



Beheer, onderhoud en
monitoring
infiltratievoorzieningen

Beheer, onderhoud en
monitoring
infiltratievoorzieningen

Inhoud

1 Inleiding	5
2 Stap 1: Aanleiding beheer, onderhoud en monitoring	6
3 Stap 2: Inventarisatie voorziening en omliggend systeem	7
4 Stap 3: Vaststellen functioneringseisen	8
5 Stap 4: Opstellen onderhoudsplan	9
6 Stap 5: Opstellen monitoringsplan	10
7 Stap 6: Vaststellen benodigde capaciteit en middelen	11
Bijlage 1 Overzicht (typen) infiltratievoorzieningen	12
1 Groene infiltratievelden	12
1.1 Beschrijving en uitgangspunten groene infiltratievelden	12
1.2 Functioneringseisen groene infiltratievelden	13
1.3 Beheer-, onderhouds- en monitoringsaspecten groene infiltratievelden	14
2 Ondergrondse infiltratievoorzieningen	15
2.1 Beschrijving en uitgangspunten ondergrondse infiltratievoorzieningen	15
2.2 Functioneringseisen ondergrondse infiltratievoorzieningen	16
2.3 Beheer-, onderhouds- en monitoringsaspecten ondergrondse infiltratievoorzieningen	16
3 Infiltrerende wegconstructies	18
3.1 Beschrijving en uitgangspunten infiltrerende wegconstructies	18
3.2 Functioneringseisen infiltrerende wegconstructies	18
3.3 Beheer-, onderhouds- en monitoringsaspecten infiltrerende wegconstructies	18
Bijlage 2 Protocol meten en monitoren	20
1 Doel en achtergrond	20
1.1 Wat meten?	20
1.2 Waar meten?	20
1.3 Wanneer meten?	21
1.4 Periodieke vervolgmetingen	21
1.5 Continue monitoring	21
2 Uitvoeren vooronderzoek	21
3 Uitvoeren veldonderzoek door middel van meten en monitoren	22
3.1 Voorbereiding	22
3.2 In kaart brengen proeflocatie	22
3.3 Uitvoeren testen	23
3.3.1 Infiltratiesnelheid toplaag infiltrerende voorziening	23
3.3.2 Infiltratiesnelheid onderliggend materiaal en vlijlaag infiltrerende voorziening	24
3.3.3 Infiltratiesnelheid berging infiltrerende voorziening	25
3.3.4 Bergingscapaciteit bergende infiltrerende voorziening	27
3.3.5 Wegzijgsnelheid berging en infiltratiecapaciteit ondergrond	29
3.3.6 Continue monitoring ondergrondse voorzieningen	30
3.3.7 Continue monitoring: debiet meten	32
3.3.8 Grondwaterkwaliteit meten	32
3.3.9 Grondkwaliteit bovengrondse voorzieningen meten	33
3.3.10 Bodemkwaliteit ondergrondse voorziening meten	33
4 Verwerken van de resultaten	34
Bijlage 3 Normen kwaliteit	35

1 Inleiding

Hogere temperaturen, nattere winters, heftigere buien en drogere zomers leiden steeds vaker tot overlast in stedelijk gebied. Sinds 2020 moeten alle gemeenten in Nederland hun grondgebied daarom klimaatbestendig inrichten. Door meer hemelwater in de bodem te laten infiltreren en het daar vervolgens beter vast te houden in plaats van het direct via het riool af te voeren, kunnen gemeenten problemen met betrekking tot wateroverlast en droogte tegengaan, terwijl de belasting op het riool, het zuiveringssysteem en het oppervlaktewatersysteem veel lager wordt.

De afgelopen decennia hebben er verschillende experimenten plaatsgevonden met diverse vormen en uitvoeringen van infiltrerende voorzieningen. Deze voorzieningen verschilden sterk van elkaar op het gebied van technische karakteristieken, constructieve eigenschappen, multifunctioneel ruimtegebruik, hydraulische capaciteit, lokale hydrologische effecten, milieutechnisch functioneren en beheer- en onderhoudsvereisten. Veel van deze voorzieningen bleken lokaal succesvol. Toch vindt opschaling tot op heden nog maar beperkt plaats. Dit komt onder meer door het ontbreken van (een overzicht van) consistente beheer-, onderhouds- en monitoringsgegevens rondom (het functioneren van) infiltrerende voorzieningen in de praktijk.

Een gestandaardiseerd beheer-, onderhouds- en monitoringsplan, met aandacht voor de initiele ontwerpeisen, systeemkarakteristieken, kritieke functioneringscriteria, het beheer van het systeem en de daarbij benodigde monitoring biedt hiervoor een belangrijke basis. Een beheer-, onderhouds- en monitoringsplan stelt u op aan de hand van de volgende stappen:

- 1) Stap 1: Aanleiding beheer, onderhoud en monitoring
- 2) Stap 2: Inventarisatie voorziening en omliggend systeem
- 3) Stap 3: Vaststellen functioneringseisen voor de voorziening als geheel en per onderdeel
- 4) Stap 4: Opstellen onderhoudsplan
- 5) Stap 5: Opstellen monitoringsplan
- 6) Stap 6: Vaststellen benodigde capaciteit en middelen

Om een voorziening op een eenduidige manier te kunnen monitoren, zodat u zeker weet dat u de juiste zaken meet en u de resultaten kunt vergelijken met die van andere voorzieningen, is een template monitoringsplan opgesteld. De onderdelen van dit template zijn in de navolgende hoofdstukken omschreven in de blauwe vakken. In deze template staan alle zaken die u binnen een volledig beheer-, onderhouds- en monitoringsplan moet meenemen en vindt u per stap de benodigde handvatten, achtergronden en kentallen om tot een volledig beheer-, onderhouds- en monitoringsplan voor uw voorziening(en) te komen. Omdat deze zaken per voorziening kunnen verschillen, staat in 'bijlage 1 Overzicht (typen) infiltratievoorzieningen' per type voorziening nader omschreven wat u precies moet monitoren en hoe vaak u moet meten. Ook vindt u hierin een aanzet voor toetsingswaarden voor het functioneren van de voorzieningen, die u kunt gebruiken als basis voor het afwegen van uw beheermaatregelen. Afhankelijk van uw eigen ervaring met voorzieningen of de uitgangspunten die u in de ontwerpfase van een voorziening genomen hebt, kunt u afwijken van deze toetsingswaarden. De informatie uit bijlage 1 kunt u direct overnemen in uw monitoringsplan en als basis gebruiken voor uw monitoringsplan.

2 Stap 1: Aanleiding beheer, onderhoud en monitoring

In de inleiding van uw beheer-, onderhouds- en monitoringsplan voor een voorziening beschrijft u waarom u dit plan opstelt en wat het doel is van de aangelegde voorziening en het bijbehorende beheer-, onderhouds- en monitoringsplan. Verder bakt u hierin de beheer-, onderhouds- en monitoringsopgave af (type systeem, beheer- en onderhoudsmaatregelen en metingen, ruimtebeslag en tijdsduur). Tot slot geeft u aan wat de relatie van dit plan is met andere documenten (bijvoorbeeld het systeemoverzicht stedelijk water, een optimalisatiestudie, een waterbeheerplan), hoe het plan tot stand is gekomen (wie waren betrokken bij het opstellen?) en biedt u een leeswijzer.

Template: Inleiding beheer-, onderhouds- en monitoringsplan:

- 1.1 Aanleiding en doel
- 1.2 Beschrijving voorziening en locatie
- 1.3 Doel en afbakening beheer-, onderhouds- en monitoringsopgave
- 1.4 Inkadering binnen bestaand beleid
- 1.5 Betrokken partijen bij opstellen beheer-, onderhouds- en monitoringsplan
- 1.6 Leeswijzer

Template: Inleiding beheer-, onderhouds- en monitoringsplan:

- 1.1 Aanleiding en doel
- 1.2 Beschrijving voorziening en locatie
- 1.3 Doel en afbakening beheer-, onderhouds- en monitoringsopgave
- 1.4 Inkadering binnen bestaand beleid
- 1.5 Betrokken partijen bij opstellen beheer-, onderhouds- en monitoringsplan
- 1.6 Leeswijzer

3 Stap 2: Inventarisatie voorziening en omliggend systeem

Voor effectief beheer en onderhoud van een infiltrerende voorziening is het belangrijk om de hoofdkenmerken van de voorziening eenduidig vast te leggen. Inventariseer hiervoor in elk geval: het doel van de voorziening, de plaats/licging van de voorziening en omgevingskenmerken, de dimensies (inhoud, infiltratieoppervlak, enz.) en de ontwerpuitgangspunten (infiltratiecapaciteit, berging, ledigingstijd, overstortfrequentie). Voeg aan de inventarisatie ook bestektekeningen en revisietekeningen toe.

Template: Inventarisatie voorziening en omliggend systeem:

2.1 Beschrijving doel van de voorziening, ontwerpuitgangspunten en dimensionering

2.3 Beschrijving omgevingskenmerken omliggend systeem

2.4 Bestektekeningen en revisietekeningen voorziening

In dit hoofdstuk beschrijft u de voorziening en legt u zoveel mogelijk omgevingsfactoren en ontwerpuitgangspunten voor uw infiltratievoorziening vast. Hoe meer u nu vastlegt, hoe makkelijker het later is om de systeemwerking en de monitoringsresultaten te begrijpen. U kunt ook naar eventuele bijlagen linken of naar onderzoeksrapporten die de werking van uw systeem omschrijven. Deze informatie kunt u in een later stadium gebruiken om resultaten met elkaar te vergelijken, de meetresultaten te verklaren of als achtergronddocument voor de voorziening in uw beheersysteem. In de volgende tabel vindt u enkele voorbeelden van ontwerpuitgangspunten die u kunt vastleggen.

Ontwerpuitgangspunten	Waarde	Aanvullende informatie (bijlagen, onderzoeksrapporten, links, enz.)
Type voorziening		
Opbouw voorziening		
Jaar aanleg		
Afmetingen		
Onderzijde voorziening in mNAP		
Locatie van de voorziening		
Aanwezigheid geotextiel		
Aanwezigheid drain		
Aangesloten verhard oppervlak		
Functie aangesloten oppervlak		
Berging in de infiltratievoorziening		
Onderzijde voorziening (mNAP) of maaiveldhoogte voorziening		
Normbui		
Overloophoogte		
Watert af op		
Ledigingstijd (uur)		
Enz.		

In aanvulling op de ontwerpuitgangspunten kunt u het gebied waar de voorziening ligt omschrijven. Hierbij verwerkt u zoveel mogelijk informatie, of linkt u naar achtergronddocumenten. Met behulp van deze informatie bent u later beter in staat om resultaten te verklaren of om deze resultaten te vergelijken met die van andere voorzieningen. In de volgende tabel ziet u welke omgevingskarakteristieken u kunt vastleggen.

Gebiedsbeschrijving	Waarde	Aanvullende informatie (bijlagen, onderzoeksrapporten, links, enz.)
Bodemopbouw		
K-waarde bodem		
Grondwaterstand (GHG/GLG/GG, mNAP)		
Aanwezige verontreinigingen		
Bijzonderheden aanleg		
Verkeersdruk		
Enz.		

Zie bijlage 1 voor een overzicht van de onderdelen waaruit infiltratievoorzieningen kunnen zijn opgebouwd. Zie bijlage 2 voor een overzicht van omgevingskenmerken van het systeem die u kunt vastleggen.

4 Stap 3: Vaststellen functioneringseisen

U beoordeelt of een infiltratievoorziening goed functioneert door naar het hele systeem te kijken en (aanvullend) naar de werking van de afzonderlijke onderdelen waaruit het systeem is opgebouwd. Om dit efficiënt te kunnen doen, bepaalt u hiervoor de functioneringseisen. Deze bestaan uit ontwerpwaarden en ingrijpmaatstaven. Veel ingrijpmaatstaven kennen een relatieve waarde uitgedrukt in % ten opzichte van de ontwerpwaarde. Op basis van de functioneringseisen toetst u de werking van de voorziening als geheel en van de losse onderdelen, en bepaalt u wanneer u eventueel ingrijpt, bijvoorbeeld door de beheerstrategie aan te passen of met correctief onderhoud (zie stap 4). In sommige gevallen vormt het overschrijden van de ingrijpmaatstaf aanleiding om de voorziening te vervangen. In de praktijk kunt u soms – met een visuele inspectie – snel vaststellen een voorziening niet goed functioneert. Om de structurele ontwikkeling van functioneren van een voorziening door de tijd heen goed te kunnen beoordelen is monitoring van de voorziening volgens een vooraf vastgesteld plan (zie stap 5) wenselijk.

Template: Functioneringseisen:

3.1 Ontwerpwaarden

3.2 Ingrijpmaatstaven

3.3 Argumentatie voor afwijking van standaard ingrijpmaatstaven

In dit hoofdstuk omschrijft u de functioneringseisen van uw voorziening, die bestaan uit ontwerpwaarden en ingrijpmaatstaven. Deze functioneringseisen kunnen per voorziening verschillen, maar vormen altijd de basis voor uw beheer- en onderhoudscyclus. Bij een overschrijding van een ingrijpmaatstaf kunt u een beheermaatregel treffen, of overgaan tot vervanging van het systeem. In de volgende tabel ziet u – voor de categorie groene infiltratievelden – welke ingrijpmaatstaven u kunt hanteren. Indicatieve uitgangspunten en ontwerpwaarden per voorziening vindt u in de tabellen ‘Functioneringseisen’, bijlage 1 - par. 1.2, 2.2 en 3.2, zoals de voorbeeldtabel hierna. Als de ontwerpwaarde niet bekend is, staat er in de tabel waar mogelijk ook een absolute waarde als ingrijpmaatstaf. In sommige gevallen is het niet mogelijk om zo’n absolute waarde te geven, omdat deze sterk afhankelijk is van het ontwerp.

Omschrijving	Ingrijpmaatstaf t.o.v. ontwerpwaarde	Ingrijpmaatstaf absoluut
Infiltratiepercentage	< 70-90%	50%
Infiltratiecapaciteit	< 50%	< 0,5 m/dag
Ledigingstijd	> 200% of < 25-50%	> 48 uur of < 6-8 uur
Overstortingsfrequentie	> 200%	> 2-5/j.
Berging	< 70-90%	< 70-80% van het theoretische oppervlak
Vervuiling bodem & grondwater	> Streef/toetsingswaarde	> Streef/toetsingswaarde

De waarden uit deze tabel kunt u gebruiken om uw monitoringsresultaten te relateren aan beheer: als op grond van de monitoring(sronde) duidelijk wordt dat de ingrijpmaatstaf wordt overschreden, dan zult u moeten ingrijpen. Door de functioneringseisen voor de voorziening vroegtijdig te bepalen, kunt u later makkelijker beoordelen of uw voorziening voldoet.

Zie bijlage 1 (par. 1.2, 2.2 en 3.2) voor een overzicht van de mogelijke functioneringseisen voor infiltrerende voorzieningen.

