



Kosteneffectiviteitsanalyse van proactieve droogtemaatregelen in Vlaanderen

Studie uitgevoerd in opdracht van: de Vlaamse Milieumaatschappij
in het kader van de referentietoek Water
Referentie: 2023/RMA/R/2916
Depotnummer: D/2023/6871/004
Maart 2023



VLAAMSE
MILIEUMAATSCHAPPIJ



vito

Vision on technology
for a better world

vito.be

Kosteneffectiviteitsanalyse van proactieve droogtemaatregelen in Vlaanderen

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij. Het bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Milieumaatschappij.

VITO
Boeretang 200
2400 MOL
Belgium
BTW No: BE0244.195.916
vito@vito.be – www.vito.be
IBAN BE34 3751 1173 5490 BBRUBEBB

Steven Broekx
Project Manager
Steven.broekx@vito.be

Lilian Tavernier
R&D professional milieu-economie
Lilian.tavernier@vito.be

AUTEURS

Tavernier Lilian, VITO
Broekx Steven, VITO

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij. Het bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Milieumaatschappij.

Dit rapport is de weerslag van een onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek op basis van de stand van de kennis van wetenschap en techniek beschikbaar bij VITO op het moment van het onderzoek. Alle intellectuele eigendomsrechten, waaronder het auteursrecht, op dit rapport berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. Dit rapport kan zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO niet geheel of gedeeltelijk worden gereproduceerd of worden gebruikt voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin. Tenzij uitdrukkelijk anders bepaald is de informatie zoals verstrekt in dit rapport van vertrouwelijk aard en kan dit rapport, of delen ervan, niet worden verspreid aan derden. In het geval dat reproductie of verspreiding wel is toegestaan, vb. door de vermelding "algemene verspreiding", is bronvermelding verplicht.

INHOUDSTAFEL

| | |
|--|----|
| Inleiding | 1 |
| Context en doelstelling | 1 |
| Leeswijzer | 1 |
| 1 Methode | 2 |
| 1.1 Keuze maatregelen | 2 |
| 1.2 Algemene assumpties | 4 |
| 1.3 Kosteninformatie | 4 |
| 1.4 Effectiviteitsbepaling | 5 |
| 1.4.1 Infiltratie | 5 |
| 1.4.2 Buffering | 6 |
| 1.4.3 Waterbesparing | 6 |
| 1.5 Berekening kosteneffectiviteit | 6 |
| 2 Handleiding maatregelenfiches | 8 |
| 2.1 Opbouw interactieve excel-file | 8 |
| 2.2 Parameters en assumpties sheet | 8 |
| 2.2.1 Algemene assumpties | 8 |
| 2.2.2 Keuzemenu infiltratiemaatregelen | 8 |
| 2.3 Overzichtsgrafieken en -tabellen | 9 |
| 2.4 Maatregelensheets | 9 |
| 3 Resultaten | 11 |
| 3.1 Infiltratie | 11 |
| 3.2 Wateropslag en waterbuffering | 13 |
| 3.3 Waterbesparing | 16 |
| 4 Conclusies | 18 |
| 5 Bedenkingen en aanbevelingen | 19 |
| Literatuurlijst | 20 |

Dit rapport is de weerslag van een onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek op basis van de stand van de kennis van wetenschap en techniek beschikbaar bij VITO op het moment van het onderzoek. Alle intellectuele eigendomsrechten, waaronder het auteursrecht, op dit rapport berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. Dit rapport kan zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO niet geheel of gedeeltelijk worden gereproduceerd of worden gebruikt voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin. Tenzij uitdrukkelijk anders bepaald is de informatie zoals verstrekt in dit rapport van vertrouwelijk aard en kan dit rapport, of delen ervan, niet worden verspreid aan derden. In het geval dat reproductie of verspreiding wel is toegestaan, vb. door de vermelding "algemene verspreiding", is bronvermelding verplicht.

LIJST VAN FIGUREN

| | |
|---|----|
| Figuur 1 Ranking kosteneffectiviteit infiltratiemaatregelen..... | 12 |
| Figuur 2 Ranking kosteneffectiviteit bufferingsmaatregelen..... | 15 |
| Figuur 3 Ranking kosteneffectiviteit waterbesparende maatregelen..... | 17 |

LIJST VAN TABELLEN

| | |
|---|----|
| Tabel 1 Overzicht maatregelen | 3 |
| Tabel 2 Huidige en toekomstige GSV dimensies..... | 5 |
| Tabel 3 Link infiltratiesnelheid en bodemtypes keuzemenu. Op basis van (IMDC i.s.m. Bodembouwkundige dienst, 2016). | 9 |
| Tabel 4 Prijzen van types water per kuub..... | 16 |

LIJST VAN AFKORTINGEN

| | |
|------------------------|--|
| SIRIO | Simulatie van RIOleringen en regenwaterbuffering |
| GSV | Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening |
| CAPEX | Kapitaaluitgaven/investeringsuitgaven |
| OPEX | Operationele uitgaven |
| PMT-formule (excel) | Payment-formule |

Dit rapport is de weerslag van een onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek op basis van de stand van de kennis van wetenschap en techniek beschikbaar bij VITO op het moment van het onderzoek. Alle intellectuele eigendomsrechten, waaronder het auteursrecht, op dit rapport berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. Dit rapport kan zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO niet geheel of gedeeltelijk worden gereproduceerd of worden gebruikt voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin. Tenzij uitdrukkelijk anders bepaald is de informatie zoals verstrekt in dit rapport van vertrouwelijk aard en kan dit rapport, of delen ervan, niet worden verspreid aan derden. In het geval dat reproductie of verspreiding wel is toegestaan, vb. door de vermelding "algemene verspreiding", is bronvermelding verplicht.

INLEIDING

Context en doelstelling

De voorbije zomers hebben aangetoond dat Vlaanderen kwetsbaar is voor waterschaarste. Bovendien geven de klimaatprojecties aan dat dergelijke zomers die vroeger eerder uitzonderlijk waren, vaker zullen voorkomen.

Diverse actoren zoals steden en gemeenten willen actie nemen om de kans op waterschaarste te beperken. De Vlaamse overheid tekende reeds een reactief afwegingskader uit dat beslissingsnemers in tijden van extreme droogte toelaat voorzorgsmaatregelen te nemen en prioritair watergebruik te bepalen¹. Proactieve maatregelen, die erop gericht zijn om op langere termijn de gevolgen van droge periodes op waterschaarste te beperken, komen niet aan bod in dit kader.

Daarnaast schrijft de Europese kaderrichtlijn Water voor dat lidstaten kosteneffectieve maatregelenprogramma's moeten voorstellen. Deze studie geeft een overzicht van een diverse set proactieve droogtmaatregelen en kijkt met name naar de kosten en de mogelijke effecten ervan om zo op hoofdlijnen de kosteneffectiviteit te bepalen.

Met deze informatie kunnen beleidsmakers, steden en gemeenten, projectontwikkelaars ... aan de slag om maatregelen te selecteren en toe te passen op basis van hun kosteneffectiviteit. Deze analyse draagt bij aan initiatieven zoals het Stroomgebiedbeheerplan, de Blue Deal en de uitbouw van klimaatadaptietools binnen het klimaatportaal².

Deze opdracht is onderdeel van de referentietask Water die VITO uitvoert in opdracht van VMM. Deze referentietask heeft tot doel het waterbeleid in Vlaanderen een sterkere economische onderbouwing te geven.

Dit rapport dient ter ondersteuning van een interactieve excel-file die de gegevens en resultaten van de studie bevat. Door de excel-file mee te publiceren, kunnen gebruikers zelf aan de slag met de gegevens en kunnen ze waar nodig zelf nog informatie aanvullen.

Leeswijzer

In het eerste deel wordt de methode van deze studie toegelicht. Hier wordt duidelijk welke maatregelen gekozen werden en waarom, hoe kosten en effectiviteit bepaald worden, welke bronnen hiervoor geraadpleegd werden en hoe hiermee een kosteneffectiviteitsanalyse werd uitgevoerd. Om gebruikers van de bijgevoegde excel-file te ondersteunen, kan in het tweede deel van dit rapport een korte handleiding teruggevonden worden. Deze neemt de gebruikers door de verschillende sheets van de excel-file. Deel 3 bespreekt enkele algemene resultaten en geeft op die manier een indicatie van hoe de resultaten in de excel-file het best geïnterpreteerd kunnen worden. In deel 4 worden de belangrijkste conclusies samengevat. Deel 5 sluit af met enkele belangrijke bedenkingen bij deze versie van de studie en geeft aanbevelingen voor toekomstig onderzoek.

