bijlage 3](#).

Effect

- Effect op hittestress: geen
- Effect op wateroverlast: 4 cm waterhoogte-verlaging voor 7 ha toestroomgebied
- Effect op verdroging:
 - Groen: 32 mm grondwateraanvulling voor een gebied van 1,4 ha.
 - Funderingen: 8 mm grondwateraanvulling voor een gebied van 1,4 ha
- Neveneffecten:
 - Energie & CO₂: geen
 - Fijnstof: geen
 - Vastgoedwaarde: geen

3.10 Maatregel: Ontharden van tuinen en bermen

Door minder verharding kan er tijdens neerslag meer water infiltreren. In plaats dat dit water afstroomt naar het riolsysteem, wordt met deze maatregel het grondwater in de bodem aangevuld.

Uitgangspunten bij de interpretatie van deze maatregel zijn:

- 4640 m² wordt onthard.
- Periode van uitvoering: 2480 m² tussen 2013 – 2023, 2160 m² tussen 2023 – 2063.

Kosten

De kosten zijn op dezelfde manier berekend als voor heel Rotterdam, zie [bijlage 3](#).

Effect

- Effect op hittestress: geen
- Effect op wateroverlast: 2 cm waterhoogteverlaging voor 4,64 ha toestroomgebied
- Effect op verdroging (baten 2-4% groen; 96-98% fundering)
 - Groen: 50 mm grondwateraanvulling voor een gebied van 0,464 ha.
 - Funderingen: 25 mm grondwateraanvulling voor een gebied van 0,928 ha
- Neveneffecten:
 - Energie & CO₂: geen
 - Fijnstof: De effecten van groen op luchtkwaliteit zijn zeer afhankelijk van lokale omstandigheden en kunnen zelfs negatief zijn. Daarom is dit effect niet meegenomen, net als bij de maatregel *Groen in de straat*.
 - Vastgoedwaarde: geen

4 De MKBA-resultaten

De berekening van de kosten en baten van de verschillende projectalternatieven is in meerdere stappen uitgevoerd. Naast een basisscenario (paragraaf 4.1) met 2% economische groei, klimaatscenario G en geen ramingsonzekerheden van de kosten zijn ook scenario's berekend met klimaatscenario W+ (paragraaf 4.2.1), geen economische groei (paragraaf 4.2.2) en met 10% ramingsonzekerheid (paragraaf 4.2.3).

4.1 Resultaten Bergpolder Zuid

In het basisscenario hebben we met een economische groei van 2% de kosten en baten berekend. Onderstaand tabel toont het resultaat per maatregel voor klimaatscenario G.

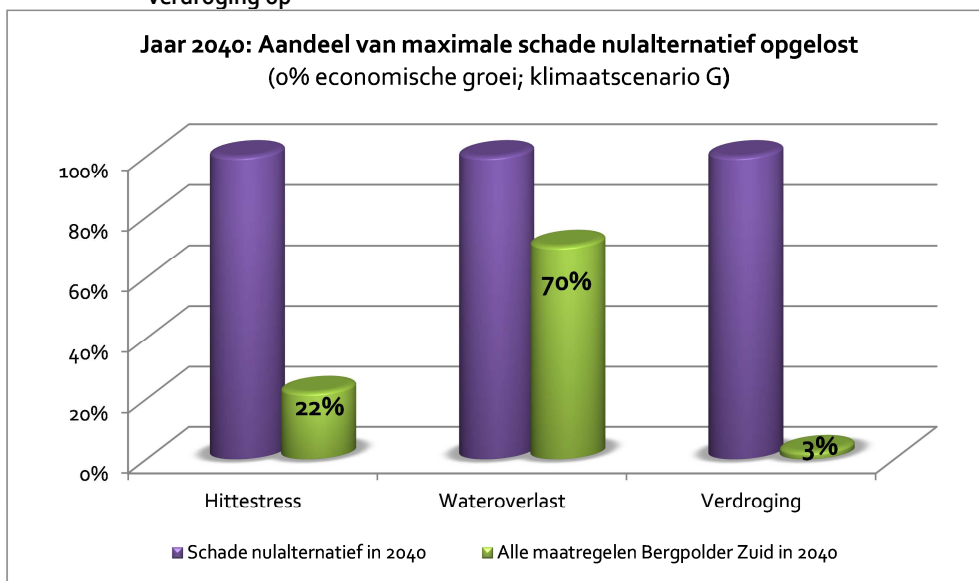
Tabel 2 In het basisscenario (2% economische groei) tonen vijf projectalternatieven een positief resultaat (NCW in € 1.000) in klimaatscenario G

2% groei; Klimaatscenario G	GGD advies	Groen straat	Isolatie gebouw	Albedo daken	Water- plein	Verhogen stoeprand	Groene daken	Infiltr. Wegfund.	Ontharden tuinen
Kosten									
Investeringsen (-restwaarde)	1	11	1.946	83	103	62	347	59	7
Onderhoud	4	9	441	96	89	10	116	98	1
Baten									
Hittestress	266	5	152	70	2	-	16	-	-
Wateroverlast	-	-	-	-	22	57	34	39	21
Verdroging	-	-	-	-	10	-	-	148	437
Energie	-	-	1.192	-	-	-	-	-	-
CO ²	-	-	495	-	-	-	-	-	-
Luchtkwaliteit	-	-	-	-	-	-	211	-	-
Vastgoed	-	99	-	-	714	-	-	-	-
Totaal									
Som Kosten	5	21	2.387	179	192	72	463	157	8
Som Baten	266	105	1.839	70	748	57	261	187	459
Resultaat	260	84	-548	-108	556	-15	-202	30	451

In het basisscenario tonen 5 van de 9 maatregelen een positief resultaat, namelijk *GGD-advies*, *groen in de straat*, *waterplein*, *infiltrerende wegfundering* en *ontharden van tuinen en bermen*. Bij *groen in de straat* en het *waterplein* valt op dat het positieve resultaat met name tot stand komt door de hoge

neveneffecten. Dit komt door een eenmalige stijging van de vastgoedwaarde met 2,5% door hogere ruimtelijke kwaliteit. De maatregelen *ontharden tuinen en bermen* kent een opvallend laag niveau aan investerings- en onderhoudskosten. Verder zijn er grote baten in het voorkomen van schade door verdroging te bereiken, zowel bij de gebouwfundering (ca. 98% van de baten) als ook bij groen (ca. 2% van de baten).

Grafiek 5 Alle maatregelen bij elkaar lossen in het jaar 2040 ca. 22% van de schade door Hittestress, ca. 70% van de schade door wateroverlast en 3% van de schade door verdroging op



Bovenstaand plaatje toont het aandeel van de schade in het nulalternatief dat is opgelost door de implementatie van alle maatregelen in klimaatscenario G, beschouwd in het jaar 2040. In dit jaar is al een flink aantal van de maatregelen geïmplementeerd en zijn in het klimaatscenario G ook al effecten van klimaatverandering (vergelijk grafieken 2-4 in paragraaf 3.1) meegenomen.

Alle maatregelen bij elkaar genomen lossen 22% van de schade door hittestress op ten opzichte van het nulalternatief. Ook worden 70% van de schade door wateroverlast en 3% van de schade door verdroging opgelost. Met name de baten door verdroging lijken heel klein vergeleken met de schade in het nulalternatief. Dit is te verklaren met het feit dat meer dan 80% van de woningen in dit gebied schade ondervinden door vochttekort omdat de fundering uitdroogt. De maatregelen werken alleen als ze in dichte nabijheid van de fundering worden ingezet. Het maatregelpakket voor verdroging is beperkt vergeleken met de problematiek in dit gebied, en dus is het effect klein vergeleken met de schade in het nulalternatief.

In de volgende paragraaf analyseren we in hoe verre deze uitkomsten robuust zijn door het toepassen van een gevoeligheidsanalyse op de aannames zoals klimaatscenario, economische groei en de raming van de kosten en neveneffecten.

4.2 Gevoeligheidsanalyse

De berekeningen en dus de uitkomsten zijn gebaseerd op een aantal aannames. Om de robuustheid van de uitkomsten te testen hebben wij eerst de belangrijkste aanname wat betreft de baten, namelijk het klimaatscenario, getoetst. Vervolgens zijn we met de maatregelen die in beide klimaatscenario's positief zijn verder in de gevoeligheidsanalyse gegaan en hebben ook de economische groei en de raming van de kosten en het neveneffect vastgoedwaardestijging aangepast en met het basisscenario vergeleken. Onderstaand tabel toont de resultaten in Netto Contante Waarde per maatregel en per gevoeligheidsanalyse. De gedetailleerde uitkomsten zijn in [bijlage 4](#) opgenomen.

Tabel 3 Het toepassen van gevoeligheidsanalyses op meerdere aannames van de berekening leidt tot de conclusie dat de uitkomsten robuust zijn

	GGD advies	Groen straat	Waterplein	Infiltrerende Wegfund.	Ontharden tuinen
Basisscenario	260	84	556	30	451
Klimaatscenario W+	420 (+62%)	87 (+4%)	563 (+1%)	38 (+27%)	457 (+1%)
Economische groei 0%	180 (-31%)	67 (-20%)	345 (-38%)	10 (-67%)	286 (-37%)
Kosten +10%	260 (0%)	82 (-2%)	537 (-3%)	14 (-53%)	451 (0%)
Vastgoedbaat * 0,5	260 (0%)	34 (-60%)	199 (-64%)	30 (0%)	451 (0%)

4.2.1 Klimaatscenario

In het basisscenario gaan we uit van klimaatscenario G. In Tabel 3, tweede regel, is het resultaat voor klimaatscenario W+ getoond. De gedetailleerde uitkomsten zijn in [bijlage 4](#) opgenomen.

Ook in klimaatscenario W+ hebben de 5 maatregelen een positief resultaat: *GGD-advies, groen in de straat, de waterplein, infiltrerende wegfundering* en het *ontharden van tuinen en bermen*. De baten in klimaatscenario W+ zijn hoger voor hittestress en verdroging omdat dit klimaatscenario extremere periodes van hitte kent. Een en dezelfde maatregel lost dus in klimaatscenario W+ meer schade op dan in klimaatscenario G omdat het optreden van de overlast extremer is.

4.2.2 Economische groei

In het basisscenario rekenen wij met de aanname van een economische groei van 2%. Deze groei heeft een effect op zowel de kosten als ook de baten van de projectalternatieven. Door het verschil in de kasstromen van de projectalternatieven kan het aanpassen van deze aanname een effect hebben op de verhouding van de resultaten. Tabel 3, regel 3 toont de resultaten met de aanname van 0% en 2% economische groei in klimaatscenario G.

