

Provincie Limburg

Technische onderbouwing richtlijnen afkoppelen

Witteveen+Bos

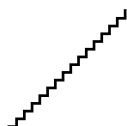
Chasséveld 7-7a

postbus 3465

4800 DL Breda

telefoon 076 523 33 33

telefax 076 514 44 42



Technische onderbouwing richtlijnen afkoppelen

referentie MT726-1/groc2/009	projectcode MT726-1	status definitief
projectleider drs.ing. A. Balla	projectdirecteur ir. J.H. Spaans	datum 25 oktober 2004

autorisatie goedgekeurd	naam ir. J.D. Klein	paraaf
-----------------------------------	-------------------------------	---------------



INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
2. PLANFASE	2
2.1. Afkoppeltechnieken	2
2.2. Kwaliteit afstromend water	4
2.3. Zuiveringsvoorzieningen	6
2.4. Aandachtspunten bij verschillende gebieden	8
3. ONDERZOEKSFASE	12
3.1. Geohydrologisch onderzoek	12
3.1.1. Doorlatendheid	12
3.1.2. Grondwaterstanden	14
3.2. Onderzoek waterberging	15
4. ONTWERPFASE	16
4.1. Foutieve aansluitingen	16
4.2. Verhang	17
4.3. Wateroverlast	17
5. NAZORGFASE	20
5.1. Beheer en onderhoud	20
5.2. Monitoring	20
6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	22
REFERENTIES	24

laatste bladzijde	24
-------------------	-----------

bijlagen	aantal bladzijden
I Beslisbomen afkoppelen regenwater	2
II Beschrijving afkoppeltechnieken	14
III Richtlijnen waterschap Peel en Maasvallei	2
IV Beantwoording vragenlijst	3

1. INLEIDING

achtergrond

Bij de beoordeling van plannen door waterbeheerders in het kader van de watertoets levert het afkoppelen van verhard oppervlak regelmatig discussie op. De oorzaken hiervan zijn enerzijds dat bepaalde aspecten niet ruimtelijk afdwingbaar zijn en anderzijds het verschil in inzicht in de te hanteren randvoorwaarden en de gevolgen van bepaalde methoden en technieken. De huidige beslisbomen [16] zijn op sommige punten te globaal waardoor ook discussies kunnen ontstaan.

Voor een éénduidige uitvoering van de watertoets in Limburg is het van belang dat waterbeheerders dezelfde randvoorwaarden hanteren en dat overeenstemming bestaat over de voor- en nadelen van bepaalde technieken. Een eerste vereiste is dat de waterbeheerders beschikken over dezelfde informatie. Daarna kunnen nieuwe richtlijnen voor afkoppelen worden opgesteld, specifiek gericht op de situatie in Limburg. De provincie Limburg heeft Witteveen+Bos opdracht gegeven voor een technische onderbouwing van de nieuwe richtlijnen.

doelstelling

Het doel van het onderzoek is het geven van een technische onderbouwing voor eventuele aanpassing van de beslisbomen verantwoord afkoppelen van de provincie Limburg en de Limburgse waterschappen [lit. 16]. De beslisbomen zijn opgenomen in bijlage I. De technische onderbouwing dient de volgende stappen gegeven te worden:

1. de planfase (afkoppeloppervlak, bestaand / nieuwbouw);
2. de onderzoeksfase (bodemgesteldheid, grondwaterstanden etc.);
3. de ontwerpfase (de dimensionering en noodvoorzieningen);
4. de nazorgfase (onderhoud, beheer en monitoring).

Met het onderzoek dienen diverse vragen beantwoord te worden ten aanzien van de stand van zaken van de techniek, de effecten op het grond- en oppervlaktewater en de richtlijnen voor afkoppelen. De onderbouwing vindt plaats op basis van de reeds aanwezige kennis bij Witteveen+Bos ten aanzien van afkoppelen, een korte literatuurstudie, een telefonisch interview van enkele gemeente ambtenaren en een workshop met vertegenwoordigers van de provincie Limburg en de Limburgse waterschappen Roer en Overmaas en Peel en Maasvallei.

leeswijzer

In hoofdstuk 2 komt de planfase aan bod. In hoofdstuk 3 wordt de onderzoeksfase behandeld. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 ingegaan op de ontwerpfase. Daarna wordt in hoofdstuk 5 de nazorgfase behandeld. Tenslotte worden in hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies en aanbevelingen gepresenteerd.

2. PLANFASE

In de planfase wordt door een bepaalde partij (gemeente/projectontwikkelaar) het initiatief genomen voor wel of juist niet afkoppelen. De aanleiding kan zijn het aanleggen van nieuwe verhardingen of een bepaalde reconstructie (vervanging van de riolering, revitalisering, verkeerskundige maatregelen) waardoor afkoppelen aantrekkelijk wordt. In deze fase wordt meestal ook via de beslisboom vastgesteld welke oppervlakken wel en welke oppervlakken niet direct afgekoppeld kunnen worden, dan wel afgekoppeld kunnen worden via bodem(filter) of voorbehandeling. In dit hoofdstuk worden de aandachtspunten voor de planfase gegeven.

2.1. Afkoppeltechnieken

In de onderstaande tabel zijn de verschillende afkoppeltechnieken vermeld.

Tabel 2.1. Afkoppeltechnieken

afkoppelmethode	technieken
1. Afvoer oppervlaktewater	directe afvoer middels leidingen of goten voorzuiwing via helofytenfilter voorzuiwing via bezinkbassin bergen en vertraagd afvoeren (dynamische buffer)
2. Hergebruiksystemen	regenton grijswatercircuit
3. Doorlatende verharding	halfverharding elementenverharding (straatklinkers)
4. Bodemfilter	infiltratieveld infiltratiebassin (infiltratievijver/-poel) infiltratiegreppel afvoer naar berm
5. Ondergrondse infiltratievoorziening	Infiltratieput (o.a. grindput) infiltratiekoffer infiltratiekrat infiltratie in het watervoerende pakket doorlatende buizen
6. Combinatie bodemfilter en ondergrondse voorziening	wadi (greppel met zandcunet, infiltratiekoffer of infiltratiekrat)
7. Combinatie infiltratie met afvoer naar RWZI of oppervlaktewater)	doorlatende buizen met berging en afvoerleiding naar oppervlaktewater oppervlakkige infiltratievoorziening met berging en afvoerleiding naar oppervlaktewater
8. Combinatie doorlatende verharding en ondergrondse voorziening	doorlatende verharding en berging in wegfundatie, zoals Aquaflow
9. Overige technieken	ondergrondse opslag (watershell) vegetatiedak

De verschillende technieken kunnen onderscheiden worden in hergebruiksystemen, bovengrondse infiltratiesystemen, ondergrondse infiltratiesystemen, systemen met afvoer naar oppervlaktewater of een combinatie van deze systemen. Voor de keuze van de verschillende technieken hanteren de waterbeheerders in Limburg de voorkeursvolgorde hergebruik, infiltratie, afvoeren naar het oppervlaktewater, afvoeren naar de rwzi [16].

hergebruik

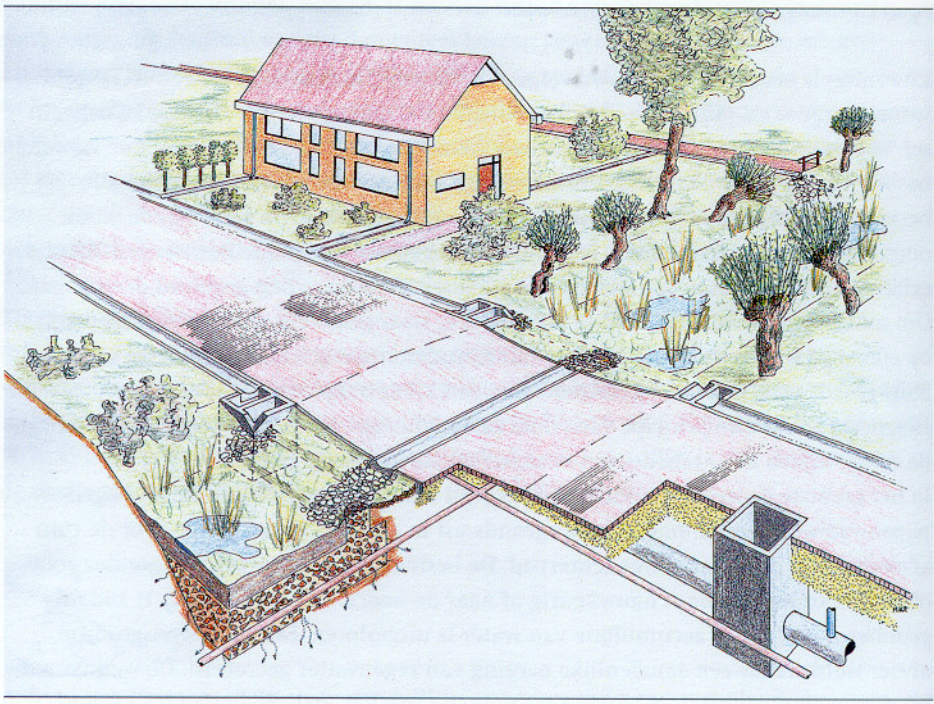
In principe gaat de voorkeur uit naar hergebruik, mits:

- dit geen negatieve effecten heeft op het natuurlijke watersysteem (bijvoorbeeld een ongewenste afname van de natuurlijke aanvoer naar een beek);
- er geen gezondheidsrisico's zijn.

In de afgelopen jaren zijn bij diverse projecten slechte ervaringen opgedaan met collectieve hergebruiksystemen voor toepassing als huishoudwater. Regenwater dat in contact is geweest met dakoppervlak is namelijk doorgaans fecaal belast, waarbij nagroei van de bacteriën in de opslag te verwachten is. Daarnaast spelen verkeerde aansluitingen en verkeerd gebruik een rol. Door het KIWA wordt het toepassen van collectieve hergebruik dan ook afgeraden [20]. Dit advies is vooral gericht op systemen met gebruik als water voor toiletspoeling, gebruik in wasmachines of voor het sproeien van tuinen. Af-

stromend regenwater kan wel met succes gebruikt worden voor toepassing als bedrijfswater (met name koelwater). Ook kleinschalige systemen zoals, het toepassen van regentonnen, worden met succes toegepast. Het toepassen van regentonnen e.d. verdient daarom altijd de voorkeur, maar volstaan niet voor het volledig bergen van het afstromend regenwater.

infiltreren



Afbeelding 2.1. Voorbeeld van infiltreren middels een wadi (bron [25])

Het infiltreren heeft de voorkeur boven afvoer op oppervlaktewater, omdat hiermee bijgedragen wordt aan de grondwateraanvulling, herstel/behoud van natuurlijke systemen en vertraagde afvoer. Bovengronds infiltreren heeft de voorkeur boven ondergronds infiltreren, omdat hiermee de zuiveringsvoorziening zichtbaar blijft met voordelen als de beleving van water, eenvoudigere inspectie en onderhoud.

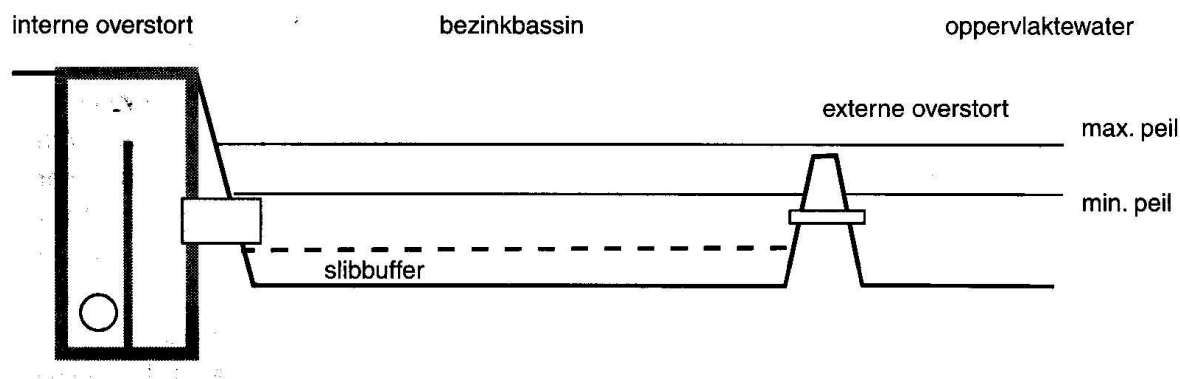
In de onderstaande intermezzo wordt ingegaan op de beleving van infiltratievoorzieningen door bewoners.