5 Stap 4: Opstellen onderhoudsplan

Het is belangrijk om in een beheer-, onderhouds- en monitoringsplan vast te leggen welke onderhoudsmaatregelen er mogelijk zijn voor het systeem of voor de onderdelen van het systeem om het functioneren van het systeem in de praktijk te waarborgen en de levensduur te verlengen. We maken hierbij onderscheid tussen a) preventief onderhoud (regulier onderhoud volgens een vooraf vastgestelde cyclus, met een frequentie van ~1-52 keer/jaar), b) correctief onderhoud (groot onderhoud gerelateerd aan vastgestelde afwijkingen van de functioneringseisen van het systeem of van systeemonderdelen op basis van visuele inspectie of metingen, met een meetfrequentie en mogelijke ingrijpfrequentie van ~1/1-5 jaar) en c) renovatie (vervanging van (grote delen) van het systeem tegen het einde van de levensduur). Verbeterd inzicht in het functioneren van de voorziening en de effecten van preventief en correctief onderhoud (zie stap 5) kan leiden tot aanpassingen van het beheer- en onderhoudsplan.

Template: Onderhoudsplan:

4.1 Doel onderhoud

4.2 Preventief cyclisch onderhoud

4.3 Correctief onderhoud

In dit hoofdstuk beschrijft u de inspanningsbehoefte per voorziening voor het preventief cyclisch onderhoud. In verschillende tabellen (bijlage 1, par. 1.3, 2.3 en 3.3) is per voorziening een aanzet tot een inspanningsbehoefte gegeven, evenals de aanbevolen frequentie. Een voorbeeld hiervan ziet u in onderstaande tabel 'Preventief onderhoud Groene infiltratievelden - periodiek en tijdsonafhankelijk'.

Daarnaast beschrijft u in dit hoofdstuk de verwachte inspanningsbehoefte van het correctief onderhoud. Een aanzet hiervoor per type voorziening vindt u in de kolom 'Beheermaatregel bij overschrijding functioneringseisen' in de monitoringstabellen van bijlage 1, par. 1.3, 2.3 en 3.3.

Onderdeel	Mechanisme	Oorzaak	Maatregel	Aanbevolen frequentie
Toplaag	Afname infiltratiecapaciteit	Dichtslibben	- Grasmaaien - Maaisel verwijderen - Zwerfvuil verwijderen - Bladeren verwijderen - Straatvegen	2 - 26/j. 0 - 26/j. 2 - 52/j. 2 - 4/j. 4 - 12/j.
Overloop	Afname afvoercapaciteit	Verstopping	Overstort leegzuigen/onderhouden	1 - 2/j.
Drain	Afname afvoercapaciteit	Dichtslibbing, afzetting, verstopping	Drain doorspuiten	1/j.
Regelput	Afname bergingscapaciteit	Grondwaterstandbeheersing	Regelput instellen	2/j.

Onderdeel	Mechanisme	Aspect	Frequentie monitoren	Methode monitoring/inspectie	Verwijzing monitoring	Beheermaatregel bij overschrijding functioneringseisen
Toplaag	Afname infiltratiecapaciteit	Dichtslibben Verdichting	Periodiek (1-5 jaar)	Full-scale (constant/falling-head)	Bijlage 2 - 3.3.1 Infiltratiesnelheid toplaag infiltrerende voorziening	- Slib verwijderen - Afzettingsmateriaal verwijderen - Vuil verwijderen (maaisel, afval, bladeren) - Bodem verbeteren
				- Slugtest - DRI-test	Bijlage 2 - 3.3.3 Infiltratiesnelheid berging infiltrerende voorziening	
	Afname bergingscapaciteit	Afzetting Verzakking	Periodiek (1-5 jaar)	Maximaaltest	Bijlage 2 - 3.3.4 Bergingscapaciteit bergende infiltrerende voorziening	- Verzakking opvullen - Afschrappen
	Verontreiniging	Grondkwaliteit	Periodiek (na 20-25 jaar) ¹	Chemische analyse grondmonsters en/of XRF	Bijlage 2 - 3.3.9 Bodemkwaliteit bovengrondse voorzieningen meten	- Toplaag (deels) vervangen - Vervuiling bij de bron aanpakken

Zie bijlage 1 (par. 1.3, 2.3 en 3.3) voor een overzicht van de onderhoudsmaatregelen voor infiltrerende voorzieningen.

6 Stap 5: Opstellen monitoringsplan

Monitoring van de infiltrerende voorziening op hydraulisch (infiltratie, berging, lediging) en milieutechnisch (grond- en grondwaterkwaliteit) functioneren, met daarbij aandacht voor de stabiliteit (verzakkingen) is een vereiste om te kunnen vaststellen of er afwijkingen van de functioneringseisen (voor de gehele voorziening of op onderdelen) optreden en of correctief onderhoud of renovatie noodzakelijk is. Daarnaast maakt u hiermee inzichtelijk of het reguliere onderhoud op correcte wijze (met de juiste maatregelen) en met de juiste frequentie wordt uitgevoerd.

Periodieke visuele inspecties of metingen aan de werking van (onderdelen van) de voorziening met een interval tussen ~1/1-5 jaar zijn hierbij in veel gevallen voldoende. Hanteer hierbij een vast moment in het jaar en een consistente onderzoeksaanpak vanwege de weersafhankelijkheid van de werking van uw voorziening. Continue monitoring biedt aanvullend de mogelijkheid om op onderzoeksmatige wijze een beter begrip te verkrijgen van de werking van een voorziening onder wisselende omstandigheden in de praktijk en de ontwikkeling van het functioneren van (onderdelen van) de voorziening door de tijd heen. De eerste stap bij het opstellen van een monitoringsplan is het bepalen van het meetdoel en het formuleren van een daarbij passende meetopzet (variabelen, frequentie, meetopstelling, meetmethodiek, meetapparatuur, toepassing van periodieke of continue meting).

Vervolgens verricht u direct na aanleg van de voorziening een nulmeting. Dit is cruciaal om de werking van de voorziening volgens opgestelde ontwerpcriteria te kunnen controleren en voor de vaststelling van een referentiewaarde. Om consistentie te garanderen is het van belang om eventueel geplande (continue of periodieke) vervolgmetingen door middel van dezelfde meetopzet, op hetzelfde meetmoment, op dezelfde locatie en met dezelfde apparatuur uit te voeren. Resultaten van de metingen kunnen aanleiding geven tot aanpassingen in het preventief onderhoud, aanpassingen in het uitvoeren van correctief onderhoud of renovatie, en/of aanpassingen in zowel het onderhouds- als het monitoringsplan (zie stap 3 en 4).

Template: Monitoringsplan:

- 5.1 Doel en achtergrond
- 5.2 Uit te voeren vooronderzoek
- 5.3 Uitvoering van veldonderzoek
- 5.4 Verwerken resultaten

In het hoofdstuk 'Doel en achtergrond' beschrijft u de aanleiding tot monitoring en de meetdoelen. Daarnaast bespreekt u hierin op hoofdlijnen de bijpassende meetopzet (variabelen, frequentie, meetopstelling, meetmethodiek, meetapparatuur, toepassing van periodieke of continue meting).

In het hoofdstuk 'Uit te voeren vooronderzoek' bekijkt u nogmaals de kenmerken van de voorziening en van het gebied rondom de voorziening. Deze kunnen veranderd zijn, met andere resultaten tot gevolg. Denk bijvoorbeeld aan een veranderde hoeveelheid aangesloten verhard oppervlak.

In het hoofdstuk 'Uitvoering van veldonderzoek' neemt u zoveel mogelijk kenmerken (metadata) op die u tijdens de meting tegenkomt. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de datum waarop u de meting verricht, foto's van de meting, de aanwezigheid van groen en bomen, ervaringen van bewoners en de status van het onderhoud van de voorziening.

In het laatste hoofdstuk, 'Verwerken resultaten', verwerkt u uiteindelijk de resultaten op een eenduidige manier in de rapportage. Indien mogelijk neemt u deze op in het beheersysteem.

Zie bijlage 2 voor een opsomming van de instructies rondom monitoring, mogelijke monitoringsmethodieken die het functioneren van (componenten van) een voorziening in kaart brengen en afwijkingen van functioneringseisen in beeld brengen, en praktische handvaten voor veldonderzoek.

7 Stap 6: Vaststellen benodigde capaciteit en middelen

Om het uitvoeren van beheer, onderhoud en monitoring van een voorziening te borgen in de praktijk is het noodzakelijk om in een vroeg stadium van ontwerp en aanleg van de voorziening op basis van het monitorings- en onderhoudsplan de hiervoor benodigde capaciteit en middelen binnen/buiten de organisatie te bepalen en afspraken te maken met de betrokken uitvoeringsinstanties.

Template: Capaciteit en middelen:

6.1 Organisatie en benodigde capaciteit beheer, onderhoud en monitoring

6.2 Benodigde middelen beheer, onderhoud en monitoring

In dit hoofdstuk legt u vast welke capaciteit en middelen er nodig zijn om het uitvoeren van beheer, onderhoud en monitoring van een voorziening in de praktijk te borgen. Ook legt u hierin vast hoe u dit organiseert.

Bijlage 1 Overzicht (typen) infiltratievoorzieningen

In deze bijlage is per (type) voorziening aangegeven:

- 1) de onderdelen van de voorziening;
- 2) de functioneringseisen en de toetsingscriteria voor de voorziening voor het beheer-, onderhouds- en monitoringsplan;
- 3) de manier waarop het beheer-, onderhouds- en monitoringsplan voor de (onderdelen van de) voorziening kan worden ingericht.

We maken hierbij onderscheid tussen groene infiltratievelden (wadi's, infiltratiebermen, infiltratiegreppels en infiltratievelden), ondergrondse infiltratievoorzieningen, waaronder horizontale en verticale infiltratiebuizen en holle-ruimtevoorzieningen (infiltratieriolen, infiltratieputten, infiltratie-units, infiltratiekoffers) en infiltrerende wegconstructies (waterdoorlatende en waterpasserende wegconstructies en halfverharding). De voorzieningen binnen deze verschillende categorieën hebben grote overeenkomsten, namelijk wat betreft de onderdelen waaruit zij zijn opgebouwd, de uitgangspunten en de functioneringseisen. Zie voor een overzicht van de verschillende onderdelen per voorziening: <https://www.riool.net/het-kiezen-van-onderdelen> en <https://www.riool.net/welke-typen-voorzieningen-zijn-er-1>. Voor het kiezen van de gewenste voorzieningen kunt u ook kijken op <https://www.riool.net/Het-kiezen-van-de-gewenste-stelsels-en-voorzieningen>.

Tabel 1
Overzicht van de categorieën infiltratievoorzieningen

Categorie infiltratievoorziening	Infiltratievoorzieningen	Werkingswijze	Stelsels en voorzieningen
Groene infiltratievelden	- Wadi - Infiltratieveld - Infiltratiegreppel - Infiltratieberm	Oppervlakte-infiltratie	- Wadi - Infiltratieberm - Infiltratieveld - Greppel - Hemelwaterinzamelsysteem (oppervlakkig) - Sloot - Vijver
Horizontale infiltratiebuizen	Infiltratieriool	Ondergrondse infiltratie	- Diepinfiltratieriool - Infiltratieriool - Hemelwaterinzamelsysteem (ondergronds)
Verticale infiltratiebuizen	Infiltratieput	Ondergrondse infiltratie	- Infiltratieput - Hemelwaterinzamelsysteem (ondergronds)
Holle-ruimtevoorzieningen/infiltratiereservoir	- Infiltratie-unit - Infiltratiekoffer	Ondergrondse infiltratie	- Hemelwaterinzamelsysteem (ondergronds) - Infiltratie-element
Infiltrerende wegconstructies	- Waterdoorlatende verharding (poreuze steen) - Waterpasserende verharding (doorlatende voeg) - Halfverharding - Waterbergende fundatie	Doorlatende verharding en ondergrondse infiltratie	- Bergend cunet - Infiltrerend cunet - Hemelwaterinzamelsysteem (ondergronds)

1 Groene infiltratievelden

1.1 Beschrijving en uitgangspunten groene infiltratievelden

Groene infiltratievelden zijn voorzieningen die bestaan uit een natuurlijke toplaag. In deze toplaag kan water worden geborgen en kunnen verontreinigingen uit het water worden gehaald. Onder deze categorie vallen wadi's, infiltratiebermen, infiltratiegreppels en infiltratievelden.

1.1.1 Wadi

Een wadi is een (begroeide) verlaging in het maaiveld. Een wadi bevat soms een onderliggende infiltratievoorziening voor het bergen, reinigen, laten infiltreren en zo nodig afvoeren van regenwater. Een wadi heeft voornamelijk een bergende functie voor het regenwater dat afstroomt naar de wadi. Het regenwater kan zowel bovengronds, bijvoorbeeld via goten, als ondergronds naar de wadi stromen. Het water in de wadi infiltreert vervolgens in de bodem. Bij een overschot aan regenwater zal dit water via een overstort naar een volgende wadi stromen, of naar het oppervlaktewater. Onder de wadibodem kan een drain liggen. Een wadi kan opgebouwd zijn uit de volgende onderdelen: toplaag, infiltratie-unit, infiltratiekoffer, drain, geotextiel, regelput, overloop, regenwaterriool, open goot, lijn-/roostergoot, kolk, kolk met vuilvang, zandvangput en/of bladvanger.

1.1.2 Infiltratieveld

Een infiltratieveld is een bovengrondse voorziening die op één locatie regenwater bergt en laat infiltreren in de bodem. Het bestaat uit een verlaging in het maaiveld, begroeid met gras. Het regenwater stroomt bovengronds naar het infiltratieveld, via goten of hellend verhard oppervlak. Afhankelijk van de vorm van de verlaging liggen er in het maaiveld infiltratiegreppels, infiltratievelden of infiltratiebassins. Door de verdiepte aanleg kan het infiltratieveld een bepaalde hoeveelheid neerslag bergen. Als de bovengrondse berging volledig gevuld is, kan het overtollige regenwater via een overloop wegstromen. Als de bodem bevroren is, en het regenwater dus niet in de bodem kan infiltreren, kan het regenwater via de overloop toch wegstromen. Een infiltratieveld is over het algemeen opgebouwd uit de volgende onderdelen: toplaag, overloop, regenwaterriool, open goot, lijn-/roostergoot, kolk, kolk met vuilvang, zandvangput en/of bladvanger.

1.1.3 Infiltratiegreppel

Een infiltratiegreppel, ook wel een zaksloot genoemd, is een bovengrondse voorziening die regenwater bergt en laat infiltreren in de bodem. Meestal bestaat de infiltratiegreppel uit een geul, begroeid met gras. Het regenwater stroomt boven- of ondergronds naar de infiltratiegreppel. Is de bovengrondse berging volledig gevuld, dan kan het overtollige regenwater via een overloop wegstromen. Een infiltratiegreppel is over het algemeen opgebouwd uit de volgende onderdelen: toplaag, overloop, regenwaterriool, open goot, lijn-/roostergoot, kolk, kolk met vuilvang, zandvangput en/of bladvanger.