De gevoeligheidstoets op de aanname van een 2% economische groei toont dat de uitkomsten robuust zijn. Ook onder de aanname van 0% economische groei hebben is het resultaat van de 5 maatregelen positief, wel in mindere mate. In [bijlage 4](#) zijn de uitkomsten gedetailleerd opgenomen.

De economische groei heeft zowel effect op de kosten als ook de baten. In het volgende paragraaf laten wij zien hoe gevoelig de resultaten zijn op een verandering in de kosten.

4.2.3 Ramingsonzekerheden kosten

Om de gevoeligheid van de resultaten door kostenwijzigingen te toetsen hebben we een ramingsonzekerhedenopslag van 10% op de kosten toegepast. Dit heeft een effect zowel op de investerings- als ook de onderhoudskosten. De baten blijven onveranderd. Het resultaat is te zien in tabel 3, regel 4. In dit scenario zijn de kosten voor de initiële investering en voor onderhoud 10% hoger dan in het basisscenario. Echter blijven de baten gelijk. Alle 5 maatregelen hebben ook in dit scenario een positief resultaat. De gedetailleerde uitkomsten zijn in [bijlage 4](#) opgenomen.

4.2.4 Vastgoedbaten

In beide klimaatscenario's en in alle gevoeligheidsanalyses valt op dat de resultaten van de maatregelen *groen in de straat* en *waterplein* in sterke mate zijn beïnvloed door de eenmalige vastgoedbaten (zie [bijlage 4](#)). Om de gevoeligheid van de resultaten wat betreft de aanname van de vastgoedbaten te toetsen hebben wij de waardetoeename gehalveerd. Tabel 3, regel 5, toont het resultaat van deze toets voor de twee maatregelen. Ook de toets op de gevoeligheid van de resultaten met betrekking tot de vastgoedbaten laat concluderen dat de uitkomsten robuust zijn. Zowel de maatregel *groen in de straat* als ook de maatregel *waterplein* hebben ook met de helft van de vastgoedbaten een positief resultaat.

4.3 Resultaten Bergpolder Zuid ten opzichte van heel Rotterdam

De resultaten voor Bergpolder Zuid tonen 5 positieve maatregelen in klimaatscenario G. Een interessante vraag is in hoe verre deze uitkomst dezelfde was voor het eerste MKBA-onderzoekstraject voor heel Rotterdam. Zijn dezelfde maatregelen positief? Tabel 4 toont de resultaten van de maatregelen voor heel Rotterdam en voor Bergpolder Zuid specifiek.

Tabel 4 Voor 5 van de 9 maatregelen verandert het resultaat van teken door het toepassen op Bergpolder Zuid: in 3 gevallen van positief naar negatief, in 2 wordt het resultaat positief

2% groei; Klimaatscenario G	GGD advies	Groen straat	Isolatie gebouw	Albedo daken	Water- plein	Verhogen stoeprand	Groene daken	Infiltr. Wegfund.	Ontharden tuinen
Netto Contante Waarde Rotterdam	54.527	4.321	3.785	13.587	16.438	807	-30.138	-2.300	-592
Netto Contante Waarde Bergpolder Zuid	260	84	-548	-108	556	-15	-202	30	451

De conclusie uit bovenstaand tabel is dat er voor 5 maatregelen een “omslag” in teken plaats vindt als de analyse van heel Rotterdam wordt toegepast op Bergpolder Zuid.

De drie maatregelen *isolatie gebouw*, *aanpassen albedo daken* en *verhogen stoepranden* hebben in Rotterdam een positief resultaat en in Bergpolder Zuid een negatief resultaat. Dit is te verklaren door verschillen in de baten. *Isolatie gebouw* en *aanpassen albedo daken* zijn maatregelen tegen hittestress. De arbeidsproductiviteit per woning is lager in Bergpolder Zuid dan in Rotterdam. Daarom is ook de schade per woning door hittestress kleiner en vervolgens ook de baten van de maatregel per woning.

Het *verhogen van de stoepranden* is een maatregel tegen wateroverlast. Het probleem wateroverlast speelt in Bergpolder Zuid in mindere sterke maten omdat de percentage van woningen op de begane grond kleiner is dan voor heel Rotterdam (minder dan 20% t.o.v. 40%). Hierdoor is de schade door wateroverlast kleiner en dus ook de baten van de maatregel die de schade voorkomen.

De maatregelen *aanleg infiltrerende wegfundering* en *ontharden van tuinen en bermen* zijn maatregelen die het negatieve effect van verdroging tegen werken. Het verdrogingsprobleem is gebiedsspecifiek en de aannames voor Rotterdam dus op een gemiddelde gebaseerd, omdat er gebieden zijn met last van uitdroging en gebieden zonder deze last, afhankelijk van het grondwaterpeil en de fundering van gebouwen. In Bergpolder Zuid speelt het thema verdroging, zowel voor groen als ook voor de fundering van gebouwen. Daarom zijn de baten door het voorkomen van de schade hoger dan het gemiddelde voor Rotterdam en het resultaat van de maatregelen worden positief.

4.4 Bij wie komen de baten en kosten terecht?

De MKBA rekent vanuit maatschappelijk perspectief en overstijgt (negeert) daarbij instituties en actoren. In werkelijkheid is er wel degelijk sprake van verschillende actoren met diverse belangen. Om inzicht te krijgen in deze belangen splitsen we de kosten en de baten uit naar actor.

De baten van hittestress bestaan uit voorkomen van ziekte, sterfte en verlies aan arbeidsproductiviteit. Deze baten vallen daarom bij bewoners, bedrijven en zorgverzekeraars.

De baten van wateroverlast bestaan uit het voorkomen van schade aan panden en inboedel (en dan met name op de begane grond) en stroomstoring. Deze baten vallen bij eigenaren, bewoners en bedrijven.

De baten van verdroging bestaan uit het voorkomen van schade aan groen en schade aan houten paalfunderingen. Deze baten vallen bij de gemeente (voor openbaar groen), bewoners (voor tuinen) en eigenaren (funderingen).

Tabel 5 De kosten en baten worden door verschillende actoren gedragen

	Gemeente	Eigenaren/ ontwikkelaars	Bewoners/ bedrijven	Verzekeraar	Algemeen
GGD advies	Kosten aanleg en onderhoud		Baten hittestress	Baten hittestress	
Groen straat	Kosten aanleg en onderhoud	Vastgoedwaarde	Baten hittestress (alleen buiten)	Baten hittestress	
Isolatie		Kosten aanleg en onderhoud	Baten hittestress (alleen binnen); energiebesparing	Baten hittestress	CO ₂ reductie
Albedo daken		Kosten aanleg en onderhoud	Baten hittestress	Baten hittestress	
Waterplein	Kosten aanleg en onderhoud	Vastgoedwaarde Baten wateroverlast	Baten hittestress en wateroverlast	Baten hittestress	
Verhogen stoeprand	Kosten aanleg en onderhoud	Baten wateroverlast	Baten wateroverlast		
Groene daken		Kosten aanleg en onderhoud Baten wateroverlast	Baten hittestress Baten wateroverlast	Baten hittestress	Lucht-kwaliteit
Infiltrerende wegfundering	Kosten aanleg en onderhoud Baten groen	Baten verdroging	Baten wateroverlast Baten groen		
Ontharden tuinen		Kosten aanleg en onderhoud Baten funderingsschade	Baten groen		

Voor de maatregelen die effect hebben op hittestress geldt typisch dat de baten neerslaan bij bewoners, bedrijven en (zorg)verzekeraars, terwijl de investeringen worden gedaan door gemeente en eigenaren. Daar waar sprake is van nieuwbouw is het wellicht (gedeeltelijk) mogelijk om de maatregelen isolatie en albedo van daken in de koop of huur in te prijzen.

4.5 Conclusies resultaten en aanbevelingen

De analyse van de uitkomsten heeft opgeleverd dat 5 maatregelen uit de 9 bestudeerde maatregelen een positief resultaat hebben: *GGD-advies*, *groen in de straat*, *waterplein*, *infiltrerende wegfundering* en *ontharden van tuinen en bermen*. Dit geldt over de hele looptijd voor zowel klimaatscenario G als ook W+.

In de gevoeligheidsanalyse hebben we de aanname voor economische groei en ramingsonzekerheid van de kosten getoetst en ook een robuustheidstest op de vastgoedwaardestijging uitgevoerd. De resultaten zijn voor de 5 maatregelen ook nog positief als we deze aannames veranderen. Dit betekent dat de uitkomsten robuust zijn.

Uit de actorenanalyse concluderen wij dat van de vijf maatregelen die een positieve netto contante waarde laten zien er vier zijn die normaliter door de gemeente worden aangelegd en onderhouden. Alleen voor de maatregel *ontharden van tuinen en bermen* geldt dat de kosten voor de tuinen bij vastgoedeigenaren vallen. Opvallend is dat voor deze maatregel ook de (meeste) baten bij de vastgoedeigenaren vallen. Deze maatregel is daarom zowel economisch aantrekkelijk als ook vanuit actoren perspectief gemakkelijk te implementeren (kosten en baten bij dezelfde partij). We merken deze maatregel daarom aan als een “no-regret”-maatregel.

Bij de maatregelen die positief scoren, maar waar de kosten en de baten verspreid zijn over verschillende actoren is het mogelijk om in gesprek te gaan over meebetalen op basis van inzicht in de voordelen en de meerkosten die optreden.

Bijlage 1: Overzicht van de belangrijkste gebiedsspecifieke aannamen

Kenmerk	Aanname Bergpolder Zuid	Aanname Rotterdam
Oppervlakte gebied	0,125 km ² = 12,5 ha	100 km ²
Arbeidsproductiviteit	0.4% van heel Rotterdam (excl. Haven)	75% van heel Rotterdam (excl. Haven)
Aantal woningen	1.207	300.000
Aantal inwoners	2.253	616.250
Gemiddelde waarde woning	€ 132.733	€ 150.000
Aantal woningen op begane grond	18,48%	40%
Aantal bedrijven	35	30.000
Aantal woningen met kwetsbare fundering (houten palen)	1000	20.000

Bijlage 2: Algemene uitgangspunten per thema

In deze bijlage worden per klimaatthema de belangrijkste uitgangspunten op een rij gezet.

Thema hitte

Algemene uitgangspunten:

- Toename van sterfte bij warme en tropische dagen voor Bergpolder Zuid is afgeleid van het Rotterdamse gemiddelde, en is verdisconteerd via het aantal bewoners in beide gebieden (2 253 / 616 250);
- We maken een onderscheid tussen binnenshuis en buitenshuis optredende kosten. De kosten verhouding tussen binnenshuis en buitenshuis is als 4 : 1;
- We gaan uit van warme en tropische dagen, waarbij we warme dagen definiëren als dagen met een gemiddelde temperatuur van 5 °C boven optimaal, en tropische dagen als dagen met een temperatuur van 10 °C boven optimaal;
- We hanteren voor de verschillende klimaatscenario's de volgende getallen:
 - o Huidig: 24 warme dagen en 4 tropische dagen per jaar;
 - o G: 30 warme dagen en 7 tropische dagen per jaar;
 - o W+: 50 warme dagen en 15 tropische dagen per jaar;
- Temperatuur effecten van maatregelen zijn afgerond naar boven naar hele graden.