Intermezzo

Bovengrondse afvoersystemen en infiltratiesystemen trekken de aandacht van bewoners. In de wijk Ruwenbos in Enschede liggen wadi's en wordt het water bovengronds afgevoerd naar de wadi's. Uit een uitgebreid bewonersonderzoek is het volgende vastgesteld:

1. Voor de communicatie naar bewoners in nieuwbouwwijken blijkt de rol van de makelaar belangrijk te zijn.
2. Veiligheid en kindvriendelijkheid bij het toepassen van bovengrondse infiltratiesystemen blijken een belangrijk aspect voor de belevingswaarde van bewoners.
3. Onderhoud waarbij zwerfvuil verwijderd wordt en grasmaaien zijn belangrijk voor de beleving.
4. Molgoten worden door veel bewoners beschouwd als hinderlijk vanwege het kruisen met fiets, kinderwagen en rolstoel.
5. Verder heeft een groot deel van de bewoners een vijver of een regenton aangelegd en worden de goten op het perceel door de meeste bewoners onderhouden.

afvoer op oppervlaktewater



Afbeelding 2.2. Voorbeeld van afvoer op oppervlaktewater via een buffer (bron [15])

Lozen op oppervlaktewater heeft de voorkeur boven afvoer naar de zuivering, omdat hiermee het water in het gebied zelf wordt vastgehouden. Bovendien blijft hiermee het afstromend regenwater gescheiden van het sterk vervuilde afvalwater. De Limburgse waterschappen gaan er van uit dat bij afvoer op oppervlaktewater een buffer (berging) gerealiseerd wordt, zodat piekafvoeren voorkomen worden.

2.2. Kwaliteit afstromend water

De samenstelling van het afgevoerde regenwater kan sterk variëren. De vervuiling door afstroming is voor veel stoffen zeer sterk afhankelijk van het type verharding. In de onderstaande tabel is de kwaliteit van afstromend hemelwater samengevat.

Tabel 2.2. Kwaliteit afstromend hemelwater [lit. 24, tenzij anders aangegeven]

	BZV mg/l	N-kj mg/l	P mg/l	Cd ug/l	Cr ug/l	Cu ug/l	Pb ug/l	Zn ug/l	PAK ug/l	olie mg/l
streefwaarde ¹ oppervlaktewater		1	0,05	0,4	2,4	1,1	5,3	12	0,2	
streefwaarde ² grondwater			0,4	0,4	1	15	15	65	0,2	
depositie				0,2	1,3	26	9	68	0,7	1,3
dak, hellend zonder zink	3	1,8	0,1	0,6	0,6	225	166	32		
dak, hellend (met zink)	4	2,4	0,2	1,4	31	26	71	5146	1,5	
dak, vlak	4	5,7	0	0,8	13	23	331	1078	0,9	0,9
rustige woonstraat	6	2,6	0,8	0,4	10	23	35	222	6,7	0,3
drukke weg	3	1,4	2	1,9	16	39	121	229	2,6	1,4
snelweg DAB	7	2,9	3,1	2,4	10	83	79	350	4,1	4,6
snelweg DAB [17]	6	1,5		1	5	121	93	452	4	4
snelweg ZOAB		1,3		0,3	2	44	14	59	0,3	0,2
snelweg ZOAB [17]		1,5		0,1	1	40	7	47	0,1	<0,1
parkeerplaats	10	2,9	1,6	2,4	21	53	63	552	2,6	2,4
winkelstraat	35	4,1	2,9	2	36	81	401	1143	6	5,4
busstation	45	9,6	5,3	1	15	15	75	185	5	5,3
woonwijk	6	2,8	0,5	0,5	13, 7	50	36	144	2,2	0,1
industrieterrein		4,7	1,2	1,4	22	41	55	623	5	4,7

- ¹ Streefwaarden oppervlaktewater 4^e nota waterhuishouding voor totaalgehalten, echter bij PAK (10 VROM) de streefwaarde voor opgeloste concentratie.
- ² Streefwaarden grondwater circulaire 'Interventiewaarden Bodemsanering, Staatscourant 24 februari 2000 voor opgeloste concentraties. Voor de zware metalen zijn de streefwaarden voor ondiep grondwater (<10 m-mv) aangegeven.

depositie

De depositie vanuit de lucht heeft voor een groot aantal parameters al een grotere waarde dan de streefwaarden voor grond- en oppervlaktewater.

terreinen

Oppervlakken zoals drukke wegen, busstations, marktplaatsen, winkelstraat, industriegebieden en parkeerplaatsen hebben over het algemeen een grotere verontreinigingsgraad dan daken. Opgemerkt wordt dat er beperkte meetgegevens zijn van busstations, marktplaatsen, winkelstraten en industriegebieden. Volgens de huidige inzichten is de relatie tussen het aantal verkeersbewegingen en de verontreinigingsgraad van het afstromend hemelwater beperkt. Andere omstandigheden zoals het type wegbedekking en de rijsnelheid, bepalen voor een groot deel de kwaliteit van afstromend wegwater, waardoor een verkeersweg met een lage verkeersintensiteit toch een aanzienlijke emissie kan hebben. De emissie van wegdekken met een open structuur zoals ZOAB verharding blijkt dan ook veel lager te zijn dan die van DAB verharding.

Voor de meeste terreinoppervlakken en wegen met gemotoriseerd verkeer wordt aanbevolen om af te koppelen via een zuiveringsvoorziening (bodempassage). Uitzondering vormen terreinen zoals spelen en schoolterreinen, vrij liggende voet- en fietspaden. Deze kunnen direct afgekoppeld worden, maar ook dan is een buffer nodig voor vertraagde afvoer. Door regelmatig vegen kan de verontreiniging van afstromend hemelwater van wegen en andere terreinen beperkt worden.

daken

Afstromend regenwater van daken bevat hoge concentraties aan lood en zink, hetgeen het gevolg is van gebruik van lood en zink in daken en dakgoten. Het toepassen van uitlogende materialen heeft hiermee een duidelijk negatief effect op de kwaliteit van afstromend water. Afkoppelen van daken met uitlogende materialen kan hiermee niet zondermeer toegestaan worden. Er dienen dan bronmaatregelen getroffen te worden of zuiveringsvoorzieningen gerealiseerd te worden zoals afvoer naar een bodemfilter. Voor wat betreft bronmaatregelen kan hierbij gedacht worden aan het vervangen van de uitlogende materialen of het toepassen van een coating. Het vervangen van de materialen heeft hierbij duidelijk de voorkeur ten opzichte van het toepassen van een coating.

Met de toepassing van een coating, kan niet met zekerheid gesteld worden dat er geen uitloging zal plaatsvinden, omdat de coating na verloop van tijd slijt en het materiaal alsnog kan uitlogen. Uit eerder onderzoek van DWR in Amsterdam is bij een dak met coating een reductie van slechts met 10% gemeten, zo blijkt uit lit. [4]. Uit recent literatuur over onderzoek door DWR blijkt het volgende: het afstromend water bij een woonblok met rubberen folie op een zinken dakgoot heeft een gemiddelde concentratie van 83 µg/l, terwijl afstromend water van een referentie woonblok zonder de folie een gemiddelde concentratie van 840 µg/l gemeten heeft. Het onderzoek is uitgevoerd in 2002 en 2003 [28]. Door het aanbrengen van een dikke laag coating of het regelmatig aanbrengen van een nieuwe laag kunnen de risico's van uitloging beperkt worden. Zinken dakgoten kunnen gecoat worden met EDPM rubbercoating. Voor loden slabben kan gepatineerd worden of met EDPM gecoat worden [4]. Patineren is een chemische behandeling waardoor loodoxidatie voorkomen wordt. Omdat ook bij het toepassen van een coating een risico is op uitloging, wordt aanbevolen om ook in deze situaties af te koppelen via een zuiveringsvoorziening.

Platte daken worden veelal voorzien van bitumen met mogelijk extra PAK emissies. Voor zover bekend zijn hier geen emissiedata van bitumen bekend. Uit tabel 2.2. blijkt ook geen sterk verhoogde PAK concentraties bij de platte daken.

bestrijdingsmiddelen

Bestrijdingsmiddelen zijn niet opgenomen in tabel 2.2, omdat hiervan weinig gegevens zijn verzameld. Het RIZA heeft onderzoek uitgevoerd naar de afspoeling van bestrijdingsmiddelen vanaf verhardingen [30]. Uit dit onderzoek blijkt dat voor de afspoeling van glyfosaat uitgegaan kan worden van 12 tot 23%. Het betreft waarden die van toepassing zijn voor verharding van klinkers. Verder blijkt uit het onderzoek van RIZA dat het infiltratieproces nog onvoldoende onderzocht is. Ook is aangegeven dat voor dichte verhardingen hogere afspoelwaarden verwacht worden [30]. Direct afkoppelen van oppervlakken waar bestrijdingsmiddelen toegepast worden is hiermee ongewenst.

strooizout

Het effect van strooizout is nog onduidelijk. Het direct afkoppelen van wegen waar strooizout toegepast wordt, kan beschouwd worden als een knelpunt. In het CIW rapport 'Afstromend wegwater' [17] wordt het toepassen van strooizout op provinciale en snelwegen beschouwd als een noodzakelijke maatregel en is daarom niet onderzocht. In Wadi's doorgelicht [25] is aangegeven dat strooizout in de bermen van wegen over het algemeen geen probleem is, omdat het zout hierin sterk verdund terecht komt. Bij toepassing van een bovengronds infiltratiesysteem dient rekening mee gehouden te worden dat, strooizout grasmatten aan kan tasten. Door het vegen van de wegen op het moment dat er geen risico is op gladheid, kan het effect van strooizout verminderd worden.

wassen van auto's

Er is geen inzicht in het effect van het wassen van auto's. In de leidraad riolering, module B2100 is wel aangegeven dat afvalwater van wasstraten sterk vervuild is met zink.

2.3. Zuiveringsvoorzieningen

Bepaalde afkoppeltechnieken, zoals infiltratiesystemen, hebben een zuiverende werking. Daarnaast kunnen specifieke zuiveringstechnieken ingezet worden voorafgaand aan de afkoppeltechniek. In de onderstaande tabel worden de rendementen van de verschillende technieken aangegeven.

Tabel 2.3. Zuiveringsrendementen van verschillende voorzieningen in procenten

	BZV	N	P	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	ZN	PAK
rendement bovengrondse infiltratievoorziening met aanvoer van afstromend wegwater [17, 24] ^{1, 2}	90	50	50	90	90	90	90	90	90	
berm [17] ²					90			90	90	
verticaal helofytenfilter dat wegwater verwerkt [18] ⁴				55-100	63-69	40-71	15-90	76-98	67-96	
zuiveringsmoeras met bezinkbassin [18] ³		80	64	68	96	92	87	94	86	92
zuiveringsmoeras [18] ³		55	44	41	71	26	43	66		33
bezinkbassin [18] ³		71	36	62	85	87	43	66	85	88
bezinkbassin met wegwater vanuit ZOAB [17] ²					16			16	16	
bezinkbassin met wegwater vanuit DAB [17] ²					43			43	43	
Bergbezinkbassin (gesloten)	50	25	25		50				50	
Aquaflow [19]				>90	>90		>90	>90	0-95	

¹ Voor de metalen is 90% aangegeven [17].

² Voor de metalen van toepassing op het rendement van het totaal van Cu, Pb en Zn [24].

³ De waarden zijn gebaseerd op metingen bij een systeem dat afvoer van een regenwaterriool verwerkt (Erasmusgracht Amsterdam)

In de tabel zijn geen zuiveringsrendementen voor de bestrijdingsmiddelen aangegeven, omdat er onvoldoende inzicht is in het rendement hiervan.

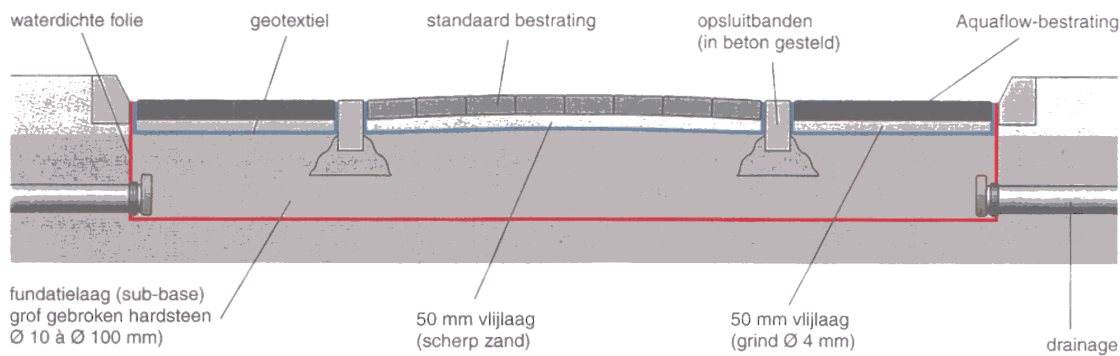
bovengrondse infiltratie

Bovengrondse infiltratievoorzieningen zoals wadi's en infiltratievelden met een toplaag teelaarde hebben een zuiverende werking met hoog rendement voor de zware metalen. Door middel van filtratie en adsorptie wordt in de bovengrondse infiltratievoorzieningen zware metalen en PAK afgevangen. Deze zuivering wordt mede veroorzaakt doordat zware metalen en PAK in afstromend water grotendeels in gebonden vorm aanwezig zijn [13].

ondergrondse infiltratie

Van ondergrondse infiltratievoorzieningen is weinig bekend over het zuiveringsrendement. Uit onderzoek bij Permeobuis in Apeldoorn is het volgende bekend. In het sediment in de buis is een lichte verontreiniging met zware metalen, PAK's en minerale olie aangetroffen, terwijl de verontreinigingen niet doorgedrongen waren tot in het zandcunet [9]. De verwachting is dat ook bij een ondergrondse voorziening een groot deel van de vervuiling wordt tegengehouden in de voorziening of in de grond direct rond de voorziening. Ondergrondse voorzieningen zijn nauwelijks te beheren, waardoor materiaal dat verzadigd is met verontreinigingen slecht te verwijderen is.

aquaflow



Afbeelding 2.3: Dwarsprofiel Aquaflow systeem (bron: Riotech, december 2001)

Ook systemen als Aquaflow hebben een zuiverende werking. De zuivering vindt plaats in de vlijlaag. In deze laag worden zware metalen gebonden. Als de vlijlaag volledig verzadigd is, dan dient deze vervangen te worden. Hiervoor dient de weg opnieuw bestraat te worden.

