

Kosten klimaatbestendige nieuwbouw

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Mei 2025 - Definitief

Inhoudsopgave

1. *Algemene kosten*

1.1 Wateroverlast

1.1.1 Aanpak

1.1.2 Uitwerking openbaar terrein

1.1.3 Effect van 10 mm water op wegen en parkeren versus 100 mm

1.1.4 Uitwerking privaat terrein

1.1.5 Kosten per hectare en per woning

1.2 Hitte

1.2.1 Aanpak

1.2.2 Schaduweis

1.2.3 Afstand tot koelte

1.2.4 Kosten per hectare en per woning

1.3 Biodiversiteit

1.3.1 Aanpak

1.3.2 Habitat

1.3.3 Groenpercentage

1.3.4 Kosten per hectare en per woning

2. *Locatie-specifieke kosten*

2.1 Rekening houden met water en bodem

2.2 Overstromingsrisico

2.2.1. Aanpak

2.2.2. Uitwerking

2.2.3. Kosten per hectare en per woning

2.3 Bodemdaling

2.3.1 Aanpak

2.3.2 Uitwerking

2.3.3 Kosten per hectare en per woning

3. *Waterkwaliteit*

3.1 Kwalitatieve beschrijving

4. *Totale kosten per hectare en per woning*

5. *Conclusies*

Bijlage 1: Gevoeligheidsanalyse uitgangspunten water op straat

Bijlage 2: Kostenkentallen wateroverlastmaatregelen

1. Algemene kosten

Dit hoofdstuk omvat de klimaatthema's, uit de landelijke maatlat Groene Klimaatadaptieve Gebouwde Omgeving, die niet locatie-specifiek zijn. Het betreft de thema's wateroverlast, hitte en biodiversiteit. Droogtemaatregelen zijn voornamelijk beperkt tot maatregelen die bij wateroverlast worden genomen om water te bergen en (evt.) te infiltreren.

1.1 Wateroverlast

1.1.1 Aanpak

Om de kosten voor wateroverlast voor nieuwbouwwontwikkelingen te bepalen wordt de methode toegepast die Arcadis in 2021 heeft ontwikkeld. De te doorlopen stappen zijn als volgt:

- 1. Eisen vaststellen**
De eisen zijn afkomstig vanuit de Landelijke Maatlat. Alleen de eisen die voldoende kwantitatief zijn, zijn meegenomen. Deze eisen vormen de basis van de kostenberekeningen.
- 2. Gebiedsprofielen per gebiedstype uitwerken**
Er zijn twee gebiedsprofielen opgesteld, van een in- en uitbreidingsontwikkeling. Hier is op basis van vorige onderzoeken¹⁾ een gebiedsprofiel van opgesteld.
- 3. Waterbergingsopgave bepalen op basis van eisen en gebiedsprofiel**
Op basis van de eisen en ambities en de gebiedsprofielen is de waterbergingsopgave bepaald.
- 4. Potentiële maatregelen en uitgangspunten inventariseren**
De mogelijke maatregelen zijn geselecteerd, met daarbij de kostenkentallen en de bergingscapaciteit. Hierbij ook rekening houdend met eventuele extra implicaties van uit water- en/of bodemsysteem.
- 5. Voorkeursmaatregelset per gebiedstype, inclusief kostenreservering**
Per gebiedstype wordt een voorkeursmaatregelset bepaald, met bijbehorende toepassingspercentages. Vervolgens is gekeken hoeveel daar van moet worden toegepast op de bergingsopgave te halen. Dit wordt gedaan voor inbreiding, uitbreiding en voor privaat terrein.

Deze stappen worden in de volgende slides uitgewerkt.

1) Kosten Klimaatadaptieve Stadsharten – MRA, 5 november 2021
Kosten Klimaatbestendige Nieuwbouw- Groene Weide, Financiële en ruimtelijke impact klimaatadaptatie
Klimaatadaptatie Impact Metropool Regio Amsterdam, december 2023

1.1.1 Wateroverlast - Aanpak

1. Eisen en ambities bepalen

Voor wateroverlast gelden de volgende kwantitatieve eisen vanuit de Landelijke Maatlat:

Geen schade bij een bui van 70 mm in één uur
40 mm neerslag op privaat terrein verwerken¹⁾
Geen waterschade bij 0,20 m

2. Gebiedsprofielen per gebiedstype uitwerken

Aangezien de nieuwbouw ontwikkelingen nog niet gebouwd zijn, zijn de functieverdelingen gebaseerd op voortschrijdende inzichten.

Op basis van vorige rapporten (Kosten Klimaatadaptieve Stadsharten - MRA, Kosten Klimaatbestendige Nieuwbouw- Groene Weide, Financiële en ruimtelijke impact klimaatadaptatie, en Klimaatadaptatie Impact Metropool Regio Amsterdam) is een functieverdeling samengesteld.

Een uitbreidingslocatie heeft relatief veel erf, veel groen en veel parkeren ten opzichte van een inbreidingslocatie. Inbreidingslocaties zijn compacter en hebben meer platte daken dan schuine daken en meer langzaam verkeerroutes. De uiteindelijke functieverdeling is in de tabel hiernaast weergegeven.

| Functieverdeling | Inbreiding | Uitbreiding |
|------------------------|------------|-------------|
| Bermen | 2% | 2% |
| Daken - hellend | 12% | 17% |
| Daken - plat | 22% | 5% |
| Groen | 10% | 20% |
| Langzaam verkeerroutes | 17% | 10% |
| Overig - Onverhard | 2% | 1% |
| Overig - Verhard | - | 2% |
| Parkeren | 3% | 4% |
| Erf | 12% | 21% |
| Rijbanen - lokaal | 12% | 10% |
| Rijbanen - regionaal | 1% | 1% |
| Water | 7% | 7% |

1) Van de 70 mm op privaat terrein wordt voor 40 mm een bergingsvoorziening gerekend. De overige 30 mm neerslag is wateroverlast op eigen terrein

1.1.1 Wateroverlast - Aanpak

3.1 Klimaatopgave bepalen op basis van eisen en gebiedsprofiel

Op basis van de eisen (stap 1) en de gebiedsprofielen (stap 2) is de klimaatopgave bepaald. De maatgevende bui (70 mm in één uur) wordt omgeschreven naar een bergingsopgave (700 m³/ha). Vervolgens wordt hier de rioleringsafvoercapaciteit vanaf gehaald (30 mm/uur zijnde de ontwerpcapaciteit die meeste gemeenten hanteren voor nieuwe stelsels), deze wordt alleen toegepast op aangesloten verhard oppervlak.

Daarna is er bepaald hoeveel water op maaiveld/daken acceptabel is (tabel rechts), hieronder valt ook het water dat infiltreert of verdampt i.e. het deel van de bui wat niet in een bergingsmaatregel moet worden opgevangen. De berging op maaiveld is gekoppeld aan de functieverdeling uit stap 2. Bijvoorbeeld: 2% van het totale oppervlak bestaat uit bermen, er mag op bermen 20 mm water blijven staan, dus er mag 4 m³/ha blijven staan op bermen.

De keuze hoeveel water op maaiveld/daken wordt geaccepteerd voordat maatregelen worden toegepast heeft veel invloed op de totale kosten. Voor dit onderzoek nemen we de uitgangspunten aan zoals in de tabel rechts vermeld, maar in bijlage 1 is ook een gevoeligheidsanalyse opgenomen bij andere uitgangspunten. In de tabel rechts is onder andere te lezen dat in nieuwbouwplannen 100 mm berging op wegen en parkeren mogelijk wordt geacht als een ontwerpuitgangspunt en geaccepteerde wateroverlast.

De bergingsopgaven worden dus als volgt bepaald:

Maatgevende bui (m³/ha) – riolering * aangesloten verhard oppervlak (m³/ha) – geaccepteerde water op straat per functie (m²/m²) * bijbehorende functie (%)

- De bergingsopgave van inbreiding wordt:
700 – (30 * 67%) - 282 = 216 m³/ha
- De bergingsopgave van uitbreiding wordt:
700 – (30 * 49%) - 291 = 262 m³/ha

| Functieverdeling | Geaccepteerde water op straat [mm] |
|--|------------------------------------|
| Bermen | 20 |
| Daken - hellend | 0 |
| Daken - plat | 5 |
| Groen | 20 |
| Langzaam verkeeroutes | 10 |
| Overig - Onverhard | 20 |
| Overig - Verhard | 10 |
| Parkeren | 100 |
| Erf | 15 |
| Rijbanen - lokaal | 100 |
| Rijbanen - regionaal | 100 |
| Water | 70 |
| Totale som van geaccepteerde berging op maaiveld (inbreiding) | 282 m ³ /ha |
| Totale som van geaccepteerde berging op maaiveld (uitbreiding) | 291 m ³ /ha |

1.1.1 Wateroverlast - Aanpak

3.1 Klimaatopgave bepalen op basis van eisen en gebiedsprofiel

Deze bergingsopgave wordt onderverdeeld in de bergingsopgave op openbaar en op privaat terrein. Voor privaat terrein geldt namelijk een bergingseis van 40 mm, dit is gelijk aan 400 m³/ha. Voor 46% privaat terrein (inbreiding) en 43% privaat terrein (uitbreiding) wordt de bergingseis op privaat terrein respectievelijk 184 m³/ha (inbreiding) en 172 m³/ha (uitbreiding). Hierdoor blijft er een kleinere bergingseis over op openbaar terrein, namelijk 32 m³/ha (inbreiding) en 90 m³/ha (uitbreiding).

De bergingseis voor het openbaar terrein is bescheiden ten opzichte van privaat terrein. Dit heeft twee oorzaken.