1.1.4 Infiltratieberm

Een infiltratieberm vangt het regenwater op dat afstroomt van de verharding ernaast. In tegenstelling tot wadi's en infiltratievelden hebben infiltratiebermen over het algemeen geen berging op het maaiveld. Het regenwater infiltreert bij afstroming direct in de berm. Soms ligt er onder de berm een drain. Naast de berm kan een (zak)sloot liggen, die als overloopvoorziening dient voor het water dat niet direct infiltreert. Een infiltratieberm is over het algemeen opgebouwd uit de volgende onderdelen: toplaag, drain, overloop, regenwaterriool, open goot, lijn-/roostergoot, kolk, kolk met vuilvang, zandvangput en/of bladvanger.

1.2 Functioneringseisen groene infiltratievelden

De functioneringseisen van groene infiltratievelden vormen de basis waarop u uw onderhoudscyclus inricht en zijn doorgaans het richtpunt van uw beheer-, onderhouds- en monitoringsplan. Deze criteria en eisen kunnen per voorziening en situationele context verschillen. In tabel 2 en 3 vindt u voor groene infiltratievelden een aanzet per indicator en de ingrijpmaatstaf ten opzichte van de ontwerpwaarde.

1.2.1 Voorzieningen met berging

Voor voorzieningen met berging kunnen aanvullende eisen worden gesteld aan overstortfrequentie en ledigingstijd. De criteria zijn weergegeven in tabel 2 en dienen als voorbeeld.

Omschrijving	Ingrijpmaatstaf t.o.v. ontwerpwaarde	Ingrijpmaatstaf-indicatie
Infiltratiepercentage	< 70-90%	-
Infiltratiecapaciteit	< 50%	< 0,3 m/dag
Ledigingstijd	> 200% of < 25-50%	> 48 uur of < 6-8 uur
Overstortfrequentie	> 200%	-
Berging	< 70-90%	-
Verontreiniging grond	> Aw-/toetsingswaarde, zie bijlage 3, tabel 17	> Aw-/toetsingswaarde, zie bijlage 3, tabel 17
Verontreiniging grondwater	> Streef-/toetsingswaarde, zie bijlage 3, tabel 16	> Streef-/toetsingswaarde, zie bijlage 3, tabel 16

Tabel 2
Functioneringseisen groene infiltratievelden met berging

1.2.2 Voorzieningen zonder berging

Aan voorzieningen zonder berging (zoals infiltratiebermen) kunnen andere eisen worden gesteld. Deze vindt u in tabel 3 en dienen als voorbeeld.

Tabel 3
Functioneringseisen groene infiltratievelden zonder berging

Omschrijving	Ingrijpmaatstaf t.o.v. ontwerpwaarde	Ingrijpmaatstaf-indicatie
Infiltratiecapaciteit	< 50%	< 0,3 m/dag
Water in berm/drassige berm	> 200%	> 24 uur
Afsterven begroeiing	> 5-10% van het oppervlak	-
Verontreiniging grond	> Aw-/toetsingswaarde	> Aw-/toetsingswaarde, zie bijlage 3, tabel 17
Verontreiniging grondwater	> Streef-/toetsingswaarde	> Streef-/toetsingswaarde, zie bijlage 3, tabel 16

1.3 Beheer-, onderhouds- en monitoringsaspecten groene infiltratievelden

Een overzicht van de relevante beheer-, onderhouds- en monitoringsaspecten van groene infiltratievelden vindt u in tabel 4 (tijdsonafhankelijk en periodiek onderhoud) en tabel 5 (onderhoud aangestuurd door monitoring).

Tabel 4
Preventief periodiek onderhoud groene infiltratievelden

Onderdeel	Mechanisme	Oorzaak	Maatregel	Aanbevolen frequentie
Toplaag	Afname infiltratiecapaciteit	Dichtslibben	- Grasmaaien - Maaisel verwijderen, - Zwerfpuil verwijderen - Bladeren verwijderen - Straatvegen	2 - 26/j. 0 - 26/j. 2 - 52/j. 2 - 4/j. 4 - 12/j.
Overloop	Afname afvoercapaciteit	Verstopping	Overstort leegzuigen/onderhouden	1 - 2/j.
Drain	Afname afvoercapaciteit	Dichtslibbing, afzetting, verstopping	Drain doorspuiten	1/j.
Regelput	Afname bergingscapaciteit	Grondwaterstandbeheersing	Regelput instellen	2/j.

Tabel 5
Correctief onderhoud groene infiltratievelden op basis van monitoring

Onderdeel	Mechanisme	Aspect	Frequentie monitoren	Methode monitoring/ inspectie	Verwijzing monitoring	Beheermaatregel bij overschrijding functioneringseisen
Toplaag	Afname infiltratiecapaciteit	Dichtslibben/ verdichting	Periodiek (1-5 jaar)	Full-scale (constant/falling-head)	Bijlage 2 - 3.3.1 Infiltratiesnelheid toplaag infiltrerende voorziening	- Slib verwijderen/ afzettingsmateriaal verwijderen - Vuil verwijderen (maaisel, afval, bladeren)
				Slugtest, DRI-test	Bijlage 2 - 3.3.3 Infiltratiesnelheid berging infiltrerende voorziening	- Bodem verbeteren
	Afname bergingscapaciteit	Afzetting, verzakking	Periodiek (1-5 jaar)	Maximaaltest	Bijlage 2 - 3.3.4 Bergingscapaciteit bergende infiltrerende voorziening	- Verzakking opvullen - Afschrappen
				Chemische analyse grondmonsters en/of XRF	Bijlage 2 - 3.3.9 Bodemkwaliteit bovengrondse voorzieningen meten	- Toplaag (deels) vervangen
Overloop Regelput	Afname bergingscapaciteit	Verzakking	Periodiek (1-5 jaar)	Visuele inspectie op verslibbing of inmeten overloophoogte/bodem voorziening (waterpassen)	-	- Overloopprand herstellen
			Continu	Overstortfrequentie meten	Bijlage 2 - 3.3.6 Continue monitoring ondergrondse voorzieningen	- Regelput instellen
		Dichtslibben infiltrerend medium, afzetting	Periodiek (1-5 jaar)	Slugtest, DRI-test of grindvervangingsproef	Bijlage 2 - 3.3.3 Infiltratiesnelheid berging infiltrerende voorziening	- Schoonspuiten
				Falling-headtest in maximaaltest	Bijlage 2 - 3.3.5 Wegzigsnelheid berging en infiltratiecapaciteit ondergrond	- Vervangen bodemmateriaal
Infiltratie-unit* Geotextiel* Drain*	Afname infiltratiecapaciteit	Afzetting/ verstopping	Periodiek (1-5 jaar)	Maximaaltest	Bijlage 2 - 3.3.4 Bergingscapaciteit bergende infiltrerende voorziening	Leegzuigen/leeghalen
	Afname bergingscapaciteit	Bodemkwaliteit	Periodiek (1x per 10 jaar)	Monsternamen bodem	Bijlage 2 - 3.3.10 Bodemkwaliteit ondergrondse voorziening meten	Vervuiling bij de bron beperken
Drain of Regenwaterriool	Afname afvoercapaciteit	- Dichtslibben - Zetten/ verzakkingen	Continu	Debiet meten	Bijlage 2 - 3.3.7 Continue monitoring: debiet meten	Doorspuiten
		- Foutieve aansluitingen - Wortelingroei	Alleen bij klachten	Camera-/visuele inspectie op verstoppingen, verzakkingen of wortelingroei (let op: dit is geen meting)	-	- Foute aansluitingen van voorziening - Wortels frezen

* Indien van toepassing

¹ Meetfrequentie na 6 jaar bijstellen indien nodig

² Ingeval van gebruik ondergrondse infiltratie-unit moet u vaker het grondwater meten omdat de vervuiling sneller in het grondwater kan komen; de aanbeveling is dan 1x per 2 jaar monitoren

2 Ondergrondse infiltratievoorzieningen

2.1 Beschrijving en uitgangspunten ondergrondse infiltratievoorzieningen

Ondergrondse infiltratievoorzieningen bestaan uit een ondergronds gesitueerde infiltratie-unit: een infiltratieriool, infiltratieput, infiltratie-unit of een infiltratiekoffer. Deze voorzieningen hebben een poreuze wand of een (buis)wand met openingen. Het water kan hierdoor in de bodem infiltreren. Een ondergrondse voorziening heeft doorgaans een berg-, afvoer- en infiltratiefunctie, en bevat bij voorkeur een voorziening voor vuilverwijdering, zoals een kolk, een zandvangput en/of een bladvanger. Deze vuilverwijderingsvoorziening voorkomt dat de voorziening zich vult met bladeren, takjes, zwerfvuil of slib. Rondom een voorziening met een geperforeerde wand wordt geotextiel aangebracht. Hiermee voorkomt u dat er zand in de voorziening komt. Bij een voorziening met een poreuze wand is meestal geen geotextiel nodig. Ondergrondse infiltratievoorzieningen hebben een overloop voor de afvoer van water, bijvoorbeeld naar het oppervlaktewater.

2.1.1 Infiltratieriool

Een infiltratieriool is een waterdoorlatende leiding met een poreuze wand of met openingen in de buiswand. Het water kan hierdoor in de bodem infiltreren. Een infiltratieriool heeft een berg-, afvoer- en infiltratiefunctie, en bevat bij voorkeur een voorziening voor vuilverwijdering, zoals een kolk, een zandvangput en/of een bladvanger. Deze vuilverwijderingsvoorziening voorkomt dat het infiltratieriool zich vult met bladeren, takjes, zwerfvuil of slib. Rondom een infiltratieriool met een geperforeerde wand wordt geotextiel aangebracht. Hiermee voorkomt u dat er zand in de voorziening komt. Bij een infiltratieriool met een poreuze wand is meestal geen geotextiel nodig. Infiltratieriolen hebben een overloop voor de afvoer van water, bijvoorbeeld naar het oppervlaktewater. Een infiltratieriool is opgebouwd uit de volgende onderdelen: infiltratiebuis (opening/poreuze wand), geotextiel, overloop, regenwaterriool, kolk (met vuilvang), zandvangput en/of bladvanger.

2.1.2 Infiltratieput

Een infiltratieput is een (zak)put die regenwater laat infiltreren. Het is meestal een holle constructie die regenwater kan bergen. Het water infiltreert in de grond via de bodem en/of de wanden van de put. Een infiltratieput bevat bij voorkeur een voorziening voor vuilverwijdering in de put, zoals een kolk, een zandvangput en/of een bladvanger. Deze vuilverwijderingsvoorziening voorkomt dat met name de bodem van de infiltratieput verstopt raakt door bladeren, takjes, zwerfvuil of slib. Rondom de put wordt geotextiel aangebracht. Hiermee voorkomt u dat er zand in de put komt. De infiltratieput moet voorzien zijn van een overloop. De overloop voert het teveel aan water af, bijvoorbeeld naar het oppervlaktewater. Een infiltratieput is opgebouwd uit de volgende onderdelen: infiltratieput, geotextiel, overloop, regenwaterriool, kolk (met vuilvang), zandvangput en/of bladvanger.

2.1.3 Infiltratie-unit

Een infiltratie-unit is meestal een constructie van kunststof. De infiltratie-unit bevat een ondergrondse berging voor regenwater, die meestal blokvormig is, maar soms ook bol- of koepelvormig. Infiltratie-units worden vaak aan elkaar gekoppeld tot grotere eenheden. De units kunnen het regenwater bufferen. Vervolgens kan het water uit deze buffers in de bodem infiltreren en naar het grondwater stromen. Een infiltratie-unit bevat bij voorkeur een voorziening voor vuilverwijdering, zoals een kolk, een zandvangput en/of een bladvanger. De vuilverwijderingsvoorziening voorkomt dat bladeren, takjes, zwerfvuil of slib de infiltratie-units vullen. Rondom de unit (of een aantal units samen) wordt meestal geotextiel aangebracht. Hiermee voorkomt u dat er bodemmateriaal de unit binnendringt, maar het kan ook tot versnelde dichtslibbing leiden. De units moeten een overloop bevatten die het teveel aan water afvoert, bijvoorbeeld naar het oppervlaktewater. Een infiltratie-unit is opgebouwd uit de volgende onderdelen: infiltratie-unit, geotextiel, overloop, regenwaterriool, kolk (met vuilvang), zandvangput en/of bladvanger.

2.1.4 Infiltratiekoffer

Een infiltratiekoffer is een constructie (cunet) die met een aggregaat gevuld is. De infiltratiekoffer kan water bufferen. Voor het aggregaat kunnen verschillende materialen worden gebruikt, zoals grind, lavaslakken, geëxpandeerde kleikorrels en puin. De holle ruimten tussen het aggregaat bufferen het regenwater, waarna het water in de bodem kan infiltreren.

Een drain in het aggregaat kan voor de invoer en de afvoer van regenwater zorgen. De infiltratiekoffer bevat bij voorkeur een voorziening voor vuilverwijdering, zoals een kolk, een zandvangput en/of een bladvanger. Deze vuilverwijderingsvoorziening voorkomt dat bladeren, takjes, zwerfvuil of slib de infiltratiekoffer vullen. Meestal wordt er rondom de infiltratiekoffer geotextiel aangebracht. Hiermee voorkomt u dat er zand binnendringt in de infiltratiekoffer, en dat klein materiaal uit de infiltratiekoffer uittreedt. De infiltratiekoffer bevat een overloop die het teveel aan water afvoert, bijvoorbeeld naar het oppervlaktewater. Een infiltratiekoffer is opgebouwd uit de volgende onderdelen: infiltratiekoffer, drain, geotextiel, overloop, regenwaterriool, kolk (met vuilvang), zandvangput en/of bladvanger.

2.2 Functioneringseisen ondergrondse infiltratievoorzieningen

De functioneringseisen en toetsingscriteria van ondergrondse infiltratievoorzieningen vormen de basis waarop u uw beheer en onderhoudscyclus inricht en zijn doorgaans het richtpunt van uw beheer-, onderhouds- en monitoringsplan. Deze eisen en criteria kunnen per voorziening en situationele context verschillen. In tabel 6 vindt u voor ondergrondse infiltratievoorzieningen een aanzet per indicator en de ingrijpmaatstaf ten opzichte van de ontwerpwaarde.

Tabel 6
Functioneringseisen
ondergrondse
infiltratievoorzieningen

Omschrijving	Ingrijpmaatstaf t.o.v. ontwerpwaarde	Ingrijpmaatstaf-indicatie
Infiltratiepercentage	< 70-90%	50%
Infiltratiecapaciteit	< 50%	< 0,5 m/dag
Ledigingstijd	> 200% of < 25-50%	> 48 uur of < 6-8 uur
Overstortfrequentie	> 200%	> 2-5/j.
Berging	< 70-90%	< 70-80% van het theoretische oppervlak
Verontreiniging grond	> Aw-/toetsingswaarde	> Aw-/toetsingswaarde, zie bijlage 3, tabel 17
Verontreiniging grondwater	> Streef-/toetsingswaarde	> Streef-/toetsingswaarde, zie bijlage 3, tabel 16

2.3 Beheer-, onderhouds- en monitoringsaspecten ondergrondse infiltratievoorzieningen

Een overzicht van de relevante beheer-, onderhouds- en monitoringsaspecten van ondergrondse infiltratievoorzieningen vindt u in tabel 7 (tijdsonafhankelijk en periodiek onderhoud) en tabel 8 (onderhoud aangestuurd door monitoring).