¹ [Afwegingskader prioritair watergebruik tijdens droogte — Vlaamse Milieumaatschappij \(vmm.be\)](#)

² [Plantool: verken welke adaptatiemaatregelen mogelijk zijn — Klimaatportaal \(vmm.be\)](#)

1 METHODE

De opzet van deze studie was het verzamelen van kosten en effecten voor een set van proactieve droogtemaatregelen om op die manier tot een kosteneffectiviteitsanalyse te komen zodat maatregelen met elkaar vergeleken kunnen worden. Deze informatie werd gebundeld in een interactieve excel-file waarin voor elke maatregel een fiche werd opgesteld. De file laat ruimte voor gebruikers om zelf gegevens aan te passen.

Om tot dit resultaat te komen werd een reeks experts in diverse domeinen gecontacteerd en geïnterviewd. Zij leverden kosteninformatie aan en waar mogelijk gaven ze indicaties over effecten van maatregelen. Deze experts werden tussentijds opnieuw gecontacteerd voor een online expertensessie waar de eerste resultaten werden toegelicht. Nadien werd een eerste versie van de fiches ter beschikking gesteld en gereviseerd. Ook beschikbare literatuur werd geraadpleegd om aan te vullen waar nodig.

Per maatregel werd informatie omtrent effectiviteit, levensduur, kostprijs (CAPEX + OPEX), implementatievoorwaarden en co-benefits verzameld. In de volgende paragrafen worden deze onderdelen verder besproken. Deze informatie is gebundeld in fiches per individuele maatregel. De fiches in de excel-file geven ook telkens de bron mee en lichten de specifieke methodes van maatregelen verder toe.

1.1 Keuze maatregelen

De maatregelen die onderzocht werden in deze studie, zijn gebaseerd op de droogte-relevante acties gedefinieerd in het derde ontwerp stroomgebiedbeheerplan en maatregelen die uit een literatuurstudie voor het klimaatportaal van VMM relevant bleken te zijn voor droogte. Daarnaast speelde ook de beschikbaarheid van data een rol bij het al dan niet opnemen van maatregelen in deze analyse.

De kosteneffectiviteit werd bepaald voor 28 maatregelen. Tabel 1 geeft een overzicht van de maatregelen. Daarbij wordt ook vermeld in welk type gebied de maatregelen voornamelijk toegepast kunnen worden. Zo zijn er de maatregelen die vooral te implementeren zijn in verstedelijkt gebied, anderen die gepaster zijn in landelijk gebied en dan zijn er ook enkele maatregelen die vooral kaderen in de bedrijfscontext. Er worden ook twee maatregelen onderzocht die ingrijpen op het watersysteem in brede zin. Deze opdeling wordt ook grotendeels behouden in het vervolg van dit rapport. Dit neemt niet weg dat sommige maatregelen onder meerdere toepassingsgebieden kunnen geklasseerd worden. De derde kolom van Tabel 1 geeft per maatregel weer voor welk type effect een kosteneffectiviteitsbepaling werd opgesteld. De drie types effecten in deze studies zijn infiltratie, buffering (of het tijdelijk stockeren van water tijdens hevige regenval) en besparing op watergebruik. De definitie van deze termen komt aan bod in onderdeel 1.3.

Voor twee maatregelen, waterbergende onderfundering en tegengaan bodemverdichting, werd relevante informatie wel samengevat, maar is het niet gelukt om een uitdrukking voor de (kosten)effectiviteit te vinden.

Tabel 1 Overzicht maatregelen

| Toepassingsgebied | Maatregel | Ingeschatte effecten |
|-------------------------|--|--|
| Stedelijk | Wadi | Infiltratie & buffering |
| | Infiltratievelden- en stroken | Infiltratie & buffering |
| | Infiltratiekelder (ondiepe horizontale ondergrondse infiltratie) | Infiltratie & buffering |
| | Infiltratiekratten (ondiepe horizontale ondergrondse infiltratie) | Infiltratie & buffering |
| | Infiltratiekoffer (ondiepe horizontale ondergrondse infiltratie) | Infiltratie & buffering |
| | Infiltratiebuis (ondiepe horizontale ondergrondse infiltratie) | Infiltratie & buffering |
| | Infiltratiepaal (verticale ondergrondse infiltratie) | Infiltratie & buffering |
| | Ontharding | Infiltratie |
| | Waterdoorlatende verharding (nieuwbouw én opbreken bestaande verharding) | Infiltratie |
| | Afkoppelen van dakgoot | Infiltratie |
| | Hemelwaterputten huishoudens | Buffering (opslag) en besparing |
| | Groene inrichting van speelplaatsen (combinatie van andere maatregelen) | Infiltratie en/of buffering (afhankelijk van de maatregelen) |
| | Wateraudit bedrijven | Besparing |
| | Waterhergebruik bedrijven - lage kwaliteit | Besparing |
| | Waterhergebruik bedrijven - hoge kwaliteit | Besparing |
| Hemelwaterput industrie | Buffering (opslag) en besparing | |
| Landelijk | Grasbufferstrook | Buffering |
| | Biodam | Buffering |
| | Infiltratiepoel | Infiltratie & buffering |
| | Stuwtjes | Infiltratie & buffering |
| | Buffer- en infiltratiegracht | Infiltratie & buffering |
| | Peilgestuurde drainage | Infiltratie & buffering |
| | Verwerking houtsnippers in bodem (verhoogt koolstofgehalte) | Buffering |
| | Waterefficiënt beregenen | Besparing |
| | Aanleg spaarbekken | Buffering (opslag) & besparing |
| | Aanpak illegale grondwaterwinning | Besparing |
| Watersysteem | Pompinstallaties aan sluizen | Besparing |
| | Hydrologische herstelmaatregelen | Buffering |

1.2 Algemene assumpties

Voor de resultaten die hieronder besproken worden, werden enkele algemene assumpties aangenomen:

- Discontovoet: 2%
- Levensduur van infrastructuur: 50 jaar
- Levensduur van groen: 50 jaar
- Levensduur machines: 20 jaar

Zoals besproken in hoofdstuk 2 kunnen deze assumpties nog aangepast worden in de excel-file.

Tenzij anders vermeld, vertrekken de kostenberekeningen van een greenfield-situatie waar nog geen verharding of infrastructuur aanwezig is. Ook worden de kosten voor het afkoppelen en transporteren van water tot aan een maatregel niet meegenomen. We beschouwen dus enkel de kost van de maatregel zelf.

Daarnaast werd in de huidige kostenraming abstractie gemaakt van de opportuniteitskosten voor grondverlies, zowel in stedelijk als landelijk gebied. De kost van grondverlies (verlies aan productie in landbouwgrond, maar ook aan ontwikkelingsmogelijkheden in stedelijke context) is zeer locatiespecifiek waardoor het erg moeilijk is hier een generieke raming voor te maken. Dit hangt bijvoorbeeld samen met het bestaande landgebruik, de eigendomssituatie en de functies die al dan niet nog gecombineerd kunnen worden met een maatregel (vb. parking, speeltuinen, etc.). De beschikbaarheid aan ruimte bepaalt ook in belangrijke mate welke maatregelen al dan niet mogelijk zijn (vb. bij gebrek aan ruimte zijn ondergrondse, duurdere maatregelen in specifieke situaties meer aangewezen).

Dit neemt niet weg dat het inrekenen van een grondkost cruciaal kan zijn wanneer er effectief tot uitvoering van een project wordt overgegaan en maatregelen vergeleken worden die veel of weinig ruimte vragen of functieverlies met zich meebrengen.

Voor de maatregelen waar het verzamelen van onderhoudskosten niet mogelijk bleek, werd beslist te werken met een standaard onderhoudskost die gelijk is aan 1% van de investeringskost.

De fiches geven een generieke kostenraming. Er wordt geen rekening gehouden met locatiespecifieke kenmerken die de kosten in belangrijke mate kunnen beïnvloeden. Wel wordt voor de berekening van de effectiviteit rekening gehouden met de infiltratiesnelheid van de bodem.

1.3 Kosteninformatie

De informatie omtrent kosten van de maatregelen werd verzameld aan de hand van interviews en contactnames met experts alsook literatuuronderzoek. De experts vielen vaak terug op concrete projectinformatie om kosteninformatie aan te leveren. Er werd telkens getracht te werken met een minimum, gemiddelde en maximum kostprijs. Deze prijsvork laat toe om een bepaalde onzekerheidsmarge in te bouwen in de fiches, alsook een completer beeld te geven van de kosten.

Er werd zowel een investeringskost als een operationele kost bepaald voor elke maatregel. De investerings- en operationele kosten worden voor elke maatregel omgerekend naar een totale jaarlijkse kost op basis van assumpties over levensduur en discontovoet.

De kosten worden telkens in euro per toepasselijke eenheid uitgedrukt. Voor een Wadi is dat bijvoorbeeld de kost per m², voor een infiltratiekelder is dit euro per m³.