Op basis van een praktijkonderzoek in Engeland kan uitgegaan worden van rendementen voor de zware metalen nikkel, koper cadmium en lood van meer dan 90% [19]. Voor zink is met het praktijkonderzoek een lagere rendement gemeten, hetgeen mogelijk veroorzaakt wordt doordat het toegepaste materiaal in de onderzoeksofstelling adsorptie van de andere metalen prefereert boven adsorptie van zink [19].

overige systemen

Met zuiveringsmoerassen kan een hoog rendement bereikt worden. Het nadeel van een zuiveringsmoeras is dat de werking seizoensafhankelijk is. Andere mogelijkheden zijn open of gesloten bezinkbassin. Het rendement hiervan is, vergeleken met die van een infiltratievoorziening, beperkt. In een lamellenfilter kan het bezinkproces versneld worden. Het principe van een lamellenfilter is dat de bezinkhoogte beperkt is, waardoor deeltjes sneller zullen bezinken. Een lamellenfilter heeft hierdoor een beter zuiveringsrendement en wordt toegepast voor onder meer bedrijventerreinen, waaronder op het bedrijventerrein Wieken en Vinkenhoef in Amersfoort. Voor zover bekend is nochtans geen onderzoek uitgevoerd naar het rendement van lamellenfilters voor zuivering van afstromend hemelwater. In 2003 is in opdracht van de van de STOWA onderzoek uitgevoerd naar de effectiviteit van lamellenfilters in bergbezinkbassin. Hieruit is het rendement van de afscheider niet in beeld gebracht, omdat de meetopstelling hier niet geschikt voor was [31].

Een andere zuiveringsvoorziening die toegepast kan worden is een slibafvangput. Het rendement van een slibafvangput is afhankelijk van de belasting en de dimensie van de put. In NEN 7089 wordt aangegeven op welke wijze een slibafvangput gedimensioneerd kan worden [3]. Er is thans nog weinig inzicht in de korrelverdeling van het slib in afstromend regenwater en de bezinkeigenschappen hiervan. Het zuiveringsrendement van de slibafvangputten voor afstromend regenwater is hierdoor niet goed bekend [14].

doorslagtermijnen van infiltratievoorzieningen

Metalen adsorberen sterk aan grond. De adsorptie wordt versterkt bij een hoog organische stofgehalte. Uit kolom- en laboratoriumonderzoek bij infiltratieputten blijkt dat metalen onder praktijkomstandigheden vastgelegd worden in de bovenste centimeters van de infiltratievoorziening [23]. Er zijn reeds een aantal onderzoeken uitgevoerd naar de doorslagtermijnen van de zware metalen en PAK's in bovengrondse infiltratievoorzieningen. Voor zo ver bekend is geen onderzoek uitgevoerd naar de doorslagtermijnen in ondergrondse voorzieningen. In de onderstaande tabel staan de doorslagtermijnen aangegeven die in de literatuur aangegeven zijn.

Tabel 2.5. Doorslagtermijnen van infiltratievoorzieningen naar grondwater in jaren

voorziening	Cu	Pb	Zn	PAK	minerale olie
berm met afstromend water van DAB [17] ¹	13	70	6		
berm met afstromend water van ZOAB [17] ¹	55				
wadi's op leemarme zand [23] ²	7-36	9-90	2-18	1-500	4-26
wadi's op lemige zand [23] ²	36-108	54-358	7-36	1-500	4-26
andere systemen	niet bekend	niet bekend	niet bekend	niet bekend	niet bekend

¹ Toetsing aan streefwaarde, berekende doorslagtermijnen, de resultaten liggen in lijn met praktijkmetingen in bermen.

² Berekend aan de hand van adsorptiecapaciteit en Kd-waarden

De adsorptie van de metalen en PAK verschilt sterk en is afhankelijk van de samenstelling van het grond, de zuurgraad en de verdeling over de vaste of vloeibare fase. Met name voor PAK is sprake van een grote range in de verdeling over de vaste en vloeibare fase. Hierdoor is de adsorptierange en de range in doorslagtermijnen voor PAK groot. De aangegeven doorslagtermijn voor zink is vrij kort, maar wordt veroorzaakt doordat uitgegaan is van een grote belasting. Voor de doorslagtermijn van zink kan uitgegaan worden van 28 jaar (realistische case) en 9 jaar bij een worst case [23].

In het rapport van de CIW [17] is aangegeven dat bij het reguliere wegbermbeheer regelmatig de top-laag (circa 5 cm) van de berm geschraapt wordt, omdat anders na verloop van tijd het afstromen van water naar de berm wordt belemmerd. Het CIW geeft aan dat met het schrapen ook een deel van de verontreiniging afgevoerd wordt, zodat het doorslagpunt in de praktijk mogelijk nooit wordt bereikt.

2.4. Aandachtspunten bij verschillende gebieden

kwetsbare gebieden zoals grondwaterbeschermingsgebieden

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen kwetsbare en minder kwetsbare gebieden. Het CIW heeft hieromtrent aanbevelingen gedaan ten aanzien van afstromend hemelwater van wegen [17]. Kwetsbare gebieden vragen om een extra bescherming tegen verontreinigingen op grond van toegekende functies als natuurgebied, waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebied e.d. In grondwaterbeschermingsgebieden en waterwingebieden gelden algemene eisen aan bouwstoffen en inrichtingen waarmee al een risicobeperking op verontreinigingen verkregen wordt. Aanvullend wordt aanbevolen om een centrale beheersbare infiltratievoorziening toe te passen. Bovengrondse voorzieningen kunnen goed beheerd worden en hebben dan de voorkeur. In specifieke gevallen kan er aan gedacht worden om het water buiten het kwetsbare gebied te brengen. Diepe infiltratie is ongewenst. De verantwoordelijkheid voor de controle en het beheer ligt in principe bij de gemeente.

Aanbevolen wordt om een provinciale kaart op te stellen waarop de kwetsbare gebieden aangegeven zijn, zodat richting gemeenten en projectontwikkelaars duidelijk wordt of aanvullende maatregelen als beheerd infiltreren noodzakelijk zijn.

bedrijventerreinen

In principe heeft het afstromend regenwater van industriegebieden geen slechtere waterkwaliteit dan die van bijvoorbeeld wegen. Wel dient rekening mee gehouden te worden dat hier sprake kan zijn van een grotere risico op calamiteiten. Bij kantoorterreinen is dit risico minimaal. Deze kunnen dan ook op dezelfde wijze behandeld worden als de woonwijken.

Risicolocaties voor calamiteiten vormen opslagplaatsen en laad- en losplaatsen en bedrijventerreinen met zware industrie. Het betreft de locaties die vanuit de milieuvergunning voorzien dienen te zijn van een vloeistofdichte vloer vanwege risico's op bodemverontreiniging. Daarom wordt aanbevolen om deze locaties aan te sluiten op de riolering of om te zorgen voor overkappingen. Overige terreinen kunnen gewoon afgekoppeld worden. Hier wordt wel aanbevolen om beheersbare afkoppelvoorzieningen aan te leggen. Door controle kunnen eventuele calamiteiten opgespoord worden, die niet meteen gesignaleerd waren. Parkmanagement op de bedrijventerreinen kan voorzien in de onderhoud en controle van de centrale voorzieningen. Hiertoe wordt aanbevolen om beheersovereenkomsten op te stellen. Verder wordt aanbevolen om afsluiters aan te leggen die dichtgezet kunnen worden bij calamiteiten.

Op basis van de zonering (milieucategorieën) van de bedrijven in het bestemmingsplan kan beoordeeld worden of afkoppelen van grondoppervlakken toegestaan wordt en in welke vorm. Hierbij wordt het volgende voorgesteld:

- bedrijventerreinen met bedrijven in milieucategorie 1 en 2 kunnen op dezelfde wijze beoordeeld worden als woonwijken;
- bij bedrijventerreinen met bedrijven in milieucategorie 2 en 3 gelden aanvullende eisen (beheersbare centrale voorzieningen, afsluiters);
- bedrijventerreinen met bedrijven in milieucategorie 4 en 5 worden aangesloten op de riolering.

Met de WVO, keur, bouwverordening en besluit bodembescherming kunnen dan vervolgens specifieke eisen op bedrijfsniveau gesteld worden (noodzaak overkappingen, onderdelen die niet afgekoppeld kunnen worden etc.).

bestaand gebied

In principe kunnen in bestaande gebieden alle afkoppeltechnieken gebruikt worden, enkele technieken zijn echter makkelijk aan te leggen. Zo is een greppel, infiltratiesleuf of doorlatende buis makkelijk in een bestaande berm aan te leggen. Een park kan geschikt gemaakt worden als infiltratieveld.

Mogelijkheden voor afkoppelen zijn er vooral in combinaties met reconstructie en herstructurering [2]. Daarnaast zijn gebiedsspecifieke kenmerken belangrijk voor de haalbaarheid van afkoppelen. Zo is in geval van goed doorlatend grond of ligging nabij een beek of een vijver de kans van slagen van afkoppelen groter. Bovendien dient bij een bestaand gebied rekening gehouden te worden met kruisingen van bestaande kabels, leidingen riolering. Bij projecten waar bijvoorbeeld door de kleinschaligheid er van niet meteen afgekoppeld kan worden, kan wel alvast gezorgd worden voor het afzonderlijk aansluiten van het afstromend hemelwater. Deze kan dan later op een afkoppelsysteem aangesloten worden.

Intermezzo

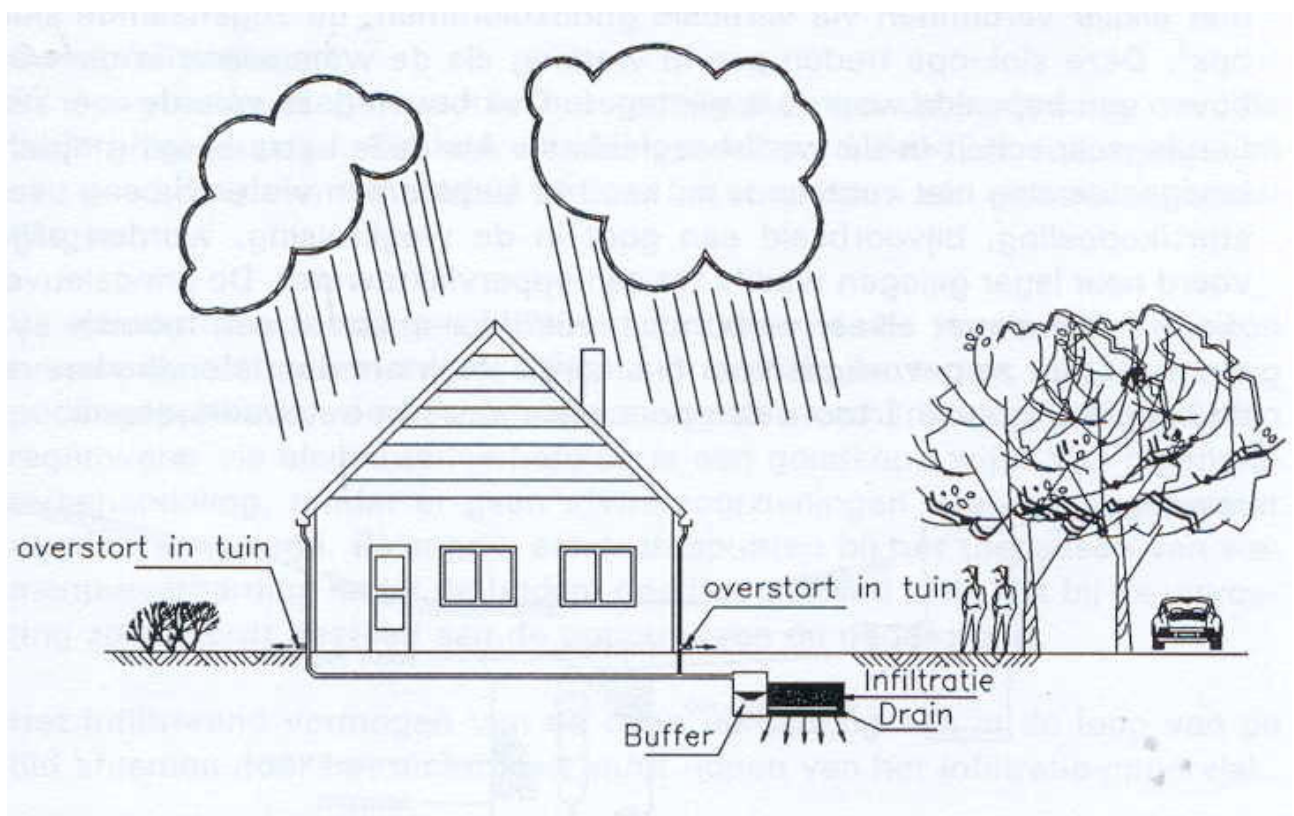
Doordat er hoge kosten zijn bij afkoppelen in bestaand gebied, wordt er veelal adhoc afgekoppeld. Soms, zoals bij de Bosstraat in de gemeente Vaals, wordt vooruitlopend bij reconstructieprojecten een gescheiden rioolstelsel aangelegd, zonder dat de afvoer ook direct afgevoerd wordt op een oppervlaktewater of via een infiltratievoorziening. In de gemeente Vaals ligt de Bosstraat niet direct bij een watergang en zijn de mogelijkheden voor infiltratie beperkt door de aanwezigheid van een slecht doorlatende laag. Het regenwaterriool voert vooralsnog af op het gemengd stelsel. Hierdoor werkt dit nochtans wei-

nig motiverend en lijkt het project te falen. In de toekomst als de kans zich voordoet, is de gemeente van plan om het regenwaterriool af te laten voeren op een watergang.