Tabel 7
Preventief periodiek
onderhoud ondergrondse
infiltratievoorzieningen

Onderdeel	Mechanisme	Oorzaak	Maatregel	Aanbevolen frequentie
Kolk	Afname infiltratiecapaciteit	Verstopping	Leegzuigen/onderhouden	1 - 2/j.
Bladvang en zandvang	Afname infiltratiecapaciteit	Verstopping	Leeghalen/onderhouden	1 - 2/j.
- Infiltratieriool geperforeerd/poreus - Infiltratie-unit				
- Infiltratiekoffer	Afname infiltratiecapaciteit	Dichtslibben	Doorspuiten	1 - 5/j.
Overloop	Afname bergingscapaciteit	Verstopping	Overstort leegzuigen/onderhouden	1 - 2/j.

Onderdeel	Mechanisme	Aspect	Frequentie monitoren	Methode monitoring/ inspectie	Verwijzing monitoring	Beheermaatregel bij overschrijding functioneringseisen
Infiltrerende/ bergende voorziening: - Infiltratieput - Infiltratiebuis (openingen/ poreuze wand) - Geotextiel - Infiltratie-unit	Afname infiltratiecapaciteit	Dichtslibben infiltrerend medium, afzetting	Periodiek (1-5 jaar)	Slugtest, DRI-test of grindvervangingsproef	Bijlage 2 - 3.3.3 Infiltratiesnelheid berging infiltrerende voorziening	- Schoonsputten - Hogedruk-luchtreiniging - ZOAB-reiniger - Vervangen bodemmateriaal
				Falling-headtest	Bijlage 2 - 3.3.5 Wegzigsnelheid berging en infiltratiecapaciteit ondergrond	
			Continu	Automatische drukopnemer	Bijlage 2 - 3.3.6 Continue monitoring ondergrondse voorzieningen	
	Afname bergingscapaciteit	Afzetting/ verstopping	Periodiek (1-5 jaar)	Maximaaltest	Bijlage 2 - 3.3.4 Bergingscapaciteit bergende infiltrerende voorziening	Leegzuigen/leeghalen
			Continu	Automatische drukopnemer	Bijlage 2 - 3.3.6 Continue monitoring ondergrondse voorzieningen	
	Verontreiniging	Grondkwaliteit Grondwaterkwaliteit	Periodiek (1x per 10 jaar)	Analyse grondmonsters rondom infiltrerend oppervlak	Bijlage 2 - 3.3.10 Bodemkwaliteit ondergrondse voorziening meten	Vervuiling bij de bron beperken
			Periodiek (1x per 2 jaar, monsternamen maar)	Analyse grondwatermonsters	Bijlage 2 - 3.3.8 Grondwaterkwaliteit meten	
		Vervuiling aggregaat (indien van toepassing)	Periodiek (1x per 10 jaar)	Monsternamen aggregaat	Bijlage 2 - 3.3.10 Monster nemen van het aggregaat, laten testen	
Overloop	Afname bergingscapaciteit	- Verstopping - Verzakking	Periodiek (1x per jaar)	Visuele inspectie op verslibbing of inmeten overloophoogte/bodem voorziening (waterpassen)	-	- Overloop (her)stellen - Overstort leegzuigen/ onderhouden
			Continu	Overstortfrequentie meten	Bijlage 2 - 3.3.6 Continue monitoring ondergrondse voorzieningen	
- Regenwaterriool - Goot	Afname afvoercapaciteit	- Dichtslibben - Zetten/ verzakkingen	Continu	Debiet meten	Bijlage 2 - 3.3.7 Continue monitoring: debiet meten	- Buis doorsputten - (Bodem)materiaal vervangen - Verzakkingen (goot) herstellen
		- Foutieve aansluitingen - Wortelingroei	Periodiek (1x per jaar)	Camera-/visuele inspectie op verstoppingen of wortelingroei	-	- Foute aansluitingen van voorziening halen - Wortels frezen

Tabel 8
Correctief onderhoud
ondergrondse infiltratie-
voorzieningen op basis van
monitoring

3 Infiltrerende wegconstructies

3.1 Beschrijving en uitgangspunten infiltrerende wegconstructies

3.1.1 Waterdoorlatende en waterpasserende verharding

Waterdoorlatende verharding bestaat uit poreus (bestratings)materiaal dat regenwater doorlaat. Waterpasserende verharding heeft vergrote voegen (de stenen hebben nokken aan de zijkant), waardoor het water passeert. Grasbetonkeien en grasplaten zijn voorbeelden van zogenoemde waterdoorlatende halfverhardingen die al langer bestaan. Recenter kwamen er ook constructies met een waterbergingslaag onder de top laag. Het hemelwater zakt dan door de poriën in de verharding naar de ondergelegen vlij laag, waarna het in de bergingslaag terechtkomt. Het water infiltreert vervolgens in de bodem. Een andere mogelijkheid is een drain die het water afvoert naar het oppervlaktewater. Tussen de verharding en de vlij laag en tussen de bergingslaag en het zandbed kan geotextiel aangebracht worden. Hiermee voorkomt u dat de verschillende lagen zich met elkaar vermengen en dat kleine (verontreinigde) deeltjes zich naar beneden verplaatsen. De bergingslaag kan, afhankelijk van de opbouw en de dikte, een aanzienlijke hoeveelheid regenwater bufferen. Een overloopvoorziening is daarom niet altijd nodig. Een constructie met waterpasserende stenen heeft dezelfde opbouw als een constructie met waterdoorlatende verharding. Het verschil is dat waterpasserende stenen een brede voeg hebben waardoor het water de bergingslaag bereikt. De steen zelf is niet (of veel minder) doorlatend. Waterdoorlatende/waterpasserende verharding is opgebouwd uit de volgende onderdelen: elementenverharding (poreuze steen/doorlatende voeg), funderingslaag, drain en/of geotextiel. Soms wordt de waterdoorlatende of passerende verharding gecombineerd met kolken.

3.1.2 Halfverharding

Halfverharding bestaat uit doorlatend materiaal aan het maaiveld. Hierdoor kan bij gebruik van halfverharding regenwater infiltreren in de bodem. De top laag bestaat doorgaans uit puin, kiezels, grasbetonkeien of grasplaten. Halfverharding bevat meestal geen overstortvoorziening. Halfverharding is opgebouwd uit de volgende onderdelen: halfverharding, funderingslaag en/of drain.

3.2 Functioneringseisen infiltrerende wegconstructies

De functioneringseisen van infiltrerende wegconstructies vormen de basis waarop u uw beheer en onderhoudscyclus inricht en zijn in veel gevallen het richtpunt van uw beheer-, onderhouds- en monitoringsplan. Deze eisen en criteria kunnen per voorziening en situationele context verschillen. In tabel 9 vindt u voor infiltrerende wegconstructies een aanzet per indicator en de ingrijpmaatstaf ten opzichte van de ontwerpwaarde.

Tabel 9
Functioneringseisen
infiltrerende wegconstructies

Omschrijving	Ingrijpmaatstaf t.o.v. ontwerpwaarde	Ingrijpmaatstaf-indicatie
Infiltratiepercentage	< 70-90%	50%
Infiltratiecapaciteit	< 60%	< 0,5 m/dag (<0,3 m/dag halfverharding)
Water op straat	> 100% (>500% halfverharding)	> 0,5-1 uur na einde bui (> 1-1,5 uur na einde bui halfverharding)
Verontreiniging bodem	> Streef-/toetsingswaarde	> Streef-/toetsingswaarde, zie bijlage 3
Verontreiniging grondwater	> Streef-/toetsingswaarde	> Streef-/toetsingswaarde, zie bijlage 3
Spoorvorming		> 15-25 mm

3.3 Beheer-, onderhouds- en monitoringsaspecten infiltrerende wegconstructies

Een overzicht van de relevante beheer-, onderhouds- en monitoringsaspecten van infiltrerende wegconstructies vindt u in tabel 10 (tijdsafhankelijk en periodiek onderhoud) en tabel 11 (onderhoud aangestuurd door monitoring).

Tabel 10
Preventief periodiek
onderhoud infiltrerende
wegconstructies

Onderdeel	Mechanisme	Oorzaak	Maatregel	Aanbevolen frequentie
Verharding	Afname infiltratiecapaciteit	Dichtslibben	Straatvegen	4-12/j.
Drain	Afname infiltratiecapaciteit	Dichtslibben	Drain doorspuiten	1/j.
Top laag (halfverharding)	Afname infiltratiecapaciteit	Dichtslibben	Top laag (deels) vervangen	4-12/j.

Onderdeel ("indien van toepassing)	Mechanisme	Aspect	Frequentie monitoren	Methode monitoring/ inspectie	Verwijzing monitoring	Beheermaatregel bij overschrijding functioneringseisen
Bovengronds/ grensvlak: - Elementen- verharding (poreuze steen, doorlatende voeg, halfverharding) - Geotextiel - Vlijlaag	Afname infiltratiecapaciteit	Dichtslibben	Periodiek (1-5 jaar)	Full-scale (constant/falling- head)	Bijlage 2 - 3.3.1 Infiltratiesnelheid toplaag infiltrerende voorziening	- Toplaag vervangen (bij halfverharding) - Vegen/zuigen verharding en voegen - Herstraten - Vervuiling bij de bron aanpakken
				DRI-test, een-steenstest (alleen bovengronds onderdeel voorziening)	Bijlage 2 - 3.3.2 Infiltratiesnelheid onderliggend materiaal en vlijlaag infiltrerende voorziening	
	Stabiliteit	Verzakking	Periodiek (1 jaar)	Visuele inspectie op verzakkingen/hoogtes inmeten	-	
	Verontreiniging	Grondkwaliteit	Periodiek (na 20-25 jaar)	Chemische analyse grondmonsters en/of XRF	Bijlage 2 - 3.3.9 Bodemkwaliteit bovengrondse voorzieningen meten	
		Grondwater- kwaliteit	Periodiek (1x per 5 jaar, monstername maart)	Analyse grondwatermonsters	Bijlage 2 - 3.3.8 Grondwaterkwaliteit meten	
Ondergronds: - Funderingslaag (indien de funderingslaag ook een bergende functie heeft) - Geotextiel	Afname infiltratiecapaciteit	Dichtslibben	Periodiek (1-5 jaar)	Slugtest, DRI-test of grindvervangingsproef	Bijlage 2 - 3.3.3 Infiltratiesnelheid bergig infiltrerende voorziening	Vervangen
				Falling-headtest	Bijlage 2 - 3.3.5 Wegzigsnelheid bergig en infiltratiecapaciteit ondergrond	
Funderingslaag (indien de funderingslaag ook een bergende functie heeft)	Afname bergingscapaciteit	Dichtslibben	Periodiek (1-5 jaar)	Maximaaltest	Bijlage 2 - 3.3.4 Bergingscapaciteit bergende infiltrerende voorziening	
				Automatische drukopnemer	Bijlage 2 - 3.3.6 Continue monitoring ondergrondse voorzieningen	
Drain*	Afname afvoercapaciteit	Dichtslibben/ afzetting	Continu	Debietmeter	Bijlage 2 - 3.3.7 Continue monitoring: debiet meten	- Drain doorspuiten - Vervuiling bij de bron aanpakken

Tabel 11
Correctief onderhoud
infiltrerende wegconstructies
op basis van monitoring

Bijlage 2 Protocol meten en monitoren

Een meet- en monitoringsprotocol biedt gebruikers een gestandaardiseerde methode om data over het functioneren van een infiltrerende voorziening in de praktijk op een consistente wijze te verzamelen, vast te leggen en te analyseren. Een meet- en monitoringsprotocol bestaat uit vier onderdelen:

- (1) Doel en achtergrond
- (2) Uit te voeren vooronderzoek
- (3) Uitvoering van veldonderzoek
- (4) Verwerken resultaten

1 Doel en achtergrond

1.1 Wat meten?

Afhankelijk van het specifieke doel en (het onderdeel van) de infiltrerende voorziening bestaan er diverse methoden om het functioneren in de praktijk te toetsen (tabel 12). Elke testmethode kent voor- en nadelen als het gaat om betrouwbaarheid, representativiteit en praktische uitvoerbaarheid (Boogaard, 2015).

Tabel 12
Meetmethoden voor het testen
van hydraulische capaciteit

Onderdeel	Meetmethode	Resultaat
Onderdeel	Meetmethode	Resultaat
Doorlatendheid infiltrerende verharding en toplaag wadi's	Full-scale-test	Infiltratiesnelheid mm/uur
Doorlatendheid onderliggend materiaal en vlijlaag	DRI-test	Infiltratiesnelheid mm/uur
Doorlatendheid bergende voorziening	- DRI-test - Slugtest - Grindvervangingsproef - Korrelgrootte-analyse	Infiltratiesnelheid mm/uur
Bergingscapaciteit bergende voorziening	- Maximaaltest - Grindvervangingsproef	m ³ bergingscapaciteit
Wegzigsnelheid bergende voorziening	- Falling-headtest - DRI-test op scheidingsvlak berging en ondergrond	Infiltratiesnelheid mm/uur
Grondkwaliteit boven- en ondergronds	Monsternamen, XRF	mg/kg ds, afhankelijk van de stof
Grondwaterkwaliteit	Monsternamen	µg/l, afhankelijk van de stof
Continu meten: infiltratiecapaciteit	Divermetingen	Infiltratiesnelheid in mm/uur
Continu meten: debiet	Debietmeter	l/s of m ³ /uur

Visuele inspectie

Het is niet altijd nodig om de hydraulische capaciteit van een infiltrerende voorziening te meten. In sommige gevallen kunt u volstaan met een visuele inspectie. De uitkomsten daarvan kunt u meenemen in de preventieve onderhoudscyclus. Enkele voorbeelden van visuele inspectie:

- visuele inspectie vanaf het maaiveld, eventueel met optische hulpmiddelen zoals rioolspiegels;
- video-inspectie van de riolering, waarbij de inspecteur een voertuig met camera door het riool leidt;
- persoonsinspectie, waarbij een persoon de put of voorziening betreedt en/of door het riool loopt.

1.2 Waar meten?

Als een voorziening op zichzelf staat (of als alleenstaande voorziening is aangelegd) en bovenstrooms niet verbonden is met andere infiltratievoorzieningen, dan kunt u het beste per voorziening een beheer-, onderhouds- en monitoringsplan opstellen. Dan hebt u een beter overzicht van de systeemwerking van de voorziening, de status van de voorziening en eventuele bijzonderheden. Zulke details raakt u mogelijk kwijt wanneer u niet zo'n plan voor een voorziening hebt. Dit vraagt echter wel een grotere inspanning.