1.4 Effectiviteitsbepaling

Voor de effectiviteitsbepaling worden drie effectindicatoren onderscheiden waar de proactieve maatregelen op inspelen: infiltratie, buffering/opslag en besparing van water.

1.4.1 Infiltratie

Bij infiltratie sijpelt het regenwater in de bodem en vult het zo de grondwaterreserves aan. Er zijn veel manieren waarop je kan infiltreren, de keuze is vooral locatiegeboden. De beschikbare ruimte en de infiltratiegevoeligheid van de bodem spelen een cruciale rol (VMM, z.d. b). De hoeveelheid water die in de bodem kan infiltreren door een maatregel wordt uitgedrukt in m³ water geïnfiltreerd op jaarbasis.

Om de infiltratievolumes van een maatregel in te schatten, werd voor het grootste deel van de maatregelen gebruik gemaakt van modelresultaten van Sirio (Simulatie van RIOleringen en regenwaterbuffering) van Sumaqua. Sirio schat de impact van (extreme) regenval op onder andere buffers, infiltratievoorzieningen en grachten in door een tijdreeks van 100 jaar, met en zonder klimaatverandering, te simuleren. De simulatieparameters variëren per maatregel, en omvatten onder andere toevoerende oppervlaktes, bergingscapaciteiten, dimensies van de maatregel, debietsrelaties, infiltratieoppervlaktes en bodemtextuur. Sirio schat ook overstortvolumes en -debeten en infiltratiepercentages. Deze laatste indicator werd gebruikt in deze studie voor de effectiviteitsbepaling van infiltratiemaatregelen.

De berekeningen met Sirio werden zowel gedaan voor een huidig klimaatscenario als een droogte scenario in 2050. In dit scenario met klimaatverandering valt er minder neerslag op jaarbasis, zijn er meer hevige regenbuien en verwacht men meer verdamping, waardoor infiltratievolumes afnemen bij het scenario t.o.v. het huidig klimaat.

De dimensies van de gemodelleerde maatregelen zijn gebaseerd op de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening voor hemelwater (GSV). Voor de studie werden zowel de minimum vereiste dimensies uit de huidige GSV (t.e.m. begin 2023) doorgerekend als deze uit de toekomstige GSV die in oktober 2023 in voege treedt. Deze dimensies worden weergegeven in Tabel 2. Er wordt standaard uitgegaan van 1 hectare afwaterende oppervlakte.

De dimensies uit de GSV worden gecombineerd met de eigenschappen van een maatregel. Een belangrijke eigenschap is de infiltratieoppervlakte, langs waar het water infiltreert. Voor bepaalde maatregelen gebeurt de infiltratie voornamelijk via de bodem en voor andere via de wanden. Standaard wordt verondersteld dat voor maatregelen met een diepte van minder dan 30 cm de bodem als infiltratieoppervlakte kan gebruikt worden, voor maatregelen dieper dan 30 cm of ondergrondse maatregelen gelden de wanden als infiltratieoppervlakte.

Tabel 2 Huidige en toekomstige GSV dimensies voor infiltratiemaatregelen

| | Huidige GSV | Toekomstige GSV |
|---|--|--|
| Infiltratieoppervlakte van infiltratiemaatregel | 4% van afwaterende opp. | 8% van afwaterende opp. |
| Buffervolume voor infiltratiemaatregel | 25 liter per m ² afwaterende opp. | 33 liter per m ² afwaterende opp. |

De infiltratiecapaciteit die SIRIO berekent, wordt uitgedrukt in m³ water geïnfiltreerd per m² afwaterende oppervlakte per jaar. Er werden aparte simulaties gedaan voor de maatregelen ontharding, afkoppelen van dakgoot en waterdoorlatende verharding. Zoals gangbaar in Vlaanderen wordt gebruik gemaakt van een oppervlakteberging van 2 mm.

Voor de maatregelen stuwtdjes, buffer- en infiltratiegracht en peilgestuurde drainage werd geen gebruik gemaakt van SIRIO voor de berekening van de infiltratiecapaciteit. De modelleringen slagen er namelijk niet in om de eigenschappen van die maatregelen correct na te bootsen. Voor meer info over de berekening van deze maatregelen kunnen de fiches in de excel-file geraadpleegd worden.

1.4.2 Buffering

In theorie slaat bufferen enkel op het vasthouden van water om het daarna vertraagd te laten afvoeren. Door de afvoer over een langere tijdsspanne te spreiden, kan de piekafvoer van regenwater worden afgetopt (VMM, z.d. a). In de studie omvat buffering echter zowel maatregelen die water opslaan/bergen om eventueel later te hergebruiken, als maatregelen die water opslaan/bergen om vertraagd af te voeren (en hierbij eventueel te infiltreren). We drukken dit effect uit in kost per m³ water buffercapaciteit.

De buffercapaciteit voor de maatregelen wadi, infiltratievelden- en stroken en ondergrondse infiltratiesystemen werd overgenomen van de GSV hemelwater. Deze maatregelen zijn vooreerst infiltratiemaatregelen en hun dimensies vallen dus onder de reglementering van infiltratiemaatregelen. Zoals hierboven in Tabel 2 te zien, wordt een minimum van 25 liter buffervolume per m² afwaterende oppervlakte verwacht in de huidige GSV. De toekomstige GSV trekt dit volume op tot 33 liter. Indien kan aangetoond worden dat infiltratie op een bepaalde locatie niet mogelijk is, en we dus louter over een buffermaatregel spreken, en de afwaterende oppervlakte bedraagt 1000 of meer vierkante meter, dan gelden aparte regels. In dat geval moet een buffervoorziening aangelegd worden met een volume van 43 liter per vierkante meter van de in rekening te brengen afwaterende oppervlakte, met een maximaal lozingsdebiet van 5 l/s/ha van de in rekening te brengen afwaterende oppervlakte.

Voor de andere bufferingsmaatregelen werden specifieke buffervolumes berekend op basis van beschikbare informatie en aannames. Voor meer info hierover kunnen de fiches in de excel-file geraadpleegd worden. Met 'schatting consortium' als bron wordt het consortium bedoeld van het klimaatportaal dat aan de hand van modelleringen buffervolumes van maatregelen inschatte.

1.4.3 Waterbesparing

Met waterbesparing bedoelen we maatregelen die ervoor zorgen dat er water bespaard wordt in een bedrijfsproces of landbouwactiviteit. Dit kan zowel door het efficiënter omgaan met het beschikbare water als door het hergebruiken van water. De set van maatregelen is vrij divers. We drukken dit effect uit in m³ water bespaard.

Het effect waterbesparing is zeer maatregelspecifiek. Daarenboven zijn de maatregelen die geclassificeerd worden als waterbesparend, zeer uiteenlopend en hebben ze verschillende toepassingsgebieden. Om die redenen is vergelijking tussen deze maatregelen niet altijd evident, en moeten de resultaten hieromtrent met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

1.5 Berekening kosteneffectiviteit

De kosteneffectiviteit wordt bekomen door de berekende jaarlijkse kost te delen door de effectiviteitsuitdrukking (kost-effectratio's). Deze combinatie is vaak maatregelspecifiek en wordt daarom meer in detail besproken in de fiches waar de link niet direct af te leiden is.

In de fiches zijn drie kost-effectratio's mogelijk:

- Infiltratie: Kost per m³ water geïnfilteerd (in EUR/m³)
- Buffering: Kost per m³ water buffercapaciteit (in EUR/m³)

- Waterbesparing: Kost per m³ water bespaard (in EUR/m³)

Een lage jaarlijkse kost-effectratio komt overeen met een hoge kosteneffectiviteit.

De huidige berekeningen laten niet toe om voor maatregelen die meerdere effecten teweegbrengen (bijvoorbeeld infiltratie en buffering), de effecten beide mee te nemen in een samenvattende effectiviteitsuitdrukking.

2 HANDLEIDING MAATREGELENFICHES

2.1 Opbouw interactieve excel-file

Dit rapport is opgevat als ondersteuning van een interactieve excel-file met maatregelenfiches waarin de kosteneffectiviteit van maatregelen wordt berekend. De excel-file laat gebruikers nog ruimte om zelf gegevens in te voeren of aan te passen.

De excel-file bestaat uit:

- Een inleidend tablad: hier worden de context en doelstelling van de studie kort toegelicht, alsook een overzicht met de links naar de website en dit rapport, en het emailadres dat gebruikers kunnen contacteren bij vragen/feedback.
- Parameters en assumpties: laat de gebruikers toe om zelf enkele basisassumpties aan te passen. Deze aanpassingen worden automatisch doorgerekend in de overige sheets.
- Overzichtsgrafieken en – tabellen: hierin worden maatregelen ten opzichte van elkaar uitgezet op vlak van kosteneffectiviteit.
- Fiches met de basisdata (over kosten en effectiviteit) en kosteneffectiviteitsberekening per maatregel
- SIRIO-modelresultaten: De laatste sheet geeft de resultaten van de SIRIO-modelleringen weer waaruit gegevens over de effectiviteit van maatregelen worden gehaald.