Ten eerste is er gerekend dat de nieuw aan te leggen hemelwaterriolering 30 mm/h afvoercapaciteit heeft. Al het openbaar verhard oppervlak en de daken zijn hier op aangesloten, waardoor er een grote afvoer direct naar oppervlaktewater is. Dit reduceert de resterende bergingseis voor het maaiveld aanzienlijk.

Voor nieuwbouwwijken waar geen of beperkt hemelwaterriolering wordt aangelegd zal de bergingsopgave op het openbaar terrein aanzienlijk groter zijn. In deze studie is echter uitgegaan van de aanwezigheid van hemelwaterriolering.

Ten tweede is als uitgangspunt gekozen dat er 100 mm water op straat wordt geaccepteerd op rijwegen en parkeren, voordat tot maatregelen wordt overgegaan. Ook dit uitgangspunt reduceert de bergingseis op openbaar terrein aanzienlijk.

Om meer zicht te krijgen op de impact hiervan zijn op de volgende pagina verschillende scenario's doorgerekend.

| | Inbreiding | Uitbreiding |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Bergingsopgave op privaat terrein | 184 m ³ /ha | 172 m ³ /ha |
| Bergingsopgave op openbaar terrein | 32 m ³ /ha | 90 m ³ /ha |
| Totale bergingsopgave | 216 m ³ /ha | 262 m ³ /ha |

1.1.1 Wateroverlast – Aanpak

4. Potentiële maatregelen en uitgangspunten inventariseren

De potentiële maatregelcategorieën die in dit onderzoek zijn gebruikt zijn:

- Waterbergend openbaar groen, 100 mm verlaagd
- Wadi 400 mm (zowel in openbaar groen als op privaat perceel)
- Waterbergende weg 100 mm (extra op de geaccepteerde water op straat)
- Watervertragende groenstroken
- Groenblauwe daken (privaat perceel)
- Bergingstank (privaat perceel)

Elke maatregelcategorie heeft bijbehorende kostenkentallen, zie de Bijlage 2.

1.1.2 Wateroverlast – Uitwerking openbaar terrein

5. Voorkeursmaatregelset per gebiedstype, inclusief kostenreservering

De potentiële maatregelen uit stap 4 worden in een voorkeursvolgorde geplaatst met daarbij een maximaal toepassingspercentage. Dit toepassingspercentage geeft hoeveel er van de functie maximaal gebruikt kan worden voor maatregelen. Dus de eerste regel in het basisscenario geeft: 10% van al het groen mag gebruikt worden voor waterbergend openbaar groen. In scenario 1 mag maximaal 80% van al het groen gebruikt worden voor waterbergend openbaar groen. Per scenario wordt de voorkeursvolgorde doorlopen, dus maatregel 1 wordt toegepast tot het maximale percentage, hierna wordt gecontroleerd of de bergingsopgave wordt gehaald, is dit niet zo, dan wordt maatregel 2 toegepast tot het maximale percentage, etc. Bij scenario 1,2 en 3 wordt de bergingsopgave opgelost met 1 maatregel. Dit is gedaan om de bandbreedte te laten zien waarbinnen de oplossingen zich kunnen bevinden. Bij scenario 4,5,6 en 7 zijn maatregelen gecombineerd, en wordt de voorkeursvolgorde doorlopen. Deze scenario's zijn opgesteld om een realistisch beeld te geven van een mogelijk maatregelpakket.

Bij de scenario's geldt de kanttekening dat de inrichting zo moet zijn dat het water in de maatregel terecht komt. Wanneer alleen maatregelen in het groen aan de randen van de ontwikkeling worden geplaatst, dient de rest zo ontworpen te worden dat het water hier ook naartoe stroomt, voordat het schade veroorzaakt heeft.

| Voorkeursvolgorde maatregelen | Functie | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 | Scenario 4 | Scenario 5 | Scenario 6 | Scenario 7 |
|--|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| < scenario's met maximale toepassingspercentages per maatregel > | | | | | | | | |
| 1. Waterbergend openbaar groen | Groen | 80% | 0% | 0% | 5% | 5% | 5% | 7% |
| 2. Wadi | Groen | 0% | 80% | 0% | 5% | 5% | 5% | 7% |
| 3. Waterbergende weg | Lokale rijbanen | 0% | 0% | 90% | 90% | 5% | 2% | 15% |
| 4. Watervetragende groenstroken | Langzaam verkeer | 0% | 0% | 0% | 0% | 40% | 5% | 5% |

Toelichting op de scenario's

Scenario 1: De gehele bergingsopgave wordt opgelost in het groen, door middel van verlaagd groen. Eis hierbij is dat het water hier kan komen, of door middel van hellingen etc, of door het groen te verspreiden door de wijk.

Scenario 2: De gehele bergingsopgave wordt opgelost in het groen, door middel van wadi's. Dit zal duurder uitvallen, maar hierdoor is het ruimtegebruik ook een stuk lager. Zelfde eisen als bij scenario 1.

Scenario 3: De gehele bergingsopgave wordt opgelost met waterbergende wegen. Op pagina 7 is te zien dat er al 10 cm op de wegen wordt geborgen, hier komt door middel van deze maatregel nog 10 cm extra bij.

Scenario 4: Hier wordt de bergingsopgave voor een deel opgelost in het groen, het overige deel wordt opgelost met lokale wegen.

Scenario 5: Hier wordt de bergingsopgave voor een deel opgelost in het groen, een ander klein deel op de lokale wegen, en het resterende deel komt in watervetragende groenstroken. Let op: door deze maatregel wordt de functie vervangen, er kan niet meer gewandeld/gefietsd worden daar waar een waterbergende groenstrook wordt aangelegd.

Scenario 6: Hier wordt de bergingsopgave verdeeld over het groen, de rijbanen en het langzaamverkeer. Het langzaamverkeer wordt voor maximaal 5% gebruikt.

Scenario 7: Vergelijkbaar met scenario 6, alleen zijn de waardes verhoogt. Het grootste deel van de opgave wordt opgevangen op de lokale wegen.

1.1.2 Wateroverlast – Uitwerking openbaar terrein

5. Voorkeursmaatregelset per gebiedstype, inclusief kostenreservering - inbreiding

De maximale toepassingspercentages vanuit de vorige pagina worden hier toegepast op de inbreidingontwikkeling. De inbreiding heeft een andere functieverdeling dan de uitbreiding (pagina 6), en dus is de berging die een maatregel met een bepaald toepassingspercentage creëert anders. De opgave wordt (bijna) overal al gehaald zonder het maximale toepassingspercentage toe te passen. In de linker kolom van het scenario zijn de maximale toepassingspercentages weergegeven, en in de tweede kolom van het scenario zijn de toegepaste percentages weergegeven, bij deze percentages wordt de opgave dus al gehaald. Bijvoorbeeld in scenario 1: We mogen maximaal 80% van het groen gebruiken voor waterbergend openbaar groen, maar als we 32% toepassen wordt de bergingsopgave al gehaald, dit kost € 6.304.

Het betreft hier de bergingsopgave van het openbaar terrein van een inbreidingsplan, zijnde 32 m³/ha (pagina 7). Zie de vorige pagina voor een toelichting op de scenario's.

| Voorkeursvolgorde maatregelen | Functie | Scenario 1 | | Scenario 2 | | Scenario 3 | | Scenario 4 | | Scenario 5 | | Scenario 6 | | Scenario 7 | |
|------------------------------------|------------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
| | | Max. % | Toe-gepaste % | Max. % | Toe-gepaste % | Max. % | Toe-gepaste % | Max. % | Toe-gepaste % | Max. % | Toe-gepaste % | Max. % | Toe-gepaste % | Max. % | Toe-gepaste % |
| 1. Waterbergend openbaar groen | Groen | 80% | 32% | 0% | - | 0% | - | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 7% | 7% |
| 2. Wadi | Groen | 0% | - | 80% | 8% | 0% | - | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 7% | 7% |
| 3. Waterbergende weg | Lokale rijbanen | 0% | - | 0% | - | 90% | 27% | 90% | 6% | 5% | 5% | 2% | 2% | 15% | - |
| 4. Watervtragende groenstroken | Langzaam verkeer | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 40% | 1% | 5% | 5% | 5% | - |
| Minimale investeringskosten [€/ha] | | € 6.304 | | € 2.096 | | € 16.848 | | € 6.039 | | € 5.653 | | € 4.733 | | € 3.213 | |

1.1.2 Wateroverlast – Uitwerking openbaar terrein

5. Voorkeursmaatregelset per gebiedstype, inclusief kostenreservering - uitbreiding

De toepassingspercentages vanuit de vorige pagina worden hier toegepast op de inbreidingontwikkeling. De inbreiding heeft een andere functieverdeling dan de uitbreiding (pagina 6), en dus is de berging die een maatregel met een bepaald toepassingspercentage creëert anders. De opgave wordt (bijna) overal al gehaald zonder het maximale toepassingspercentage toe te passen. In de linker kolom van het scenario zijn de maximale toepassingspercentages weergegeven en in de tweede kolom van het scenario zijn de toegepaste percentages weergegeven. Bij deze toegepaste percentages wordt de opgave dus gehaald. Bijvoorbeeld in scenario 1: We mogen maximaal 80% van het groen gebruiken voor waterbergend openbaar groen, maar als we 45% toepassen wordt de bergingsopgave al gehaald, dit kost vervolgens € 17.730. Het betreft hier de bergingsopgave van het openbaar terrein van een uitbreidingsplan zijnde 90 m³/ha (pagina 7). Zie pagina 9 voor een toelichting op de scenario's.