Wanneer een voorziening wordt aangelegd als onderdeel van een groter plan (waarbij meerdere dezelfde infiltratievoorzieningen worden aangelegd in dezelfde omgeving), kunt u ervoor kiezen om niet per voorziening, maar per overeenkomstige voorziening te monitoren.

Een voorbeeld ter illustratie. In het kader van een nieuwbouwproject worden er op hetzelfde moment vijf infiltratieputten geplaatst. De putten bevinden zich allemaal in dezelfde grondslag, maar op twee putten zijn parkeervakken met een vergelijkbaar verhard oppervlak aangesloten, en op drie putten zijn woonstraten aangesloten. U kunt er dan voor kiezen om intensiever te monitoren (bijvoorbeeld met een vulproef) in een van de putten bij de parkeervakken, en in een of twee van de drie putten bij de woonstraten. De overige putten kunt u door middel van een visuele inspectie monitoren.

Wanneer de voorziening deel uitmaakt van een verbonden netwerk van voorzieningen, bijvoorbeeld van wadi's verbonden met infiltratieriolen, zult u nog steeds apart voor de soorten voorzieningen een beheer- en monitoringsplan moeten maken (dus apart voor de wadi's en de infiltratieriolen).

1.3 Wanneer meten?

Vóór de aanleg van de voorziening

Bij voorkeur stelt u de nul-situatie van de grond- en de grondwaterkwaliteit vast voordat de infiltrerende voorziening wordt aangelegd. De nul-situatie van de grondkwaliteit hoeft u niet vast te stellen als er een specifieke voorziening wordt getroffen, bijvoorbeeld met adsorberend materiaal. Het grootste deel van de verontreiniging wordt dan afgevangen in de voorziening. U kunt de nul-situatie vaststellen door middel van een bodemonderzoek. Hoe u dit doet voor grond, leest u in paragraaf 3.3.9 en 3.3.10, en voor grondwater in paragraaf 3.3.8.

Nulmeting

Vlak na de oplevering van de voorziening doet u een nulmeting. Deze meting dient als basis waarmee u latere metingen kunt vergelijken. Daarnaast is zo'n nulmeting direct een controle of de aannemer het werk volgens het ontwerp heeft uitgevoerd. Voor de nulmeting noteert u een aantal zaken. Het is belangrijk om de randzaken rondom de proef op te nemen (zie tabel 12), evenals de onderzoeksresultaten.

1.4 Periodieke vervolgmetingen

Meetfrequentie

Hoe vaak u de hydraulische capaciteit van een voorziening moet meten, is sterk afhankelijk van de voorziening, de locatie en de ondergrond. Als voorzichtig uitgangspunt kunt u ervoor kiezen om eens in de vijf jaar een meting te doen. In de tussengelegen jaren kunt u bij het preventieve onderhoud van de voorziening een visuele inspectie doen van de meeste onderdelen. Voor het meten van de grond- en de grondwaterkwaliteit geldt een andere frequentie. Deze is afhankelijk van: het type voorziening, wat u precies gaat meten en waar in de voorziening u gaat meten. Als uit de vervolgmetingen blijkt dat het functioneren van de voorziening sneller of juist minder snel verandert dan verwacht, kunt u de monitoringsfrequentie aanpassen. In bijlage 1, paragraaf 1.3, 2.3 en 3.3 vindt u een overzicht van de meetfrequentie per onderdeel, per voorziening.

1.5 Continue monitoring

Bij sommige voorzieningen kunt u er ook voor kiezen om continu te meten, om onder andere de infiltratiecapaciteit en de overstortfrequentie te bepalen. U zult dan gedurende een lange tijd moeten meten. Het analyseren van de resultaten van continue monitoring werkt anders dan bij periodieke metingen. In het onderdeel Continue monitoring ondergrondse voorzieningen (par. 3.3.6) vindt u daarom een aparte toelichting hierop.

2 Uitvoeren vooronderzoek

Met een gedegen vooronderzoek maakt u inzichtelijk wat er precies moet worden gemeten en maakt u de resultaten van de metingen bruikbaar voor vergelijkend onderzoek. Hiermee geeft u een grote meerwaarde aan de metingen. Als het goed is, hebt u in een eerdere fase van het beheer-, onderhouds- en monitoringsplan voor de voorziening al een groot aantal kenmerken vastgesteld en opgeschreven. Het is belangrijk om voordat u gaat meten, nog eens goed naar deze kenmerken te kijken. U kunt dan makkelijker zien wat er is veranderd

(bijvoorbeeld de hoeveelheid en het type aangesloten verhard oppervlak), en kunt deze veranderingen opschrijven. Daarnaast kunt u tijdens het vooronderzoek aanvullende informatie opschrijven die in de beschrijving van de voorziening nog niet was vastgelegd. In tabel 13 ziet u om welke aanvullende informatie het gaat.

Tabel 13
Te verzamelen informatie vooronderzoek hydraulische capaciteit

Onderdeel vooronderzoek	Toelichting
Peilbuis karakteristieken in bergend pakket of nabije omgeving	Ga na of er een peilbuis aanwezig is in het bergende pakket of in de nabije omgeving en wat voor type dit is. Noteer alvast filterlengte en buisdiameter. Wanneer het filter te lang is en er een grindpakket rond het filter aangelegd is, dan is de peilbuis niet geschikt voor slugtests. Aanvullend moet er gekeken worden of de peilbuis geschikt kan zijn voor grondwaterbemonstering, of dat er aanvullende peilbuizen geplaatst moeten worden.
Type aangesloten oppervlak	Bekijk of er daken zijn aangesloten op de voorziening, of alleen (hoofd)wegen. Dit geeft een indicatie van de mate van verontreiniging van het water dat op de voorziening is aangesloten.
Historie wateroverlast	Ga na of er een historie van wateroverlast is.

3 Uitvoeren veldonderzoek door middel van meten en monitoren

3.1 Voorbereiding

Tref voorbereidingen om ter plaatse veldonderzoek door middel van metingen te kunnen uitvoeren:

- Overleg indien nodig vooraf met de betrokken gemeente(n) over het afzetten van de straat en/of parkeervakken, de informatievoorziening aan omwonenden en de vergunningverlening voor het uitvoeren van de test(en).
- Controleer of er voldoende materiaal is en of er genoeg mensen beschikbaar zijn voor de testen die u gaat uitvoeren.
- Zorg ervoor dat u ter plaatse voldoende water tot uw beschikking hebt. Bij grotere proeven (zoals een maximaaltest of een full-scale-test) kan dit via een brandkraan of een watertruck. Maak vooraf een inschatting van de hoeveelheid water die nodig is om de testen op de beoogde locaties uit te voeren.

3.2 In kaart brengen proeflocatie

Net als bij het vooronderzoek is het belangrijk dat u de proeflocatie duidelijk in kaart brengt. Wanneer u vervolgens de onderzoeksresultaten koppelt aan de beschrijving van de locatie, kunt u makkelijker achterhalen waarom het ene systeem wel functioneert zoals verwacht, en het andere niet. Foto's geven daarbij een goede indruk van de situatie. In tabel 14 vindt u een overzicht van de informatie die u moet verzamelen bij het in kaart brengen van de proeflocatie.

Tabel 14
Te verzamelen informatie bij het in kaart brengen van de proeflocatie

Onderdeel in kaart brengen proeflocatie	Toelichting
1 Foto's	Maak foto's van interessante observaties en ten minste één overzichtsfoto van de voorziening.
2 Datum van de meting	Geef aan op welke datum de meting plaatsvindt. <i>De grondwaterstand en het bodemvocht hebben invloed op de metingen en zijn seizoens- en weersafhankelijk.</i>
3 Status en aanwezigheid bomen	Noteer het aantal bomen en de grootte van bladeren en andere typen afzettingen/uitscheidingen (noten, bloemen, enz.).
4 Status en aanwezigheid overige vegetatie	Beschrijf de aanwezigheid van overige vegetatie (struiken, plantsoenen, onkruid, enz.).
5 Onderhoudssituatie	Beschrijf de onderhoudssituatie (bladeren, afval, mate van dichtslibbing, staat van de constructie).
6 Stabiliteit	Beschrijf de stabiliteit: is er sprake van verzakking, spoorvorming?
7 Maten proefvak en locatie	Noteer de afmetingen van het proefvak, zodat de oppervlakte bekend is. Noteer ook de locatie van het proefvak, zodat deze locatie in vervolgmetingen weer bemeten kan worden.
8 Verkeersdrukte	Bepaal de huidige verkeersdrukte bij de voorziening. Bijvoorbeeld door een paar weken automatisch te meten, buiten de schoolvakanties om.
9 Afwatering voorziening en omliggend gebied	Beschrijf de afwatering in het gebied (type riolering, aanwezigheid kolken, bassins, enz.). Ga na of er kolken aanwezig zijn, en dicht deze zo nodig af. Doe dit in overleg met de gemeente/beheerder. Controleer of het systeem in werkelijkheid overeenkomt met de tekeningen.
10 Grondwater	Maak een grondboring tot minimaal 100 cm, maar in ieder geval tot 20 cm onder de grondwaterspiegel. Beschrijf de boring en de grondwaterstand.
11 Praktijkervaring	Praat met omwonenden, ontwerpers en beheerders. Vraag naar wateroverlast/onderlast/verzakking/gebruik van de voorziening. Verzamel anekdotes.
12 Weersomstandigheden momentopname	Noteer de weersomstandigheden tijdens het uitvoeren van de proef en de weersomstandigheden van de week voordat de test uitgevoerd wordt (is het systeem (nog) (deels) verzadigd?).
13 Indien van toepassing: inhoud tankwag	Noteer de inhoud van de waterwagen.
14 Indien van toepassing: voeggrootte	Bepaal de grootte van de voegen in cm; neem het gemiddelde van drie voegen naast elkaar. Maak een foto van het bovenaanzicht van de proefopstelling. Doe dit op drie locaties van dezelfde weg, in het midden en langs de kanten.

3.3 Uitvoeren testen

3.3.1 Infiltratiesnelheid toplaag infiltrerende voorziening

Meet de infiltratiesnelheid (mm/uur) van de toplaag van een infiltrerende voorziening met een full-scale-test. Met de full-scale-methode (Boogaard et al., 2014; Boogaard & Lucke, 2019) wordt per locatie een representatief gedeelte van de straat, het infiltratieveld of de wadi met een grootte van ten minste 50 m² afgebakend met zandzakken en vervolgens enkele keren onder water gezet tot een laag van ten minste 10 centimeter. Het water kan door de afbakening met zandzakken niet uitstromen naar andere afvoermogelijkheden. U kunt de full-scale-infiltratieproef uitvoeren met behulp van deze methoden: falling-/rising-head, constant-head, constant-flow en full-scale storm simulation.

Als u volgens de rising-/falling-head-methodiek werkt, bepaalt u de infiltratiesnelheid op locatie door vast te leggen hoe snel het water in het proefvak zakt of stijgt. Het is aan te raden om het proefvak ten minste drie keer onder water te zetten en te laten leeglopen. Zo kunt u de infiltratiesnelheid bepalen bij onverzadigde en bij meer verzadigde omstandigheden (Boogaard & Lucke, 2019). Bij de constant-head-techniek zorgt variatie in de wateraanvulling of wateronttrekking voor een constante waterpeilverhoging. Bij de constant-flow-methode wordt de waterstand met een constant debiet aangepast tot een constante waterhoogte wordt bereikt. Bij de full-scale storm simulation wordt aan de infiltratievoorziening water toegevoegd volgens een bepaald lozingsschema. Dit lozingsschema stelt een bepaalde standaardbui voor. Zorg ervoor dat er niet meer dan één uur tijd zit tussen het einde van een test en het begin van een volgende test. U meet het zakken van de waterstand met behulp van drie waterstandsmeters (hydraulische druk), met een meetinterval van bijvoorbeeld vijf seconden. Verder kunt u elke dertig seconden een handmeting uitvoeren ter controle en als back-up van de automatische waterstandsmetingen. Voor het uitvoeren van deze tests hebt u in totaal ~15-30 m³ water nodig. Dit kunt u laten aanleveren met behulp van een watertruck of een brandkraan. De full-scale-test levert als resultaat de infiltratiesnelheid in mm/uur op.

Benodigheden:

- Water: aangeleverd via een watertruck, brandkraan of pomp in het oppervlaktewater
- Materiaal voor de waterscheiding: grond/zand in zakken, plastic bouwfolie, los zand (+/- 100 kg)
- Waterhoogtemeters: 3 divers + 1 barometer + 4 houders, 2 meetlatten met houders
- Visuele vastlegging proef: 1 (onderwater)filmcamera/-fotocamera
- Hulpmiddelen om putdeksels te openen (puthaken)
- Emmers om het zand weer in mee te nemen
- Afstandsmeetlint
- Pallets of kratten

Vorbereiding

1. Bereid de test voor: Maak een meetplan, informeer de betrokkenen en zorg voor het juiste materiaal en de bemensing ter plaatse. Maak vooraf een inschatting van de hoeveelheid water die nodig is om de full-scale-test uit te voeren.
2. Voer vooronderzoek uit en breng de proeflocatie in kaart.

Proeflocatie gereedmaken

1. Zet de proeflocatie af.
2. Spreid het zeil op de rand rondom het proefvak.
3. Plaats de zandzakken op het zeil. Zorg ervoor dat deze goed op elkaar aansluiten. Maak gebruik van stoepranden of verkeersdrempels als de test op straat wordt uitgevoerd. Gebruik de randen van de wadi als de test in een wadi wordt uitgevoerd. Maak de proeflocatie waterdicht door aan de binnenkant van het proefvak zandzakken te leggen op het zeil en het zeil hieromheen te vouwen (zie foto op de voorkant van het rapport). Hiermee wordt een waterdichte rand rondom de proeflocatie gecreëerd en wordt voorkomen dat water het proefvak via de voegen verlaat.
4. Bepaal de positie van de tankwagen/wateraanvoer. Plan deze zo dicht mogelijk naast het proefvak.

5. Maak divers gereed en plaats deze met de diverhouders en de meetlatten verspreid over het proefvak. Stel de meetfrequentie van de divers in op vijf seconden. Houd hierbij rekening met het beschikbare geheugen van de drukopnemer.
6. Plaats pallets of kratten waar de waterstraal neerkomt, om de waterkracht te breken. Een forse straal kan de voegen leegspuiten of de toplaag van het infiltratieveld/de wadi beschadigen en zo de doorlatendheid ongewenst vergroten.