2.2 Parameters en assumpties sheet

Deze sheet biedt gebruikers de mogelijkheid om zelf enkele keuzes te maken met betrekking tot algemene assumpties. De cellen die aangeduid zijn in het lichtblauw, kunnen eenvoudig aangepast worden door de gebruiker.

Mogelijks beschikken gebruikers zelf nog over andere (en voor hun case meer geschikte) informatie voor bepaalde maatregelen. Deze kunnen ze dan ingeven in de fiche(s) van de desbetreffende maatregel(en). Om de fiches verder te optimaliseren zou het interessant zijn dat indien gebruikers over bijkomende kosten- of effectiviteitsinformatie beschikken, ze deze aan VMM bezorgen. Dat kan via het mailadres secretariaat_kern_PIW@vmm.be.

We lichten kort toe wat de verschillende inputvelden inhouden.

2.2.1 Algemene assumpties

De **discontovoet** en de **levensduur** van maatregelen wordt gebruikt voor de berekening van de totale jaarlijkse kost. Voor de discontovoet is dit via een selectiemenu, voor de levensduur kan zelf een waarde ingegeven worden.

2.2.2 Keuzemenu infiltratiemaatregelen

De tweede tabel in de input sheet laat toe om enkele keuzes te maken met betrekking tot de infiltratiecapaciteit en buffercapaciteit van sommige maatregelen.

Een eerste keuze die gemaakt kan worden is het **bodemtype**, opnieuw via een selectiemenu. Het bodemtype heeft een impact op de infiltratiesnelheid waarmee in de modelleringen van SIRIO gerekend werd.

Welke bodemtypes overeenkomen met welke infiltratiesnelheid wordt weergegeven in Tabel 3. Dit is conform de richtlijnen voor infiltratie³.

Tabel 3 Link infiltratiesnelheid en bodemtypes keuzemenu. Op basis van (IMDC i.s.m. Bodembouwkundige dienst, 2016).

| Bodemtype | Infiltratiesnelheid |
|-------------|---------------------|
| Klei | 1 mm/u |
| Leem | 5 mm/u |
| Zandig leem | 10 mm/u |
| Fijn zand | 20 mm/u |
| Zand | 50 mm/u |

Dit is een vereenvoudiging van de werkelijkheid, maar door variatie in de infiltratiesnelheid toe te laten, kunnen de belangrijkste bodemtypes in Vlaanderen weergegeven worden in de fiches.

Naast het bodemtype kunnen gebruikers ook kiezen voor welk **klimaatscenario** ze de kosteneffectiviteit van maatregelen willen kennen. Deze keuze is volledig gelinkt aan de SIRIO-modelleringen en heeft enkel impact op het jaarlijkse geïnfiltreerde volume van enkele maatregelen. Er kan gekozen worden voor een scenario dat het huidige of het toekomstige klimaat voorstelt. Het scenario met het toekomstige klimaat komt overeen met een 'worst case' droogtescenario voor 2050 waarin het minder zal regenen en er ook meer verdamping zal plaatsvinden.

De laatste optie laat gebruikers toe om de impact van de toekomstige **Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater** te vergelijken met de huidige richtlijnen. Deze keuze heeft een impact op de dimensies waarmee SIRIO resultaten doorrekent. Dit beperkt zich dus vooral tot de infiltratiecapaciteit en het buffervolume van sommige maatregelen.

Het effect waterbesparing wordt door geen van deze keuzes beïnvloed.

2.3 Overzichtsgrafieken en -tabellen

In de sheet met overzichtsgrafieken wordt de kosteneffectiviteit van de maatregelen per effect samengevat. Door de maatregelen te rangschikken van meest naar minst kosteneffectief, of dus van laagste jaarlijkse kost per m³ water geïnfiltreerd/gebufferd/bespaard naar hoogste, is het mogelijk om deze te vergelijken.

2.4 Maatregelensheets

De meeste sheets bevatten informatie over een individuele maatregel. Hier kunnen ook de achtergronddata en -berekeningen voor de kosteneffectiviteit van maatregelen teruggevonden worden. Indien gewenst kunnen gebruikers hier zelf ook waarden aanpassen.

Elke sheet bevat volgende info over de maatregel:

- **O/B/V-aanduiding:** deze letter geeft aan of de maatregel gezien kan worden als een bovengrondse infiltratiemaatregel met diepte groter dan 2 mm en kleiner dan 30 cm (B), een bovengrondse maatregel met diepte groter dan 30 cm of een ondergrondse infiltratiemaatregel (O), of als een infiltratiemaatregel met diepte van 2 mm (V). Deze opdeling bepaalt welk deel van de maatregel als infiltratieoppervlakte wordt beschouwd. Zie deel 1.4.1 voor extra uitleg.

³ [Richtlijnen infiltratie — Vlaamse Milieumaatschappij \(vmm.be\)](https://www.vmm.be)

- **Beschrijving van de maatregel:** korte definitie van de maatregel. Deze info is voor de meeste maatregelen gebaseerd op de website Blauw Groen Vlaanderen die werd ontwikkeld door VLARIO en Aquafin⁴, of komt uit de literatuur.
- **Effect:** zie deel 1.4 voor meer info.
- **Kosten:** zie deel 1.3 voor meer info.
 - Directe kosten: CAPEX (investeringskosten)
 - Directe kosten: OPEX (operationele kosten)
 - Totale jaarlijkse kosten (berekening totale jaarlijkse kost, som van OPEX en verdisconteerde CAPEX aan de hand van PMT-formule. De PMT-formule berekent de jaarlijkse kost van een investering gebaseerd op een constante discontvoet en een afschrijvingstermijn/levensduur)
- **Kosteneffectiviteit:** Combinatie van het effect en de kosten, zie deel 1.5 voor meer info.
- **Kansen en bedreigingen voor implementatie:** geeft aan waar rekening mee moet gehouden worden bij implementatie van de maatregel voor een optimale werking. Ook andere aandachtspunten/bemerkingen worden hier vermeld.
- **Bijkomende effecten:** Hier worden de bijkomende effecten van de maatregel die niet droogtegerelateerd zijn vermeld. Voorbeelden zijn effect op biodiversiteit, wateroverlast, hitte, erosiebestendigheid, waterkwaliteit, bodemkwaliteit... Indien de maatregel een positief effect heeft, wordt een '+' geplaatst naast het effect. Indien de maatregel een negatieve invloed heeft, wordt een '-' geplaatst. Het was niet de opzet van deze studie om ook deze effecten te kwantificeren. Toch kunnen de co-benefits een zeer belangrijke rol spelen in het beslissingsproces over welke maatregelen al dan niet uitgevoerd moeten worden. De kwalitatieve inschatting mag dus zeker niet genegeerd worden wanneer men maatregelen met elkaar vergelijkt. Sommige effecten doen zich enkel voor onder bepaalde voorwaarden. Zo zal het ontlasten van riolen en het verminderen van overstromingsgevaar bij hevige regenbuien slechts gering zijn bij pure infiltratiemaatregelen. Deze zijn vooral effectief om droogte te bestrijden. Daarnaast zal de mate waarin waterbesparende maatregelen het risico op overstromingen verlagen afhankelijk zijn van hoe vol de voorziening reeds was bij het begin van een regenbui.

⁴ [Blauw Groen Vlaanderen](#)

3 RESULTATEN

Hieronder worden kort enkele algemene resultaten besproken. Deze geven een indicatie van hoe de output uit de excel-file het best kan geïnterpreteerd worden. Zoals hierboven besproken laat de opbouw van de fiches ook toe om zelf wat te variëren met de waardes zodat de gebruiker tot eigen inzichten kan komen.

De resultaten werden berekend met de standaard assumpties (discontovoet 2%; levensduur infrastructuur en groen 50 jaar; levensduur machinerie 20 jaar). De grafieken gaan uit van het bodemtype zandige leem (infiltratiesnelheid 10 mm/u), het scenario met het toekomstige klimaat en de vereisten van de toekomstige GSV (vanaf 2023).