| Voorkeursvolgorde maatregelen | Functie | Scenario 1 | | Scenario 2 | | Scenario 3 | | Scenario 4 | | Scenario 5 | | Scenario 6 | | Scenario 7 | |
|------------------------------------|------------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|--|---------------|------------|---------------|
| | | Max. % | Toe-gepaste % | Max. % | Toe-gepaste % | Max. % | Toe-gepaste % | Max. % | Toe-gepaste % | Max. % | Toe-gepaste % | Max. % | Toe-gepaste % | Max. % | Toe-gepaste % |
| 1. Waterbergend openbaar groen | Groen | 80% | 45% | 0% | - | 0% | - | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 7% | 7% |
| 2. Wadi | Groen | 0% | - | 80% | 12% | 0% | - | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 7% | 7% |
| 3. Waterbergende weg | Lokale rijbanen | 0% | - | 0% | - | 90% | 90% | 90% | 40% | 5% | 5% | 2% | 2% | 15% | 15% |
| 4. Watervetragende groenstroken | Langzaam verkeer | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 40% | 35% | 5% | 5% | 5% | 5% |
| Minimale investeringskosten [€/ha] | | € 17.730 | | € 6.288 | | € 46.800 | | € 25.390 | | € 12.090 | | Bergingsopgave wordt niet gehaald € 6.330 | | € 14.926 | |

1.1.3 Effect van 10 mm water op wegen en parkeren versus 100 mm

Vanuit de scenario's valt het op dat de bergingsopgave voor openbaar gebied zeer laag is. Dit komt onder andere door de bergingseis op privaat terrein (40 mm moet worden geboren op privaat terrein), maar ook doordat er 100 mm water op de wegen en parkeren wordt geaccepteerd (pagina 6). Wanneer de water op wegen en parkeren wordt verlaagd naar 10 mm, wordt de bergingsopgave op openbaar terrein voor inbreiding 149 m³/ha (in plaats van 32 m³/ha) en voor uitbreiding 189 m³/ha (in plaats van 90 m³/ha). De doorgerkende scenario's op pagina 10 en 11 zijn niet meer toereikend om deze toegenomen bergingsopgave te halen. Er zijn derhalve drie aanvullende scenario's doorgerkend, om de hogere bergingsopgave te kunnen halen. Ter vergelijking zijn ook de toepassingspercentages en kosten weergegeven wanneer er wel 100 mm op de wegen blijft staan voordat maatregelen worden geselecteerd.

Wat direct opvalt zijn de benodigde hoge toepassingspercentages en de hogere kosten (factor 2 tot 15). In nieuwbouwwontwikkelingen is 100 mm berging op wegen en parkeren echter wel verdedigbaar. Hier horen dan wel een aantal belangrijke ontwerpprincipes bij. Namelijk dat de wegen zijn voorzien van verhoogde trottoirs, dan wel verdiept worden aangelegd. Als dit bij start ontwerp wordt ingecalculeerd, dan hoeft dat niet tot extra klimaatkosten te leiden.

| Functie | | Scenario 1 | Inbreiding 100 mm | Inbreiding 10 mm | Scenario 2 | Inbreiding 100 mm | Inbreiding 10 mm | Scenario 3 | Inbreiding 100 mm | Inbreiding 10 mm |
|------------------------------------|------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------|-----------------------|----------------------|
| 1. Waterbergend openbaar groen | Groen | 15% | 15% | 15% | 70% | 32% | 70% | 10% | 10% | 10% |
| 2. Wadi | Groen | 15% | 5% | 15% | 10% | - | 10% | 10% | 6% | 10% |
| 3. Waterbergende weg | Lokale rijbanen | 50% | - | 50% | 20% | - | 20% | 80% | - | 80% |
| 4. Watervtragende groenstroken | Langzaam verkeer | 10% | - | 9% | 10% | - | 9% | 10% | - | 4% |
| Minimale investeringskosten [€/ha] | | | € 4.265 | € 40.227 | | € 6.304 | € 31.032 | | € 3.542 | € 55.462 |
| Functie | | Scenario 1 | Uitbreiding 100 mm | Uitbreiding 10 mm | Scenario 2 | Uitbreiding 100 mm | Uitbreiding 10 mm | Scenario 3 | Uitbreiding 100 mm | Uitbreiding 10 mm |
| 1. Waterbergend openbaar groen | Groen | 15% | 15% | 15% | 70% | 45% | 70% | 10% | 10% | 10% |
| 2. Wadi | Groen | 15% | 7% | 15% | 10% | - | 7% | 10% | 9% | 10% |
| 3. Waterbergende weg | Lokale rijbanen | 50% | - | 39% | 20% | - | - | 80% | - | 80% |
| 4. Watervtragende groenstroken | Langzaam verkeer | 10% | - | - | 10% | - | - | 10% | - | 9% |
| Minimale investeringskosten [€/ha] | | | € 10.838 | € 34.050 | | € 17.730 | € 31.248 | | € 8.656 | € 52.040 |

1.1.4 Wateroverlast – Uitwerking privaat terrein

5. Voorkeursmaatregelset per gebiedstype, inclusief kostenreservering – privaat terrein

Het invullen van de bergingseis voor privaat terrein (40 mm) is apart berekend. Deze 40 mm heeft als equivalent een bergingsopgave van 400 m³/ha. Wanneer deze opgave wordt toegepast op het percentage privaat terrein, wordt de bergingseis voor inbreiding 172 m³/ha en voor uitbreiding 184 m³/ha, zoals toegelicht op pagina 8.

Voor de overige 30 mm die op het private terrein valt is aangenomen dat 15 mm plasvorming op privaat terrein zal zijn, zie pagina 6. De overige 15 mm is voor aangenomen dat deze zal afstromen naar het openbaar terrein waar het geborgen of afgevoerd wordt.

De potentiële maatregelen uit stap 4 die voor privaat terrein geschikt zijn, zijn in een voorkeursvolgorde geplaatst met daarbij een maximaal toepassingspercentage. De voorkeursvolgorde wordt doorlopen, totdat aan de bergingsopgave op privaat terrein wordt voldaan.

De resulterende kosten zijn relatief hoog vergeleken met de kosten op openbaar terrein. Dit komt enerzijds doordat private percelen 43% en respectievelijk 46% ruimtebeslag hebben. Anderzijds zijn groenblauwe daken en bergingstanks dure maatregelen.

| Voorkeursvolgorde maatregelen | Functie | Maximum | Inbreiding | Uitbreiding |
|------------------------------------|--------------|---------|------------|-------------|
| 1. Wadi | Erf | 15% | 15% | 15% |
| 2. Waterbergend groen | Erf | 10% | 10% | 10% |
| 3. Groenblauwe daken | Platte daken | 20% | 16% | 17% |
| 4. Bergingstank | Erf | 10% | - | - |
| Minimale investeringskosten [€/ha] | | | € 43.796 | € 18.233 |

1.1.5 Wateroverlast – Kosten per hectare en per woning

De kosten voor inbreiding en uitbreiding om te voldoen aan de waterbergingsseisen zijn in onderstaande tabel weergegeven per ha. Hierbij is uitgegaan van het basisscenario waarbij op wegen en parkeren 100 mm water mag staan voordat maatregelen worden getroffen. Als meest realistisch maatregelscenario voor openbaar terrein is scenario 6 voorgesteld voor inbreidingen (zie pagina 10). Dit scenario is voor uitbreidingsplannen echter niet toereikend om te voldoen, waardoor voor uitbreiding gekozen wordt voor scenario 7 (zie pagina 11). De maatregelen op privaat terrein staan op pagina 13.

| Voorkeursvolgorde maatregelen | Scenario 6 | |
|---------------------------------|------------|---------------|
| | Max. % | Toe-gepaste % |
| 1. Waterbergend openbaar groen | 5% | 5% |
| 2. Wadi | 5% | 5% |
| 3. Waterbergende weg | 2% | 2% |
| 4. Watervetragende groenstroken | 5% | 5% |

Maatregelscenario 6 inbreiding

| | | Minimale investeringskosten [€/ha] | Maximale investeringskosten [€/ha] | Minimale B&O kosten [€/ha/jaar] | Maximale B&O kosten [€/ha/jaar] |
|--------------------|---------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Inbreiding | Openbaar | € 4.733 | € 9.584 | € 261 | € 824 |
| | Privaat | € 45.800 | € 167.232 | € 565 | € 2.826 |
| | Totaal | € 50.533 | € 176.816 | € 826 | € 3.650 |
| Uitbreiding | Openbaar | € 14.926 | € 27.771 | € 881 | € 2.412 |
| | Privaat | € 21.740 | € 61.671 | € 432 | € 2.158 |
| | Totaal | € 36.666 | € 89.442 | € 1.313 | € 4.569 |

| Voorkeursvolgorde maatregelen | Scenario 7 | |
|---------------------------------|------------|---------------|
| | Max. % | Toe-gepaste % |
| 1. Waterbergend openbaar groen | 7% | 7% |
| 2. Wadi | 7% | 7% |
| 3. Waterbergende weg | 15% | 15% |
| 4. Watervetragende groenstroken | 5% | 5% |

Maatregelscenario 7 uitbreiding

In de onderstaande tabel zijn de kosten per woning vermeld, uitgaande van de gemiddelde woningdichtheid die onder de tabel staat vermeld.

| | Minimale investeringskosten [€/woning] | Maximale investeringskosten [€/woning] | Minimale B&O kosten [€/woning/jaar] | Maximale B&O kosten [€/woning/jaar] |
|--------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Inbreiding | € 842 | € 2.947 | € 14 | € 61 |
| Uitbreiding | € 1.467 | € 3.578 | € 53 | € 183 |

Uitbreiding: 25 woningen per ha (bron: PBL), Inbreiding 60 woningen per ha (bron: Provincie Zuid-Holland)

1.2 Hitte

1.2.1 Aanpak

Om de kosten voor hitte te bepalen binnen inbreidings- en uitbreidingsontwikkelingen zijn de volgende stappen doorlopen:

Schaduw

- 1. Ambitie**
De ambitie is afkomstig vanuit de Landelijke Maatlat
- 2. Huidige situatie**
Eerst is het huidig schaduwpercentage vastgesteld, dit is op basis van vorige onderzoeken bepaald.
- 3. Opgave**
Op basis van de ambitie, de huidige situatie en de functieverdeling is bepaald hoeveel schaduw er nog extra nodig is.
- 4. Maatregelen**
De opgave is omschreven in maatregelen.