Uitgangspunten mortaliteit:

- Schade per sterfte door hittestress: € 800.000, wat beduidend lager is dan er voor verkeersslachtoffers wordt gehanteerd;
- We hanteren voor de toename van het aantal sterftegevallen in Rotterdam:
 - o eens per jaar: 0 per warme dag en 0,75 per tropische dag;
 - o eens per 10 jaar: 0,33 per warme dag en 7 per tropische dag;
 - o eens per 100 jaar: 0,5 per warme dag en 10 per tropische dag.
- Toename van sterfte bij warme en tropische dagen voor Bergpolder Zuid is afgeleid van het Rotterdamse gemiddelde, en is verdisconteerd via het aantal bewoners in beide gebieden (2 253 / 616 250)

Uitgangspunten ziekenhuisopnames:

- Schade per ziekenhuisopname door hittestress: € 5.000;
- Aantal ziekenhuisopnames per bewoner per jaar is in Bergpolder Zuid identiek aan het Rotterdamse gemiddelde: 0.28
- We hanteren voor de toename van het aantal ziekenhuisopnames in Rotterdam:
 - o eens per jaar: 2 per warme dag en 10 per tropische dag;
 - o eens per 10 jaar: 5 per warme dag en 40 per tropische dag;
 - o eens per 100 jaar: 10 per warme dag en 100 per tropische dag.
- Toename van aantal ziekenhuisopnames voor Bergpolder Zuid is afgeleid van het Rotterdamse gemiddelde, en is verdisconteerd via het aantal bewoners in beide gebieden (2 253 / 616 250)

Uitgangspunten impact op arbeidsproductiviteit:

- Aandeel arbeidsproductiviteit Bergpolder = 0.4 % van de totale arbeidsproductiviteit van heel Rotterdam (minus de haven). Dit is verdisconteerd via het aantal woningen in beide gebieden (1 207 / 300 000);
- We hanteren voor de afname van de arbeidsproductiviteit in Rotterdam:
 - o eens per jaar: 0.03% op warme dagen en 0,15% op tropische dagen;
 - o eens per 10 jaar: 0,20% op warme dagen en 1% op tropische dagen;
 - o eens per 100 jaar: 1% op warme dagen en 5% op tropische dagen.

Thema Wateroverlast

Algemene uitgangspunten:

- We maken onderscheid tussen schade aan woningen, stroomstoring bij huishoudens en stroomstoring bij bedrijven, waarbij we voor bedrijven uitgaan van een zelfde verdeling tussen centrum en periferie als bij woningen;
- We hanteren voor de verschillende klimaatscenario's de volgende optredende waterhoogtes op straat:
 - o Huidig: elke 2 jaar: 4 cm; elke 10 jaar: 9 cm; elke 100 jaar: 20 cm;
 - o G: elke 2 jaar: 7 cm; elke 10 jaar: 13 cm; elke 100 jaar: 32 cm;
 - o W+: elke 2 jaar: 7 cm; elke 10 jaar: 13 cm; elke 100 jaar: 32 cm;
- We hanteren een verhouding tussen neerslaggebied en probleemgebied van 10 : 1;
- Waterhoogte effecten van maatregelen zijn afgerond naar hele cm.

Uitgangspunten woningen:

- Gemiddelde waarde woning: € 132.733;
- Aantal woningen op begane grond is in Bergpolder Zuid 18,48%;
- Bij een waterhoogte tot 30 cm bedraagt de schade 10% van de waarde van de woning, bij een waterhoogte boven 30 cm is dit 15%;
- We hanteren voor schade aan woningen in Bergpolder Zuid: (naar evenredigheid aangepast in vergelijking met situatie heel Rotterdam op basis van woningen begane grond , vermenigvuldigd met: 18,48 / 40)

waterhoogte	Cumulatief % met overlast in de huidige situatie voor Bergpolder Zuid	Voor heel Rotterdam was dit
0 - 5 cm water	0.09%	0.2%
5 -10 cm water	0.46%	1.0%
10 - 15 cm water	1.11%	2.4%
15 -20 cm water	2.31%	5.0%
20 -25 cm water	3.70%	8.0%
25 cm - 50 cm water	13.86%	30%
Nooit wateroverlast	86.14%	70%

Uitgangspunten stroomstoring huishoudens:

- 90% van de woningen is gevoelig voor stroomstoring;
- Schade per uur door stroomstoring: € 20;
- We hanteren voor schade door stroomstoring in huishoudens in Bergpolder Zuid:

- o Tot 20 cm water op straat: geen stroomstoringen;
- o 30 cm water op straat: 4 uur storing bij 4% van de huishoudens;
- o 50 cm water op straat: 8 uur storing bij 25% van de huishoudens;
- o 75% van de woningen heeft nooit stroomstoring door wateroverlast.

Uitgangspunten stroomstoring bedrijven:

- 35 bedrijven in Bergpolder Zuid. Daarbij is uitgegaan van het Rotterdamse gemiddelde van 0.00028 bedrijven per m²;
- Schade per keer door stroomstoring: € 600;
- We hanteren voor schade door stroomstoring in huishoudens in Bergpolder Zuid:
 - o Tot 20 cm water op straat: geen stroomstoringen;
 - o 30 cm water op straat: storing bij 4% van de bedrijven;
 - o 50 cm water op straat: storing bij 25% van de bedrijven;
 - o 75% van de bedrijven heeft nooit stroomstoring door wateroverlast.

Thema Verdroging

Algemene uitgangspunten:

- We maken onderscheid tussen schade aan fundering van woningen en schade aan de groene leefomgeving;
- We hanteren voor de verschillende klimaatscenario's de volgende optredende gemiddelde maximale neerslagtekorten in het zomer halfjaar (het groeiseizoen):
 - o Huidig: 144 mm;
 - o G: 151 mm;
 - o W+: 220 mm;
- Grondwateraanvullingseffecten van maatregelen zijn afgerond naar hele mm;
- Afhankelijk van de maatregel worden de effecten van de maatregel verdeeld over fundering en groen. Daarbij gaan we er van uit dat de huizen (fundering) verder van de straat en het open water zijn gelegen dan het groen.

Uitgangspunten funderingsschade:

- Gemiddelde waarde woning: € 132.733,-;
- Er is in Bergpolder Zuid uitgegaan van 1000 woningen met potentieel kwetsbare fundering (op houten palen).
- Bij funderingsschade gaan we er van uit dat de woning (op termijn) zijn waarde volledig verliest;
- We hanteren voor schade aan funderingen in Rotterdam:
 - o Tot 70 mm neerslagtekort: geen funderingsschade;
 - o 145 mm neerslagtekort: 50% funderingsschade;
 - o Vanaf 220 mm neerslagtekort: 100% funderingsschade;
 - o Tussen 0 en 145 mm en tussen 145 en 220 mm wordt de optredende schade bepaald door lineaire interpolatie.

Uitgangspunten groenschade:

- We hanteren voor schade aan groen in Rotterdam:
 - o Tot 70 mm neerslagtekort: geen groenschade;
 - o 144 mm neerslagtekort: € 10.000.000 groenschade in Rotterdam;
 - o 151 mm neerslagtekort: € 15.000.000 groenschade in Rotterdam;

- o 220 mm neerslagtekort: € 50.000.000 groenschade in Rotterdam.
 - o Tussen deze waarden wordt de optredende schade bepaald door lineaire interpolatie.
- De groenschade voor de verschillende klimaatscenario's in Bergpolder Zuid is bepaald op basis van de binnendijkse groenschade voor heel Rotterdam, en verdisconteerd via de oppervlaktes van beide gebieden ($0,125 \text{ km}^2$ / $92,5 \text{ km}^2$).

Bijlage 3: Uitgangspunten per maatregel voor Bergpolder Zuid

Maatregel: Aanpassen gedrag en vergroten kennis huisartsen / GGD

Eenheid: het gebied Bergpolder Zuid

Beschrijving

Gedragmaatregelen kunnen o.a. zijn:

- Raam open / dicht
- Opzoeken van koele plekken
- Tempo / activiteiten aanpassen
- Bevorderen van de vochtinname
- Bijstellen van medicatie
- Hitte-acclimatisatie

Vergroten van de kennis van huisartsen / GGD bestaat voor een deel uit informatie over het effect van dergelijke maatregelen op het leefklimaat, en de mensen in dat leefklimaat.

Raam open / dicht

Om de hitte langer buitenshuis te houden kan worden aangeraden om overdag de ramen dicht te houden, terwijl 's avonds of 's nachts juist beter de ramen zoveel mogelijk geopend kunnen worden om te koelen.

Nadeel van geopende ramen tijdens de nacht in de slaapkamer is dat geluidsoverlast en daarmee slaapverstoring kan optreden. Ook luchtverontreiniging en inbraakgevoeligheid zijn hierbij van belang, zeker in de stedelijke omgeving.

Opzoeken van koele plekken

Tijdens hete perioden kan aangeraden worden om koele plekken op te zoeken, zowel relatief koele plekken in huis als relatief koele plekken buitenshuis.

Deze moeten dan uiteraard wel beschikbaar zijn, dus maatregelen op het gebied van ruimtelijke inrichting en gebouwgerelateerde maatregelen dragen hier indirect aan bij.

Tempo / activiteiten aanpassen

Een belangrijke aanpassing aan hitte in de werksituatie is de reductie van het werktempo: het zogenaamde self-pacing. Dit kan thermische overbelasting voorkomen en werkt dus beschermend tegen hitte-aandoeningen. Tijdens het werken in de hitte is het daarom belangrijk dat werknemers veel ruimte krijgen voor self-pacing, zodat zij zelf de verhouding tussen arbeid en rust kunnen reguleren. Ook buiten de werksituatie is het raadzaam om het tempo of het type activiteiten aan te passen aan de temperatuur.

Nadeel van het verlagen van het werktempo is wel dat de productiviteit van werknemers omlaag gaat; Mairiaux en Malchaire (2000) observeerden dat oudere werknemers hun werktijd tijdens hitte terugbrachten tot 25% van de rusttijd om zo in thermisch acceptabele condities te blijven.

Bevorderen van de vochtinname

Om falende thermoregulatie door uitdroging tijdens hitte te voorkomen moet voldoende vocht worden ingenomen.