3.1 Infiltratie

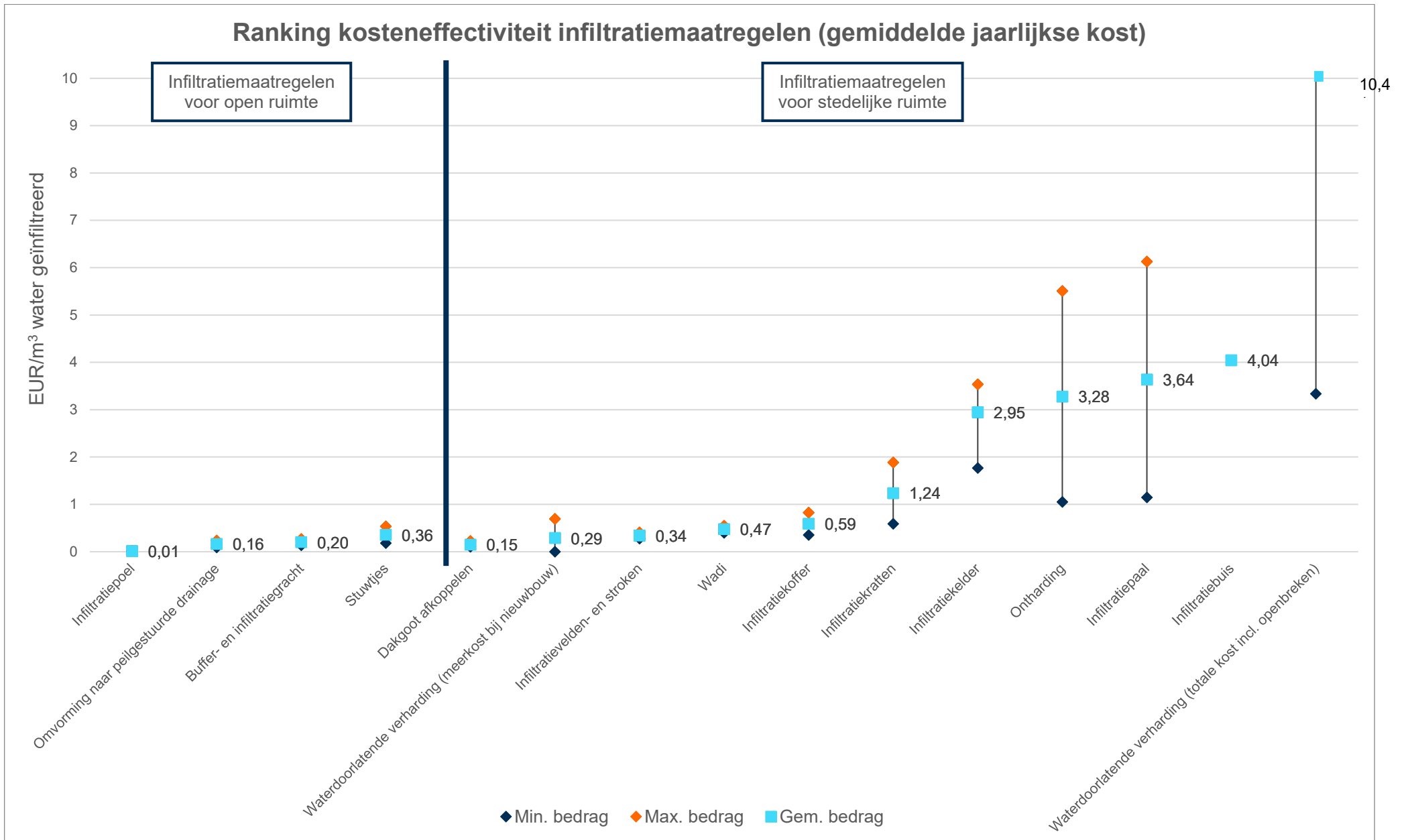
Figuur 1 toont de ranking van infiltratiemaatregelen volgens jaarlijkse kost per m³ water geïnfiltreerd. Hoe lager de jaarlijkse kost, hoe hoger de kosteneffectiviteit.

Er werd in de grafiek een opsplitsing gemaakt tussen de maatregelen die vooral toepassing vinden in een landelijke omgeving, en deze die vooral in een stedelijke context geïmplementeerd worden. Gezien de landelijke maatregelen grotendeels kosteneffectiever zijn, zou de verkeerde conclusie kunnen getrokken worden dat louter ingezet moet worden op deze set van maatregelen. Voor een integraal waterbeleid zijn echter maatregelen nodig in zowel het buitengebied als in een stedelijk context.

Bij de maatregelen die meer in een stedelijke omgeving passen, valt op dat de groene, en relatief eenvoudige maatregelen (wadi, dakgoot afkoppelen en infiltratievelden en -stroken) het meest kosteneffectief zijn. Dit zijn maatregelen die particulieren ook zelf kunnen nemen en die niet per se een collectieve aanpak vereisen. Bovendien hebben deze maatregelen enkele belangrijke co-benefits die de grijze maatregelen zoals infiltratiekoffers en infiltratiepalen niet hebben. Deze bedenking is belangrijk want de kosteneffectiviteit die hier wordt voorgesteld, is slechts één factor in het beslissingsproces. Er zijn nog andere aspecten en effecten die niet mogen verwaarloosd worden.

Ook valt het grote verschil in kosteneffectiviteit op tussen waterdoorlatende verharding in termen van meerkost en waterdoorlatende verharding wanneer die ter vervanging dient van bestaande verharding. Bij dat laatste worden ook kosten van opbreken in rekening gebracht, terwijl de meerkost louter kijkt naar de meerkost van aanleg nieuwe verharding die niet waterdoorlatend is ten opzichte van waterdoorlatende. Het zou interessant zijn om in een vervolg van deze studie nog meer te focussen op meerkosten. Voor deze studie werd dat eerst geprobeerd, maar er bleek hier vrij weinig informatie over ter beschikking te zijn.

Gezien de hoge jaarlijkse kost van maatregelen zoals infiltratiebekken en infiltratiepaal, wordt de noodzaak voor het maximaliseren van koppelkansen bij de implementatie van grijze infiltratie-infrastructuur duidelijk. Deze relatief dure maatregelen worden goedkoper wanneer ze direct geïntegreerd worden in een geplande heraanleg van straten of de publieke ruimte. Beleid moet nog meer inzetten op verplichte implementatie van klimaatadaptieve maatregelen wanneer kansen zich voordoen.



Figuur 1 Ranking kosteneffectiviteit infiltratiemaatregelen, opdeling in maatregelen die voornamelijk geïmplementeerd worden in open ruimte en de stedelijke ruimte. Er wordt uitgegaan van een zandige leem bodem, een toekomstig klimaatscenario en de voorwaarden onder de toekomstige GSV (vanaf 2023)

Wanneer we de infiltratiesnelheid laten variëren (verhogen/verlagen) valt op dat naarmate de infiltratiesnelheid toeneemt, de kost-effect ratio van de stedelijke maatregelen daalt en het verschil tussen de 'groene' en 'grijze' maatregelen afneemt. Binnen de stedelijke maatregelen verandert de volgorde echter quasi niet.

In het toekomstige klimaatscenario, waarbij minder regenval en meer verdamping verwacht wordt, zijn de jaarlijkse kosten per eenheid infiltratie een stuk hoger dan in het huidige klimaatscenario. Wanneer, zoals in het huidige klimaat, meer regen, in verspreidere buien, valt, zullen de infiltratiemaatregelen logischerwijze iets meer water kunnen infiltreren en dus kosteneffectiever zijn.

Bij de huidige GSV-wetgeving zijn de stedelijke maatregelen kosteneffectiever dan bij de toekomstige GSV. Hoewel de toekomstige GSV een groter infiltratieoppervlak/buffervolume oplegt per hectare afwaterend oppervlakte en de infiltratiecapaciteit van dezelfde maatregel dus toeneemt, zijn de kosten die bij dat groter infiltratieoppervlak/buffervolume horen een stuk hoger waardoor de kost/effect-ratio dus hoger uitkomt en die beperkte extra infiltratie niet opweegt. Deze resultaten moeten echter in context geplaatst worden. In toekomstige klimaatscenario's zal de hoeveelheid neerslag afnemen, zeker in de zomer. De nieuwe GSV anticipeert daarop, en vergroot daarom de eisen. Door de lagere waterbeschikbaarheid zal de waarde van water ook toenemen in de toekomst, dus is het te verantwoorden dat de kost van infiltratie (wat) stijgt. Naast droogte zijn de meeste bronmaatregelen ook relevant voor het verminderen van wateroverlast en overstort van riolering. Het bijkomend buffervolume onder de toekomstige GSV is hier dan ook van groot belang, en de baten die hieraan gekoppeld zijn vergroten dus wel. Als de GSV dus in totaliteit bekeken wordt, zullen de voordelen zeker opwegen tegen de nadelen.

De wijzigingen in de volgorde en in ordegraote van de kost-effect ratio's bij het aanpassen van de infiltratiesnelheid, het klimaatscenario en de GSV zijn algemeen beschouwd echter vrij gering. Dit toont aan dat bij de infiltratiemaatregelen de kostprijs zwaarder doorweegt op de kosteneffectiviteit dan de effectiviteit.