Afstand tot koelte

- 1. Ambitie**
De ambitie is afkomstig vanuit de Landelijke Maatlat, deze is alleen geldig voor uitbreidingslocaties.
- 2. Dekking van een koele plek**
De dekking van een koele plek wordt bepaald, hoeveel woningen voldoen aan de eis door 1 extra koele plek toe te voegen.
- 3. Kosten**
Het maken van een koele plek wordt omschreven in kosten.

Totale kosten

De totale kosten worden gegeven, van zowel schaduw als afstand tot koelte, per hectare en per woning.

1.2.2 Hitte – Schaduweis

1. Ambitie

Op fiets- en wandelpaden, drinkwaterstroken en verblijfsplekken is ten minst 40% schaduw vereist.

2. Huidige situatie

In de functieverdeling staat beschreven hoeveel langzaamverkeer er is per ontwikkeling, namelijk: uitbreiding: 10% en inbreiding: 17%.

Er is vanuit gegaan dat er al schaduw aanwezig is, door gebouwen en het huidig groen. Inbreiding is dichter bebouwd en heeft daardoor een hoger huidig schaduwpercentage. Daarbij is gekeken naar schaduwberekeningen uit vorige onderzoeken en zo zijn dit de aangenomen schaduwpercentages:

Uitbreiding: 15% schaduw

Inbreiding: 20% schaduw

3. Benodigde schaduw

Voor beide situaties kan nu de benodigde schaduw worden berekend:

Uitbreiding: $40\% - 15\% = 25\%$ extra schaduw nodig op langzaamverkeer

Inbreiding: $40\% - 20\% = 20\%$ extra schaduw nodig op langzaamverkeer

Vervolgens is bepaald hoeveel schaduw dit is voor de hele wijk.

Uitbreiding: 25% schaduw x 10% langzaamverkeer = $2,5\%$ schaduw in de hele wijk

Inbreiding: 20% schaduw x 17% langzaamverkeer = $3,4\%$ schaduw in de heel wijk

Dit is gelijk aan $250 \text{ m}^2/\text{ha}$ (uitbreiding) en $340 \text{ m}^2/\text{ha}$ (inbreiding).

4. Maatregelen

Wanneer 95% van de benodigde schaduw door bomen wordt ingevuld en de overige 5% door groene pergola's. Betekent dit dat:

Uitbreiding: 95% van $250 \text{ m}^2 = 237,5 \text{ m}^2$ schaduw door bomen, 1 volgroeide boom geeft $42,5 \text{ m}^2$ schaduw dus dit komt neer op **5,6 volgroeide bomen per ha**

5% van $250 \text{ m}^2 = 12,5 \text{ m}^2$ schaduw, 1 m^2 pergola geeft $1,7 \text{ m}^2$ schaduw, dus **7,3 m^2 groene pergola's per ha**

Inbreiding: 95% van $340 \text{ m}^2 = 323 \text{ m}^2$ schaduw door bomen, 1 volgroeide boom heeft $42,5 \text{ m}^2$ schaduw dus dit komt neer op **7,6 volgroeide bomen per ha**

5% van $340 \text{ m}^2 = 17 \text{ m}^2$ schaduw, 1 m^2 pergola geeft $1,7 \text{ m}^2$ schaduw, dus **9,9 m^2 groene pergola's per ha**

1.2.3 Hitte – Afstand tot koelte

1. Ambitie

Op 300 m loopafstand bevindt zich een koele plek van 200 m².

Deze ambitie geldt alleen voor uitbreiding. Voor inbreiding wordt ervanuit gegaan dat dit niet binnen het plangebied wordt opgelost, maar binnen de wijk waar de inbreiding deel van uitmaakt.

2. Dekking van een koele plek

Om te bepalen hoeveel koele plekken er per hectare nodig zijn, is eerst de dekking van één koele plek bepaald. Dus hoeveel van een gebied voldoet door het plaatsen van 1 koele plek?

In de klimaateffectatlas wordt 300 meter loopafstand vertaald naar een GIS-analyse van het stratenpatroon om voor elk adres de bereikbaarheid te toetsen. Voor dit onderzoek is dat niet mogelijk omdat er een gemiddelde fictieve functieverdeling van de ruimte is bepaald (zie pagina 6). Er is derhalve een aanname gedaan dat de 300 meter loopafstand wordt gedekt door een cirkel met een straal van 250 meter om de koele plek heen te hanteren.

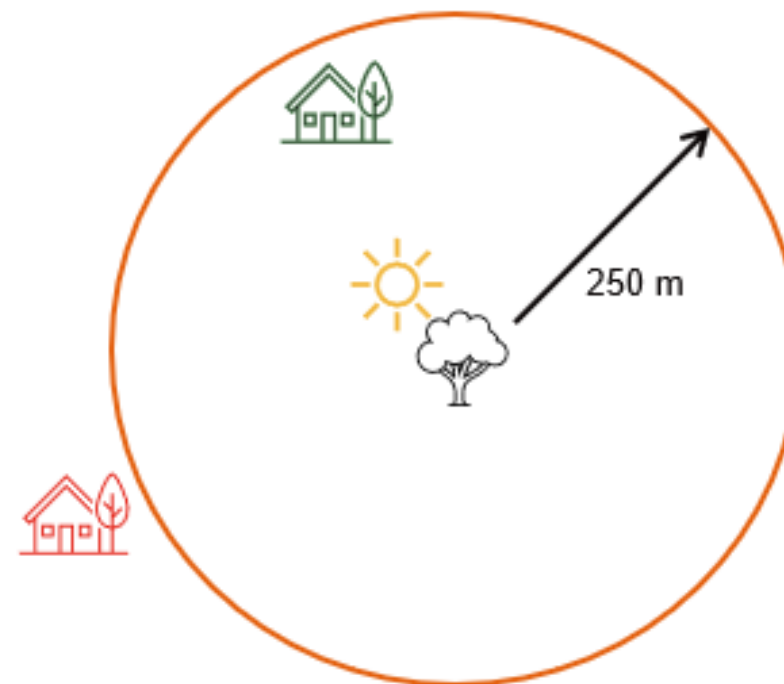
De oppervlakte van een cirkel is $\pi \cdot r^2$, $\pi \cdot 250^2 = 19,6$ ha.

Dit betekent dat één koele plek een gebied van 19,6 hectare voorziet van koelte. Andersom, is er dus $1/19,6 = 0,051$ koele plek nodig per hectare.

3. Kosten

Het inrichten van een koele plek wordt geraamd op € 5.000 – 6.250 per koele plek.

Dit komt neer op € 255 – 319 per ha.



1.2.4 Hitte – Totale kosten

De totale kosten voor inbreiding en uitbreiding om te voldoen aan de hitte-eisen zijn in onderstaande tabel weergegeven per ha.

| | | Minimale investeringskosten [€/ha] | Maximale investeringskosten [€/ha] | Minimale B&O kosten [€/ha/jaar] | Maximale B&O kosten [€/ha/jaar] |
|--------------------|---------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Inbreiding | Bomen | € 3.778 | € 7.178 | € 3 | € 16 |
| | Pergola | € 308 | € 865 | € 10 | € 73 |
| | Totaal | € 4.086 | € 8.043 | € 13 | € 89 |
| Uitbreiding | Bomen | € 2.778 | € 5.278 | € 2 | € 12 |
| | Pergola | € 227 | € 636 | € 8 | € 54 |
| | Koele plek | € 250 | € 319 | € 0 | € 1 |
| | Totaal | € 3.255 | € 6.133 | € 10 | € 66 |

In de onderstaande tabel zijn de kosten per woning vermeld, uitgaande van de gemiddelde woningdichtheid die onder de tabel staat vermeld.

| | Minimale investeringskosten [€/woning] | Maximale investeringskosten [€/woning] | Minimale B&O kosten [€/woning/jaar] | Maximale B&O kosten [€/woning/jaar] |
|--------------------|---|---|--|--|
| Inbreiding | € 68 | € 134 | € 0 | € 1 |
| Uitbreiding | € 130 | € 245 | € 0 | € 3 |

Uitbreiding: 25 woningen per ha (bron: PBL), Inbreiding 60 woningen per ha (bron: Provincie Zuid-Holland)

1.3 Biodiversiteit

1.3.1 Aanpak

Habitat

1. **Ambitie**
De ambitie is afkomstig vanuit de Landelijke Maatlat
2. **Mogelijke soortencategorieën**
De mogelijke soortencategorieën worden benoemd
3. **Gekozen soortencategorieën**
Er is per gebiedstype bepaald welke soortencategorie passend is.
4. **Kostenkentallen**
De soortencategorieën worden omschreven naar maatregelen om zo de kosten te kunnen bepalen.

Groenpercentage

1. **Ambitie**
De ambitie is afkomstig vanuit de Landelijke Maatlat
2. **Huidig groen**
Er is op basis van GIOS huidige groenpercentages bepaald.
3. **Benodigd groen**
Er is bepaald hoeveel groen er nog extra benodigd is om de ambitie te halen.
4. **Vergroenen**
Het benodigde oppervlakte groen wordt ingevuld met een combinatie van maatregelen.
5. **Kosten**
De maatregelen zijn omschreven naar kosten.