Bij ouderen moet hierop extra worden gelet, aangezien de dorstreflex en het vermogen om zout en water vast te houden met het klimmen der jaren verminderen⁹.

Bijstellen van medicatie

Bovengenoemde uitdroging wordt nog verder in de hand gewerkt door het gebruik van diuretica ('plaspillen') door ongeveer de helft van de mensen ouder dan 65 jaar¹⁰. Voorts zijn er verschillende frequent door ouderen gebruikte middelen die de dorstreflex en de thermoregulatie beïnvloeden, waaronder medicijnen tegen depressie en hoge bloeddruk¹¹. In sommige gevallen kan het daarom raadzaam zijn om medicatie tijdelijk bij te stellen tijdens hitteperiodes, hoewel hierbij het risico op het optreden van complicaties in de gaten moet worden gehouden.

Hitte-acclimatisatie

Een voor de hand liggende maatregel is om ouderen te stimuleren zich fysiek voor te bereiden op een aankondigde hittegolf door middel van hitte-acclimatisatie (door het lichaam te laten wennen aan de warmte, bijvoorbeeld in een verwarmde kamer) en extra vochtinname.

Uitvoering, dimensionering en kosten

Gedragaanpassing berust voornamelijk op bewustwording. Dat kan op vele manieren, waarbij vooral de media een grote rol kunnen spelen. Daarbij valt te denken aan weerwaarschuwingen op TV en in de krant, een websites met informatie en tips (voor melkvee bestaat een dergelijke website al), brochures (digitaal en in hard copy), etc. Incidenteel worden dergelijke adviezen al verstrekt, zoals in augustus 2012¹², waarbij de voornaamste tips van de GGD in dit geval waren:

- Steek een helpend hand toe als er in uw omgeving ouderen of zieken zijn, die hulp nodig hebben om deze adviezen op te volgen.
- Vermijd inspanning vooral tussen 12.00 uur en 16.00 uur, de warmste uren van de dag.
- Drink twee liter vocht per dag, ook als u geen dorst heeft. Drink bij voorkeur water. Vermijd alcohol.
- Leg af en toe een koele handdoek in uw nek, neem een koele douche of bad.
- Draag een hoed, zonnebril en lichte kleding. Gebruik zonnebrandcrème.
- Laat de zonwering zakken voordat de zon in de kamer schijnt.
- Doe de gordijnen dicht van kamers die veel zon krijgen.

De zwakkeren in de samenleving zijn de meest kwetsbare groep voor hittestress. Dat is ook de groep die het meest in contact komt met huisartsen en GGD. Deze groep kan daardoor directer en meer specifiek worden benaderd. Het vergroten van de kennis bij huisartsen en GGD kan gebeuren door aanvullende cursussen, en voor de toekomst door het als onderdeel in de opleiding op te nemen.

De kosten van deze maatregel zijn relatief laag (maar moeilijk exact kwantificeerbaar), omdat met eenvoudige manier grote groepen mensen te benaderen zijn. Investeringskosten betreffen €366 voor

⁹ Davies et al., 1995; Olde Rikkert et al., 2009

¹⁰ van Kraaij et al., 1998

¹¹ Stöllberger et al., 2009

¹² <http://www.rijnmond.nl/nieuws/17-08-2012/ggd-kijk-uit-voor-tropische-temperaturen>

het gebied Bergpolder Zuid. Onderhoudskosten vormen 50% van de totale investeringskosten. Implementatie van deze maatregel vindt plaats in 2014. Levensduur van deze maatregel is gesteld op 10 jaar.

Effecten

Hittestress

De effecten van gedragsaanpassing zijn grotendeels gevolgbeperkend. Alleen de pogingen de warmte buiten te houden, of koelte in te brengen kunnen enig effect hebben op de binnentemperatuur. Dit effect zal als het al op kan treden in het algemeen beperkt blijven tot 1 à 2 graden, en zich vooral uiten in iets meer slaapcomfort.

Kwantificering van effecten

Hittestress

Effect binnen: 1 °C voor 604 woningen

Effect buiten: 1 °C voor 6,27 ha

Baten

Hittestress

De maatregel resulteert in baten door een beperking van de schade door hittestress. Een beperking van de schade is het gevolg van een verminderde impact op arbeidsproductiviteit, minder ziekenhuisopnames en een lager sterftecijfer op warme en tropische dagen, eens per jaar, eens per 10 jaar en eens per 100 jaar.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €8829,-

Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €13907,-

Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €27962,-

Maatregel: Groen in de straat (bomen, kleinschalig groen)

Eenheid: 100 m straat

Beschrijving

Bomen koelen door verdamping en beperken instraling van de zon op straatniveau en dus opwarming van het oppervlak en de mensen onder de bomen. Fietsen, wandelen en verblijven onder bomen biedt dus koele plekken in de stad. Meetbaar effecten liggen tussen de 5 en 10 graden in stedelijk gebied. Daarnaast wordt door de verdamping van vegetatie lokaal het Urban Heat Island effect beperkt. Voorwaarde is dat er voldoende water in de bodem aanwezig is om te verdampen.

Uitvoering, dimensionering en kosten

Dichtheid en vorm van bomen in de straat variëren. Esthetiek en luchtkwaliteit spelen hierbij een rol. Bij het plaatsen van 4 extra bomen per 100 meter straat zijn de kosten voor bomen en het grondwerk € 2.000 (wat impliceert dat er jonge bomen geplant worden). Uitgangspunt voor Bergpolder Zuid is dat deze maatregel wordt toegepast voor 7 straten van 100 m. Onderhoudskosten vormen een 5% van de totale investeringskosten. Uitgangspunt is meeliften, met een gefaseerde uitvoering van 2018-2038. Levensduur van deze maatregel is gesteld op 25 jaar.

Effecten

Hittestress

Het effect van groen in de straat is vooral lokaal, waarbij vooral de schaduwwerking zorgt voor een daling van de gevoelstemperatuur. Het effect varieert van 1-4 graden. Gemakshalve kan uitgegaan worden van een gemiddeld bereik dat even groot is als het geprojecteerde oppervlak van de boom.

Het effect op binnentemperatuur is niet bekend.

Wateroverlast

Bladval kan verstopping van straatkolken en riolering veroorzaken.

Luchtkwaliteit

In principe heeft groen een luchtzuiverende werking (afvang fijnstof en NOx). Maar grote dichtheid van bomen zorgt dan weer voor een verminderde verticale uitwisseling van de lucht. Hierdoor nemen de concentraties van luchtvervuiling van bijvoorbeeld verkeer toe.

Beleving

Groen in de wijk wordt over het algemeen als positief ervaren. Maar door de schaduwwerking kan de lichtintensiteit in huis afnemen, wat vaak als negatief ervaren wordt en kan leiden meer gebruik van kunstmatige verlichting.

Kwantificering van effecten

Hittestress

Effect binnen: geen

Effect buiten: 1 °C 0,7 hectare (Eenheid is 0.1 ha, 100 m straat van 10 m breed, het betreft 7 straten)

Wateroverlast

Niet meegenomen wegens gebrek aan gegevens.

Luchtkwaliteit

De effecten van groen op luchtkwaliteit zijn zeer afhankelijk van lokale omstandigheden en kunnen zelfs negatief zijn. We hebben dit effect daarom niet meegenomen voor de maatregel groen in de straat.

Beleving

Er wordt uitgegaan van een positief belevingseffect voor 15 woningen gelegen in de straat. De effecten van de maatregel worden met 15 jaar vertraagd, omdat het effect pas ten volle speelt als de bomen volgroeid zijn.

Baten

Hittestress

De maatregel resulteert in baten door een beperking van de schade door hittestress. Een beperking van de schade is het gevolg van een verminderde impact op arbeidsproductiviteit, minder ziekenhuisopnames en een lager sterftecijfer op warme en tropische dagen, eens per jaar, eens per 10 jaar en eens per 100 jaar.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €319,-

Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €443,-

Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €811,-

Vastgoedwaarde

Het positieve belevingseffect wordt vertaald naar een vastgoedwaardestijging. Het betreft een percentage van 2,5% voor 105 woningen met een gemiddelde waarde van €172.733.

Maatregel: Isolatie gebouwen (woningen en bedrijven)

Eenheid: woning

Beschrijving

Een sterk geïsoleerde gebouwschil helpt om de binnentemperatuur in zomer en winter te beheersen. Een positief (verlagend) effect op het hitte-eiland treedt op naarmate de isolatie meer aan de buitenkant zit zodat er minder warmte in de gebouwen wordt opgeslagen. Deze maatregel komt zowel hittestress als het hitte-eiland ten goede.

Uitvoering, dimensionering en kosten

Voorwaarde voor het verkoelend effect van deze "passieve techniek" in de zomer is dat zij wordt gecombineerd met andere maatregelen:

- Toepassing zomernachtventilatie;
- Efficiëntere elektrische apparaten om opwarming binnen te voorkomen;
- Zonneboilers om verbranding van aardgas binnen het gebouw te beperken;
- Geveloriëntatie: glas vooral in de zuidgevels;
- Toepassing dak- en/of balkonoverstekken op zuidgevels;
- Toepassing van (beweegbare) zonwering op oost- en westgevels;
- Toepassing van koude/warmteterugwinning op de ventilatielucht overdag.

De dubbellaagse opbouw met glas in een klimaatgevel of tweede huidfaçade heeft een gunstige invloed op het hitte-eiland en op hittestress. Deze maatregel zorgt namelijk voor een extra thermische schil, waar zonwering geplaatst kan worden zonder kapot te waaien (in hoogbouwsituaties) en waar de opgewarmde lucht naar boven wegstroomt. In de winter kan de opgewarmde lucht wel worden binnengelaten. Dat is uit oogpunt van energiebesparing gunstig. Vanwege de kosten worden deze gevels alleen bij gestapelde bouw toegepast.

In onderstaande tabel zijn de kosten voor gevelisolatie opgenomen.¹³

Soort gevelisolatie	Warmte- weerstand (RD)	Kosten per m ² meter isolatie (inbegrepen plaatsing)	Energiebesparing per jaar per m ² isolatie
Spouwmuurisolatie	1,3	€ 13	8,3 m ³ gas
Isolatie binnenzijde met voorzetwand	1,3	€ 94	8,3 m ³ gas
Isolatie binnenzijde met voorzetwand	2,5	€ 100	9,9 m ³ gas
Isolatie buitenzijde	2,5	€ 115	9,9 m ³ gas
Isolatie buitenzijde	4,0	€ 132	10,5 m ³ gas

In de MKBA wordt uitgegaan van € 100 / m². Een tussenwoning van een rijtjeswoning heeft een gemiddeld geveleppervlak van 60 m². Een appartement heeft een gemiddeld geveleppervlak van 25 m². Als we uitgaan van de gebieden van Rotterdam waar hittestress het meest voorkomt bestaan de woningen voor 1/4 uit rijtjeswoningen en 3/4 uit appartementen. Het gemiddelde geveleppervlak is dan 50 m². De investeringskosten per woning zijn dan € 5.000.