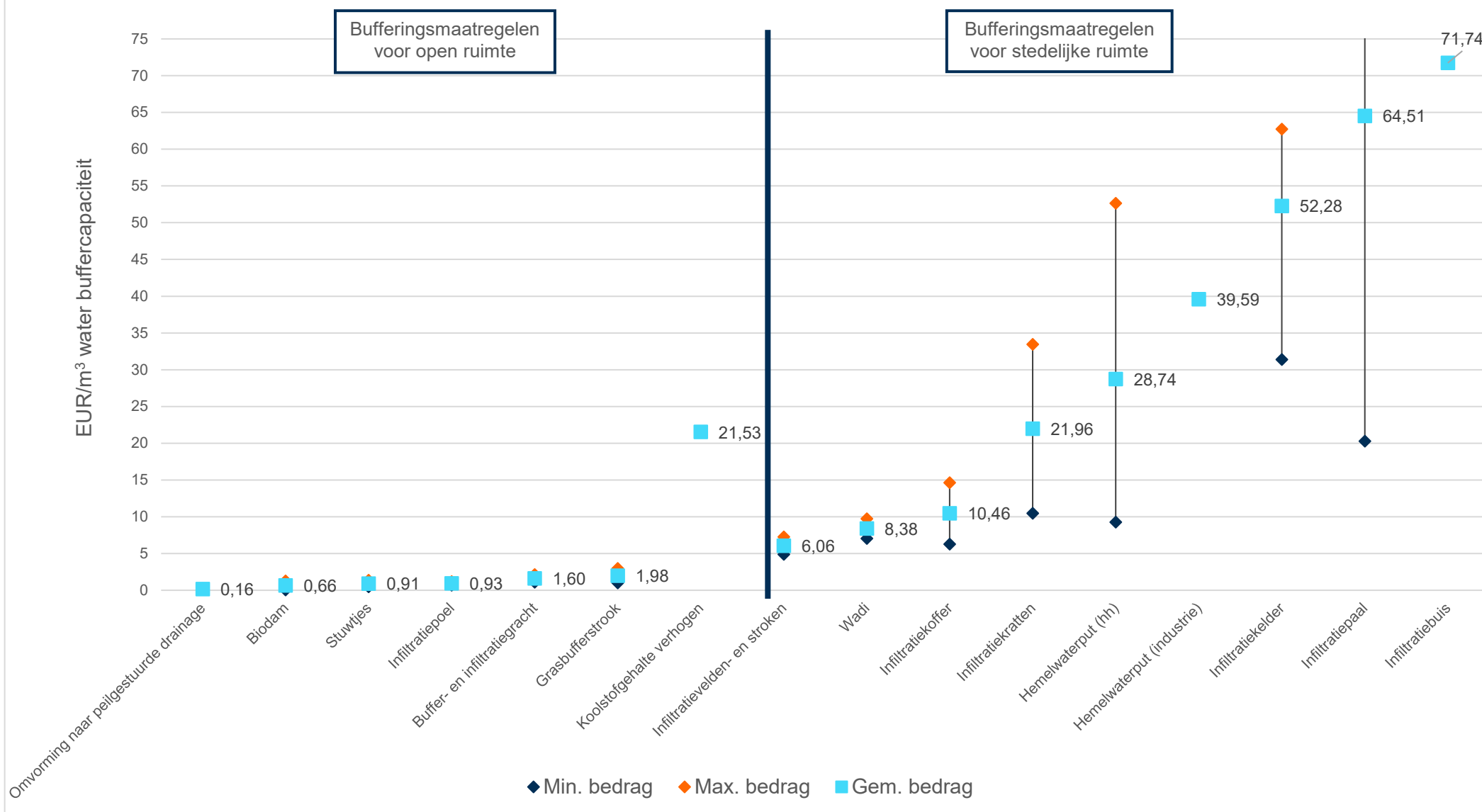
3.2 Wateropslag en waterbuffering

Figuur 2 vat de kosteneffectiviteitsranking voor waterbufferende maatregelen samen volgens jaarlijkse kost per m³ buffercapaciteit. Hoe lager de kost-effect ratio, hoe hoger de kosteneffectiviteit. Ook in deze figuur werd een onderscheid gemaakt tussen de maatregelen die vooral toepassing vinden in een landelijke omgeving en deze die vooral in een stedelijke context geïmplementeerd worden. De reden voor deze opsplitsing is gelijkaardig aan deze voor infiltratiemaatregelen. Gezien de maatregelen die voornamelijk ingezet worden in het buitengebied, grotendeels kosteneffectiever zijn, zou de verkeerde conclusie kunnen getrokken worden dat louter ingezet moet worden op deze set van maatregelen. Voor een integraal waterbeleid zijn echter maatregelen nodig in zowel het buitengebied als in een stedelijke context.

Voor de stedelijke maatregelen die zowel infiltrerend als bufferend werken, blijft de volgorde van kosteneffectiviteit vrij gelijkaardig. Opnieuw blijken de groenere maatregelen kosteneffectiever dan de grijze en het verschil in kosteneffectiviteit is ook een stuk groter. De kosteneffectiviteit van de buffermaatregelen wordt dan ook vooral gedreven door de kostprijs, bij sommige maatregelen is de kostprijs zelfs al direct uitgedrukt in €/m³ water buffercapaciteit. De conclusies voor infiltratiemaatregelen kunnen dan ook deels doorgetrokken worden naar de maatregelen die erop gericht zijn water te bufferen. Opnieuw is het belangrijk niet alleen naar de louter cijfermatige ranking te kijken, maar ook de co-benefits van de verschillende maatregelen in acht te nemen.

Variatie in infiltratiesnelheid en klimaatscenario heeft bij de buffermaatregelen geen impact. Het veranderen van de GSV naar de huidige voorwaarden doet, zoals bij de infiltratiemaatregelen, de kost-effect ratio's wat verlagen. De maatregelen lijken dus kosteneffectiever onder de huidige GSV (voor 2023), maar daar kan een gelijkaardige duiding bij gegeven worden als hierboven. De toekomstige GSV anticipeert op de veranderingen in het klimaat, en de andere baten die de nieuwe voorwaarden teweegbrengen zullen ervoor zorgen dat de voordelen opwegen ten opzichte van de nadelen.

Ranking Kosteneffectiviteit Bufferingsmaatregelen (gemiddelde jaarlijkse kost)



Figuur 2 Ranking kosteneffectiviteit bufferingsmaatregelen, opdeling in maatregelen die voornamelijk geïmplementeerd worden in open ruimte en de stedelijke ruimte. Er wordt uitgegaan van een zandige leem bodem, een toekomstig klimaatscenario en de voorwaarden onder de toekomstige GSV (vanaf 2023)

3.3 Waterbesparing

In Figuur 3 is de kosteneffectiviteitsranking voor waterbesparende maatregelen te zien. Deze wordt uitgedrukt in euro per m³ water dat met de maatregelen kan bespaard of hergebruikt worden. Deze groep maatregelen is wat anders dan de voorgaande. De wijze waarop de effectiviteit van een maatregel werd bepaald, is voor elke maatregel enigszins anders waardoor het moeilijker is om maatregelen te vergelijken. Om de cijfers toch in perspectief te plaatsen, is het interessant ze even naast geschatte prijzen van water te leggen. Tabel 4 geeft een overzicht van de prijzen voor verschillende types water. Deze zijn gebaseerd op kengetallen uit De Nocker & Broekx (2020) geïndexeerd volgens de Afzetprijsindex in de bouwnijverheid⁵.