1.3.2 Biodiversiteit - Habitat

1. Ambitie

Waardevolle habitat realiseren.

2. Mogelijke soortencategorieën

We wijzen soortencategorieën toe die passen bij de indeling van de wijken. De mogelijke soortencategorieën zijn *gebouw bewonend*, *boom bewonend*, *aan struweel gebonden*, *aan bloemrijk grasland gebonden* en *aan water en oevers gebonden*.

3. Gekozen soortencategorieën

Voor zowel inbreiding als uitbreiding is gekozen voor: **gebouwbewonend, aan struweel gebonden en aan bloemrijk grasland gebonden**.

4. Kostenkentallen

Elke soortencategorie heeft een bijbehorende maatregel. Daarbij is in samenwerking met een ecooloog bepaald hoeveel van elke maatregel nodig is. De maatregelen, aantallen en kosten zijn hieronder weergegeven.

| | Maatregel | Hoeveelheid | Minimale investeringskosten [€/ha] | Maximale investeringskosten [€/ha] | Minimale B&O kosten [€/ha/jaar] | Maximale B&O kosten [€/ha/jaar] |
|---------------------------------|---|--------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Gebouwbewonend | Nestplaatsen gierzwaluw, vleermuis en huismus | 150 stuks/ha | € 200 | € 318 | € 35 | € 40 |
| Aan struweel gebonden | Inheemse struiken | 120 m2/ha | € 3.480 | € 3.540 | € 126 | € 126 |
| Aan bloemrijk grasland gebonden | Inheems kruidenpakket | 200 m2/ha | € 210 | € 420 | € 42 | € 64 |
| Totaal | | | € 3.890 | € 4.278 | € 203 | € 230 |

1.3.3 Biodiversiteit – Groenpercentage

1. Ambitie

Minimaal percentage groen op buurtniveau realiseren.

2. Minimum en streefwaarde

Op basis van Groen In en Om de Stad (GIOS) zijn gemiddelde groenpercentages aangenomen voor inbreidingen en uitbreidingen. Hierin worden minimum- en streefwaardes genoemd. Er is vanuit gegaan dat elke ontwikkeling voldoet aan het minimumpercentage. De streefwaarde wordt dus het doel.

| | Minimumwaarde | Streefwaarde |
|-------------|---------------|--------------|
| Inbreiding | 25% | 30% |
| Uitbreiding | 35% | 40% |

3. Benodigd groen

Het verschil tussen de minimum- en streefwaarde is het percentage groen wat nog extra nodig is. Dit is voor zowel inbreiding als uitbreiding 5%, dit is gelijk aan 500 m²/ha.

Vanuit hitte worden er al bomen toegevoegd voor schaduw, en vanuit wateroverlast worden er maatregelen toegevoegd die vergroenen namelijk watervertragende groenstroken, en groene daken. Dit resulteert in een groenopgave van 276 m²/ha voor uitbreiding en 0 voor inbreiding.

4. Vergroenen

Het toevoegen van groen wordt gedaan door een combinatie van maatregelen.

- 40% door het toevoegen van inheemse bomen
- 40% door het toevoegen van inheemse struiken
- 20% door het toevoegen van een inheems kruidenpakket

5. Kosten

Door het combineren van de kostenkentallen volgens bovengenoemde percentages, kost vergroenen € 35 – 108 per m² en € 0,2 – 0,3 per m² aan beheer en onderhoudskosten.

Voor zowel inbreiding als uitbreiding resulteert dit in:

| | Minimale investeringskosten [€/ha] | Maximale investeringskosten [€/ha] | Minimale B&O kosten [€/ha/jaar] | Maximale B&O kosten [€/ha/jaar] |
|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Uitbreiding | € 9.888 | € 29.881 | € 349 | € 575 |

1.3.4 Biodiversiteit - Totale kosten

Totale kosten

De totale kosten voor inbreiding en uitbreiding om te voldoen aan de biodiversiteits-eisen zijn in onderstaande tabel weergegeven per hectare.

| | | Minimale investeringskosten [€/ha] | Maximale investeringskosten [€/ha] | Minimale B&O kosten [€/ha/jaar] | Maximale B&O kosten [€/ha/jaar] |
|--------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Inbreiding | Soortencategorieën | € 3.890 | € 4.278 | € 203 | € 230 |
| | Vergroenen | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Totaal | € 3.890 | € 4.278 | € 203 | € 230 |
| Uitbreiding | Soortencategorieën | € 3.890 | € 4.278 | € 203 | € 230 |
| | Vergroenen | € 9.888 | € 29.881 | € 349 | € 575 |
| | Totaal | € 13.778 | € 34.159 | € 552 | € 575 |

In de onderstaande tabel zijn de kosten per woning vermeld, uitgaande van de gemiddelde woningdichtheid die onder de tabel staat vermeld.

| | Minimale investeringskosten [€/woning] | Maximale investeringskosten [€/woning] | Minimale B&O kosten [€/woning/jaar] | Maximale B&O kosten [€/woning/jaar] |
|--------------------|---|---|--|--|
| Inbreiding | € 65 | € 71 | € 3 | € 4 |
| Uitbreiding | € 551 | € 1.366 | € 22 | € 32 |

Uitbreiding: 25 woningen per ha (bron: PBL), Inbreiding 60 woningen per ha (bron: Provincie Zuid-Holland)

2. Locatie specifieke kosten

Dit hoofdstuk omvat de locatie-specifieke klimaatthema's vanuit water- en bodemsturend. Het betreft de thema's overstromingsrisico (calamiteitenbeperking) en bodemdaling.

2.1 Rekening houdend met water- en bodem

Op basis van de Kamerbrief Water & Bodem Sturend, Praktijkgids Water en Bodem Sturend en het Ruimtelijk Afwegingskader Klimaatadaptieve Gebouwde Omgeving zijn een aantal thema's vastgesteld welke invloed hebben op het water- en bodemsysteem.

Voor het **watersysteem** zijn dit de volgende thema's:

1. Grondwaterstanden en -fluctuaties
2. Zoutgehalte van grond- en oppervlaktewater
3. **Afvoercapaciteit van watergangen**
4. Oppervlaktewaterkwaliteit
5. Diepte en stabiliteit van de zoetwaterlens
6. **Overstromingsgevoeligheid en ligging t.o.v. waterkeringen**

Hiervan zijn de belangrijkste i.e. de thema's die het meeste overlast veroorzaken, en gevoelig zijn voor klimaatverandering 'Afvoercapaciteit van watergangen' en 'Overstromingsgevoeligheid en ligging t.o.v. waterkeringen'. Deze komen beide terug in de kaart 'Plaatsgebonden Overstromingskans', en daarom is deze data gebruikt in het vervolg van de analyse.

Voor het **bodemsysteem** zijn dit de volgende thema's:

1. **Grondwaterstanden en -fluctuaties**
2. **Doorlatendheid van bodemlagen**
3. Verzadigingsgraad van de bodem
4. **Gevoeligheid voor bodemdaling**
5. **Hellingshoek en reliëf**
6. Bodemstructuur en organische stofgehalte
7. Temperatuurgevoeligheid van de bodem

Hiervan geven de thema's 1,2, 4 en 5 het meeste overlast voor nieuwbouwwoningen. Deze thema's komen samen in de kaart 'Bodemdaling in 2050'. Deze is dan ook gebruikt in de verdere analyse.

2.2 Overstromingsrisico

2.2.1 Aanpak

Overstromingsrisico is locatie-specifiek, niet overal in Nederland hoeven gevolgbeperkende maatregelen genomen te worden. Daarom blijven de uiteindelijke kosten afhankelijk van de locatie. Om de kosten voor overstromingsrisico te bepalen binnen inbreidings- en uitbreidingsontwikkelingen zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Nederland onderverdelen in 3 gebieden (geen risico, laag risico, groot risico)
2. Per gebied passende maatregel selecteren
3. Kosten bepalen per gebied