¹³

Bron: <http://www.milieucentraal.nl/themas/energie-besparen/isoleren-en-besparen/gevelisolatie>.

Onderhoud is 1% van de totale investeringskosten. Uitgangspunt is dat er meegelift kan worden met nieuwbouw, er is een gefaseerde periode van uitvoering: 2014-2038. Levensduur van deze maatregel is gesteld op 50 jaar. De maatregel is van toepassing op 50% van de woningen in het gebied (604 woningen).

Effecten

Hittestress

Isolatie van gehouwen draagt bij aan het comfort in huis. Het zorgt ervoor dat in warme periodes de warmte langzamer binnendringt in huis waardoor een huis minder snel opwarmt en afkoelt dan de buitentemperatuur. Dit verschil zie je in dag en nacht ritme, maar ook in het vertraagd opwarmen van een geïsoleerd huis ten opzichte van een minder geïsoleerd huis gedurende een hittegolf.

Energiebesparing

In de winter bespaart isolatie aardgaskosten voor verwarming.

CO₂

De energiebesparing heeft een aanvullende baat in de vorm van een vermindering van CO₂-emissies.

Kwantificering van effecten

Hittestress

Effect binnen: 1 °C voor 604 woningen (voor 100% van 1 woning)

Effect buiten: geen

Energiebesparing

De impact op het aardgasverbruik is ook in de bovenstaande tabel weergegeven. In de MKBA wordt uitgegaan van 10 m³ aardgas per m² isolatie, of 500 m³ per woning. In het plangebied zijn 604 woningen.

CO₂-emissies

Voor elektriciteit wordt voor de berekening van de CO₂-uitstoot 0,57 kg per kWh gehanteerd en voor aardgas 1,79 kg CO₂ per m³.

Baten

Hittestress

De maatregel resulteert in baten door een beperking van de schade door hittestress. Een beperking van de schade is het gevolg van een verminderde impact op arbeidsproductiviteit, minder ziekenhuisopnames en een lager sterftecijfer op warme en tropische dagen, eens per jaar, eens per 10 jaar en eens per 100 jaar.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €7531,-

Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €11893,-

Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €23953,-

Energiebesparing

De maatregel resulteert in een aardgasbesparing per woning. Voor de aardgasprijs wordt 0,27 cent per m³ gehanteerd. Voor de elektriciteitsprijs wordt € 0,05 per kWh gerekend.

CO₂-emissies

De maatregel resulteert in een CO₂-uitstootvermindering per woning. De prijs van CO₂ is gesteld op € 0,06 per kg.

Maatregel: Aanpassen van kleuren en structuur van gevels en daken

Eenheid: woning

Beschrijving

De keuze van kleuren en de structuur van gevels en daken kunnen zorgen voor hoge reflectieaarden, waardoor er minder warmte in het gebouw binnendringt en de koellast wordt verlaagd. 10% van de huizen wordt aangepast.

Uitvoering, dimensionering en kosten

Het investeren in betere reflectiewaarden kan de gebruiker van een gebouw per jaar veel geld besparen. Ook eigenaren van gebouwen of woningcorporaties zien de zin van het beter isoleren en warmtewerend maken uiteraard in. Afgezien van de maatschappelijke verantwoording en levensduur verlenging van een gebouw, levert het investeren in betere geïsoleerde woningen of kantoren bij verkoop ook veel meer op en komt de verbetering van het comfort de gebruiker of bewoner sterk ten goede.

Regelgeving waarbij alle nieuwe en bestaande gebouwen een energielabel krijgen draagt bij aan de noodzaak om deze maatregel uit te voeren. De aanlegkosten zijn dan ook afhankelijk van de normstelling en het type gebouw.

De investeringshorizon is lang (>20 jaar), gezien de relatief lange de levensduur van gebouwen.

De prijs is sterk afhankelijk van het type dakbedekking en de isolatie onder de dakbedekking. De kosten voor het schilderen van een gevel ligt op € 20 / m². Bij een gemiddeld geveloppervlak van 50 m² zijn de investeringskosten € 1.000 per woning. Onderhoudskosten vormen 5% van de totale kosten. Uitgangspunt is meeliften en daarom een gefaseerde periode van uitvoering 2014-2038. Levensduur van deze maatregel is gesteld op 50 jaar.

Effecten

Hittestress

Een beter binnen- en buitenklimaat.

Interactie

Coatings kunnen de warmtestraling van de zon reflecteren. Deze maatregel heeft dus invloed op andere maatregelen die betrekking hebben op gevels en daken.

Kwantificering van effecten

Hittestress

Effect binnen: 2 °C voor 121 woningen

Effect buiten: 1 °C voor 1,26 ha.

Baten

Hittestress

De maatregel resulteert in baten door een beperking van de schade door hittestress. Een beperking van de schade is het gevolg van een verminderde impact op arbeidsproductiviteit, minder ziekenhuisopnames en een lager sterftcijfer op warme en tropische dagen, eens per jaar, eens per 10 jaar en eens per 100 jaar.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €3279,-
Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €5171,-
Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €10.405,-

Maatregel: Waterpleinen / waterparken

Eenheid: 1 waterplein met de capaciteit van 400 m³, een oppervlak van 1000 m² en een toestroomgebied van 2 ha.

Beschrijving

Pleinen en parken zijn grotere eenheden in de openbare ruimte. Elke wijk en buurt heeft wel één of meerdere van deze pleinen of parken in het gebied liggen. De pleinen en parken hebben een sociale functie en worden gekenmerkt door een relatief groot oppervlak. In deze grotere oppervlakten zijn vaak een minimaal aantal kabels en leidingen aanwezig (of is er voldoende ruimte om deze te verleggen). Hierdoor kan door verlaagde plekken te maken in de pleinen en parken of juist verhogingen (ondergrondse) waterberging gerealiseerd worden. Daarnaast wordt door het oppakken van het plein de buitenruimte mooier.

Uitvoering, dimensionering en kosten

Rotterdam kent een drietal verschillende manieren waarop waterberging op of onder pleinen kan worden gerealiseerd. Dit betreft:

- ondergrondse waterberging zonder specifieke bovengrondse aanpassing (Johan Ida plein);
- ondergrondse en bovengrondse water en aanpassing omliggende buitenruimte (Bellamyplein);
- bovengrondse waterberging en toevoer via hemelwaterriool vanuit de omgeving (Benthemplein).

Afhankelijk van de omvang van het plein, het gewenste programma en de mogelijkheid om er water naar toe af te voeren wordt de berging bepaald. Voor de bovenstaande drie pleinen zijn de m³ waterberging en de kosten onderstaande gegeven.

- Johan Ida plein: 360 m³ voor € 100.000
- Bellamyplein: 860 m³ voor € 750.000? → totaal ca. € 1.500.000 inclusief buitenruimte
- Benthemplein: 1.600 m³ voor € 4.000.000 → inclusief innovatieve buitenruimte

Als de combinatie wordt gezocht met een aantrekkelijke openbare ruimte komen de kosten uit op circa € 600 per m³ waterberging. Het realiseren van een waterplein / waterpark van enige omvang heeft als snel een volume van 400 m³. De kosten hiervoor komen dan op € 240.000 per locatie. Dit is uiteraard sterk afhankelijk van de lokale situatie. In een periode van 5 jaar is het mogelijk om 5 locaties in een wijk aan te pakken. Er kan dan 2.000 m³ waterberging gerealiseerd worden voor € 1.200.000.

De onderhoudskosten vormen 5% van de totale investeringskosten. Voor de levensduur van deze maatregel is 25 jaar aangehouden.

Effecten

Wateroverlast

De waterberging in een wijk of buurt wordt door één maatregel gelijk vergroot. In de directe omgeving van het waterplein of waterpark zal de wateropgave reduceren. Als de directe omgeving een gebouw van enkele bouwblokken is een berging van 400 m³ significant (voor 2 hectare circa 20 mm). Echter één waterplein in een totaal rioldistrict van 100 hectare geeft 0,4 mm extra waterberging.

Verdroging

De waterberging draagt zeer bij tot het tegengaan van verdroging.

Hittestress

Het waterplein heeft een verkoelend effect op de omgeving, te weten 1 °C voor 1 ha.

Beleving

Een groot positief punt is dat de behoefte aan waterberging op een plein bijdraagt aan het beschikbare budget van het plein wat de uitstraling en invulling van het plein ten goede komt. Synergie tussen ruimtelijke kwaliteit en waterberging wordt gerealiseerd. Door het water te laten infiltreren wordt ook bijgedragen aan het voorkomen van de verdroging van de directe omgeving.

Elke 20 tot 30 jaar wordt een plein of park gereconstrueerd. Hier ligt de kans om in gezamenlijkheid invulling te geven aan de waterberging.

Kwantificering van effecten

Wateroverlast

400 m³ berging voor een toestroomgebied van 2 ha met een 10 keer zo klein gebied waar water op straat zich verzameld levert een effect van 20 cm (verlaging water op straat voor 2 ha toestroomgebied).

Verdroging

Effect op groen: 20 mm (voor 2 ha)

Hittestress

Effect buiten: 1 °C (voor 1 ha)

Beleving

Er wordt uitgegaan van een positief belevingseffect voor 500 woningen gelegen rond het waterplein en in naburige straten.

Baten

Wateroverlast

De maatregel resulteert in een beperking van schade door wateroverlast. Daarbij wordt gekeken naar de vermeden schade bij optredende waterhoogtes in de verschillende klimaatscenario's, elke 2 jaar, elke 10 jaar en elke 100 jaar.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €1205,-

Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €3172,-

Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €3172,-

Verdroging

De maatregel resulteert in vermeden schade aan woningen en groen door grondwateraanvulling. De schade op basis van de gemiddelde maximale neerslagtekorten in het zomerhalfjaar in de verschillende klimaatscenario's wordt door de grondwateraanvulling die de maatregel tot gevolg heeft enigszins vermeden.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €584,-

Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €1461,-
Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €2193,-

Hittestress

De maatregel resulteert in baten door een beperking van de schade door hittestress. Een beperking van de schade is het gevolg van een verminderde impact op arbeidsproductiviteit, minder ziekenhuisopnames en een lager sterftecijfer op warme en tropische dagen, eens per jaar, eens per 10 jaar en eens per 100 jaar.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €208,-
Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €323,-
Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €642,-

Vastgoed

Vastgoedwaardestijging van 2,5% voor 500 woningen.