Tabel 4 Prijzen van types water per kuub

| Type water | Prijs 2021 (€/m ³) | Prijs 2022 (€/m ³) |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Grondwater (1) | 0,24 | 0,27 |
| Oppervlaktewater (1) | 0,06 | 0,06 |
| Leidingwater (2) | 2,10 | 2,10 |

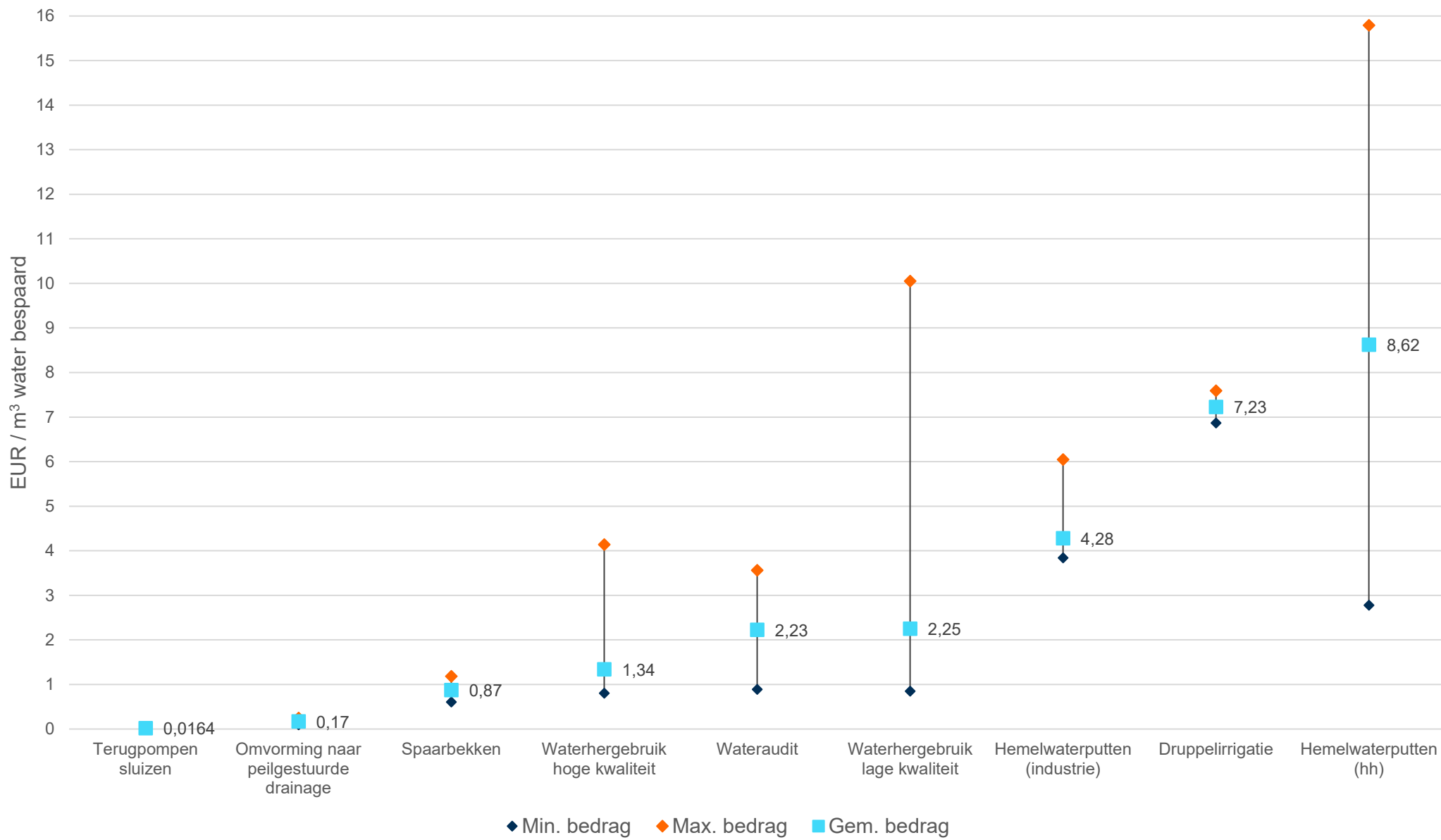
Bron: (1) overgenomen van financieringsstudie Vlaams waterbeleid 2017, houdt een indexatie in van een reeks kengetallen die voor de studie in 2017 verzameld werden (De Nocker & Broekx, 2020). (2) Schatting op basis van data waterboeken VMM.

De jaarlijkse kost per m³ waterbesparing ligt voor de meeste maatregelen een stuk hoger dan de prijzen voor water. De huidige prijzen voor de verschillende types water vervatten momenteel echter amper de sociale en ecologische kosten die ze veroorzaken. De vergelijking zou correcter zijn als deze geïnternaliseerd werden. In dat geval zullen de waterbesparende maatregelen puur economisch gezien een stuk concurrentiëler worden. De resultaten van deze analyse mogen de implementatie van waterbesparende maatregelen echter niet ontmoedigen. Waterbesparing is een belangrijke doelstelling binnen het integraal waterbeleid, maar er kan wel nagedacht worden hoe het beleid waterbesparing verder kan stimuleren.

Variatie voor infiltratiesnelheid, klimaatscenario en type GSV heeft bij deze maatregelen geen impact.

⁵ [Afzetprijsindex in de bouwnijverheid | Statbel \(fgov.be\)](https://statbel.fgov.be/nl/indicatoren/afzetprijsindex-in-de-bouwnijverheid)

Ranking kosteneffectiviteit waterbesparende maatregelen (gemiddelde jaarlijkse kost)



Figuur 3 Ranking kosteneffectiviteit waterbesparende maatregelen

4 CONCLUSIES

De resultaten van deze studie tonen aan dat grijze infiltratie- en buffermaatregelen die een collectieve aanpak vereisen vaak relatief duur zijn en dat groenere oplossingen die ook door particulieren individueel genomen kunnen worden vaak kosteneffectiever lijken uit te draaien. Proactief droogtebeleid vraagt dus ook medewerking van particulieren die, buiten algemene verplichtingen zoals hemelwaterputten en infiltratievoorzieningen voor nieuwbouw en grondige verbouwingen, momenteel nog maar weinig worden meegenomen in dit verhaal. Voor waterbesparende maatregelen, zijn minder éénduidige conclusies te trekken. De verzamelde cijfers zijn voor deze maatregelen minder gelijkaardig waardoor vergelijking niet zo gemakkelijk is als bij de infiltratie- en buffermaatregelen.

Gezien sommige maatregelen weinig kosteneffectief zijn als ze op zichzelf geïmplementeerd worden en niet vanuit een reeds gepland infrastructuurproject, lijkt het belangrijk om in het proactief droogtebeleid sterk in te zetten op het creëren van koppelkansen. Wanneer infrastructuurwerken ingepland worden, is het noodzakelijk om maximaal in te zetten op klimaatadaptatie. Op deze manier is enkel de meerkost van klimaatadaptatiemaatregelen van belang, en deze blijkt vaak erg laag te zijn. Richtlijnen en praktijken kunnen hier beter op aansturen. Om dit verhaal verder te onderbouwen, is wel nog meer onderzoek nodig naar de effectieve meerkost van droogtebestendige maatregelen ten opzichte van de standaard.

Het is belangrijk om bij deze resultaten in het achterhoofd te houden dat voor een sterk, integraal waterbeleid er nood is aan een diverse set van maatregelen in alle mogelijke toepassingsgebieden. Momenteel is er echter nog onvoldoende stimulans om vanuit het beleid kosteneffectief te werken. Deze studie kan daar een eerste aanzet voor zijn.

5 BEDENKINGEN EN AANBEVELINGEN

Deze analyse is een eerste oefening waarvoor werd samengewerkt met heel wat experts. De analyse is echter nog onvolledig en er zijn dan ook aanbevelingen voor verbetering.

Een eerste belangrijke kanttekening bij deze studie is dat de kosteninformatie voor een aantal maatregelen beperkt is. Zeker informatie over onderhoudskosten is vaak moeilijk te bepalen. Ook de effectiviteitsbepaling is voor sommige maatregelen niet volledig solide zoals bij de maatregelen 'opsporen illegale grondwaterwinningen' en 'inwerken van houtsnippers in de bodem ter verhoging van koolstofgehalte'.

Daarnaast kan opgemerkt worden dat de lijst van maatregelen niet volledig is. Enkele suggesties van geraadpleegde experts die niet werden meegenomen, zijn het toepassen van teelttechnische maatregelen zoals niet-kerende bodembewerking, drempeltjes bij ruggenteelten, mulchen, ... Deze bieden eigenlijk meer voordelen dan bufferende maatregelen, omdat je ervoor zorgt dat het water ter plaatse beter in de bodem infiltreert en dat de bodem beter bedekt gehouden wordt. Dit draagt bij tot een hogere bodemvochtreserve in akkers. Ook bemaling met terugvloeiing/buffering en het omzetten van akker naar grasland in belangrijke infiltratiezones in openruimtegebied werden niet onderzocht.

Deze studie focust enkel op de kosteneffectiviteit van maatregelen. Het is echter belangrijk bij het selecteren van maatregelen om ook rekening te houden met de co-benefits van maatregelen die nu louter kwalitatief besproken worden. Ook houdt de rangschikking van de maatregelen in de huidige analyse geen rekening met het feit dat sommige maatregelen meerdere effecten teweegbrengen (bv. zowel bijdragen aan infiltratie als buffering).

Bij het selecteren van maatregelen blijft het ook belangrijk om de principes van het integraal waterbeleid in het achterhoofd te houden. De prioritering inzake duurzaam beheer wordt, waar mogelijk, best gerespecteerd. Dit houdt in dat er eerst moet gezocht worden naar mogelijkheden tot besparing en hergebruik om daarna aanvullend te zoeken naar mogelijkheden tot waterbuffering en infiltratiemogelijkheden. Water afvoeren moet altijd de laatste stap zijn.