Belangrijk is voorlichting en dan niet alleen in beginfase maar herhaaldelijke voorlichting, zodat men er van bewust blijft dat het gebied afgekoppeld is. Voorlichting kan in de vorm van voorlichtingsbijeenkomsten en informatiefolders. De waterbeheerders kunnen zorgdragen voor voorlichting op regionaal niveau. De gemeenten voor de voorlichting op lokaal niveau. Hieromtrent wordt afstemming tussen de waterbeheerders en de gemeenten aanbevolen.

Bij afkoppelen in bestaand gebied waarbij particulieren betrokken zijn, wordt kan gekozen worden om afkoppelovereenkomsten af te sluiten, zodat gestimuleerd wordt om de oppervlakken ook in de toekomst schoon te houden. De overeenkomst wordt dan afgesloten tussen de gemeente, als verantwoordelijke instantie voor het beheer en de instandhouding van de afkoppelvoorzieningen en de eigenaar van het perceel waarop afgekoppeld is.

In bestaande gebied kan afkoppelen op perceelsniveau een oplossing zijn indien elders geen ruimte is.



Afbeelding 2.4.: Voorbeeld afkoppelen op perceelsniveau (bron: [29]).

Afkoppelen op perceelsniveau heeft als nadeel dat ook het onderhoud en beheer op een kleinschalige niveau plaats dient te vinden. Hierdoor is de inspanning voor controle, beheer en onderhoud groot. In 'Wadi's doorgelicht' [25] is aangegeven dat het toepassen van infiltratie op particulier terrein stuit op juridische bezwaren omdat dan onduidelijk is wie verantwoordelijk is voor waterafvoer en de instandhouding van het systeem. Daarom wordt afkoppelen op perceelsniveau over het algemeen afgeraden. Alleen in zeer specifieke gevallen is het dan een optie.

nieuwbouwgebied

In het nieuwbouwgebied zijn de mogelijkheden voor afkoppelen goed, omdat hier bovengronds of ondergronds ruimte gereserveerd kan worden voor de afkoppelvoorzieningen. Bovendien kunnen in nieuwbouwgebieden de kosten van het afkoppelen doorgerekend worden in de grondexploitatie.

In nieuwbouwgebieden kan middels koopcontracten beperkt worden dat er verontreinigende activiteiten, als toepassen uitlopende materialen, wassen van auto's of bestrijdingsmiddelen worden toegepast. Belangrijker nog is een goede communicatie. Dit kan bij start met de ontwikkelende partijen (projectontwikkelaar/bouwondernemer). Door in de verkoopbrochures een passage op te nemen over water kan reeds in een vroeg stadium het gedrag van bewoners beïnvloed worden. Ook na realisatie is voorlichting nodig over materiaal- en ruimtegebruik.

In de waterparagraaf van de bestemmingsplannen moeten afspraken gemaakt worden ten aanzien van afkoppelen, zoals de ruimtereservering van de afkoppelvoorzieningen en ontvangende watergangen. In het rapport Wadi's doorgelicht [25] is aangegeven dat bestemmingsplannen onvoldoende houvast voor het 'dwingend' voorschrijven van bronmaatregelen. Daarom wordt aanbevolen om de implementatie van bronmaatregelen te toetsen met de WVO, keur, bouwverordening en besluit bodembescherming.

3. ONDERZOEKSFASE

In de onderzoeksfase worden de omgevingsfactoren vastgesteld. Deze factoren hebben grote invloed op de mogelijkheden van de verschillende afkoppeltechnieken. In dit hoofdstuk worden de aandachtspunten in de onderzoeksfase behandeld. Bovendien wordt een checklist gegeven voor het toetsen van afkoppelprojecten in de onderzoeksfase. Hiermee worden handvatten gegeven voor eventuele bijstelling van de beslisboom.

3.1. Geohydrologisch onderzoek

Het geohydrologisch onderzoek bestaat uit het vaststellen van de doorlatendheid, aanwezigheid van doorlatende lagen (bijvoorbeeld grindlagen), aanwezigheid van slecht doorlatende lagen en het bepalen van de voorkomende grondwaterstanden (GHG en GLG).

3.1.1. Doorlatendheid

uitvoering

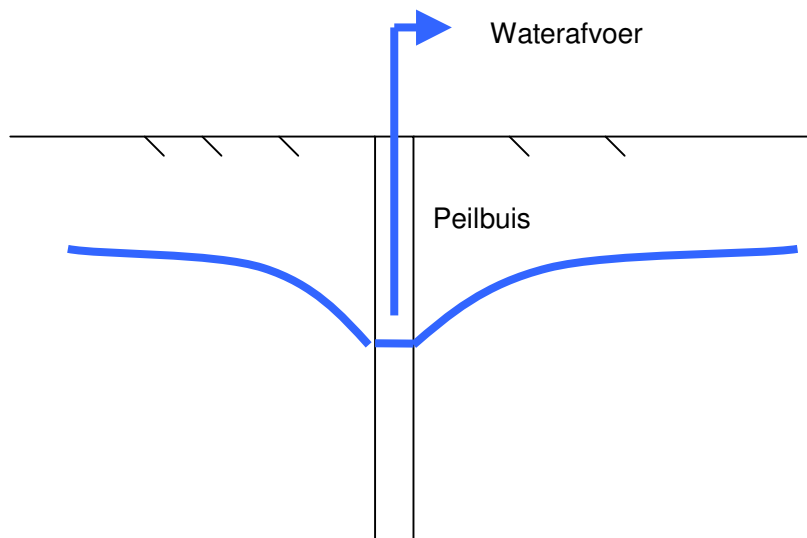
Het uitvoeren van grondonderzoek wordt meestal uitgevoerd voor het vaststellen van de doorlatendheid van de ondergrond. Vaak kan gebruik gemaakt worden van de resultaten van geotechnisch en milieutechnisch bodemonderzoek. Met behulp van de resultaten van grond(water)kaarten, boringen en sonderingen kan vastgesteld worden op welke diepten waterdoorlatende lagen en op welke diepte slecht doorlatende lagen als klei-, leem en löss aanwezig zijn. Ook kunnen algemene kaarten met k-waarden gebruikt worden. Hierbij dient dan wel rekening mee gehouden te worden dat deze meestal alleen de k-waarde van de verzadigde zone bevatten, terwijl juist de k-waarde van de onverzadigde zone maatgevend is. De k-waarde van onverzadigde grond is lager dan die van verzadigde grond.

Er dient verder bij interpretatie van de gegevens rekening gehouden te worden met het verschil tussen de verzadigde en de onverzadigde doorlatendheid. Indien infiltratie plaats vindt in de onverzadigde zone plaatsvindt, dan dient de beoordeling op basis van de doorlatendheid van de onverzadigde zone plaats te vinden. Veelal wordt voor het doorvertalen van de verzadigde k-waarde naar de onverzadigde k-waarde een reductiefactor van 2 aangehouden. Op basis met waarnemingen met proefopstellingen in Duiven is vastgesteld dat bij de dimensionering van Permeobuizen rekening gehouden dient te worden met een reductiefactor voor de doorlatendheid van 2,2 voor grof zand tot 3,4 voor middelgrofzand (voor zover bekend zijn geen waarden lössgronden beschikbaar). Dit is dus veel groter dan de factor 2 die veelal gehanteerd wordt bij het ontwerp van een dergelijke systeem [9].

Voor een goede bepaling van het doorlaatvermogen wordt aanbevolen om doorlatendheidsmetingen uit te voeren. In situ doorlatendheidsproeven zijn daarbij het meest betrouwbaar, omdat hierbij ook meteen het effect van eventuele storende lagen in beeld komt.

verzadigde zone

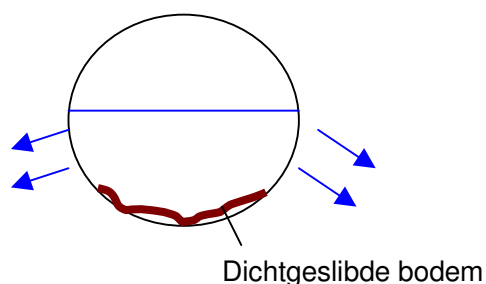
In de verzadigde zone kan de Hooghoudtmethode, de Stopproef of de Kubusmethode worden uitgevoerd. Met de Kubusmethode wordt de verticale doorlatendheid in de Kubus vastgesteld (meestal 25 cm). Daarom gaat de voorkeur uit naar de Hooghoudtmethode of Stopproef. De meest gangbare methode voor het uitvoeren van doorlatendheidsmetingen is de Hooghoudtmethode. De Hooghoudtmethode is eenvoudig toe te passen. Bij deze methode vindt een boring plaats waarbij een peilbuis aangelegd wordt. Daarna wordt de proef uitgevoerd. Er wordt dan water uit de peilbuis onttrokken waarbij vervolgens wordt vastgesteld hoe snel het water in de peilbuis stijgt. De Stopproef is vergelijkbaar met Hooghoudtmethode. Bij de Stopproef wordt een peilbuis met een constant debiet leeggepompt totdat de stijghoogte niet meer afneemt. Daarna wordt het stijgen van de stijghoogte gemeten in de tijd. Het resultaat van de Stopproef heeft een grotere betrouwbaarheid dan die van de Hooghoudtmethode



Afbeelding 3.1.: Weergave meetopstelling bij Hooghoudtmethode en Stopproef

Onverzadigde zone

In de onverzadigde zone zijn de omgekeerde Hooghoudtmeting, de constant head permeameter, en de infiltrometer test geschikt. De infiltrometer is alleen geschikt voor het bepalen van de verticale doorlatendheid. Daarom gaat de voorkeur uit naar de anderen methoden.



Afbeelding 3.2.: Belang van horizontale doorlatendheid, voorbeeld met Permeobuis

Bij de omgekeerde Hooghoudtmethode wordt een bepaald volume water wordt in het boorgat gegoten en vervolgens wordt de dalingsnelheid van de waterstand in gat gemeten. Met behulp van de dalingsnelheid kan de doorlatendheid berekend worden. De constant head methode is vergelijkbaar met de Hooghoudtmethode. Ook hier wordt een peilbuis geplaatst. Hierbij wordt de peilbuis van door een constante van een vast peil voorzien. Het resultaat van de constant head methode is betrouwbaarder dan die van de Hooghoudtmethode.

Voor de diepte tot waarop de hooghoudmeting wordt uitgevoerd, dient niet alleen rekening gehouden te worden met de gewenste aanleghoogte van een voorziening. Indien uit boringen of sonderingen blijkt dat er mogelijk storende lagen aanwezig zijn, dan wordt aanbevolen om ook dieper te boren (tot een diepte van 2,5 m), zodat het effect van eventuele slecht doorlatende lagen in beeld komt. Voor het aantal boorlocaties wordt door Witteveen+Bos voorgesteld voor het verkrijgen van een gebiedsdekkend beeld:

- bij een oppervlak tot 10 ha: 5 boorlocaties met aanvullend 1 boorlocatie per 2 ha;
- bij een oppervlak van meer dan 10 ha: 10 boorlocaties met aanvullend 1 boorlocatie per 10 ha.

Naarmate het oppervlak toeneemt zijn dus minder boringen/ha nodig om een gebiedsdekkend beeld te krijgen.

Het uitvoeren van grondonderzoek wordt gedaan om vast te stellen in welke mate het water infiltreert in verschillende diepten. Het bepaalt hiermee deels de keuze voor het type infiltratiesysteem en geeft aan welke aanvullende maatregelen getroffen dienen te worden. In feite is infiltratie altijd mogelijk. Naarmate de infiltratiecapaciteit afneemt, zal echter een grotere berging gerealiseerd moeten worden waardoor de kosten van de voorziening duurder groter bij lagere rendementen. Bij lagere doorlatendheden (indicatief $<0,4$ m/d) kan gedacht worden aan het toepassen van een infiltratiesysteem in combinatie met bijvoorbeeld afvoer op oppervlaktewater.