Maatregel: Verhoging stoepranden en verlaging wegen

Eenheid: 100 m straat

Beschrijving

Door tijdens weg- en rioolreconstructie bewust te kiezen voor het lager terugbrengen van de weg ontstaat er op straatniveau meer ruimte om water op de weg te bergen. Als deze straten aan elkaar gekoppeld worden kan ook een bewuste sturing van het water plaatsvinden naar het laagste punt in de omgeving op richting het oppervlaktewater.

Met name op locaties waar de omgeving is verzakt, en hierdoor het straatprofiel (nagenoeg) gelijk ligt met de dorpels van huizen of zelf al hoger ligt, manifesteert hevige neerslag zich bij de aangepaste situatie als overlast zonder direct schade te veroorzaken.

Uitvoering, dimensionering en kosten

Bij het aanpakken van de straat wordt, bewuster dan dat nu het geval is, gekozen voor een situatie waarbij het wat op straat komt te staan niet de woning of het gebouw in loopt. Dit wordt bereikt door de afstand tussen het trottoir en de rijbaan met een aantal centimeter te vergroten. Vervolgens moet gezorgd worden dat vanaf de gevel van een gebouw (de dorpel) het water afstroomt van het trottoir richting de straat. Als dit niet het geval is moet ter hoogte van de ingang van het gebouw een lijngootje gerealiseerd worden.

Voor de dimensionering wordt uitgegaan van een straat met een lengte van 100 meter. Als er in de straat een (extra) hoogteverschil van 5 centimeter wordt gerealiseerd over een breedte van 10 meter geeft dit 50 m³ waterberging op straat.

De extra kosten die dit met zich meebrengt is minimaal bij de realisatie als dit goed is opgenomen in het ontwerp. De extra investering die nodig is, is ingeschat op € 100 per meter; voor het straatoppervlak van 100 m betekent dit € 10.000 extra kosten. Als er voor wordt gekozen om ook de kolken in de straat aan te passen om het water bewust te bergen worden de kosten hoger.

De aanname is dat het reduceren van schade tot overlast in maximaal 14 straten in een wijk van toepassing is. Dit betekent dat de kosten om de overlast bij woningen en winkels te beperken € 100.000 bedraagt voor 14 straten. De berging op straat neemt dan toe tot 400 m³. Uitgangspunt is 0,5 ha toestroomgebied per 100 m straat, voor 14 straten komt dat dus neer op 7 ha. De investeringskosten per eenheid (100m straat) zijn €10.000. De onderhoudskosten vormen 1% van de totale investeringskosten. Voor de levensduur van deze maatregel is 25 jaar aangehouden.

Effecten

Wateroverlast

De effecten van deze oplossing zorgen niet voor minder water op straat of minder overlast. Echter de wijze waarop de overlast zich manifesteert is anders. Waar zonder het verlagen van de straat het water direct het gebouw instroomt, zal dit water zich met deze maatregel op straat verzamelen. De schade die wordt voorkomen doordat er geen (of minder veel / minder vaak) water het gebouw inkomt is de baat van de maatregel.

Deze maatregel is met name een oplossing voor korte hevige buien ($T=1 \text{ t/m } T=5$). Bij buien met een grotere omvang zal deze maatregel maar een zeer beperkt effect hebben.

De snelheid waar deze maatregel mee gerealiseerd kan worden is groot. Echter de locatie wordt bepaald door de locaties waar reconstructie van de straat aan de orde is. Deze reconstructie zal met een frequentie van eens per 10 à 15 jaar plaatsvinden.

Kwantificering van effecten

Wateroverlast

De maatregel resulteert in een waterverlaging van 10 cm voor 5000 m² (0.5 ha) per 100 m straatlengte¹⁴.

Baten

Wateroverlast

De maatregel resulteert in een beperking van schade door wateroverlast. Daarbij wordt gekeken naar de vermeden schade bij optredende waterhoogtes in de verschillende klimaatscenario's, elke 2 jaar, elke 10 jaar en elke 100 jaar.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €271,-

Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €636,-

Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €636,-

¹⁴ Er is voor De MKBA RAS voor heel Rotterdam uitgegaan van 5 cm extra berging op een areaal van 8 x 100 m². Dat is 40 m³ per 100 m straatlengte. Voor een toestroom gebied van 0.5 ha met een verzamelgebied dat 10 keer zo klein is, betekent dat een waterverlaging van 8 cm. Voor Bergpolder Zuid wordt een straatbreedte van 10 meter gehanteerd. Dat betekent dat er 10/8 keer zo veel geborgen kan worden, en dat de verlaging dus $10/8 * 8 = 10$ cm.

Maatregel: Groene daken (en groene daken met vertraagde afvoer / blauwe daken)

Eenheid:

- groen dak: 1 woning met 40 m² dakoppervlakte voor 0.02 ha toestroomgebied;
- blauw dak / vertraagd groen dak: 1 gebouw met dak van 1600 m² voor 2 ha toestroomgebied.

Beschrijving

We gaan hier uit van extensieve groene daken met een maximum dikte van 15 cm. Meestal is dat in Rotterdam een stuk minder. Een groen dak bergt alleen het water dat op het dak zelf valt. Op basis van praktijkervaring kan een effectieve opslag worden verwacht van 5 – 20 mm. De effectiviteit van groene daken wordt voornamelijk bepaald door de verdamping. Deze bepaald hoe snel de berging in het groeimedium weer beschikbaar komt. De verdamping en daarmee de effectiviteit van een groen dak is in de zomer een stuk hoger dan in de winter.

Blauwe daken (en groene daken met een vertraagde afvoer) zijn daken waarop water voor een langere periode geborgen kan worden. Bij groene daken met sterk vertraagde afvoer gebeurt dat in de drainage laag onder het groeimedium. De periode van berging varieert van weken, in gevallen dat het water wordt hergebruikt, tot uren, als slechts een vertraging van de afvoer het doel is. Uitgangspunt is dat er in Bergpolder Zuid 289 daken worden uitgerust met een groen dak.

Uitvoering, dimensionering en kosten

Rotterdam heeft zich ten doel gesteld om in 2030 ongeveer 800.000 m² groene daken in de stad te hebben gerealiseerd. Dat wordt gestimuleerd door de gemeente met een subsidie van € 25 per m² groen dak. In delen van de stad wordt deze bijdrage door het waterschap verhoogd met € 5 per m² groen dak. Daarmee wordt bijna de helft van de aanlegkosten (€ 52,50 per m² groen dak) gesubsidieerd. De investeringskosten per woning met een dak van 40 m² zijn €52,50. De aanname is dat over 20 jaar alle daken dus minimaal eenmaal zijn vervangen. De onderhoudskosten vormen 2% van de totale investeringskosten. Voor de levensduur van deze maatregel is 25 jaar aangehouden.

Een marktonderzoek uit 2009 (Rotterdam groen van boven) rapporteert dat het totale dakoppervlak in Rotterdam 23.469.559 m² bedraagt. De verdeling daarvan is:

Woningen particulieren	6.571.476 m ² ;
Woningcorporaties	7.691.725 m ² ;
Grote woningbezitters	9.521.287 m ² ;
Gemeentelijk vastgoed	669.933 m ² ;
Eigendom onbekend + overheid	3.727.020 m ² .

Een kleine anderhalf miljoen m² van de particuliere woningen bestaat uit platte daken. De gemiddelde levensduur van een dak is 15 tot 20 jaar. Dankzij de subsidie zal, volgens het gemiddeld scenario 458.779 m² (32% van het plat dakoppervlak onder deze doelgroep) in 2029 voorzien zijn van groene daken.

Effecten

Wateroverlast

Groene daken (zonder sterke vertraging van de afvoer) kunnen maximaal een bui van ongeveer 20 mm bergen. Daarna lekt het neerslagwater aan de onderkant net zo snel uit het dak als het er aan de bovenkant op valt. De effectiviteit van het dak hangt af van de voorgeschiedenis. Als het enkele uren voor de bui ook flink geregend heeft, kan de bergingscapaciteit van het dak nagenoeg nul zijn. Als het voor de bui een week lang zonnig en droog is geweest, kan de berging nagenoeg leeg zijn. We gaan hier uit van:

- een maximale berging van het groendak (20 mm);
- een dakoppervlak van 40 m²;
- een toestroomgebied per woning van 200 m² (20% dakoppervlak);
- verhouding toestroomgebied : probleemgebied = 10 : 1

Dan is de maximale verlaging van het water op straat 4 cm (= 20 mm x 40 m² / 200 m² x 10 x 100 cm/m).

Voor een blauw dak, of een groen dak met sterk vertraagde afvoer gaan we uit van een maximale berging van 50 mm. Dat levert voor eenzelfde gebied 10 cm verlaging van water op straat. Omdat dat niet afhankelijk is van verdamping, is de maximale capaciteit veel vaker inzetbaar dan bij standaard groene daken.

Hittestress

Een groen dak heeft een verkoelend effect op de woning.

Energiebesparing

Groene daken zouden volgens Arcadis¹⁵ een isolerend effect in de winter kunnen hebben, waardoor er op verwarming bespaard kan worden. Maar de auteurs hebben geen gegevens over de omvang van dit effect gevonden, en voeren ook argumenten voor een verkoelend effect in de winter aan, omdat het groene dak vocht uit de atmosfeer opneemt en dan weer afgeeft. Vooral in koude en vochtige periodes, zoals de winter, zal de isolerende waarde van de dakbegroeiing daardoor beperkt zijn. Daarom wordt dit effect in de MKBA van het RAS niet meegenomen.

Luchtkwaliteit

Groene daken dragen bij tot luchtkwaliteit door de afvang van fijnstof en NOx.

Beleving

Het typische groene dak ziet er iets aantrekkelijker uit dan een klassiek plat dak, maar kan toch geen belangrijke esthetische waarden toebedeeld worden.

Kwantificering van effecten

Wateroverlast

20 mm neerslag op 40 m² geeft 0.8 m³ berging voor een toestroomgebied van 0.02 ha met een 10 keer zo klein gebied waar water op straat zich verzameld. Dit levert een effect van 4 cm (verlaging water op straat voor 0.02 ha toestroomgebied).

Hittestress

Effect buiten 0,5°C (voor 0,02 ha)

¹⁵ Arcadis (2008), Groene daken Rotterdam Maatschappelijke Kosten-BatenAnalyse, onderzoek in opdracht van Gemeentewerken Gemeente Rotterdam.

Luchtkwaliteit

De kengetallen zijn overgenomen uit een intern onderzoek in opdracht van de gemeente Rotterdam : 500 gram PM₁₀ en 200 gram NO_x per 100 m² groen dakoppervlak (Arcadis 2008, op. cit.).