LITERATUURLIJST

- Aquafin & Vlario. (z.d.). *Alle maatregelen*. Opgehaald van Blauw Groen Vlaanderen: <https://blauwgroenvlaanderen.be/>
- Boerennatuur. (2021). *Peilgestuurde drainage*. Boerennatuur. Opgehaald van https://www.boerennatuur.be/pdf/Factsheets/20211022_PGD.pdf
- Bouwdepot. (z.d.). *DS infiltratiekrat geotextiel 600L*. Opgehaald van bouwdepot online bouwmaterialen: <https://www.bouwdepot.be/ds-infiltratiekrat-geotextiel-600l.html>
- De Nocker, L., & Broekx, S. (2020). *Financiering van water in Vlaanderen 2017*. Aalst: VMM. Opgehaald van https://sgbp.integraalwaterbeleid.be/beheerplan/achtergronddocumenten/ad_financiering-van-water-2017.pdf
- Departement Landbouw & Visserij. (z.d.). *Wateraudit*. Opgehaald van <https://lv.vlaanderen.be/voorlichting-info/publicaties/praktijkguides/water/duurzaam-watergebruik-algemeen/wateraudit#:~:text=Wat%20is%20een%20wateraudit%3F%20Een%20wateraudit%20is%20een,kan%20worden%20afgebouwd%20en%20vervangen%20door%20andere%20>
- Departement Landbouw en Visserij. (2022). *Infofiches voorwaarden niet-productieve investeringssteun (NPI)*. Opgehaald van [vlaanderen.be: https://lv.vlaanderen.be/subsidies/vlif-steun/niet-productieve-investeringssteun/infociches-voorwaarden-niet-productieve](https://lv.vlaanderen.be/subsidies/vlif-steun/niet-productieve-investeringssteun/infociches-voorwaarden-niet-productieve)
- Departement Omgeving Vlaanderen. (2023a). *De gewestelijke hemelwaterverordening 2023*. Opgehaald van [omgeving Vlaanderen: https://omgeving.vlaanderen.be/nl/verordeningen/de-gewestelijke-hemelwaterverordening-2023](https://omgeving.vlaanderen.be/nl/verordeningen/de-gewestelijke-hemelwaterverordening-2023)
- Departement Omgeving Vlaanderen. (2023b). *Hemelwater - verordening*. Opgehaald van [Vlaanderen: https://omgeving.vlaanderen.be/nl/verordeningen/hemelwater-verordening](https://omgeving.vlaanderen.be/nl/verordeningen/hemelwater-verordening)
- Departement Omgeving. (z.d.). *Vlaanderen breekt uit*. Opgehaald van [omgeving.vlaanderen.be: https://omgeving.vlaanderen.be/waarom-ontharden](https://omgeving.vlaanderen.be/waarom-ontharden)
- FEBE. (2008). *Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen*. Brussel: FEBE. Opgehaald van <https://febe.be/frontend/files/userfiles/files/Andere%20Publicaties/publication-techniques/Waterdoorlatende%20bestratingen.pdf>
- fedweb Belgium. (z.d.). *Weddeschalen*. Opgehaald van [fedweb Belgium: https://fedweb.belgium.be/nl/verloning_en_voordelen/wedde/weddeschalen](https://fedweb.belgium.be/nl/verloning_en_voordelen/wedde/weddeschalen)
- ILVO. (2021, maart 29). *Organische koolstofgehalte in bodems van openbaar domein en particuliere tuinen*. Opgehaald van [ilvo.vlaanderen.be: https://ilvo.vlaanderen.be/nl/nieuws/organische-koolstofgehalte-in-bodems-van-openbaar-domein-en-particuliere-tuinen](https://ilvo.vlaanderen.be/nl/nieuws/organische-koolstofgehalte-in-bodems-van-openbaar-domein-en-particuliere-tuinen)
- IMDC i.s.m. Bodembouwkundige dienst. (2016). *Opstellen van richtlijnen voor het meten van de infiltratiecapaciteit en het modelmatig onderbouwen voor de dimensionering van infiltratievoorzieningen*. Aalst: Vlaamse Milieumaatschappij. Opgehaald van https://www.vmm.be/water/bouwen/regenwater/ra15066_opstellenrichtlijneninfiltratie_v90_tw.pdf/view
- INBO. (z.d.). *Kostenverkenner ecologisch groenbeheer*. Opgehaald van [beheerkostenverkenner.inbo.be: https://beheerkostenverkenner.inbo.be/](https://beheerkostenverkenner.inbo.be/)
- Kennisportaal klimaatadaptatie. (z.d.). *Klimaatbestendige Stad Toolbox (KBS)*. Opgehaald van [Klimaatbestendige Stad Toolbox \(KBS\): https://kbstoolbox.nl/nl/](https://kbstoolbox.nl/nl/)
- Nawara, S., De Nies, J., Gomand, A., Boonen, M., Putzeys, P., Vaerten, J., & Janssens, P. (2020). *Druppelirrigatie in groenten en fruit*. Sint-Katelijne-Waver: Proefstation voor de groenteteelt vzw, Proefcentrum Fruitteelt & Bodembouwkundige dienst van België.

- Opgehaald van <https://www.proefstation.be/wp-content/uploads/2020/03/Praktische-brochure-Druppelirrigatie.pdf>
- nFlux & Arcadis. (2021). *Kosten en bekostiging klimaatbestendige nieuwbouw*. Rotterdam: nFlux. doi: D10040825:13
- Palmans, S. (2017). *Invloed van peilgestuurde drainage op teeltopbrengst en kwaliteit van het oppervlaktewater*. Bochoolt: Proef- en vormingscentru voor de landbouw. Opgehaald van <http://pvl-bochoolt.be/wp-content/uploads/2017/12/Brochure-Peilgestuurde-drainage.pdf>
- Raman, M., & Vandervelpen, M. (2021). *Webinar stuwpeilbeheer*. Boerennatuur. Opgehaald van http://www.boerennatuur.be/pdf/20210114_Boerennaturen_Stuwpeilbeheer.pdf
- Spanhak dakwerken. (2022). *Levensduur zinken dakgoot*. Opgehaald van <https://www.spanhakdakwerken.nl/levensduur-zinken-dakgoot/>
- Stichting Rioned. (2022, maart 7). *Kostenkengetallen volledig herzien*. Opgehaald van [riool.net: https://www.riool.net/ter-visie/kostenkengetallen-volledig-herzien](https://www.riool.net/ter-visie/kostenkengetallen-volledig-herzien)
- Tits, M., & Lammens, B. (2018). *Koester de koolstof*. Agrobeheercentrum Eco² & Bodembouwkundige dienst. Opgehaald van http://www.boerennatuur.be/pdf/2018_Koester-de-koolstof_Eindrapport.pdf
- van Bakel, P., van Boekel, E., & Noij, G.-J. (2008). *Modelonderzoek naar effecten van conventionele en samengestelde, peilgestuurde drainage op de hydrologie en nutriëntenbelasting*. Wageningen: Wageningen universiteit. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/19013>
- Van Bavel, J. (2021, juni 17). Dankzij bedruppelen heb ik dikkere peren. *Boer&Tuinder*, pp. 32-33. Opgehaald van <https://www.bdb.be/files/vul202106-Duurzaam-watergebruik.pdf>
- van Cleef, R., & de Putter, P. (2020). *Juridisch en financieel-economisch instrumentarium voor beekherstelprojecten*. Amersfoort: Stichting toegepast onderzoek waterbeheer. Opgehaald van <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202020/STOWA%202020-29%20Handreiking%20juridisch%20financieel-economisch%20instrumentarium%20beekherstel.pdf>
- Vervoort, L., Rops, J., & Tits, M. (2019, oktober 10). Koolstof, van houtkant tot in de bodem. *Boer&Tuinder*, pp. 48-49. Opgehaald van <https://www.bdb.be/files/vul201912.pdf>
- VLM. (2018). Op stap in de vallei; een overzicht van de geleverde inspanningen. *Natuurinrichting Zwarte Beek - Nieuwsbrief februari 2018*, 4. Opgehaald van <https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/ZwarteBeek/LIMZBnieuwsbrieffebruari2018.pdf>
- VMM. (z.d. a). *Buffering met vertraagde afvoer*. Opgehaald van [vmm.be: https://www.vmm.be/water/bouwen/regenwater/buffering-met-vertraagde-afvoer](https://www.vmm.be/water/bouwen/regenwater/buffering-met-vertraagde-afvoer)
- VMM. (z.d. b). *Infiltratie*. Opgehaald van [vmm.be: https://www.vmm.be/water/bouwen/regenwater/infiltratie](https://www.vmm.be/water/bouwen/regenwater/infiltratie)
- VMM-Departement Omgeving. (z.d.). *Intern rapport: Kosten-batentool voor het sedimentmodel*.

**vision on technology
for a better world**