2.2.2 Overstromingsrisico – Uitwerking

1. Nederland onderverdelen in 3 gebieden (geen risico, laag risico, groot risico).

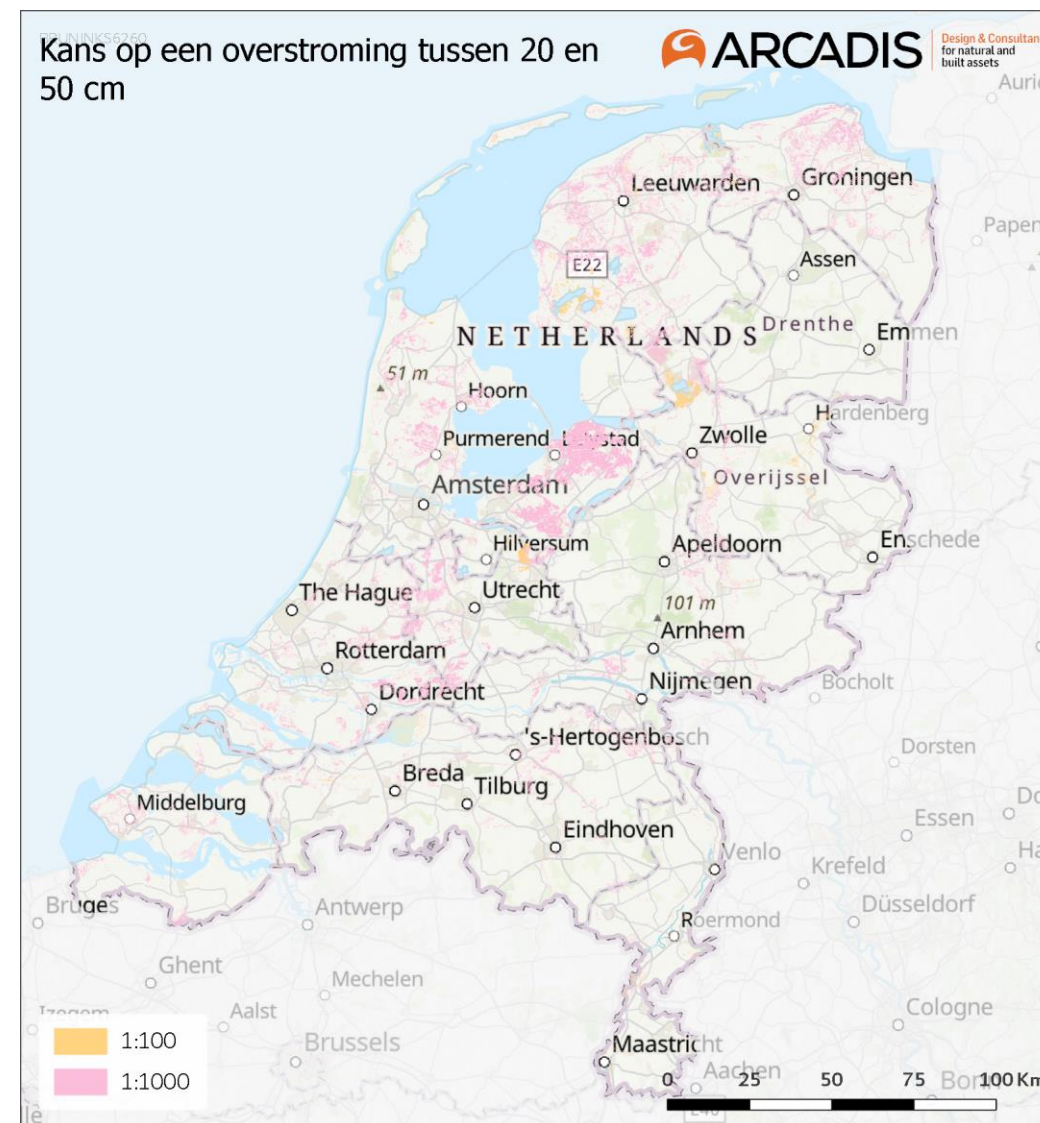
Framework for Climate Adaptive Buildings van de DGBC stelt dat als de 'plaatsgebonden overstromingskans 2050 > 50 cm' lager is dan de 'plaatsgebonden overstromingskans 2050 > 20 cm' dan komen overstromingen met een kleine waterdiepte vaker voor dan overstromingen met een grotere waterdiepte.

Op basis hiervan is een kaart gemaakt. Eerst zijn de overstromingskansen 1:100 en 1:1000 geselecteerd voor zowel de kaart van 20 cm als van 50 cm. Vervolgens zijn deze twee kaarten van elkaar afgetrokken, wat resulteert in een kaart met geen risico op een overstroming tussen de 20 en 50 cm, laag risico op een overstroming tussen de 20 en 50 cm (1:1000) en hoog risico op een overstroming tussen de 20 en 50 cm (1:100). Deze is hiernaast weergegeven.

2. Per gebied passende maatregel selecteren.

Voor inbreidingslocaties in met een laag en een hoog risico op een overstroming tussen de 20 en 50 cm gekozen voor schotten. Aangezien hier niet opgehoogd kan worden omdat dit het risico voor de omliggende gebouwen zou vergroten.

Voor uitbreidingslocaties met een **laag risico** is ook gekozen voor **schotten**, omdat dit een lagere impact heeft. Voor uitbreidingslocaties met een **hoge kans** is gekozen voor het **integraal ophogen** van de wijk.



2.2.2 Overstromingsrisico - Uitwerking

3. Kosten bepalen per gebied

De toegewezen maatregelen uit stap 2 zijn in de tabel hieronder weergegeven. Het gebied met een laag risico is 200.000 ha groot, het gebied met een hoog risico is 20.000 hectare groot in Nederland. Afhankelijk waar de bouwlocaties zich bevindt dienen maatregelen te worden geselecteerd.

| | Laag (1:1000 jaar) 200.000 ha | Hoog(1:100 jaar) 20.000 ha |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Inbreiding | Schotten | Schotten |
| Uitbreiding | Schotten | Integraal ophogen van de wijk |
| | Laag (1:1000 jaar) 200.000 ha | Hoog(1:100 jaar) 20.000 ha |
| Inbreiding | € 2.900 - 7.200 per woning | € 2.900 - 7.200 per woning |
| Uitbreiding | € 2.900 - 7.200 per woning | € 85 – 90 per m ² |

2.2.3. Overstromingsrisico – Kosten per hectare en per woning

Om de kosten van het overstromingsrisico te kunnen vergelijken met de andere thema's worden deze omgeschreven naar kosten per ha en per woning. Hiervoor wordt dezelfde aanname gebruikt: Uitbreiding: 25 woningen per ha (bron: PBL), Inbreiding 60 woningen per ha (bron: Provincie Zuid-Holland)

| Per ha | Laag (1:1000 jaar) 200.000 ha | Hoog(1:100 jaar) 20.000 ha |
|-------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Inbreiding | € 174.000 – 432.000 | € 174.000 – 432.000 |
| Uitbreiding | € 72.500 – 180.000 | € 850.000 – 900.000 |

| Per woning | Laag (1:1000 jaar) 200.000 ha | Hoog(1:100 jaar) 20.000 ha |
|-------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Inbreiding | € 2.900 - 7.200 | € 2.900 - 7.200 |
| Uitbreiding | € 2.900 - 7.200 | € 34.000 – 36.000 |

2.3 Bodemdaling

2.3.1 Aanpak

Ook bodemdaling is locatie-specifiek, niet overal in Nederland hoeven gevolgbeperkende maatregelen genomen te worden. Daarom blijven de uiteindelijke kosten afhankelijk van de locatie. Om de kosten voor bodemdaling te bepalen binnen inbreidings- en uitbreidingsontwikkelingen zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Nederland onderverdelen in 2 gebieden (geen risico, wel risico)
2. Per ontwikkeling een passende maatregel selecteren
3. Kosten bepalen per ontwikkeling
4. Kosten bepalen per hectare en per woning

2.3.2 Bodemdaling - Uitwerking

1. Nederland onderverdelen in 2 gebieden (geen risico, wel risico)

In de figuur hiernaast is de verwachte bodemdaling in 2050 weergegeven bij een sterk veranderend klimaat, variërend tussen 10 en 60 cm. Dit betreft een gebied van 423.000 hectare.

2. Per ontwikkeling een passende maatregel selecteren

Voor inbreidingsontwikkelingen is gekozen voor het ophogen met lichte materialen, omdat hier niet grootschalig kan worden voorbelast en of hoger kan worden gebouwd. Dit vanwege de aansluiting op het omliggende gebied.

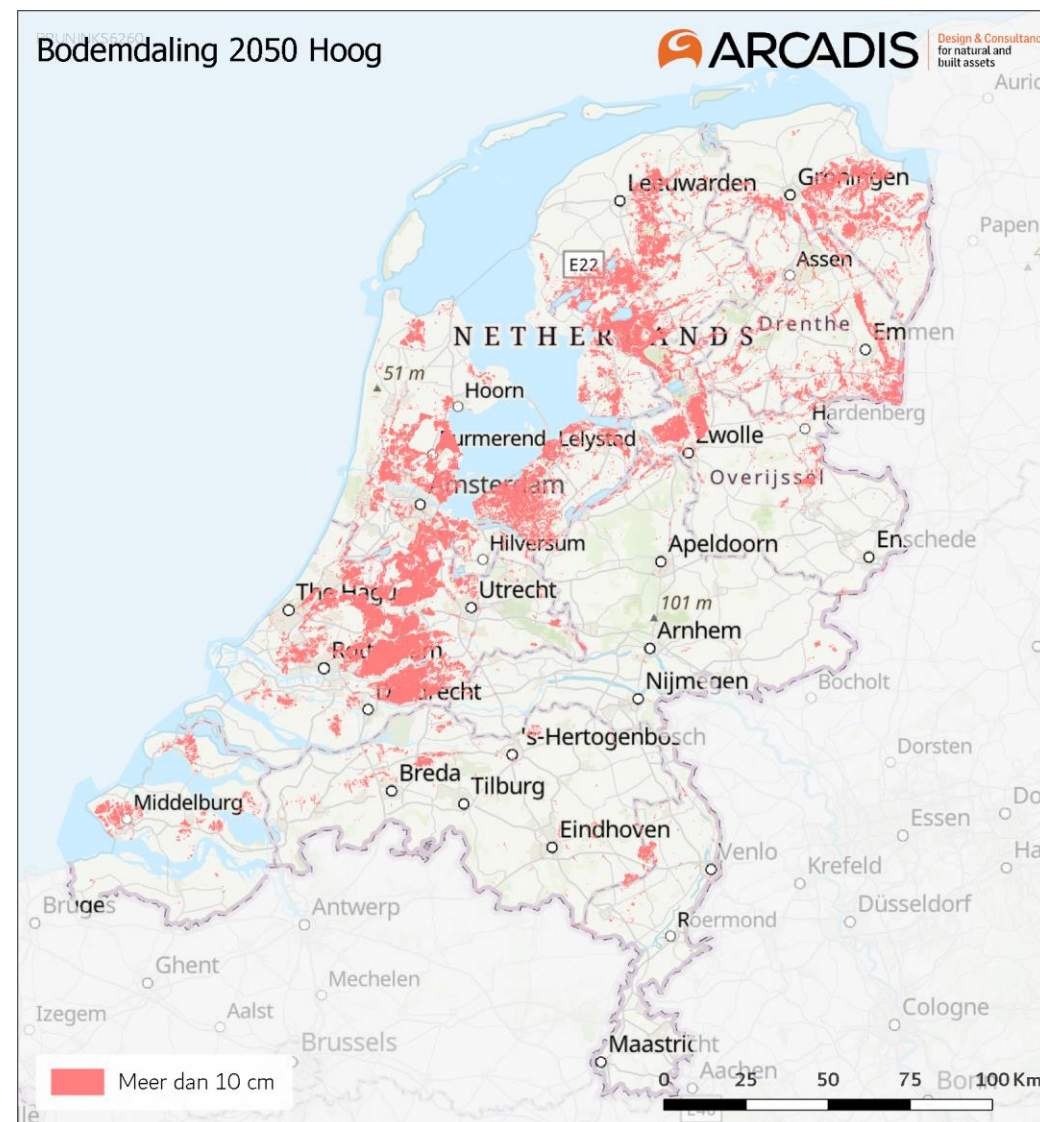
Voor uitbreidingsontwikkelingen is gekozen voor het integraal en lang voorbelasten van de ondergrond totdat de eindzetting is bereikt. In uitbreidingsplannen is hier in de regel voldoende ruimte voor zonder problemen met de omliggende omgeving te krijgen.