Baten

Wateroverlast

De maatregel resulteert in een beperking van schade door wateroverlast. Daarbij wordt gekeken naar de vermeden schade bij optredende waterhoogtes in de verschillende klimaatscenario's, elke 2 jaar, elke 10 jaar en elke 100 jaar.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €7,-

Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €14,-

Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €14,-

Hittestress

De maatregel resulteert in baten door een beperking van de schade door hittestress. Een beperking van de schade is het gevolg van een verminderde impact op arbeidsproductiviteit, minder ziekenhuisopnames en een lager sterftecijfer op warme en tropische dagen, eens per jaar, eens per 10 jaar en eens per 100 jaar.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €1202,-

Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €1865,-

Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €3713,-

Luchtkwaliteit

De maatregel resulteert in een vermindering van fijnstof (PM₁₀ en NO_x). Deze baten veranderen niet in de verschillende klimaatscenario's.

Jaarlijkse baten huidig klimaat, G- en W+-scenario: €77,-

Maatregel: Infiltrerende wegfundering/waterpasserende verharding

Eenheid: 100 m straat

Beschrijving

Bij aanpassing van wegen in de stad kan bewust gekozen worden om water van de weg op te vangen en tussen het wegdek en de grondwaterstand te bergen. Dit gebeurt in het korrelskelet wat de wegconstructie standaard heeft om de belasting te dragen.

Uitvoering, dimensionering en kosten

Er worden 14 straten met deze maatregel uitgerust. Uitgangspunt is een 0,5 ha toestroomgebied per 100 meter straat. Voor 14 straten is het toestroomgebied 7 ha. Bij wegreconstructies is voor deze studie een uitwerking met een grovere funderingsopbouw gekozen. Er zijn verschillende manieren om vervolgens het hemelwater van de weg in de constructie te krijgen. Dit kan door voegen die water passerend zijn of kolken die ervoor zorgen dat het water in eerste instantie naar de bergingsvoorziening gaan en niet naar het rioolsysteem. Per m² grovere funderingsopbouw is 20 mm waterberging te realiseren. Bij een straatprofiel van 10 meter breed en 100 meter lang betekent dit een waterberging van 16 m³. De meerkosten van een grover korrelskelet is ongeveer € 10 / m²; dit is totaal € 12.000. Als uitgangspunt stellen we dat 16% van het oppervlak van het gebied uit woonstraten bestaat welke elke 10 jaar aan onderhoud toe zijn. Dit betekent dat er jaarlijks 1,6 ha (16.000 m²) aan straatoppervlak vervangen kan worden met een grover korrelskelet. Over een periode van 5 jaar betreft het 80.000 m². Met een berging van 20 mm geeft dit 1.600 m³ waterberging. De kosten hiervoor bedragen € 800.000.

Effecten

Het effect van de maatregel is lokaal. Anders dan bij de voorgaande maatregelen hoeft er bij deze maatregel geen watergang in de buurt te zijn. De maatregel heeft alleen effect als het werkelijk regent (tenzij er in droge perioden water over de weg wordt gespreid).

Wateroverlast

De maatregel zorgt ervoor dat op straatniveau de wateroverlast sterk reduceert. Er is sprake van een waterstandsverlaging van 4 cm¹⁶. Daar waar de neerslag valt wordt de berging gerealiseerd. Zowel korte intensieve buien als langdurige neerslag zorgen hierdoor voor minder overlast en schade.

Waterkwaliteit

Ook zorgen de maatregelen voor minder belasting op het rioolsysteem en minder vervuiling van het oppervlaktewater door riooloverstorten.

Verdroging

Het areaal waarop het effect merkbaar is wordt geschat op 0.2 ha per 100 m. Omdat het groen vaak dicht bij de weg ligt dan de fundering gaan we uit van een verdeling dat 80% van het water ten goede komt aan groen en 20% van het water ten goede komt aan fundering.

- Groen: 80% van 16 m³ / 2000 m² = 6.4 mm;
- Fundering: 20% van 16 m³ / 2000 m² = 1.6 mm.

¹⁶ Er is in de MKBA RAS Rotterdam uitgegaan van 20 mm extra berging op een areaal van 8 x 100 m². Dat is 16 m³ per 100 m straatlengte.

Voor een toestroom gebied van 0.5 ha met een verzamelgebied dat 10 keer zo klein is, betekent dat een waterverlaging van 3,2 cm.

Voor Bergpolder Zuid is het uitgangspunt 10 m straatbreedte. Dat betekent dat er 10/8 keer zo veel geborgen kan worden, en dat de verlaging dus 10/8 * 3,2 = 4 cm

Uitgaande van 5 buien groter dan 20 mm in de periode dat de grondwaterstand lager staat dan de straatberging, levert dat voor het groen 32 mm grondwateraanvulling, en voor de fundering 8 mm. Voor een bergingscoëfficiënt van 5% komt dat overeen met een grondwaterstandstijging van 16 cm.

Kwantificering van effecten

Verdroging

Effect op groen: 32 mm (voor 0.2 ha)

Effect op fundering: 8 mm (voor 0.2 ha)

Wateroverlast

8 cm daling van water op straat (voor 0,5 ha toestroomgebied)

Waterkwaliteit

Wegens gebrek aan gegevens niet in rekening gebracht

Baten

Verdroging

De maatregel resulteert in vermeden schade aan woningen en groen door grondwateraanvulling. De schade op basis van de gemiddelde maximale neerslagtekorten in het zomerhalfjaar in de verschillende klimaatscenario's wordt door de grondwateraanvulling die de maatregel tot gevolg heeft enigszins vermeden.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €1176,-

Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €1219,-

Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €1304,-

Wateroverlast

De maatregel resulteert in een beperking van schade door wateroverlast. Daarbij wordt gekeken naar de vermeden schade bij optredende waterhoogtes in de verschillende klimaatscenario's, elke 2 jaar, elke 10 jaar en elke 100 jaar.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €187,-

Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €362,-

Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €362,-

Maatregel: Ontharden van tuinen, bermen

Eenheid: 1 ha

Beschrijving

Door minder verharding in de openbare en particuliere omgeving kan er tijdens neerslag meer water infiltreren. Er wordt in totaal 0.464 ha onthard. In plaatst dat dit water afstroomt naar het riolsysteem wordt met deze maatregel het grondwater in de bodem aangevuld.

Uitvoering, dimensionering en kosten

In een gemiddelde wijk in Rotterdam is het mogelijk om binnen een periode van 10 jaar 0.464 ha. te ontharden. Uitgangspunt is dat het toestroomgebied 10 keer zo groot is (4,64 ha).. De kosten voor het ontharden, bij reguliere activiteiten, is geschat op € 1 per m². Voor een periode van 10 jaar en een gebied van 100 hectare (10% ontharden) is dit een investering van € 100.000. Risico is dat door "andere" inzichten ten aanzien van inrichting van straten of trends ten aanzien van tuinarchitectuur de behaalde resultaten teniet gedaan worden.

Effecten

Verdroging

Uitgangspunt: neerslag op het verharde gebied water af op het riool. Ontharden betekent dat de neerslag in de droge periode op deze plekken aan het grondwater ten goede komt. Een deel van deze neerslag (geschat op 100 mm) zal leiden tot extra verdamping (geschat op 50 mm). We gaan er van uit dat de resterende 50 mm extra grondwateraanvulling geeft, die niet ten goede komt aan het groen. Deze aanvulling zal zich in de grond verspreiden over een groter gebied. We gaan hier uit van een 2 keer zo groot gebied. Dat betekent dat per ha een areaal van 0,2 ha een gemiddelde extra grondwateraanvulling krijgt van 25 mm. Voor een bergingscoëfficiënt van 5% komt dat overeen met een grondwaterstandstijging van 50 cm.

Ontharden direct naast de woning zal binnen de beperkingen van deze maatregel een optimaal effect op de fundering hebben.

Wateroverlast en beleving

Deze maatregel is ook goed voor de waterberging van het stedelijk gebied en de uitstraling van de wijk (mits goed beheer en onderhoud van het groen).

Kwantificering van effecten

Verdroging

Effect op wateroverlast: 2 cm waterhoogteverlaging voor 4,64 ha toestroomgebied

Effect op verdroging (baten 2-4% groen; 96-98% fundering)

- Groen: 50 mm grondwateraanvulling voor een gebied van 0,464 ha.
- Funderingen: 25 mm grondwateraanvulling voor een gebied van 0,928 ha

Wateroverlast

2 cm daling van water op straat (voor 1 ha toestroomgebied).

Beleving

Wegens gebrek aan gegevens niet in rekening gebracht.

Baten

Verdroging

De maatregel resulteert in vermeden schade aan woningen en groen door grondwateraanvulling. De schade op basis van de gemiddelde maximale neerslagtekorten in het zomerhalfjaar in de verschillende klimaatscenario's wordt door de grondwateraanvulling die de maatregel tot gevolg heeft enigszins vermeden.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €1426,-

Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €1434,-

Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €1466,-

Wateroverlast

De maatregel resulteert in een beperking van schade door wateroverlast. Daarbij wordt gekeken naar de vermeden schade bij optredende waterhoogtes in de verschillende klimaatscenario's, elke 2 jaar, elke 10 jaar en elke 100 jaar.

Jaarlijkse baten huidig klimaat: €37,-

Jaarlijkse baten G-scenario in 2050: €89,-

Jaarlijkse baten W+-scenario in 2050: €89,-

Bijlage 4: Gevoeligheidsanalyse gedetailleerd

Tabel: klimaatscenario W+ ten opzichte van het basisscenario

In klimaatscenario W+ (2% economische groei) tonen vijf projectalternatieven een positief resultaat (NCW), evenals in klimaatscenario G.

2% groei; Klimaatscenario W+	GGD advies	Groen straat	Isolatie gebouw	Albedo daken	Water- plein	Verhogen stoeprand	Groene daken	Infiltr. Wegfund.	Ontharden tuinen
Kosten									
Investerings (-restwaarde)	1	11	1.946	83	103	62	347	59	7
Onderhoud	4	9	441	96	89	10	116	98	1
Baten									
Hittestress	425	9	267	122	4	-	28	-	-
Wateroverlast	-	-	-	-	22	57	34	39	21
Verdroging	-	-	-	-	15	-	-	156	443
Energie	-	-	1.192	-	-	-	-	-	-
CO ²	-	-	495	-	-	-	-	-	-
Luchtkwaliteit	-	-	-	-	-	-	211	-	-
Vastgoed	-	99	-	-	714	-	-	-	-
Totaal									
Som Kosten	5	21	2.387	179	192	72	463	157	8
Som Baten	425	108	1.954	122	755	57	273	194	465
Resultaat	420	87	-433	-57	563	-15	-190	38	457

Tabel: 0% economische groei ten opzichte van het basisscenario

De uitkomsten van de 5 maatregelen zijn robuust en tonen ook in het scenario met 0% economische groei een positief resultaat.