Verder kan bij een slechte doorlatendheid het water via een put afgevoerd worden naar dieper gelegen watervoerende lagen. In bepaalde delen van Limburg liggen onder de slecht doorlatende lagen grindlagen die gebruikt kunnen worden voor de berging en afvoer van water. Daarnaast kunnen aanvullende maatregelen getroffen worden zoals het doorbreken van slecht doorlatende lagen [5]. Opgemerkt wordt dat direct diepe infiltratie alleen een goed alternatief is, indien de kwaliteit van het afstromend hemelwater goed is en er geen verhoogde risico's op calamiteiten. Ook is diepe infiltratie in grondwaterbeschermingsgebieden ongewenst.

Intermezzo

In Kerkrade, Vaals en Hulsberg infiltratievoorzieningen aangelegd, terwijl er lössgrond of ander slecht doorlatende lage aanwezig zijn:

- In Kerkrade zijn infiltratieboxen geplaatst waarbij op een aantal locaties boringen door de lössgrond gemaakt, waardoor het water naar de onderliggende zand- en grindlagen wordt afgevoerd [lit. 7].
- In Hulsberg, waar sprake is van lössgrond, is een infiltratieveld aangelegd met grondverbetering (aanbrengen grindlaag) tot de goed doorlatende laag op 3-4 m diep [8].
- In de nieuwbouwwijk Esberg Noord in Vaals is een infiltratieveld aangelegd met verticale drains tot 9 m diep waardoor er contact is met de goede doorlatende onderlaag.
- In Schimmert is een aantal infiltratievijvers aangelegd in lössgrond. Omdat de infiltratiecapaciteit beperkt is, is een noodoverlaat op de riolering aangebracht [8]. Hiermee wordt enige bijdrage geleverd aan de aanvulling van het grondwater.
- In de nieuwbouwwijk Hazendans in Maastricht zijn twee infiltratievijvers aangebracht, waarbij drains naar de 11 m diepe grindlaag zijn aangebracht. Hierbij functioneert één van de twee vijvers naar wens [8]. In de informatiebron [8] is niet aangegeven waarom de ene vijver wel functioneert en de andere niet.

3.1.2. Grondwaterstanden

onderzoek

Voor het verkrijgen van inzicht van grondwaterstanden wordt meestal gebruik gemaakt van grondwaterkaarten, bodemkaarten met grondwatertrappen, peilbuisgegevens in de omgeving waaronder die van TNO. Aanbevolen wordt om ook onderzoek ter plaatse uit te voeren. Er dient hierbij rekening gehouden te worden dat de grondwaterstanden variëren in de tijd. Metingen van de grondwaterstanden dienen bij voorkeur ook natte perioden te bevatten. Aanbevolen wordt om de grondwaterstanden in ieder geval ook in het winterhalfjaar te meten. Verder is voor een goede interpretatie van meetgegevens vergelijking met resultaten van TNO peilbuizen en vergelijking met inzichten uit kaarten met grondwatertrappen nodig.

De grondwaterstand is bepalend voor de diepte van de infiltratievoorziening. Bij hoge grondwaterstanden is ondergrondse infiltratie minder geschikt. Op basis van literatuur, waaronder [4] kan voor ondergronds infiltreren uitgegaan worden van een GHG van minimaal 1,0 m –mv. Voor bovengrondse infiltratie kan uitgegaan worden van een GHG van minimaal 0,5 m-mv [4].

aanwezigheid van bodemverontreinigingen

Onder andere door het 'mijnverleden' in Limburg en historische bodemverontreinigingen, is op diverse locaties in Limburg sprake van een bodemverontreiniging. Er dient verder rekening te houden dat bij

een eventuele aanwezigheid van een bodemverontreiniging er een risico bestaat voor verspreiding van de verontreiniging door het infiltreren van regenwater [12]. Daarom wordt aanbevolen om bodemkwaliteitskaarten en andere informatie over de bodemkwaliteit te raadplegen. Aanvullend kan mede op basis van deze informatie gekozen worden om de kwaliteit van de bodem te onderzoeken.

3.2. Onderzoek waterberging

De aanwezigheid van een beek of een vijver in de omgeving van het afkoppelproject, betekent dat er mogelijkheden zijn voor afkoppelen via voorzieningen die een afvoer of nooduitlaat hebben naar oppervlaktewater, zoals IT-riolen, ondergrondse infiltratievoorzieningen en wadi's.

Om piekafvoeren op het oppervlaktewater te voorkomen, dient uitgegaan te worden van lozing via een buffer. Er dient getoetst te worden aan de bergingseisen van het waterschap (in bijlage III zijn de richtlijnen van het waterschap Peel en Maasvallei opgenomen). Het direct afkoppelen van bestaande bebouwing op oppervlaktewateren hoeft niet meteen een toename van de retentieoppervlak te betekenen. Door het afkoppelen in bestaande gebieden neemt de berging in de riolering toe (in mm). Hiertoe zal, bij een onveranderde absolute berging in de riolering, de piekafvoeren de overstorthoeveelheid vanuit de overstorten afnemen. Veelal wordt met een waterbalans vastgesteld of er een toename van de waterafvoer naar het oppervlaktewater plaatsvindt. Er dient evenwel rekening gehouden te worden dat het lozingspunt van de afkoppeloppervlakken op een andere locatie kan plaatsvinden dan die van de overstorten van het gemengde stelsel. Bij een beperkte afvoercapaciteit van de watergang kan dan ondanks dat er geen netto toename van de waterafvoer plaatsvindt, alsnog wateroverlast ontstaan.

Intermezzo

In de gemeente Voerendaal is deels een gescheiden rioolstelsel aanwezig met afvoer op de Hongerbeek. In 2002 heeft wateroverlast in Voerendaal plaatsgevonden, doordat de afvoercapaciteit van de Hongerbeek onvoldoende was. De oorzaak van de piekafvoer werd veroorzaakt door een extreme neerslagafvoer. Daarnaast is de afmeting van de beek en hierin gelegen duikers onvoldoende afgestemd op de afvoeren van het gescheiden stelsel [6].

4. ONTWERPFASE

Er zijn diverse rapporten waarin aangegeven wordt op welke wijze een voorziening gedimensioneerd kan worden, waaronder de Leidraad Riolering. De heer Frans van de Ven, specialist stedelijk waterbeheer bij de TU Delft, heeft aangegeven dat de Leidraad voldoende uitgewerkt is op welke wijze afkoppelvoorzieningen ontworpen dienen te worden. Daarnaast gaf hij aan dat het welslagen van de verschillende afkoppeltechnieken vooral afhangt van de aanleg en randvoorzieningen, zoals een blad- en zandvang.

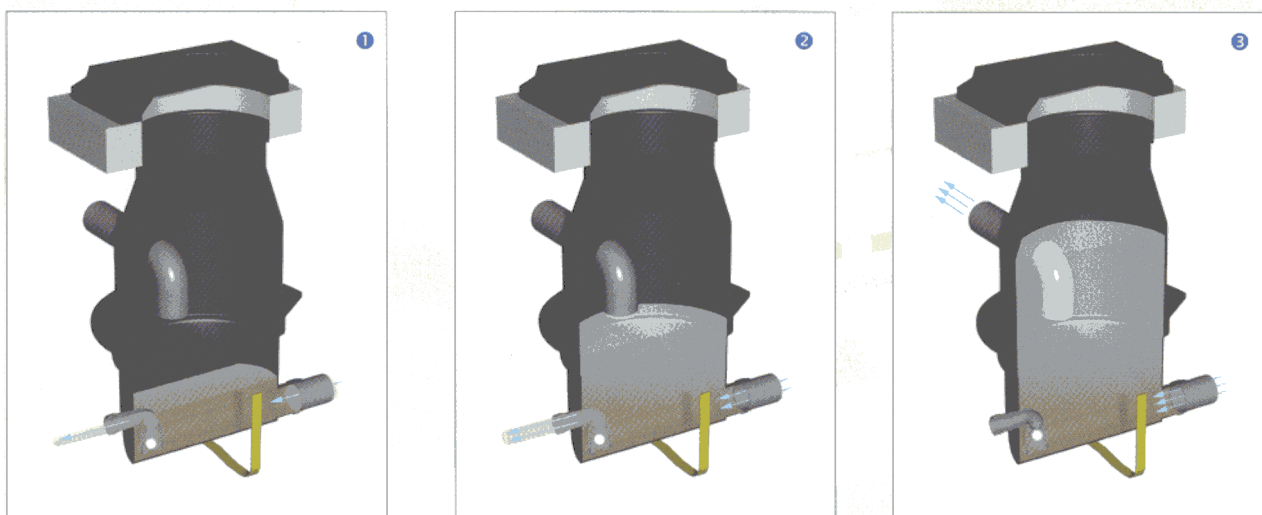
Voor de algemene ontwerpbeginsselen wordt verwezen naar de module B2100 Doelmatige omgang met hemelwater; technische instrumentarium van de leidraad riolering. Voor de specifieke richtlijnen dient het waterschap benaderd te worden. Het waterschap Peel en Maasvallei heeft op basis van haar beleid een overzicht gemaakt van richtlijnen, hetgeen opgenomen is in bijlage III. Het gebied van het waterschap Roer en Overmaas kent grote verschillen in maaiveldhoogten, verhang en bodemopbouw. De richtlijnen van het waterschap zijn afhankelijk van de kenmerken in het gebied. Het waterschap heeft vooralsnog geen overzicht van de richtlijnen opgesteld. Mogelijk zal hier op korte termijn invulling aan gegeven worden.

Bij veel afkoppelprojecten is afkoppelen met succes toegepast. Desondanks zijn er ook problemen bekend bij uitwerking in een definitief ontwerp, de uitvoering of nazorgfase. Oorzaken van de problemen zijn bijvoorbeeld kruisingen van afwateringsgoten, onvoldoende ruimte voor de voorzieningen, te geringe capaciteit, geen zandvang toegepast of verdichting van de bodem. Met een goed ontwerp kunnen de meeste problemen voorkomen worden. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste aandachtspunten aangegeven voor het ontwerp van afkoppelsystemen.

4.1. Foutieve aansluitingen

Een bekend probleem bij het aanleggen van een afkoppelsysteem is het probleem van de foutieve aansluitingen. Bij het gebruik van een grijswatercircuit kan een foutieve aansluiting leiden tot gevaar voor de volksgezondheid. Door zichtbaar afvoer kunnen foutieve aansluitingen voorkomen worden. Zelfs als gekozen wordt voor een afvoersysteem met ondergrondse afvoer, kan in ieder geval op perceelniveau gekozen worden voor oppervlakkige afvoer. Hiermee wordt het risico op foutieve aansluitingen aanzienlijk verminderd.

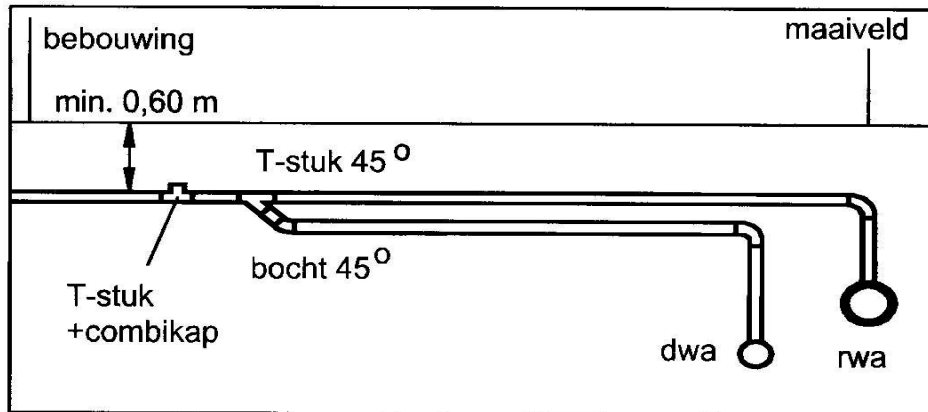
Een korte termijn oplossing voor het beperken van het effect van foutieve aansluitingen is het toepassen van scheidingsputten.



Afbeelding 4.1.: Voorbeeld van een scheidingsput (Smart Drain, Azura, WAVIN)

Een scheidingsput zorgt er voor dat het eerste deel van het afstromende regenwater wordt afgevoerd naar het gemengde rioelstelsel. Bij toenemende vulling kan het systeem overlopen naar oppervlaktewater of een infiltratievoorziening.

Thans zijn ook zogenaamde spruitstukken in ontwikkeling voor het ombouwen van gemengde stelsels naar een gescheiden stelsel.



Afbeelding 4.2. Principe van het spruitstuk (bron: [26])

De spruitstuk wordt dan op de erfgrans geplaatst. Hiermee wordt de 'first flush' naar de dwa afgevoerd. Het schonere water wordt naar de rwa afgevoerd. Er worden thans praktijkproeven opgestart naar de werking van deze spruitstukken [26]. Voor ze over bekend is nog geen inzicht in het aandeel van het water dat in de praktijk afgevoerd wordt naar de rwzi.

4.2. Verhang

Voor oppervlakkige afvoer, bijvoorbeeld middels goten, dient het nodige verhang aanwezig te zijn (minimaal ca. 1:350). Bij het ontbreken van een natuurlijk verhang, dient het gewenste verhang in de greppels gerealiseerd te worden. Een grillig verloop van het maaiveld kan een probleem vormen voor oppervlakkige afvoer. Ook is het mogelijk dat er sprake van een te groot verhang, waardoor de afvoer niet met greppels beheerst kan worden.