3. Kosten bepalen per ontwikkeling

De kosten voor deze maatregelen zijn als volgt:

Ophoging met lichte materialen: € 44 – 49 per m²

Langer voorbelasten: € 12 – 43 per m²



2.2.3 Bodemdaling – Kosten per hectare en per woning

Kosten per hectare en per woning

Om de kosten van bodemdaling te kunnen vergelijken met de andere thema's worden deze omgeschreven naar kosten per ha en per woning. Hiervoor wordt dezelfde aanname gebruikt als voor de andere thema's: Uitbreiding: 25 woningen per ha (bron: PBL), Inbreiding 60 woningen per ha (bron: Provincie Zuid-Holland)

| | Per hectare | Per woning |
|--------------------|---------------------|------------------|
| Inbreiding | € 440.000 – 490.000 | € 7.333 – 8.167 |
| Uitbreiding | € 120.000 - 430.000 | € 4.800 – 17.200 |

3. Waterkwaliteit

3.1 Kwalitatieve beschrijving

Volgens het NKWK is waterkwaliteit afhankelijk van veel indicatoren. Zelfs op kleine schaal kunnen er grote verschillen zitten. Dit maakt het lastig om waterkwaliteit vast te leggen in één kaart of te verbeteren met een vast pakket aan maatregelen. Naast maatregelen die specifiek gericht zijn op waterkwaliteit, hebben ook andere klimaatadaptatiemaatregelen invloed op de waterkwaliteit. Extra groen kan bijvoorbeeld leiden tot een hogere waterbehoefte of tot veranderingen in afstroming en bemesting. Ook hydrologische ingrepen, zoals waterberging of infiltratiemaatregelen, kunnen zowel positieve als negatieve effecten hebben op waterkwaliteit. **Het is daarom van belang om waterkwaliteit vroeg in het ontwerpproces mee te nemen, zodat negatieve bijeffecten worden voorkomen en kansen voor verbetering optimaal worden benut.**

De waterkwaliteit in stedelijke gebieden wordt doorgaans gekenmerkt door zes indicatoren: **voedselrijkdom, doorstroming, watertemperatuur, zuurstofgehalte, zoutgehalte en verontreiniging**. Klimaatverandering heeft invloed op al deze factoren, bijvoorbeeld door hogere temperaturen, langere droogteperiodes en hevigere neerslag. Dit maakt het extra belangrijk om waterkwaliteitsmaatregelen af te stemmen op de bredere klimaatadaptatiestrategie.

Maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit kunnen grofweg worden ingedeeld in zes categorieën: **beheer en onderhoud, de waterketen, hydrologisch functioneren, inrichting, communicatie en acceptatie, en alternatief gebruik**. De kosten hiervan lopen sterk uiteen. Inrichtingsmaatregelen, zoals het verdiepen of verbinden van watergangen, vragen vaak om hoge investeringen, terwijl beheer- en onderhoudsmaatregelen zoals maaien en baggeren terugkerende, maar lagere kosten met zich meebrengen. Hydrologische en waterketenmaatregelen kunnen kostbaar zijn, maar dragen bij aan structurele verbeteringen. Communicatie- en acceptatiemaatregelen zijn relatief goedkoop en helpen om bewustwording te vergroten en het gebruik van water te sturen.

Door waterkwaliteit in een vroeg stadium mee te nemen, kunnen klimaatadaptatiemaatregelen anders worden vormgegeven of slim worden gecombineerd om negatieve effecten te voorkomen en kansen te benutten. Dit vereist ruimte in het gesprek over klimaatadaptatie om waterkwaliteit structureel mee te nemen in afwegingen, in plaats van het als een losstaand thema te behandelen. **Bewustwording** speelt hierin een cruciale rol, zowel bij beleidsmakers als ontwerpers en beheerders, zodat waterkwaliteit integraal onderdeel wordt van stedelijke en landschappelijke ontwikkelingen.

4. Totale kosten per hectare en per woning

4 Totale kosten per hectare en per woning

De kosten die zijn bepaald in de eerdere hoofdstukken, zijn hier onder elkaar gezet om een totaal overzicht te geven. Dit zijn de kosten per hectare, van wateroverlast, biodiversiteit, hitte, overstromingsrisico en bodemdaling. Bij overstromingsrisico en bodemdaling zijn de kosten locatie-specifiek. Het hangt dus af van waar de ontwikkeling plaats vindt of deze kosten moeten worden meegenomen. Zie pagina 26 en 30 voor deze locaties. Daarbij is bij de kosten van overstromingsrisico is bij uitbreiding een range gegeven. Het hangt af van de locatie waar de ontwikkeling plaats vindt (laag of hoog risico op een overstroming, en welke maatregel hieraan gekoppeld is).

De minimale investeringskosten per hectare inbreiding variëren tussen € 59k en € 672k, afhankelijk van de locatie. Voor uitbreiding variëren de minimale investeringskosten tussen € 54k en € 1.023k per hectare.

De minimale kosten per woning **inbreiding** variëren tussen ca. € 1k en € 11k, afhankelijk van de locatie, voor **uitbreiding** tussen ca. € 2k en 40k per woning.

Op de volgende pagina zijn de kosten uitgesplitst per thema en aangegeven in een de bandbreedte minimale tot maximale kosten per thema. De bandbreedte komt voort uit de keuzevrijheid hoe een maatregel te ontwerpen (bijvoorbeeld, simpele wadi versus complexe, biodiverse wadi).

| Thema's | Minimale investeringskosten per hectare inbreiding [€/ha] | Minimale investeringskosten per hectare uitbreiding [€/ha] | Minimale investeringskosten per hectare inbreiding [€/woning] | Minimale investeringskosten per hectare uitbreiding [€/woning] |
|---|--|---|--|---|
| Wateroverlast, hitte, biodiversiteit | € 58.509 | € 53.699 | € 975 | € 2.148 |
| Wateroverlast, hitte, biodiversiteit, overstromingen | € 232.509 | € 126.199 - € 903.699 | € 3.875 | € 5.048 – € 36.148 |
| Wateroverlast, hitte, biodiversiteit, bodemdaling | € 498.509 | € 173.699 | € 8.308 | € 6.948 |
| Wateroverlast, hitte, biodiversiteit, overstromingen en bodemdaling | € 672.509 | € 246.199 - € 1.023.699 | € 11.208 | € 6.948 – € 40.948 |

Kosten uitgesplitst per thema, per hectare en per woning

| | | Minimale investeringskosten [€/ha] | Maximale investeringskosten [€/ha] | Minimale B&O kosten [€/ha/jaar] | Maximale B&O kosten [€/ha/jaar] |
|-------------|----------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Inbreiding | Wateroverlast | € 50.533 | € 176.816 | € 826 | € 3.650 |
| | Biodiversiteit | € 3.890 | € 4.278 | € 203 | € 230 |
| | Hitte | € 4.086 | € 8.043 | € 13 | € 89 |
| | Overstromingsrisico* | € 174.000 | € 432.000 | 0 | 0 |
| | Bodemdaling* | € 440.000 | € 490.000 | 0 | 0 |
| Uitbreiding | Wateroverlast | € 36.666 | € 89.442 | € 1.313 | € 4.569 |
| | Biodiversiteit | € 13.778 | € 34.159 | € 552 | € 575 |
| | Hitte | € 3.255 | € 6.133 | € 10 | € 66 |
| | Overstromingsrisico* | € 72.500 - € 850.000 | € 180.000 - 900.000 | 0 | 0 |
| | Bodemdaling* | € 120.000 | € 430.000 | 0 | 0 |
| | | Minimale investeringskosten [€/woning] | Maximale investeringskosten [€/woning] | Minimale B&O kosten [€/woning/jaar] | Maximale B&O kosten [€/woning/jaar] |
| Inbreiding | Wateroverlast | € 842 | € 2.947 | € 14 | € 61 |
| | Biodiversiteit | € 65 | € 71 | € 3 | € 4 |
| | Hitte | € 68 | € 134 | € 0 | € 1 |
| | Overstromingsrisico* | 2.900 | 7.200 | 0 | 0 |
| | Bodemdaling* | € 7.333 | 8.167 | 0 | 0 |
| Uitbreiding | Wateroverlast | € 1.467 | € 3.578 | € 53 | € 183 |
| | Biodiversiteit | € 551 | € 1.366 | € 22 | € 32 |
| | Hitte | € 130 | € 245 | € 0 | € 3 |
| | Overstromingsrisico* | € 2.900 - 34.000 | € 7.200 - 36.000 | 0 | 0 |
| | Bodemdaling* | € 4.800 | € 17.200 | 0 | 0 |

5. Conclusies

6 Conclusies

De rekenexercitie is uitgevoerd met het uitgangspunt dat in een nieuwbouwplan het 'normale' ontwerp van wegen en parkeren dusdanig is dat 100 mm water op straat kan staan voordat tot klimaatadaptieve maatregelen wordt overgegaan. Door dit uitgangspunt is de waterbergingsopgave op openbaar terrein beperkt. Tevens is aangenomen dat hemelwaterriolering is opgenomen in het ontwerp voor de afvoer van 30 mm/h hemelwater van verharde oppervlakken en daken. Ingeval een ontwerp wordt gemaakt zonder hemelwaterriolering, dan zal de bergingsopgave op maaiveld toenemen.