0% en 2% groei; Klimaatscenario G	GGD advies 2%	GGD advies 0%	Groen straat 2%	Groen straat 0%	Water- plein 2%	Water- plein 0%	Infiltr. Wegfund. 2%	Infiltr. Wegfund. 0%	Ontharden Tuinen 2%	Ontharden Tuinen 0%
Kosten										
Investerings- (-restwaarde)	1	1	11	8	103	63	59	40	7	5
Onderhoud	4	3	9	6	89	45	98	56	1	0,4
Baten										
Hittestress	266	183	5	3	2	1	-	-	-	-
Wateroverlast	-	-	-	-	22	11	39	22	21	13
Verdroging	-	-	-	-	10	5	148	84	437	278
Energie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luchtkwaliteit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vastgoed	-	-	99	77	714	435	-	-	-	-
Totaal										
Som Kosten	5	4	21	14	192	107	157	96	8	5
Som Baten	266	183	105	81	748	452	187	106	459	291
Resultaat	260	180	84	67	556	345	30	10	451	286

Tabel: 10% opslag op kostenraming ten opzichte van het basisscenario

Ook in het scenario met een 10%-opslag tonen de vijf maatregelen een positief resultaat.

2% groei; Klimaatscenario G 10% opslag kosten	GGD advies basis	GGD advies 10%	Groen straat Basis	Groen straat 10%	Water- plein basis	Water- plein 10%	Infiltr. Wegfund. basis	Infiltr. Wegfund. 10%	Ontharden Tuinen basis	Ontharden Tuinen 10%
Kosten										
Investerings (-restwaarde)	1	1	11	12	103	114	59	65	7	8
Onderhoud	4	5	9	10	89	98	98	108	1	1
Baten										
Hittestress	266	266	5	5	2	2	-	-	-	-
Wateroverlast	-	-	-	-	22	22	39	39	21	21
Verdroging	-	-	-	-	10	10	148	148	437	437
Energie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luchtkwaliteit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vastgoed	-	-	99	99	714	714	-	-	-	-
Totaal										
Som Kosten	5	6	21	23	192	211	157	172	8	8
Som Baten	266	266	105	105	748	748	187	187	459	459
Resultaat	260	260	84	82	556	537	30	14	451	450

Tabel: Vastgoedbaten halveren ten opzichte van het basisscenario

Door het halveren van de vastgoedbaten worden de resultaten kleiner maar blijven wel positief.

2% groei; Klimaatscenario G; Vastgoedbaten omlaag	Groen straat Basis	Groen straat Minder vastgoedbaten	Waterplein Basis	Waterplein Minder vastgoedbaten
Kosten				
Investerings (-restwaarde)	11	11	103	103
Onderhoud	9	9	89	89
Baten				
Hittestress	5	5	2	2
Wateroverlast	-	-	22	22
Verdroging	-	-	10	10
Energie	-	-	-	-
CO ²	-	-	-	-
Luchtkwaliteit	-	-	-	-
Vastgoed	99	50	714	357
Totaal				
Som Kosten	21	21	192	192
Som Baten	105	55	748	391
Resultaat	84	34	556	199

Executive Summary

Preparing the City for climate change on the basis of a strategic approach and well analyzed measures – that is the goal of the Rotterdam Climate Adaptation Strategy. One step in the development of this climate adaptation strategy is the economic underpinning. For this matter, an evaluation tool based on the social cost-benefit analysis (CBA) was developed by the City of Rotterdam in cooperation with Rebel, Royal Haskoning DHV (RHDHV) and Deltares. With the help of this tool, the costs of various climate adaptation measures are weighed against the benefits.

Initially, we filled the tool with data for 43 adaptation measures looking at *Rotterdam in general*. In this report we describe the application of the tool in a *specific area*, namely 'Bergpolder South' (Bergpolder Zuid).

Image Bergpolder South is an urban area inside the dykes.



In the long term it is expected there will be damage caused by heat, storm water flooding and drought in Bergpolder South. There are plans to redevelop parts of the area and thus this CBA considers various measures to reduce the potential damage in the future. These measures are:

1. Adjust behavior through better health advice and increase knowledge of GPs /health centers
2. Green in the street (trees, small vegetation)
3. Insulation of buildings (homes and businesses)
4. Adjusting albedo of roofs
5. Water square
6. Increase curb height and lowering of roads
7. Green roofs
8. Infiltrating pavement
9. Permeable gardens and curbs

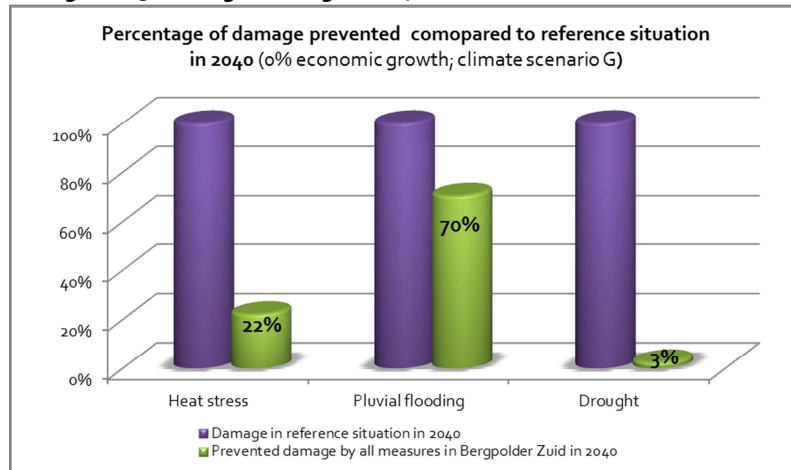
The table below shows the result for each measure for the baseline scenario. This scenario considers the Dutch climate scenario "G", an economic growth scenario of 2% and a smart use of "piggy-backing" with current maintenance programs so that costs are optimized.

Table In the baseline scenario with 2% economic growth, five of the nine project alternatives show a positive result in climate scenario G

2% growth; Climate scenario G (NPV in € 1,000)	Health advice	Green in streets	Insulation building	Albedo roofs	Water- square	Higher curbs	Green roofs	Infiltr. pavement	Permeable gardens and curbs
Costs									
Investment (-residual value)	1	11	1.946	83	103	62	862	59	7
Maintenance	4	9	441	96	89	10	155	98	1
Benefits									
Heat stress	266	8	152	70	2	-	48	-	-
Pluvial flooding	-	-	-	-	22	11	34	61	21
Drought	-	-	-	-	10	-	-	148	437
Energy	-	-	1.192	-	-	-	-	-	-
CO ²	-	-	495	-	-	-	-	-	-
Air quality	-	-	-	-	-	-	211	-	-
Property value	-	131	-	-	946	-	-	-	-
Total									
Total costs	5	21	2.387	179	192	72	1.016	157	8
Total benefits	266	140	1.839	70	981	11	293	209	459
Result	260	119	-548	-108	789	-62	-724	52	451

In the baseline scenario five out of nine measures show a positive result, namely *health advice*, *green in the street*, *water square*, *infiltrating pavement* and *permeable gardens and curbs*. For *green in the street* and *water square* the positive result is mainly influenced by the secondary effects. In both cases the high secondary effects are caused by a one-time increase in property values by 2.5% due to higher spatial quality. The measure *permeable gardens and curbs* has a remarkably low level of investment and maintenance. Furthermore, there are large benefits in preventing damage caused by drought, both on building foundation (approx. 98% of benefits) and on vegetation (about 2% of benefits).

Graph All measures together solve ca. 22% heat stress damage, ca. 70% of pluvial flooding damage and 3% drought damage in 2040



The graph above shows the share of damage that is prevented by the implementation of all measures in climate scenarios G, considered in the year 2040. In 2040 the majority of measures is implemented completely and effects of climate change are visible. All measures taken together prevent 22% of the damage by heat stress compared to the reference situation, 70% of the damage caused by pluvial flooding and 3% of the damage caused by drought. In particular, the benefits of preventing negative effects of drought seem very small compared to the damage by drought in the reference situation. This can be explained by the fact that over 80% of homes in this area might suffer from foundation problems in periods of drought. The measures against drought damage only work if applied in close proximity of the foundation. In our study, the package of measures against drought damage is limited compared to the problems in this area, and so the effect is small compared to the damage in the reference situation.

The analysis of the outcomes has shown that five of the nine measures have a positive result: *health advice*, *green in the street*, *water square*, *infiltrating pavement* and *permeable gardens and curbs*. This outcome is consistent for the whole project cycle for climate scenario G as well as W+. In addition, we tested the assumptions for economic growth, cost estimates and property value in a sensitivity analysis. The results of the positive measures stay positive and are thus robust.

The CBA approach applies a societal perspective and ignores institutions and stakeholders. Of course, in reality, there are different stakeholders with different interests. The following table gives an overview of the costs and benefits by stakeholder group.

Table The stakeholder group that usually bears the costs of a measure is not always the group that benefits from the measures.

	City of Rotterdam	Owners/ real estate developers	Residents/ companies	Insurance companies	General
Health advice	Construction and maintenance costs		Benefits heat stress	Benefits heat stress	
Green in streets	Construction and maintenance costs	Property value	Benefits heat stress (exterior)	Benefits heat stress	
Insulation		Construction and maintenance costs	Benefits heat stress (interior); energy saving	Benefits heat stress	CO ₂ reduction
Albedo roofs		Construction and maintenance costs	Benefits heat stress	Benefits heat stress	
Water square	Construction and maintenance costs	Property value Benefits pluvial flooding	Benefits heat stress and pluvial flooding	Benefits heat stress	
Higher curb	Construction and maintenance costs	Benefits pluvial flooding	Benefits pluvial flooding		
Green roofs		Construction and maintenance costs Benefits floods	Benefits heat stress and pluvial flooding	Benefits heat stress	Air quality
Infiltrating pavement	Construction and maintenance costs Benefits green	Benefits drought	Benefits pluvial flooding and green		
Permeable gardens		Construction and maintenance costs Benefits foundations	Benefits green		

Out of the five measures that have a positive net present value, there are four that are typically constructed and maintained by the municipality. Only for making gardens more permeable the costs are carried by the real estate owners. At the same time, (most) benefits accrue to real estate owners. This measure is therefore economically attractive and easy to implement from a stakeholders' perspective (1 stakeholder for costs and benefits). Therefore, we consider this a "no regret" measure.

For those measures that have a positive result but for which the benefits and costs are spread among different stakeholders, it might be valuable to openly discuss costs and benefits with stakeholders in order to come up with solutions to reallocate costs. For example, for measures that prevent heat stress the beneficiaries are typically residents, local businesses and (health) insurance companies, while the investments are made by the municipality and real estate owners. In case new houses are developed, it might be (partially) possible to price in the insulation measures and costs for an enhanced albedo of the roof in the sales price or rent.