Uitvoeren van de proef

1. Breng het water aan op het infiltratievlak met behulp van de tankwagen, de brandkraan of de filterbuizen.
2. Noteer de tijd waarop u begint met het vullen van het proefvak.
3. Controleer het proefvak op lekkage.
4. Vul het infiltratievlak tot circa 10 cm of tot de waterwagen leeg is (bij kleinere waterwagens).
5. Controleer of de diverhouders op hun plek blijven liggen.
6. Start – zodra het waterpeil gestabiliseerd is – de meting met de volgende taakverdeling:
 - a. één schrijver
 - b. twee meetlat-aflezers (ook controle lekkage)
 - c. één tijdwaarnemer
7. Druk de stopwatch in en meet om de halve minuut de waterstand bij de twee meetlatten.
8. Noteer de starttijd, de eindtijd en de waterstanden.
9. Maak met behulp van een (onderwater)camera een time-lapse video van de meting.
10. Herhaal de meting (in totaal drie keer meten i.v.m. verzadigingseffecten).

Afronding van de proef

1. Ruim de proefopstelling op. Zorg ervoor dat er geen ongewenst materiaal achterblijft op de locatie. Veeg de voegen (indien de test op straat is uitgevoerd) weer dicht met het juiste voegmateriaal.
2. Verzamel de divers, de handgeschreven metingen en de video's om deze uit te lezen en uit te werken.

3.3.2 Infiltratiesnelheid onderliggend materiaal en vlijlaag infiltrerende voorziening

Meet de infiltratiesnelheid (mm/uur) van het onderliggende materiaal en de vlijlaag met een dubbele-ring-infiltratietest (DRI-test). Breng beide stalen ringen tot ongeveer halverwege in het materiaal aan en vul deze vervolgens in delen voorzichtig met water tot een diepte van ten minste 10 centimeter. Voorkom omwoeling van het materiaal. Het water kan niet door de stalen ringen uitstromen en, wanneer deze diep genoeg zijn aangebracht, ook niet onderlangs wegstromen. Doordat de waterhoogte in de binnenste ring en in de ruimte tussen de twee ringen hetzelfde is, stroomt het water in de binnenste ring niet uit naar de omgeving, maar gaat dit recht naar beneden. De dubbele-ring-infiltratieproef kunt u met behulp van de falling-head-methode en/of de constant-head-methode uitvoeren. Als u de falling-head-methodiek gebruikt, bepaalt u de infiltratiesnelheid op locatie door vast te leggen hoe snel het water zakt. Als u de constant-head-methodiek gebruikt, bepaalt u de infiltratiesnelheid op locatie door vast te stellen hoeveel water u moet toevoegen om de waterstand gelijk te houden. Door de constant-head-methode uit te voeren totdat het toegevoegde watervolume gelijk blijft, kunt u bepalen wat de infiltratiesnelheid onder meer verzadigde omstandigheden is (Van Breukelen, 2017, RIONED, 2015). Het zakken van de waterstand kunt u meten met behulp van een waterstandsmeter (hydraulische druk), met een meetinterval van bijvoorbeeld vijf seconden. Verder kunt u elke dertig seconden een handmeting uitvoeren ter controle en als back-up van de automatische waterstandsmetingen. Om deze test te kunnen uitvoeren, hebt u 20 liter water per test nodig. Dit water kunt u uit een jerrycan, een watertruck/-tank of een brandkraan halen. De dubbele-ring-infiltratietest levert als resultaat de infiltratiesnelheid in mm/uur op.

Benodigdheden:

- Water: aangeleverd via jerrycan, watertruck of brandkraan
- Visuele vastlegging proef: 1 (onderwater)filmcamera/-fotocamera
- Indien nodig: hulpmiddelen voor het lichten van straatstenen, bijvoorbeeld schroevendraaiers
- DRI-set
- Emmers en maatbekers
- Afstandsmeeetlint/-meetlat
- Waterhoogtemeter: diver of meetlat met houder
- Iets om de waterkracht te breken en omwoeling te voorkomen: plastic zeil of grote spons

Vorbereiding

1. Bereid de test voor: Maak een meetplan, informeer de betrokkenen en zorg voor het juiste materiaal en de bemensing ter plaatse. Maak vooraf een inschatting van de hoeveelheid water die nodig is om de DRI-test uit te voeren.
2. Voer vooronderzoek uit en breng de proeflocatie in kaart.

Proeflocatie gereedmaken

1. Zet de proeflocatie af.
2. Als u de test op een weg uitvoert:
 - Licht 25 stenen in een ronde vorm, zodat de buitenste ring van de DRI-set in die ruimte past.
 - Schrijf op hoe de vlijlaag is opgebouwd: materiaal en dikte van de eventueel aanwezige sliklaag.
3. Plaats beide ringen en druk ze minstens 5 cm, maar het liefst 10 cm de grond in.

Uitvoeren van de proef

1. Giet water in de binnenste ring tot er 10 cm water in staat. Zorg ervoor dat het bovenliggende materiaal (zoals de vlijlaag) niet wegspoelt. Giet er steeds wat water bij om de waterhoogte op 10 cm te houden.
2. Giet ondertussen water in de buitenste ring, totdat het waterniveau hierin gelijk is aan het waterniveau in de binnenring en houd deze hoogte ook gelijk met de waterhoogte in de binnenring door steeds water toe te voegen.
3. Meet de tijd totdat al het water in de binnenring is geïnfiltreerd (herhaal dit nog twee keer).
4. Schraap, als daar sprake van is, de sliklaag (ingespoelde laag van fijn materiaal) van de vlijlaag af.
5. Herhaal de meting (herhaal dit nog twee keer). Hiermee wordt de doorlatendheid van de vlijlaag door het geotextiel naar de funderingslaag bepaald.
6. Bij metingen aan doorlatende wegconstructies: Verwijder de vlijlaag om bij het onderliggende materiaal te komen. Houd de vlijlaag apart, bijvoorbeeld in een plastic tasje.
7. Herhaal de meting, maar nu op het onderliggende materiaal of op het geotextiel (herhaal dit nog twee keer). Wanneer u direct op het geotextiel meet, zorg er dan voor dat de ringen hierop aansluiten zodat er geen water onder de ringen door wegstroomt.

Afronding van de proef

1. Ruim de proefopstelling op. Plaats bij metingen aan een doorlatende verharding de vlijlaag en de straatstenen terug. Veeg de voegen weer dicht met het juiste voegmateriaal.
2. Verzamel de handgeschreven metingen en de video's om deze uit te lezen en uit te werken.

3.3.3 Infiltratiesnelheid berging infiltrerende voorziening

Meet de infiltratiesnelheid (mm/uur) van de berging van een infiltrerende voorziening met een slugtest, DRI-test of grindvervangingsproef.

Met een slugtest test u de doorlatendheid van natuurlijk bodemmateriaal, een bergend pakket of een wegcunet (Van Breukelen, 2017, RIONED, 2015). Bij deze test wordt op een representatieve locatie en diepte een bepaalde hoeveelheid water uit een put toe- of afgevoerd om een waterhoogteverschil met het grondwater te creëren. Deze test kunt u ook uitvoeren met een peilbuis. Hoelang het duurt voordat het water weer op het normale peil is na de waterhoogteverandering in de put, hangt af van de doorlatendheid, het contactoppervlak van het filter met het doorlatende materiaal en het volume van de waterwijziging. Of de verzadigde of de onverzadigde doorlatendheid wordt getest, hangt af van de diepte en lengte van het filter en van de vraag of het filter zich onder de grondwaterstand bevindt of niet. Hoelang dit duurt, meet u met behulp van waterstandsmeters met een meetinterval van bijvoorbeeld vijf seconden en handmetingen elke dertig seconden. Vaak wordt een slugtest meerdere keren uitgevoerd om een zo betrouwbaar mogelijk resultaat te verkrijgen (Van Breukelen, 2017, RIONED, 2015).

Wanneer er al een peilbuis in de bergende voorziening aanwezig is, kunt u de doorlatendheid bepalen door middel van slugtests. Wanneer er nog geen peilbuis aanwezig is en er wel een grindvervangingsproef wordt uitgevoerd of een grondmonster is genomen, is het een goed moment om een peilbuis te installeren. Door een bepaalde hoeveelheid water in de peilbuis te brengen en te meten hoelang het duurt voordat dit water is weggezakt, kunt u de doorlatendheid van het materiaal rond het filter bepalen. Hiervoor moeten wel de maten van de buis en het filter bekend zijn en moet de peilbuis zonder filtergrind geplaatst zijn; anders is het oppervlak waardoor het water naar de bodem stroomt moeilijker te schatten. U hebt een pomp of een maatbeker/emmer/jerrycan nodig om de verandering in waterstand te creëren.

Een grindvervangingsproef is een proef waarbij monsters genomen worden van het bergende pakket. Monsters kunnen in een 100cc-ring genomen worden met een hulpstuk voor een T-stuk van een grondboorset. Met lab-tests kunt u het vochtgehalte, de holle ruimte en de doorlatendheid bepalen. Daarbij is het zo dat naarmate de korrels/stenen in het pakket groter worden, het lastiger of zelfs onmogelijk wordt om ongeroerde monsters te nemen. De aanwezigheid van geotextiel/geovlies kan dit nóg moeilijker maken. En vaak is het niet wenselijk om dit tijdelijk te verwijderen. De opening in het bergende materiaal die is ontstaan door het nemen van het monster kunt u gebruiken om de verdichtingsgraad te bepalen door middel van de grindvervangingsproef. Hiervoor wordt een stellage met een cilinder met exact 10.000 gram grind boven de opening geplaatst. Hieruit kan gecontroleerd grind door de opening het bergende pakket in stromen totdat het pakket volledig gevuld is. De cilinder kan weer afgesloten worden, zodat de gevulde opening vlak afgevuld is. Door de cilinder te weghalen, komt u erachter welke grindmassa er in het bergende pakket is achtergebleven. Aan de hand van de dichtheid van het grind en die van het bergende materiaal bepaalt u de verdichting en de holle ruimte. Zie de RAW Standaard 2015 Verdichtingsgraad van aardebaan of funderingsmateriaal (proef 7) voor meer informatie.

Benodigdheden:

- Waterverandering: pomp of maatbeker/emmer/jerrycan met water
- Waterhoogtemeter: diver en plopper
- De maten van de put
- (Grondboorset en peilbuisonderdelen tot gewenste diepte, inclusief boorkop, verlengstangen, T-stuk, peilbuizen, filterbuizen, peilbuisdoppen en filterkous)
- Monsternamen-apparaat voor grindvervangingsproef

Voorbereiding

1. Bereid de test voor: Maak een meetplan, informeer de betrokkenen en zorg voor het juiste materiaal en de bemensing ter plaatse. Maak vooraf een inschatting van de hoeveelheid water die nodig is om een slugtest of DRI-test uit te voeren.
2. Voer vooronderzoek uit en breng de proeflocatie in kaart.
3. Bepaal of de locatie geschikt is voor het uitvoeren van een slugtest, grindvervangingsproef of DRI-test.

Proeflocatie gereedmaken

1. Zet de proeflocatie af.
2. Creëer, in het geval van een grindvervangingsproef of een DRI-test op de bergende voorziening, toegang tot de bergende voorziening.
3. Verschaf, in het geval van een slugtest, toegang tot de peilbuis.

Uitvoeren van de proef

Slugtest (op straat):

1. Giet water in de binnenste ring tot er 10 cm water in staat. Zorg ervoor dat de vlijlaag en de vervuilingsslaag niet wegspoelen. Giet er steeds wat water bij om de waterhoogte op 10 cm te houden.
2. Giet ondertussen water in de buitenste ring, totdat het waterniveau hierin hetzelfde is als in de binnenring en houd deze hoogte ook gelijk met de waterhoogte in de binnenring door steeds water toe te voegen.

DRI-test:

1. Plaats beide ringen van de DRI-testopstelling en druk ze minstens 5 cm, maar het liefst 10 cm de grond in.
2. Giet water in de binnenste ring tot er 10 cm water in staat. Giet er steeds wat water bij om de waterhoogte op 10 cm te houden.
3. Giet ondertussen water in de buitenste ring, totdat het waterniveau hierin gelijk is aan het waterniveau van de binnenring en houd deze hoogte ook gelijk met de waterhoogte in de binnenring door steeds water toe te voegen.
4. Meet de tijd totdat al het water in de binnenring is geïnfilteerd (herhaal dit nog twee keer).

Monstername en grindvervangingsproef:

1. Neem met behulp van de monsterapparatuur een monster van het bergende pakket.
2. Voer, indien mogelijk, in het lab tests uit met betrekking tot vochtgehalte, holle ruimte en doorlatendheid.
3. Bepaal in de ontstane opening van de berging de verdichtingsgraad door middel van een vervangingsproef.
4. Plaats een stellage met een cilinder met exact 10.000 gram grind boven de opening.
5. Laat gecontroleerd grind door de opening van de berging in stromen totdat deze volledig gevuld is.
6. Weeg de cilinder om te bepalen welke grindmassa er in de berging is achtergebleven.
7. Bepaal aan de hand van de dichtheid van het grind en die van het bergend materiaal de verdichting en de holle ruimte.

Afronding van de proef

1. Ruim de proefopstelling op. Sluit de peilbuis af.
2. Verzamel de divers, de handgeschreven metingen en de video's om deze uit te lezen en uit te werken.

3.3.4 Bergingscapaciteit bergende infiltrerende voorziening

Meet de bergingscapaciteit van de berging van een infiltrerende voorziening door middel van een maximaaltest of via waterstandsmonitoring van de bergende voorziening.

De bergingscapaciteit van de bergende voorziening is afhankelijk van de grondwaterstand op dat moment. Het deel van de bergende voorziening onder het grondwaterniveau is al verzadigd en kan dus geen extra water bergen. Bij wisselende grondwaterstanden is het daarom aan te raden om op verschillende momenten in het jaar te meten. Met een maximaaltest meet u de bergende capaciteit van de voorziening op dat moment in de praktijk.

Om de voorziening empirisch te kunnen testen met behulp van een maximaaltest, is het nodig om alle drains die het bergende pakket in of uit gaan af te sluiten en een bepaalde hoeveelheid water – die u vaststelt met behulp van een debietmeter – in het pakket te laten stromen tot er geen water meer bij kan. Dit punt is bereikt op het moment dat de noodoverloop actief wordt. Aanvullend kunt u waterstandsmonitoring van de bergende voorziening toepassen met behulp van een diver of een peilbuis, of kunt u een handmeting uitvoeren.

Met waterstandsmonitoring kunt u zien wanneer de waterstand zich stabiliseert tijdens het vullen. Dan is het pakket vol of is de watertoevoersnelheid gelijk aan de snelheid waarmee het water de berging verlaat, bijvoorbeeld via de noodoverloop. U hoeft voor deze test de noodoverloop niet af te sluiten, omdat deze in de praktijk in principe ook niet afgesloten is en dus de bergende capaciteit beperkt.

Het afsluiten van de drains kunt u doen met ballonnen; de watertoevoer kunt u meten met een debietmeter. Het is daarbij van essentieel belang om te weten waar de buizen die water in en uit het bergende pakket voeren zich bevinden. De wegzijging van het water in de bergende voorziening naar het grondwater tijdens het vullen van de berging moet gecompenseerd worden in de meting van het bergingsvolume.