4.3. Wateroverlast

In het verleden is bij diverse projecten wateroverlast opgetreden, doordat bepaalde aspecten over het hoofd zijn gezien bij het ontwerp.

uitvoering

Bij bouwwerkzaamheden wordt vaak zwaar materieel toegepast. Hierdoor is een risico op het verdichten en vermeren van de bodem waardoor de doorlatendheid afneemt. De doorlatendheid, waarop het systeem ontworpen is, is hierdoor niet meer aanwezig. Zo is in een afkoppelproject in Schimmert gebleken, dat de lössgrond soms door de bouwactiviteiten al voor een deel dichtslibden [8]. Daarom wordt aanbevolen om de grond door te spitten voorafgaand aan eventuele ophoging en voorafgaand aan de inrichting van de infiltratievoorziening. Ook dient er op gelet te worden dat bij ophogen geen slecht doorlatend grond gebruikt wordt. Verder dienen eventuele storende lagen doorgebroken te worden.

Bouwwerkzaamheden worden vaak gefaseerd uitgevoerd. Bij het ontwerp van de voorzieningen dient rekening gehouden te worden dat het systeem ook in de verschillende fasen functioneert. Dit kan betekenen dat in de tussenfasen tijdelijke noodvoorzieningen getroffen dienen te worden, zoals bemaling, noodoverlopen, tijdelijke waterberging etc.

noodoverloop

Er kan nog niet goed voorspeld worden in welke mate de infiltratiecapaciteit van infiltratievoorzieningen zal afnemen. Onderzoek naar de afname van de infiltratiecapaciteit bij Permeobuizen heeft plaatsgevonden in Apeldoorn. Hieruit is een afname van de infiltratiecapaciteit in het eerste jaar waargenomen. Na het eerste jaar zijn geen resultaten bekend vanwege hoge grondwaterstanden door bouwactiviteiten [9]. In Ruwenbos te Enschede is drie jaar na aanleg van wadi's nog geen wezenlijke afname van de leeglooptijden waargenomen. Het effect op de langere termijn is echter nog niet bekend.

In geval van infiltratievoorzieningen wordt aanbevolen in het ontwerp ook rekening gehouden te worden met het gevolg bij de worst-case zonder infiltratie. Hiermee kan geanticipeerd worden door het ontwerp van de noodoverloop en de voorziening waarop de noodoverloop afvoert. Ook andere voorzieningen, zoals open verhardingen slibben dicht na verloop van tijd, waardoor de infiltratiecapaciteit afneemt.

Een noodoverloop kan een overloop zijn vanuit een centrale voorziening naar het oppervlaktewater of het gemengde stelsel. Bijvoorbeeld een zogenaamde slok-op in een wadi. Bij een decentrale voorziening waarop alleen daken zijn afgekoppeld, kan bijvoorbeeld ook een noodoverloop met afvoer op straat worden uitgevoerd. Vervolgens kan het water dan afstromen op de afvoerputten van het rioolstelsel. Ook bij het aanleggen van doorlatende verhardingen is het verstandig om te zorgen voor een noodoverloop naar bijvoorbeeld een infiltratieveld die op gelijke hoogte is aangelegd of iets hoger aangelegde rioolkolken.

Bij een noodoverloop naar de riolering, kan een risico bestaan dat bij calamiteiten en extreme situaties het rioolwater vanuit de riolering af gaat voeren naar de infiltratievoorziening. Indien uit een analyse van de riolering blijkt dit een gegrond risico is, dan wordt aanbevolen om een terugslagklep aan te brengen.

blad- en zandvang

Verder dient er rekening mee gehouden te worden dat bepaalde systemen alleen goed functioneren als een goede zandvang aangelegd is. Löss is moeilijk op te vangen. De gemeente Roerdalen heeft slechte ervaringen met een grijswatercircuit, waarbij de pompen verstopt zijn geraakt door het slecht functioneren van een zandvang. Blad en zandvangen worden aanbevolen bij systemen waar pompen toegepast worden en bij ondergrondse infiltratiesystemen.

drainage

Bij nieuwbouw dient grondwater neutraal gebouwd te worden. Dit betekent dat voor het verkrijgen van de gewenste ontwateringsdiepten opgehoogd dient te worden. Om wateroverlast in bestaande gebied te voorkomen kan het in specifieke gevallen nodig zijn om een drainagestelsel onder de infiltratievoorziening aan te leggen. Om te voorkomen dat het drainagestelsel een ongewenste werking zoals verdroging heeft, kan bijvoorbeeld gekozen worden voor het toepassen van een regelput. Met de regelput kan dan het ontwateringsniveau ingesteld worden, zodat het systeem water infiltreert in de droge perioden en de mogelijkheid heeft tot drainage bij hoge waterstanden [11]. Zo wordt een de wadi systeem in Enschede door middel van de instelput het peil opgezet in het najaar en vervolgens verlaagd in het voorjaar [12].

In de onderstaande intermezzo wordt ingegaan op de materiaalkeuze, hetgeen ook een aandachtspunt voor het ontwerp vormt.

Intermezzo

Ook de materiaalkeuze is een aandachtspunt bij het ontwerp. Enkele aandachtspunten die uit de literatuur volgen, zijn:

- De doorlatendheid van de voorzieningen kan beperkt worden indien een (te) dicht verweven antiworteldoek gebruikt wordt [1]. In de leidraad riolering is aangegeven dat de voorkeur uitgaat naar het toepassen van mechanisch gebonden vliezen.
- Indien doorlatende verhardingen toegepast worden, dan dient rekening gehouden te worden met de

duurzaamheid hiervan. In de gemeente Utrecht is een praktijkonderzoek met doorlatende verhardingen uitgevoerd. Hierbij is onder anderen een verharding van vezels, zand en epoxyhars getest. Na drie maanden bleek de verharding niet duurzaam te zijn; er werden snel diverse beschadigingen aangetroffen [8]. Gewone betonklinkers, klinkers en tegels zijn wel duurzaam.

- Indien men de intentie heeft om een infiltratievoorziening aan te leggen in een zandcunet, kan rekening gehouden worden met een grote doorlatendheid in cunet. Een goede doorlatendheid kan veelal gerealiseerd worden door het toepassen van zand zonder fijne fracties [8]. Nadeel is dat er dan minder verontreinigingen worden afgevangen.

5. NAZORGFASE

Bij het ontwerp dient al rekening gehouden te worden met mogelijkheden van onderhoud en inspectie in de nazorgfase. Bovengrondse voorzieningen dienen zodanig ingericht te worden dat het gemaaid kan worden. Voor machinaal onderhoud betekent dit bijvoorbeeld geen steile taluds en bereikbaarheid van de machines. Bij ondergrondse voorzieningen dienen onderhoudsputten aanwezig te zijn en dient de inrichting zodanig te zijn dat onderhoud uitgevoerd kan worden. Aan- en afvoerleidingen en drains dienen voorzien te zijn van doorspuitpunten. Verder dient rekening gehouden te worden, dat indien gekozen is voor kleinschalige voorzieningen, ook het onderhoud op dit niveau uitgevoerd dient te worden.

De nazorgfase is sterk afhankelijk van de afkoppeltechniek die gehanteerd wordt. In bijlage II worden de verschillende afkoppeltechnieken behandeld, alsmede het beheer en onderhoud. In dit hoofdstuk worden de headlines ten aanzien van het beheer en onderhoud en ten aanzien van monitoring behandeld.

5.1. Beheer en onderhoud

De onderhoudswerkzaamheden zijn afhankelijk van de voorziening. De volgende onderhoudswerkzaamheden kunnen uitgevoerd worden:

- Doorlatende verhardingen dienen regelmatig onderhouden te worden door middel van veeg/zuigen. Daarnaast dient de doorlatende verharding eens per 2-3 jaar gereinigd te worden met een ZOAB-cleaner [leidraad riolering, module B2100]. Mogelijk is er een risico op het wegzuigen van zandcunetten met een ZOAB cleaner. Voor zo ver bekend zijn er geen negatieve ervaringen met het toepassen van een ZOAB cleaner.
- De doorworteling van de vegetatie, meestal gras, in bovengrondse voorzieningen zorgt voor het handhaven van de doorlatendheid. Het gras dient regelmatig gemaaid te worden (wekelijks in het groeiseizoen, 26 x/jr [24]). Verder kunnen zwerfvuil en bladeren kunnen zorgen voor een afname van de infiltratiecapaciteit. Deze dienen dan ook regelmatig verwijderd te worden. De toplaag dient losgewerkt te worden voor een goede doorlatendheid (1x/5 jaar). In de toplaag accumuleren verontreinigingsstoffen. Na verloop van tijd dient de toplaag verwijderd te worden. Het is nog niet goed bekend wanneer dit plaats dient te vinden [24], uitgegaan kan worden van 1x/20 jaar (indicatief).
- Ook in ondergrondsevoorzieningen vindt een ophoping van verontreiniging in het grond plaats en kunnen verontreinigingen zorgen voor dichtslibben. Gewone rioolbuizen worden gereinigd met behulp van een starre spuitkop dat zich over de bodem verplaats. Het onderhouden met deze techniek is niet voldoende voor de gehele wandomtrek van een Permeobuis. Er bestaat zelfs een risico dat het oppervlakkige vuil dieper in de poriën wordt gespoten. Thans zijn nieuwe methoden in ontwikkeling met roterende spuitkoppen, waardoor de verontreiniging uit de poriën en uit de buizen worden verwijderd. In de literatuur [9] is aangegeven dat uit proeven blijkt dat deze methode werkzaam is.
- Voorzieningen als infiltratiekratten kunnen niet onderhouden worden.
- Bij Aquaflow geldt net als bij doorlatende verhardingen regelmatig vegen/zuigen. Op termijn dient de vlijlaag vervangen te worden. Hiermee kan voorkomen worden dat de vlijlaag doorslaat. Het is nog niet goed bekend op welk termijn dit plaats dient te vinden.
- Drainagebuizen kunnen op termijn verstopt raken en dienen doorgespoten te worden (1x/2 jaar en bij sterk ijzerhoudend grondwater 1x/jr [24]).
- Blad- en zandvangen dienen gereinigd te worden (2x/jr).

5.2. Monitoring

Indien sprake is van een kwetsbare gebied of een verhoogd risico op calamiteiten (die mogelijk niet gesignaleerd worden), dan wordt monitoring aanbevolen. Daarnaast wordt monitoring aanbevolen indien de afkoppeltechniek nieuw is in regio. Met monitoring kan vastgesteld worden of de voorziening hydraulisch of milieuhygiënisch functioneert. Ook kan met monitoring vastgesteld worden of onderhoud nodig is.

Afhankelijk van de achtergrond kunnen de volgende monitoringactiviteiten uitgevoerd worden:

- waterpeil in de voorziening;

- meten van de kwaliteit in de voorziening of afvoerleiding vanuit de voorziening (waaronder bijvoorbeeld drain);
- meten van de waterstanden in de voorziening;
- meten van de grondwaterstanden in de omgeving (peilbuis);
- meten van de grondwaterkwaliteit in de omgeving (peilbuis);
- meten van de sliblaag in de voorziening;
- meten van de kwaliteit van het slib in de voorziening;
- vragen omwonenden naar ervaringen.

Voor een goede beoordeling van de resultaten is het wel van belang dat ook een nulmeting uitgevoerd wordt, die kan dienen als referentie [13]. Voor monitoring van grondwater (in bijvoorbeeld beschermingsgebieden) heeft de provincie een overzicht van het te onderzoeken parameterpakket

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Met het onderzoek dienen diverse vragen beantwoord te worden ten aanzien van de stand van zaken van de techniek, de effecten op het grond- en oppervlaktewater en de richtlijnen voor afkoppelen. In bijlage IV wordt een overzicht van antwoorden gegeven op vragen die voorafgaand aan dit onderzoek waren opgesteld.