De kosten per hectare voor de niet-locatie specifieke thema's (wateroverlast, hitte en biodiversiteit) zijn per hectare vergelijkbaar voor inbreiding en uitbreiding. Echter, doordat bij inbreiding meer woningen per hectare worden ontwikkeld, liggen de kosten per woning in een inbreidingsplan bijna twee keer zo laag. De kosten per woning verschillen daardoor sterk tussen inbreiding en uitbreiding. Bij **inbreiding** variëren de kosten, voor de **niet-locatie specifieke** thema's, van **€ 1k tot € 3,1k per woning**. In **uitbreidingsplannen** variëren de kosten voor de **niet-locatie specifieke** thema's tussen **€ 2,1k en 5,2k per woning**.

Als gekeken wordt naar locatie specifieke thema's als **overstromingscalamiteiten** en **bodemdaling**, dan nemen de kosten per woning significant toe. De kosten per woning in een inbreidingsplan kunnen extra oplopen met **€ 11k tot € 15,4k per woning**. In uitbreidingsplannen kunnen de investeringen extra oplopen van **€ 7,7k tot € 53,2k per woning**, o.a. als gevolg van de keuze voor integraal ophogen bij gebieden met een hoog overstromingsrisico.

De keuze van de bouwlocatie heeft derhalve grote invloed op de kosten. De aangegeven ranges van kosten betreffen de minimale en maximale investeringskosten. Deze worden bepaald door de bandbreedte van de maatregelen (bijvoorbeeld, simpele wadi versus complexe wadi).

Overige conclusies:

- 100 mm of 10 mm water accepteren op wegen voordat je tot klimaatadaptieve maatregelen overgaat heeft een enorme impact op de bergingsopgave op openbaar gebied. Een belangrijke aanname hierbij is dat in de nieuwe wegprofielen hoogteverschil wordt gecreëerd tussen trottoir en rijweg waardoor water op de rijweg kan blijven staan. Als dit als standaard maaiveldinrichting wordt gekozen, dan heeft dat geen aanvullende klimaatkosten tot gevolg.
- In de kosten voor wateroverlast zijn nu de kosten voor privaat en openbaar gebied bij elkaar opgeteld, dit is gedaan omdat bij nieuwbouwwontwikkelingen de inrichting van de wijk via de grondexploitatie gefinancierd wordt. In percentages komt 60-90% van de wateroverlastkosten terecht op het private terrein als gevolg van de bergingseis van 40 mm en de lage bergingseis op openbaar terrein (100 mm, zie eerste bullit). Op de private percelen zijn (deels) relatief dure maatregelen toegepast, bijvoorbeeld groenblauwe daken, om de bergingseis op het perceel (40 mm) te kunnen halen.
- Het is belangrijk waterkwaliteit in een vroeg stadium van het ontwerp mee te nemen om negatieve effecten te voorkomen en kansen te benutten. Door in het ontwerp van klimaatadaptatiemaatregelen bewust naar het effect op de waterkwaliteit te kijken kunnen slimme keuzes gemaakt worden om berging, afstroming en waterkwaliteit te combineren in multifunctionele ontwerpen.

Bijlage 1: Gevoeligheidsanalyse uitgangspunten water op straat

Gevoeligheidsanalyse uitgangspunten water op straat

In de tabel zijn voor een aantal functies de bergingscijfers voor geaccepteerde water op maaiveld aangepast. Vervolgens is doorgerekend hoeveel de totale bergingsopgave voor inbreidingen en uitbreidingen toeneemt of afneemt.

In de kolom 'Groen vernatten' is bijvoorbeeld te lezen dat de geaccepteerde water op maaiveld is verhoogd van 20 naar 40 mm. Alle overige uitgangspunten blijven gelijk. Onder in de kolom is te lezen dat het verhogen van water op maaiveld in groen naar 40 mm leidt tot een afname van de totale bergingsopgave van 9% bij inbreidingen en 15% bij uitbreidingen.

| Functie | Basis-scenario [mm] | Groen vernatten [mm] | Groen als water berging [mm] | Beschermen van erf [mm] | Meer overlast op erf [mm] | Alleen plasvorming op rijbanen [mm] | Meer overlast op de rijbanen [mm] |
|-----------------------------------|---------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Bermen | 20 | | | | | | |
| Daken - hellend | 0 | | | | | | |
| Daken - plat | 5 | | | | | | |
| Groen | 20 | 40 | 70 | | | | |
| Langzaam verkeer routes | 10 | | | | | | |
| Overig - Onverhard | 20 | | | | | | |
| Overig - Verhard | 10 | | | | | | |
| Parkeren | 100 | | | | | | |
| Erf | 15 | | | 5 | 30 | | |
| Rijbanen - lokaal | 100 | | | | | 10 | 150 |
| Rijbanen - regionaal | 100 | | | | | 10 | 150 |
| Water | 70 | | | | | | |
| Totale bergingsopgave inbreiding | 216 | 196 (-9%) | 166 (-23%) | 228 (+6%) | 198 (-8%) | 333 (+54%) | 151 (-30%) |
| Totale bergingsopgave uitbreiding | 262 | 222 (-15%) | 162 (-38%) | 283 (+8%) | 231 (-12%) | 361 (+38%) | 207 (-21%) |

Bijlage 2: Kostenkentalen

Kostenkentallen maatregelen

De kostenkentallen betreffen de meerkosten waar mogelijk voor de niet-locatie specifieke thema's wateroverlast, hitte en droogte.

Voor de locatiespecifieke thema's overstromingen en bodemdaling zijn de kostenkentallen in de hoofdtekst opgenomen.

De prijzen zijn op prijspeil 2024, incl. staart- en VAT-kosten en exclusief omzetbelasting.

| Maatregelcategorieën | Voorkeursvolgorde | Investeringskosten 2024 | | B&O 2024 | | m2 | |
|---|------------------------------|-------------------------|---------|----------|-------|-------------|---|
| | Rendement (m3/m2) | min | max | min | max | Eenheid | Beschrijving |
| Wateroverlast | Berging m3/m2 | | | | | | |
| Wadi | 0,40 | € 66 | € 131 | € 1 | € 5 | /m3 | Alle ondergronden zelfde kosten |
| Waterbergend groen | 0,10 | € 20 | € 39 | € 1 | € 5 | /m2 | |
| Watervertragende groenstroken | 0,10 | € 14 | € 34 | € 1 | € 3 | /m2 | Alle ondergronden zelfde kosten |
| Groenblauw dak | 0,07 | € 110 | € 435 | € 1 | € 5 | /m2 | Van een simpel sedumpakket incl. granulaat tot extensief groen dak |
| Granulaat onder verhard oppervlak - zandbodem | 0,36 | € 190 | € 315 | € 5 | € 11 | /m2 | Alle ondergronden zelfde kosten |
| Waterbergende wegen | 0,10 | € 52 | € 89 | € 4 | € 8 | /m2 | Bergingssysteem onder verhard oppervlak met natuurlijke materialen. Noodvoorzieningen en boring dat voorziening tijdig geledigd is. Meerkosten t.o.v. vrij afvoerend systeem voor meer grondverzet en afwateringssysteem. |
| Bergingskrukjes - zandbodem | 0,70 | € 235 | € 300 | € 4 | € 5 | /m3 | Groen dak met een inventief buffer-retentiesysteem voor hemelwater. Oftewel: Retentiedak, Intensief Groen Dak, TUJP. |
| Bergingskrukjes - veen/klei | 0,70 | € 280 | € 325 | € 4 | € 5 | /m3 | |
| Bergingstank | 1,00 | € 500 | € 550 | € 4 | € 5 | /m3 | |
| Hitte | Schaduw per maatregel | | | | | | |
| Bomen planten | 1,71 | € 500 | € 950 | € 0 | € 2 | per stuk | |
| Groene pergola | 1,71 | € 31 | € 87 | € 1 | € 7 | /m2 | |
| Schaduwdoeken | 1,71 | € 8 | € 36 | € 2 | € 27 | /m2 | |
| Inrichten koele plek van minimaal 200 m2, bankje bomen. | | € 5.000 | € 6.250 | € 0 | € 2 | | |
| Schaduwroute | | € 175 | € 250 | € 0 | € 1 | /m2 | |
| Biodiversiteit | | | | | | | |
| Inheems kruidenpakket | 200 | € 1 | € 2 | € 0 | € 0 | /m2 | Bloemrijk grasland |
| Inheems boomcluster | 1 | € 3.700 | € 4.000 | € 50 | € 100 | per cluster | Boombewonend |
| Natuurvriendelijke oevers | 100 | € 19 | € 44 | € 2 | € 3 | /m2 | Water en oevers |
| Inheemse struiken (zeeuwse haag) | 120 | € 29 | € 30 | € 1 | € 1 | per m | Struweel |
| Nestplaatsen gierzwaluw, vleermuis en huismus | 1 | € 200 | € 318 | € 35 | € 40 | per 150 | Gebouwbewonend |
| Vergroenen | | € 36 | € 108,2 | € 1 | € 2 | /m2 | Vergroenen |