Benodigdheden:

- Water: aangeleverd via watertruck of brandkraan
- Debietmeter om de toegeleverde hoeveelheid water vast te stellen
- Ballonnen voor afsluiten buis, één ballon per drain
- Diver
- Peilbuis of diverhouder of draad om diver aan op te hangen
- Doppe om handmatig de waterstand te meten

Voorbereiding

1. Bereid de test voor: Maak een meetplan, informeer de betrokkenen en zorg voor het juiste materiaal en de bemensing ter plaatse. Maak vooraf een grove inschatting van de hoeveelheid water die nodig is om de bergende voorziening maximaal te vullen.
2. Breng de proeflocatie in kaart.
3. Bepaal of de locatie geschikt is voor uitvoering van een maximaaltest of waterstandsmonitoring van de bergende voorziening.

Proeflocatie voorbereiden

1. Zet de proeflocatie af.
2. Sluit alle drains die het bergende pakket in of uit gaan af met ballonnen.
3. Plaats, in het geval van waterstandsmonitoring, de diver in een put of peilbuis op de proeflocatie. Hiermee kunt u de waterstand in het waterbergende pakket meten.

Uitvoeren van de proef

1. Vul de bergende voorziening maximaal, via de kolk of de infiltrerende verharding. De bergende voorziening is maximaal gevuld op het moment dat de noodoverloop actief wordt.
2. *Maximaaltest:* Meet de hoeveelheid water die gebruikt is voor het vullen met een debietmeter.
3. *Waterstandsmonitoring:* Meet met behulp van de divers het niveau waarop de waterstand zich stabiliseert. De berging is dan maximaal gevuld.
4. Maak eventueel met behulp van een (onderwater)camera een time-lapse video van de meting.
5. Verloopt de infiltratie sneller dan verwacht? Controleer dan of nabije putten niet toevallig op het systeem aangesloten zijn en water afvoeren.

Monstername en grindvervangingsproef:

1. Neem met behulp van de monsterapparatuur een monster van het bergende pakket.
2. Voer, indien waar mogelijk, in het lab tests uit met betrekking tot vochtgehalte, holle ruimte en doorlatendheid.
3. Bepaal in de ontstane opening van de berging de verdichtingsgraad door middel van een vervangingsproef.
4. Plaats een stellage met een cilinder met exact 10.000 gram grind boven de opening.
5. Laat gecontroleerd grind door de opening de berging in stromen totdat deze volledig gevuld is.
6. Weeg de cilinder om te bepalen welke grindmassa er in de berging is achtergebleven.
7. Bepaal aan de hand van de dichtheid van het grind en die van het bergend materiaal de verdichting en de holle ruimte.

Afronding van de proef

1. Ruim de proefopstelling op. Veeg, waar nodig, de voegen weer dicht met het juiste voegmateriaal. Sluit eventueel gebruikte peilbuizen en putten weer af. Verwijder alle ballonnen uit het systeem.
2. Verzamel de divers, de handgeschreven metingen en de video's om deze uit te lezen en uit te werken.

3.3.5 Wegzigsnelheid berging en infiltratiecapaciteit ondergrond

Meet de wegzigsnelheid van de berging van een infiltrerende voorziening en de infiltratiecapaciteit van de ondergrond met een falling-headtest. Wanneer de bergende voorziening gevuld is en alle drains afgesloten zijn, kunt u een falling-headtest uitvoeren in de berging. Hiermee kunt u de wegzig-/infiltratiesnelheid (bij afgesloten drains) bepalen. Hiervoor is waterstandsmonitoring in de berging nodig met een meetfrequentie die een meting van vijf dagen toestaat. Wanneer het systeem heel traag functioneert, kan een meting van deze termijn nodig zijn. Zorg er hierbij voor dat de datalogger oude data niet overschrijft, omdat de diver mogelijk pas later opgehaald wordt. Een peilbuis met diver is een goede optie, maar kan niet bij elk systeem gebruikt worden. Wanneer u een grindvervangingsproef uitvoert, is het handig om op datzelfde moment een peilbuis te plaatsen.

Benodigheden:

- Water: aangeleverd via watertruck of brandkraan
- Ballonnen voor afsluiten buis, één ballon per drain of afvoerbuiz
- Diver
- Peilbuis of diverhouder of draad om diver aan op te hangen

Vorbereiding

1. Bereid de test voor: Maak een meetplan, informeer de betrokkenen en zorg voor het juiste materiaal en de bemensing ter plaatse. Maak vooraf een grove inschatting van de hoeveelheid water die nodig is om de bergende voorziening maximaal te vullen.
2. Breng de proeflocatie in kaart.

Proeflocatie gereedmaken

1. Zet de proeflocatie af.
2. Sluit alle drains die het bergende pakket in of uit gaan af met ballonnen.
3. Plaats, in het geval van waterstandsmonitoring, de diver in een put of peilbuis op de proeflocatie. Hiermee kunt u de waterstand in de bergende voorziening meten.

Uitvoeren van de proef

1. Vul de bergende voorziening maximaal, via de infiltrerende verharding of de kolk. De bergende voorziening is maximaal gevuld op het moment dat de noodoverloop actief wordt of wanneer de waterstanden zich stabiliseren.
2. Start de meting en meet regelmatig handmatig de waterstand in de berging.
3. Wanneer de test voldoende is opgestart en gecontroleerd verloopt, kunt u de proeflocatie verlaten om op een later moment de diver-data te verzamelen. Noteer bij het uitlezen van de data de volgende gegevens: de starttijd, de eindtijd en de waterstanden.
4. Maak eventueel met behulp van een (onderwater)camera een time-lapse video van de meting.
5. Verloopt de infiltratie sneller dan verwacht? Controleer dan of nabije putten niet toevallig op het systeem aangesloten zijn en water afvoeren.

Afronding van de proef

1. Ruim de proefopstelling op. Sluit eventueel gebruikte peilbuizen en putten weer af. Verwijder alle ballonnen uit het systeem.
2. Verzamel de divers, de handgeschreven metingen en de video's om deze uit te lezen en uit te werken.

3.3.6 Continue monitoring ondergrondse voorzieningen

Hoe een ondergrondse voorziening functioneert, kunt u ook meten door middel van continue monitoring in en rondom de voorziening. Door continu te meten kunt u namelijk de infiltratiecapaciteit door de tijd heen bepalen, maar ook de ledigingstijd en het aantal overstortingen binnen de voorziening. Hiervoor is het nodig om langere tijd te meten (minimaal vijf jaar).

Daarnaast kunt u door middel van continue monitoring aanvullende onderzoeksvragen beantwoorden die niet direct aan het beheersvraagstuk zijn verbonden, zoals de vraag welk effect een voorziening heeft op de grondwaterhydrologie van de omgeving. Op basis hiervan kunt u bepalen of en in hoeverre infiltrerende voorzieningen een bijdrage kunnen leveren aan het tegengaan van wateroverlast en lokale watertekorten en grondwateronderlast in het stedelijk watersysteem, bijvoorbeeld door de stedelijke watercyclus te vertragen en/of het grondwater aan te vullen tijdens natte periodes.

Continue monitoring vraagt een aanvullende meetinspanning. Daarnaast werkt het analyseren van de uitkomsten van continue monitoring anders dan bij periodieke monitoring. Daarom komt in deze paragraaf niet alleen de opzet van een meetplan voor voorzieningen aan bod, maar ook de manier waarop u de uitkomsten van de beide meetmethoden analyseert.

Opzet monitoring

Waterpeil voorziening

Door een diver onder in de voorziening te plaatsen kunt u de waterstandsstijging in de voorziening monitoren. Plaats de diver op het laagste punt van de voorziening, maar voorkom beïnvloeding van de monitoringsresultaten door vervuiling. Stel de drukopnemer in op metingen elke vijf minuten.

Grondwater

De grondwaterstand kan worden gemeten met peilbuizen en waterstandsloggers, zoals divers. Divers die grondwaterstanden meten, kunnen op een lagere meetfrequentie worden ingesteld (variërend van elke vijf minuten tot één keer per uur). Het is hierbij belangrijk om de peilbuislocaties na aanleg met een camera vast te leggen, en de coördinaten te noteren. Verder is het van belang om de peilbuizen op minimaal 5 meter afstand van een boom te plaatsen om te voorkomen dat de grondwaterstand te veel beïnvloed wordt door de wateronttrekking door bomen (figuur 2), maar wel zo dicht mogelijk bij de voorziening.

De peilbuizen moeten met hun filter diep genoeg geplaatst worden. Dan kunt u hiermee gedurende het hele jaar en ook in een droog jaar de grondwaterstand meten. Om de grondwaterstand in zowel een droog als in een nat seizoen te kunnen meten, is het nodig om minimaal een jaar te meten. U meet de grondwaterstand met behulp van drukopnemers onder in de peilbuis, op een van tevoren bepaalde hoogte. Deze drukopnemers moeten geïnstalleerd worden volgens de richtlijnen van de leverancier. Voor divers geldt bijvoorbeeld dat er een open verbinding met de atmosfeer moet zijn en dat er geen luchtinsluiting in de peilbuis mag zijn. Ook moet het monitoringssysteem tussendoor uitgelezen kunnen worden.

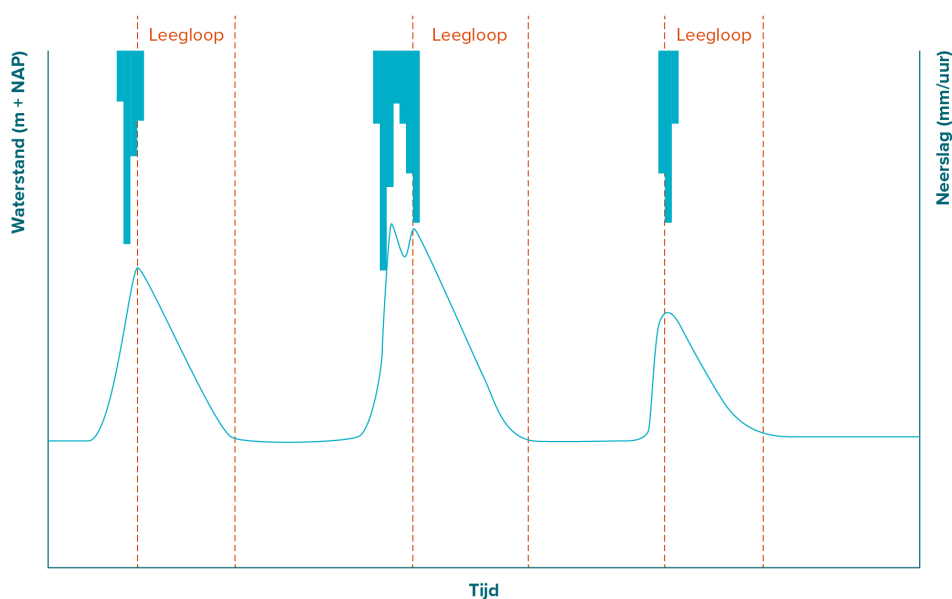
Neerslag

Als u neerslagmetingen verricht, kunt u de relatie tussen neerslagintensiteit en het gedrag van het grondwater bepalen. De hoeveelheid neerslag kunt u meten met een regenmeter, zoals een 'tipping bucket'. Deze plaatst u binnen enkele honderden meters van de proeflocatie. De regenmeter meet met een meetfrequentie van minstens één keer per heftige korte bui, bijvoorbeeld eens per vijf minuten. Meet niet naast hoge gebouwen of onder bomen, en houd een afstand aan van tweemaal de hoogte van het gebouw. Plaats regenmeters liever niet op een dak. Controleer regenmeters regelmatig op ongedierte of vuil.

Infiltratiecapaciteit bepalen

U kunt het afnemen van de infiltratiecapaciteit van een voorziening inzichtelijk maken door het leegloopgedrag van de voorziening na vulling te bepalen. Als er metingen over een langere periode beschikbaar zijn (> vijf jaar), is het zelfs mogelijk om het afnemen van de ledigingscapaciteit door de tijd heen, als gevolg van het dichtslibben van de bodem van de voorziening, inzichtelijk te maken. Bij het bepalen van de infiltratiecapaciteit moet u rekening houden met de verzadiging van de bodem, als gevolg van eerdere neerslaggebeurtenissen of een hoog grondwaterpeil. Bij een verzadigde ondergrond kan de infiltratiecapaciteit namelijk met wel 30% afnemen (figuur 2). Bepaal daarom de infiltratiecapaciteit met metingen gedurende meerdere periodes in het jaar. Ziet u aan de metingen dat water lang in de voorziening blijft staan, of te traag infiltreert, dan kunt u ingrijpen.

U kunt de infiltratiecapaciteit bepalen door de tijdreeks op te delen in neerslaggebeurtenissen, in situaties waarvan u weet dat het grondwater voldoende laag is en u dus geen grondwater aan het meten bent. U kunt vervolgens een lineaire lijn trekken in de leegloopmeting van de grafiek. De afstand van vulling tot leegloop in mm, gedeeld door de duur van de leegloop (starttijd minus eindtijd leegloop in uren) is de infiltratiecapaciteit in mm/uur.



Figuur 2
Voorbeeld van vulling en leegloop van een fictieve voorziening gedurende de tijd. Op de y-as staat de waterstand (m), op de 2e y-as staat de hoeveelheid neerslag (mm/uur).

Overstortfrequentie bepalen

Als de voorziening die u gaat meten over een overstort beschikt, kunt u aan de metingen ook zien hoe vaak de voorziening tot overstort komt. Dit kunt u zien als u het peil in de voorziening tot boven de overstorthoogte meet.

Als de voorziening te vaak overstort, is de voorziening mogelijk te klein ontworpen voor het aangesloten oppervlak. Maar er kan ook iets anders aan de hand zijn. Bijvoorbeeld dat de voorziening te erg vervuild is geraakt, waardoor de bergingscapaciteit is afgenomen. Op basis van de metingen kunt u dan ingrijpen.

Waterbalans

Als u voldoende metingen hebt gedaan, kunt u ook een waterbalans voor de voorziening opstellen. Dit doet u door de hoeveelheid water die in de voorziening komt in de vorm van neerslag te vergelijken met de hoeveelheid water die uit de voorziening stroomt door infiltratie. Als er drainage aanwezig is in de voorziening, dan is het belangrijk dat u ook een debietmeter plaatst. Zie voor meer informatie hierover paragraaf 3.3.7, Continue monitoring: debiet meten.

Met een waterbalans kunt u zien hoeveel water er op jaarbasis infiltreert, en hoeveel er verdwijnt. Hiermee krijgt u meer inzicht in bijvoorbeeld de baten van een infiltrerende voorziening.

3.3.7 Continue monitoring: debiet meten

Debietmetingen geven u inzicht in de aan- en afvoer van (grond)water in gewone riolering, maar ook in drainage in bijvoorbeeld l/s of m³/uur. Een debietmeter plaatst u in de leiding bij de uitstroom van een voorziening. Er zijn verschillende soorten debietmeters. Wanneer het riool niet alleen water afvoert maar dit ook laat infiltreren, moet de debietmeter ook de terugstroom kunnen meten.