Algemene conclusies en aanbevelingen zijn:

- Het toepassen van bovengrondse infiltratiesystemen heeft de voorkeur boven andere systemen, omdat hiermee de nodige herstel/behoud van het natuurlijk watersysteem plaatsvindt, zuivering plaatsvindt en een dergelijk systeem goed te inspecteren en te onderhouden is. In de praktijk kan het mogelijk zijn dat afkoppelen middels bovengrondse infiltratievoorzieningen niet ingepast kan worden in bestaand stedelijk gebied. In dat geval komen andere voorzieningen in beeld. Ook kan een beperkte doorlatendheid of hoge grondwaterstanden leiden tot de keuze voor een ander systeem.
- Het toepassen van grijswatercircuits voor huishoudwater wordt afgeraden. Hergebruik voor bedrijfswater is wel een optie.
- Centrale voorzieningen hebben de voorkeur boven afkoppelen op perceelsniveau vanwege beheer en onderhoud. Bovendien wordt dan voorkomen dat onduidelijk is wie verantwoordelijk is voor de instandhouding van de voorziening.
- Ook op bedrijventerreinen kan afgekoppeld worden. Hierbij worden centrale beheersbare voorzieningen voorgesteld. Locaties, waar vanwege mogelijke bodemverontreiniging een vloeistofdichte vloer aangelegd dient te zijn, kunnen niet zondermeer afgekoppeld worden. Hier kan gekozen worden voor realiseren van een overkapping. Verder kunnen (calamiteiten)voorzieningen als afsluiters en slib- en olieafscheiders ingezet worden.
- In kwetsbare gebieden, zoals grondwaterbeschermingsgebieden, wordt afkoppelen middels centrale beheersbare voorzieningen. Een alternatief is afvoer naar buiten het gebied. Diepe infiltratie in grondwaterbeschermingsgebieden, zoals met een grindput, is ongewenst. Aanbevolen wordt om te monitoren in grondwaterbeschermingsgebieden. Hiertoe heeft de provincie een overzicht van het parameterpakket. Verder wordt aanbevolen om op provinciaal niveau een overzichtskaart te maken van de kwetsbare gebieden.
- Communicatie met bedrijven en bewoners is een belangrijke aspect. Belangrijk is dat dit niet alleen in de beginfase plaatsvindt, maar ook gecontinueerd wordt na deze fase.
- Er is beperkt inzicht in het effect van het toepassen van strooizout en het toepassen van bestrijdingsmiddelen op infiltratievoorzieningen. Direct afkoppelen op oppervlaktewater bij toepassing van bestrijdingsmiddelen en strooizout wordt afgeraden. Bij afkoppelen via een bovengrondse voorziening, kan het gras op de voorziening worden aangetast. Het effect van strooizout kan verminderd worden door het vegen van de wegen op het moment dat het risico op gladheid afgenomen is. Voor een beter inzicht in de effecten wordt nader onderzoek aanbevolen.
- Volgens de huidige inzichten is de relatie tussen de verkeersintensiteit en de verontreinigingsgraad beperkt. Voor wegen met gemotoriseerde verkeer wordt aanbevolen om af te koppelen via een zuiveringsvoorziening (bodempassage). Terreinen zonder verkeer zoals speel- en schoolterreinen, vrij liggende voet- en fietspaden kunnen direct afgekoppeld worden, maar ook dan is een buffer nodig voor vertraagde afvoer.
- Er is weinig bekend over het rendement van ondergrondse voorzieningen en de doorslagtermijnen van ondergrondse voorzieningen en systemen als aquaflow.
- Voor een beter inzicht in het rendement, de doorslagtermijnen en het onderhoud wordt nader onderzoek aanbevolen.
- Voor onderzoek naar de doorlatendheid wordt toepassing van de methoden met peilbuizen aanbevolen. Door het verzamelen van de resultaten van verschillende onderzoeken in een database kan een algemeen beeld van Limburg verkregen worden (ter ondersteuning van de interpretatie van veldonderzoek).
- Dit rapport is gericht op de provincie en de waterschappen. Aanbevolen wordt om de gemeenten te informeren over dit onderzoek. Hiervoor wordt aanbevolen om een bondige, aansprekende rapportage op te stellen (populaire versie).

REFERENTIES

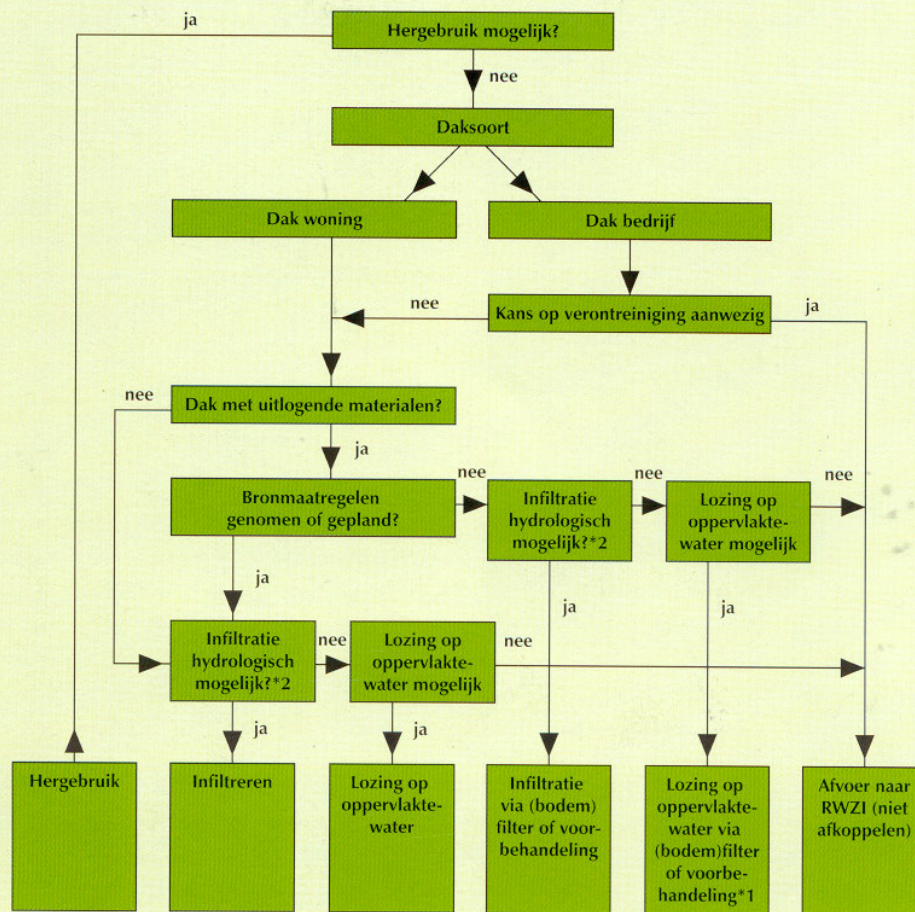
6. Effecten van afkoppelen, Beleidsverkenning naar effecten en grenzen van het sturen met hemelwater in bestaand stedelijk gebied, deelrapportage 1, Ministerie van VROM, 2001.
7. Anders omgaan met hemelwater in bestaand stedelijk gebied, Beleidsverkenning naar effecten en grenzen van het sturen met hemelwater in bestaand stedelijk gebied, Samenvatting, VROM, 2002.
8. Beslisboom aan- en afkoppelen verharde oppervlakken 2003, WRW, 2003.
9. Beter inzicht in infiltratiemogelijkheden van regenwater, De la Roy en anderen, H2O nr. 5, 2004.
10. Anders omgaan met hemelwater, Arcadis, 2004.
11. Onderzoek naar de wateroverlast na de hevige regenval in 2002, Witteveen+Bos in opdracht van de gemeente Voerendaal, 2002.
12. Infiltratieproject in Kerkrade voldoet naar ieders tevredenheid, Willem-Jan Schampers, Land en Water.
13. Schoon uit het riool, af- en niet aankoppelen in de praktijk, Stichting Rioned, 2001.
14. Stand van zaken onderzoek Permeobuis, Rioleringswetenschap nr. 9, 2003.
15. Enschede evalueert functioneren van wadi's.
16. Drievoudig stelsel met lokale zuivering van regenwater in Den helder, Dolman en anderen, H2O, nr. 2, 2003.
17. Verantwoord afkoppelen naar afvalwater, Wientjens, Afvalwater nr1, 2003.
18. Drie jaar monitoring van wadi systeem Enschede, Boogaard, Wentink, Land+Water.
19. Beslisboom vooral goed middel om goed over afkoppelen na te denken, Van der Meijden, 2004.
20. Leidraad Riolerings, B1100, B1200 en B 2100; RIONED; 2000.
21. Beslisbomen Verantwoord afkoppelen van regenwater, Zuiveringschap Limburg, 2002.
22. Afstromend wegwater, CIW, 2002.
23. Handboek zuiveringsmoerassen, STOWA, 2001
24. Heavy metals removal in from pave block paving, A report of a field study, Urban Water Technology Centre, 2003.
25. Quick scan collectieve regenwatersystemen, KIWA, 2001.
26. Regenwater afkoppelen in Zeeland, Universiteit Utrecht, 2004.
27. Cultuurtechnisch Vademecum, 2000.
28. Vervuiling van infiltratievoorzieningen, TNO, 2002.
29. Effecten van afkoppelen, Grontmij, 2001.
30. Wadi's doorgelicht, Tauw 2003.
31. Laboratoriumonderzoek naar de vuilscheidende werking van een spruitstuk, Rioleringswetenschap, jaargang 2, nr. 7.
32. Onderzoek 432.310 Effectiviteit van lamellenafscheiders in bergbezinkbassins eindrapportage basin Deventer, Witteveen+Bos, 2003
33. Resultaten proef rubberen folie in zinken goot, H₂O, 2004
34. Duurzame waterbeheer in de bebouwde omgeving van Limburg, TAUW, 1998.
35. Afspoeling van bestrijdingsmiddelen vanaf verhardingen H₂O, 2003.
36. Onderzoek 432.310 Effectiviteit van lamellenafscheiders in bergbezinkbassins eindrapportage Basin Deventer (concept), 2003.

Geïnterviewde personen bij gemeenten:

37. De heer. G. Rameckers, gemeente Weert.
38. De heer R. Knauf, gemeente Helden.
39. De heer Thomassen, gemeente Vaals.
40. De heer M. Kremers, gemeente Roerdalen.

BIJLAGE I Beslisbomen afkoppelen regenwater

Beslisboom 'Afkoppelen daken van woonwijken en bedrijven'

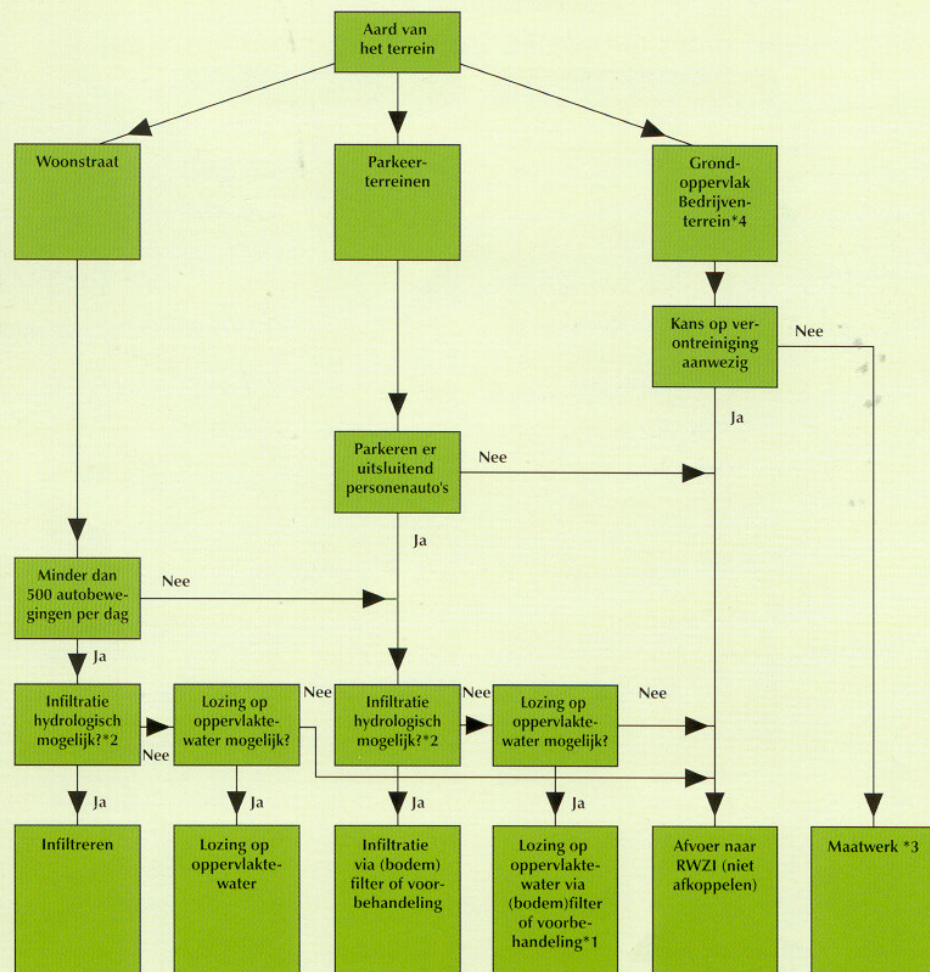


*1 Deze lozing is Wvo-vergunningplichtig.

*2 De mogelijkheid tot infiltreren dient in een afkoppelplan te worden aangetoond.

Informatie en advies

Beslisboom 'Afkoppelen van straten, parkeerterreinen en grondoppervlakken van bedrijventerreinen'



*1 Deze lozing is Wvo-vergunningplichtig.

*2 De mogelijkheid tot infiltreren dient in een afkoppelplan te worden aangetoond.

*3 In sommige gevallen is afkoppelen bespreekbaar (bijvoorbeeld grondoppervlak rond kantorencomplexen). Hiervoor is overleg met Provincie en/of Zuiveringschap Limburg gewenst.

*4 Dit geldt ook voor winkelstraten en marktplaatsen.

BIJLAGE II Beschrijving afkoppeltechnieken

Voor de beschrijving van de verschillende afkoppeltechnieken is met name gebruik gemaakt van de gegevens uit de Leidraad Riolering B1100, B1200 en B2100. Voor de referenties is gebruik gemaakt van informatie van de verschillende producenten van het product. Indien van andere bronnen gebruik is gemaakt is verwezen naar de referentielijst behorend bij het hoofdrapport.