U kunt het debiet op verschillende manieren meten. Deze methoden hebben allemaal hun voor- en nadelen. Bij veel methoden is een volledig gevulde buis nodig, wat bereikt kan worden met een zwanenhals-constructie.

- De simpelste methode is een mechanische stroomsnelheidsmeter. Hiervoor is een gevulde buis nodig, waarbij het belangrijk is dat deze tijdig handmatig uitgelezen en gereset wordt. Ook geeft deze slechts het debiet over de totale meetperiode.
- Een betere methode is een elektromagnetische debietmeter. Hiervoor is ook een volle buis nodig, maar het voordeel is dat deze meter het debiet per gekozen tijdsinterval meet. Nadeel van een elektromagnetische debietmeter is dat deze duurder is en dat er een stroombron nodig is.
- Er bestaan ook alternatieven voor de elektromagnetische debietmeter, maar deze hebben weer andere nadelen. Meestal is nog er steeds een bepaalde hoeveelheid water nodig. Daarnaast vormen ze vaak een obstakel in de buis.
- Bij kleine hoeveelheden water is een tipping bucket geschikter. Het nadeel hiervan is echter dat er hoogteverschil nodig is om deze te kunnen plaatsen.

3.3.8 Grondwaterkwaliteit meten

Afhankelijk van het type infiltratievoorziening kan het nodig zijn om de zuiverende werking van de infiltratievoorziening te onderzoeken. Voor infiltratievoorzieningen die gebruikmaken van bodempassage, zoals wadi's, berminfiltratie, enzovoort kunt u met grondwateronderzoek onderzoeken of de voorziening in voldoende mate functioneert. Bij een zuiverende voorziening (zoals adsorberende materialen) kunt u aanvullend monitoren door monsters te nemen van het in- en uitstromende hemelwater. Hiervoor is het wel noodzakelijk dat er bij de aanleg van de infiltratievoorziening monsternamepunten worden gerealiseerd.

Om de grondwaterkwaliteit te kunnen meten, is het nodig om peilbuizen te plaatsen:

- minimaal twee peilbuizen met een tussenafstand van 100 meter direct benedenstrooms (tegen de voorziening aan);
- (indien mogelijk) een peilbuis circa 30 meter bovenstrooms van de infiltratievoorziening om de kwaliteit van het instromende grondwater te meten.

De bovenkant van het peilfilter wordt op circa 0,5 m onder GLG geplaatst. Zo kunt u een eventuele verontreiniging in de bovenste laag van het grondwater vaststellen. Een verontreiniging zal het eerst in deze laag zichtbaar zijn.

Eventueel kunt er uit kostenoverwegingen voor kiezen om na het nul-onderzoek niet meer bovenstrooms te meten, tenzij sprake is van een toename van benedenstroomse concentraties van verontreiniging.

Het plaatsen van de peilbuizen en de monsterneming moeten worden uitgevoerd volgens richtlijn SIKB BRL 2000 en onderliggende protocollen. Hoeveel peilbuizen er in totaal nodig zijn, is afhankelijk van de omvang van de voorziening bij gelijkwaardig ontwerp en belasting, zie hiervoor tabel 15. Bij grote verschillen tussen ontwerp en belasting van de infiltratievoorzieningen kunt u veiligheidshalve beter voor monitoring per voorziening kiezen.

Tabel 15
Hoeveelheid peilbuizen voor meten grondwaterkwaliteit per voorziening

Voorziening	1-10 voorzieningen	> 10 voorzieningen
Berm	Minimaal 1	10%, minimaal 2
Wadi e.d.	Minimaal 1	10%, minimaal 2
Ondergronds	Minimaal 2	20%, minimaal 3

3.3.9 Grondkwaliteit bovengrondse voorzieningen meten

Monsternamen grond

De kwaliteit van de grond stelt u vast door middel van een verkennend bodemonderzoek. De hierna beschreven werkwijze is gebaseerd op de NEN 5740, strategie onverdacht. Het vooronderzoek moet uitwijzen of de locatie ook daadwerkelijk onverdacht is wat betreft het voorkomen van bodemverontreiniging. Als de locatie niet onverdacht is, is het nodig om de onderzoeksstrategie hierop aan te passen. Het aantal boringen dat moet worden uitgevoerd, is afhankelijk van de oppervlakte van de infiltrerende voorziening. Voor het aantal uit te voeren boringen is de NEN 5740, strategie onverdacht van toepassing.

De grond wordt bemonsterd in het traject 0-0,1; 0,1-0,25; 0,25-0,5 en 0,5-1 m -maaiveld (mv) of per afwijkende bodemlaag. Van de lagen worden minimaal vier (meng)monsters geanalyseerd op het standaardpakket grond. Het aantal te analyseren grondmonsters is aangegeven in de NEN 5740, strategie onverdacht (als het oppervlak van de infiltratievoorziening groter wordt, worden er ook meer mengmonsters geanalyseerd).

Voorziening	Mengmonster(s)
Berm	2 per 500 m per laag 0-0,1; 0,1-0,25; 0,25-0,5 en 0,5-1 m -mv (dus totaal 8)
Wadi e.d.	1 per wadi per laag 0-0,1; 0,1-0,25; 0,25-0,5 en 0,5-1 m -mv (dus totaal 4)
Ondergronds	1 per voorziening per laag 0-0,1; 0,1-0,25; 0,25-0,5 en 0,5-1 m -mv (dus totaal 4)

Tabel 16
Minimale hoeveelheid
aanbevolen mengmonsters
per voorziening

Uit onderzoek blijkt dat verontreinigingen zich vooral dicht bij de uitstroomopeningen ophopen.

U kunt daarom het beste een apart mengmonster per laag analyseren van het gebied rondom deze openingen en van het gebied daarbuiten ook één mengmonster per laag samenstellen. Een indicatie voor het gebied rondom de uitstroomopening:

- Bij één uitstroomopening: een strook van 5 m lang en 3 m breed, met de opening in het midden.
- Bij meerdere uitstroompunten: stroken van 3 m lang en 2 m breed (al deze stroken combineren tot één mengmonster).

Wadi's

In een wadibodem wordt vaak speciaal geprepareerde grond toegepast. Het is dan voldoende om bij de aanleg (dus de vaststelling van de nul-situatie) één mengmonster van deze grond te analyseren; de grond hoeft niet laagsgewijs te worden onderzocht. Het laagsgewijs onderzoeken dient plaats te vinden bij controle op het milieuhygiënische functioneren van de wadi na 20-25 jaar.

XRF

Als aanvulling op bodemmonsters kan een draagbare spectrometer worden gebruikt, een XRF, om de toplaag van een bovengrondse voorziening te meten. Met een XRF kunt u het totale gehalte aan metalen meten in relatief dunne lagen grond. XRF's hebben een minimaal bereik: bij te lage concentraties metalen zal de XRF niet goed meten. Het voordeel van een XRF is dat er makkelijk en zonder de bovengrond te verstoren kan worden gemeten. Een eventuele verontreiniging met metalen rondom de uitstroomopening van een wadi kan eenvoudig met een XRF worden onderzocht.

U kunt ervoor kiezen om de voorziening met een XRF te monitoren in een grid of lineair door het midden van de voorziening.

3.3.10 Bodemkwaliteit ondergrondse voorziening meten

In paragraaf 3.3.9 is beschreven hoe u de grondkwaliteit van bovengrondse voorzieningen kunt onderzoeken. Bij infiltratie op grotere diepte is er een andere strategie nodig. De grond rondom het infiltrerende oppervlak wordt dan bemonsterd in lagen van 0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6 en 0,6-1 meter, loodrecht op het ondergrondse infiltrerende oppervlak. Ook in deze situatie is het noodzakelijk om mengmonsters samen te stellen. Per voorziening moeten er minimaal vier deelmonsters worden genomen, die samengesteld worden tot één mengmonster per laag.

4 Verwerken van de resultaten

Ook de resultaten van de metingen neemt u uiteraard in het beheer- en monitoringsplan op. Controleer eerst of de verkregen meetgegevens van goede kwaliteit en volledig zijn, en als u de meting heeft uitbesteed, of aan de informatievraag is voldaan.

Afhankelijk van het soort data (metingen, proeven, foto's, rapportages) kunt u deze resultaten als bijlage bij het rapport opnemen, of hiernaar verwijzen in het rapport. Het is belangrijk dat u dit eenduidig doet, zodat de resultaten van verschillende voorzieningen met elkaar kunnen worden vergeleken.

De eindconclusies kunt u direct in dit hoofdstuk verwerken, bijvoorbeeld in een tabel. Neem daarnaast (indien mogelijk) de eindresultaten op in het beheersysteem. Let hierbij op de eenheden van de meting, zoals deze in hoofdstuk 1 van deze bijlage (tabel 12) zijn benoemd. Hierin kunt u ook een link leggen met de functioneringseisen, bijvoorbeeld door aan te geven hoever de infiltratiecapaciteit is afgenomen ten opzichte van de nulmeting.

Bijlage 3 Normen kwaliteit

Idealiter is voorafgaand aan de installatie van de infiltratievoorziening de nul-situatie van de grond- en de grondwaterkwaliteit vastgesteld. Dit is het meest geschikte referentiekader. In veel gevallen is de nul-situatie echter niet vastgesteld. In deze bijlage vindt u enkele toetsingscriteria voor grond en grondwater.

Tabel 17 toont de normen voor grond (mg/kg ds, voor standaardbodem) uit de Circulaire bodemsanering (per 1 juli 2013) voor metalen, PAK's, minerale olie en cyanide. Als toetsingscriterium voor de grond wordt uitgegaan van de I-waarde als maximum. Als de I-waarde wordt overschreden, is er niet alleen formeel sprake van bodemverontreiniging (bij een volume van > 25 m³), maar ontstaan er ook reële risico's, bijvoorbeeld voor kinderen die in wadi's in woonwijken spelen. Als uit onderzoek blijkt dat de concentraties in het grondwater ontoelaatbaar hoog worden en de zuivering berust op bodempassage, moet de grond (toplaag) sowieso vervangen worden, ook als de gehalten nog onder de interventiewaarde liggen.

Onderdeel	Meetmethode	Resultaat
Onderdeel	Meetmethode	Resultaat
Doorlatendheid infiltrerende verharding en toplaag wadi's	Full-scale-test	Infiltratiesnelheid mm/uur
Doorlatendheid onderliggend materiaal en vlijaag	DRI-test	Infiltratiesnelheid mm/uur
Doorlatendheid bergende voorziening	- DRI-test - Slugtest - Grindvervangingsproef - Korrelgrootte-analyse	Infiltratiesnelheid mm/uur
Bergingscapaciteit bergende voorziening	- Maximaaltest - Grindvervangingsproef	m ³ bergingscapaciteit
Wegzigsnelheid bergende voorziening	- Falling-headtest - DRI-test op scheidingsvlak berging en ondergrond	Infiltratiesnelheid mm/uur
Grondkwaliteit boven- en ondergronds	Monsternamen, XRF	mg/kg ds, afhankelijk van de stof
Grondwaterkwaliteit	Monsternamen	µg/l, afhankelijk van de stof
Continu meten: infiltratiecapaciteit	Divermetingen	Infiltratiesnelheid in mm/uur
Continu meten: debiet	Debietmeter	l/s of m ³ /uur

Tabel 17
Overzicht normen grond in mg/kg ds voor standaardbodem (10% organische stof en 25% lutum)

Tabel 18 toont de normen voor grondwater (µg/l) uit het Infiltratiebesluit en de Circulaire bodemsanering (per 1 juli 2013) voor metalen, PAK's en een aantal overige verbindingen. Op basis van de waarden uit het Infiltratiebesluit kunt u het water toetsen dat u (na behandeling) in de bodem laat infiltreren. In de Circulaire bodemsanering zijn de streef- en interventiewaarden gegeven. Als de interventiewaarden worden overschreden, is sprake van ernstige bodemverontreiniging, mits het volume van de verontreiniging meer dan 25 m³ bodemvolume bedraagt, of meer dan 100 m³ poriënverzadigd bodemvolume in het geval van een grondwaterverontreiniging.

Tabel 18
**Normen voor grondwater-
kwaliteit per stof in µg/l**

	Infiltratiebesluit	Circulaire bodemsanering	
Stofnaam		Streefwaarde	Interventiewaarde
Metalen			
Arsen (As)	10	7,2	60
Cadmium (Cd)	0,4	0,06	6
Chroom (Cr)	2	2,5	30
Koper (Cu)	15	1,3	75
Nikkel (Ni)	15	2,1	75
Lood (Pb)	15	1,7	75
Zink (Zn)	65	24	800
Overige verbindingen			
Cyanide totaal (CN (tot))	10		
Cyanide complex		10	1.500
Minerale olie	200	50	600
Chloride	200 mg/l ¹	100 mg/l	-
Fosfaat als P	400	-	-
Ammonium-N	2,5 mg/l	-	-
Minerale olie	200	50	600
PAK			
Naftaleen	0,1	0,01	70
Fenantreen	0,02	0,003	5
Antraceen	0,02	0,0007	5
Chryseen	0,02	0,003	0,2
Fluorantheen	Σ0,1 ²	0,003	1
Benzo(a)antraceen	0,0001	0,25	Benzo(a)antraceen
Benzo(a)pyreen	0,0005	0,025	Benzo(a)pyreen
Benzo(k)fluorantheen	0,0004	0,025	Benzo(k)fluorantheen
Indeno(1,2,3cd)peryleen	0,0004	0,025	Indeno(1,2,3cd)peryleen
Benzo(ghi)peryleen	0,0003	0,025	Benzo(ghi)peryleen
PAK's (totaal) (som 10)	-	-	-

¹ Voor 70 dagen/jaar is een concentratie van 300 mg/l toegestaan. Overigens blijkt uit onderzoek dat chloride (als gevolg van het gebruik van strooizout) geen bedreiging vormt voor de drinkwaterkwaliteit

² Deze somwaarde geldt voor fluorantheen plus de daaronder vermelde PAK

STOWA en Stichting RIONED in het kort

Stichting RIONED is de koepelorganisatie voor stedelijkwaterbeheer in Nederland. RIONED is er voor en door alle relevante overheden en bedrijven. Inspelend op nieuwe opgaven en mogelijkheden komt Stichting RIONED op voor het belang van stedelijk waterbeheer: goed zorgen voor afval-, hemel- en grondwater in de steden en dorpen. Stichting RIONED bevordert innovatie, nieuwe kennis en verspreiding van kennis. Wij begrijpen en ondersteunen de vakwereld.

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

© 2025 Stichting RIONED en STOWA

Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

disclaimer

Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteur en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van deze publicatie.

Auteurs

Jeroen Schoonderbeek (HvA) en Ted Veldkamp (HR)

Opdrachtgever

Stichting RIONED

omslagfoto

???

vormgeving

Marieke Eijt, gaw ontwerp+communicatie b.v., Wageningen

rapportnummer

2025-xx

isbn/ean

xxxx

XXX
XXX
XXX
XX
XXX
XXX
XXX



ISBN/EAN xx