1. AFVOER NAAR OPPERVLAKTEWATER

1.1. Direct

Het hemelwater afkomstig van verhard oppervlak wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater. Er vindt geen zuivering plaats en is daarom niet geschikt voor de afvoer van hemelwater van 'schone' oppervlaktes, zoals daken. De directe afvoer naar het oppervlaktewater kan bovengronds en ondergronds. Bovengrondse afvoer is mogelijk via bijvoorbeeld (mol)goten. Ondergrondse afvoer vindt plaats middels leidingen of overdekte goten. Het gebruik van bovengrondse leidingen vergt meer onderhoud, maar maakt foutieve aansluitingen controleerbaar. Bovengrondse afvoer is zichtbaar en neemt ruimte in beslag.

Voordelen

- goedkoop
- onafhankelijk van grondwaterstand
- onafhankelijk van bodem

Nadelen

- geen zuivering
- bij calamiteiten meteen verontreiniging in het oppervlaktewater
- beslag op waterberging

Geschiktheid

In alle gebieden geschikt voor de afvoer van hemelwater van schone oppervlakken zoals daken.

Aanleg en dimensionering

Voor de afvoer van water naar het oppervlaktewater mag de afstand niet te groot zijn (afstand < 400 m). Bovendien moet er een afschot zijn van 3% bij afstand < 100 m en 1% bij afstand < 400 m.

Referentie

Dordrecht, Enkhuizen, Enschede

1.2. Afvoer via voorzuivering, Helofytenfilter

Helofytenfilters zijn moerassen die begroeid zijn met helofyten (b.v. riet, mattenbies, grote lisdodde en rietgras) en zorgen voor de verbetering van de waterkwaliteit van afstromend hemelwater. Er zijn drie typen te onderscheiden op grond van doorstroming. Bij een vloeiveld stroomt het water horizontaal over het aardoppervlak. Bij verticale infiltratie stroomt het water (verticaal) door de bodem naar drainagebuizen, waar het wordt afgevoerd. Bij horizontale infiltratie stroomt het water horizontaal door de bodem.

voordelen

- zuivering van het water met een hoog rendement
- onafhankelijk van grondwaterstand
- onafhankelijk van bodem

Nadelen

- bij calamiteiten meteen verontreiniging in het helofytenfilter en oppervlaktewater
- beslag op waterberging
- ruimtebeslag

Geschiktheid

Helofytenfilters kunnen toegepast worden op een ondergrond van klei en zand (dus niet op veen). Bij een zandbodem dient de onderzijde afgedicht te worden met folie of een kleilaag. Het vergt echter wel veel ruimte, er moet een zone zijn tussen filter en bebouwing en de filter mag niet recreatief gebruikt worden.

Aanleg

Bij aanleg dienen eventuele veenlagen verwijderd te worden. Bij zandgrond dient de onderzijde afgedicht te worden met folie of een kleilaag.

Beheer en onderhoud

Het riet dient eens per twee jaar gemaaid te worden. Bovendien dient de bodem geharkt te worden zodat strooisellaag van rietbladeren verwijderd wordt.

Referentie

Amsterdam

1.3. Afvoer via voorzuivering, Berminfiltratie

Bij berminfiltratie wordt er hemelwater in de berm geïnfiltreerd. Via een bodempassage komt het in het oppervlaktewater terecht. Het zuiverend vermogen is minder dan bij een helofytenfilter, maar het ruimtebeslag is ook minder. een nooduitlaat dient aanwezig te zijn

voordelen

- zuivering van het water via een bodempassage

nadelen

- bij calamiteiten meteen verontreiniging in het de berm en oppervlaktewater
- beslag op waterberging
- ruimtebeslag

Geschiktheid

Voor berminfiltratie dient de grond voldoende doorlatend te zijn en moet de grondwaterstand voldoende laag zijn. Verontreinigde bodems zijn ongeschikt voor berminfiltratie

Aanleg

een nooduitlaat dient aanwezig te zijn.

Beheer en onderhoud

De berm dient onderhouden te worden als een normale berm

Referentie

1.4. Afvoer via voorzuivering, Lamellenfilters

Een lamellenfilter is een soort box met lamellen die verontreinigingen uit het water haalt. De lamellenfilter heeft een goed zuiverend rendement en neemt weinig ruimte in beslag. De lamellenfilter is vooral geschikt voor de afkoppeling van de grotere oppervlaktes, met name bedrijventerreinen. Kosten zijn niet meer dan bij een helofytenfilter [27].

voordelen

- zuivering van het water met een hoog rendement
- onafhankelijk van grondwaterstand
- onafhankelijk van bodem

nadelen

- kosten

Geschiktheid

Lamellenfilters kunnen overal toegepast worden, ongeacht doorlatendheid en grondwaterstand. Lamellenfilters zijn vooral geschikt en rendabel voor grote, verontreinigde oppervlaktes zoals bedrijventerreinen.

Aanleg, beheer en onderhoud

Over aanleg, beheer en onderhoud is weinig bekend.

Referentie

De lamellenfilter is toegepast bij een bedrijventerrein in Amersfoort.

2. HERGEBRUIK SYSTEEM

2.1. Regenton

Het water wordt opgevangen in de regenton en kan gebruikt worden voor het autowassen en het sproeien van de tuin. Hiervoor is een volume van 2 á 3 m³ nodig.

voordelen

- reductie gebruik leidingwater
- reductie afvoer regenwater
- goedkoop
- kan het draagvlak voor afkoppelen bij de burgers vergroten

nadelen

- visueel is het minder aantrekkelijk
- verkeerd gebruik kan negatieve gevolgen hebben
- reductie watergebruik is gering

Geschiktheid

De regenton kan overal gebruikt worden, het nut is echter bij flatgebouwen beperkt. Mensen moeten bereid zijn om een regenton in de tuin te hebben en moeten deze ook gebruiken.

Aanleg

Aansluiting regenpijp op regenton. Daarnaast dient de regenton voorzien te worden van een nooduitlaat.

Beheer en onderhoud

geen onderhoud

Referentieprojecten

2.2. Grijswatercircuit (individueel of collectief)

Het hemelwater kan opgevangen worden en na zuivering gebruikt worden voor toilet, wasmachine, auto wassen en tuin sproeien. Dit systeem wordt echter weinig meer toegepast, omdat door verkeerde aansluitingen het drinkwater wordt verontreinigd.

voordelen

- reductie gebruik leidingwater
- reductie afvoer regenwater

nadelen

- bij verkeerde aansluiting wordt het drinkwater verontreinigd.
- pompen die in het systeem zitten vallen snel uit.
- geen aanvulling grondwater

Geschiktheid

Met name geschikt als individueel systeem (per woning) om verkeerde aansluitingen en risico zoveel mogelijk te beperken. Mensen moeten bereid zijn om op dit systeem over te stappen.

Aanleg en dimensionering

Er zijn systemen mogelijk die onder zwaartekracht werken (klein capaciteit) of met een pomp. De pomp is gevoelig voor sediment dus moet er een zandvang aangelegd worden. Er dient ook een nooduitlaat aangelegd te worden.

referentieprojecten

Gemeente Roerdalen (Martin Kremers)

3. DOORLATENDE VERHARDING

3.1. Halfverharding

Halfverharding is een verharding van grind of puin. Een ander mogelijkheid is het toepassen van graskeien. Graskeien zijn elementen met een raatstructuur. De openingen worden opgevuld met gras of grind. Via de openingen kan water infiltreren in de bodem. Op deze manier ontstaat een goed doorlatend oppervlak met voldoende draagvlak, zodat het toegepast kan worden voor parkeerplaatsen. Het nadeel van halfverhardingen is dat verontreinigingen, veroorzaakt door het autowassen en strooizout, in de grond terechtkomen.

voordelen

- het verhard oppervlak en daarmee de afvoer wordt gereduceerd.
- goedkoop
- de bodempassage heeft een zuiverende werking

nadelen

- verontreinigingen van b.v. autowassen en strooizout komt in de grond terecht.
- doorlatendheid kan door dichtslibbing afnemen.
- infiltratiecapaciteit niet genoeg om al het regenwater op te vangen

Geschiktheid

De ondergrond dient voldoende doorlatend te zijn ($k > 9$ m/dag). Alleen voor geschikt voor wegen met een lage verkeersintensiteit.

Aanleg

Tijdens de aanlegfase kan de doorlatende verharding makkelijk verstopt raken. Daarom wordt aanbevolen om de doorlatende verharding zo laat mogelijk aan te leggen en geen bouwverkeer toe te laten op de doorlatende verharding.

Beheer en onderhoud

De doorlatendheid moet op peil gehouden worden, daarom dient ongeveer 2 keer per jaar de doorlatende verharding gereinigd te worden met een veeg/zuig installatie. Graskeien moeten afhankelijk van de gebruiksintensiteit gemaaid worden.

Referentieprojecten

3.2 Elementenverharding

Elementenverhardingen bestaan uit tegels, klinkers, raskeien enz. en zijn waterdoorlatend via de voegen tussen de elementen. Voegwijdte en doorlatendheid bepalen de infiltratiecapaciteit. Volledige infiltratie van het regenwater is vaak niet mogelijk. Er zijn ook speciale betonklinkers die op zichzelf ook doorlatend zijn. Bij dit type open verharding moet het wegcunnet doorlatend zijn en dient de grond een zeker bergend vermogen te hebben. Hiervoor kan lava of puingranulaat gebruikt worden. De poreuze, doorlatende klinkers zijn gevoelig voor verstopping en zijn zeer moeilijk te reinigen. Het nadeel van openverhardingen is dat verontreinigingen, veroorzaakt door het autowassen en strooizout, in de grond terechtkomen. De infiltratiecapaciteit per type verharding is gegeven in onderstaande tabel.

Type verharding	Infiltratiecapaciteit (mm/h)
betonklinker	14-34
klinker	9
tegels	10-16
zeer doorlatende verharding	3000-3600

voordelen

- het verhard oppervlak en daarmee de afvoer wordt gereduceerd.
- goedkoop
- de bodempassage heeft een zuiverende werking

nadelen

- verontreinigingen van b.v. autowassen en strooizout komt in de grond terecht.
- doorlatendheid kan door dichtslibbing afnemen.

Geschiktheid

De ondergrond dient voldoende doorlatend te zijn ($k > 9$ m/dag). Alleen geschikt voor wegen met een lage verkeersintensiteit.

Aanleg

Tijdens de aanlegfase kan de doorlatende verharding makkelijk verstopt raken. Daarom wordt aanbevolen om de doorlatende verharding zo laat mogelijk aan te leggen en geen bouwverkeer toe te laten op de doorlatende verharding. Onder de weg dient een cunet aangelegd te worden met een zekere doorlatendheid en bergend vermogen

Beheer en onderhoud

De doorlatendheid moet op peil gehouden worden, daarom dient ongeveer 2 keer per jaar de doorlatende verharding gereinigd te worden met een veeg/zuig installatie. Indien de verharding niet meer voldoet dient de verharding met een ZOAB-cleaner gereinigd te worden. Uitgegaan wordt van het gebruik van een ZOAB-cleaner van eens per 3-5 jaar.

Referentieprojecten

Den Bosch, Dordrecht, Nijmegen, Sittard-Geleen

4. BODEMFILTER

Alle bodemfilters hebben het voordeel van de zuiverende werking van de bodempassage. Bovendien wordt water vastgehouden in het gebied, wat verdroging tegengaat. Tot slot is door de oppervlakkige afstroming en infiltratie het systeem controleerbaar; foutieve aansluitingen worden direct opgemerkt. De gewenste leeglooptijd is 24 uur [25], om schade aan gewassen en ongedierte te voorkomen.

4.1. Infiltratieveld

Een infiltratieveld is een onverhard terrein, met of zonder begroeiing, waar water kan infiltreren. Het oppervlak kan bedekt zijn met gras, maar ook met grind, schelpen of houtsnippers. Aangezien berging op het oppervlak mogelijk is mag de infiltratiecapaciteit van de bodem lager zijn dan de neerslagintensiteit. Het infiltratieveld kan gebruikt worden voor recreatie, bijvoorbeeld als park. nadeel van een infiltratieveld dat het veel ruimte in beslag neemt, 10-25% van het aangesloten verhard oppervlak, en dat het water oppervlakkig naar het infiltratieveld moet afstromen.

voordelen

- dubbel ruimtegebruik
- goedkoop in aanleg en onderhoud

nadelen

- groot ruimtebeslag: 10-25% van het aangesloten verhard oppervlak
- oppervlakkige afstroming van het water naar het infiltratieveld noodzakelijk

Geschiktheid

Infiltratieveld kan overal toegepast worden, maar een redelijke doorlatendheid van de bovengrond is wel gewenst. Bovendien moet oppervlakkige afstroming naar het infiltratieveld gewenst zijn.

Beheer en onderhoud

Een infiltratieveld dient net zo onderhouden te worden als een normaal park of recreatieveld.

referentie

4.2 Infiltratiebassin

Een infiltratiebassin is een verdiept infiltratieveld. Door de verdiepte aanleg kan meer water worden geborgen. Door de diepte (1-4 m) zijn de bassins niet geschikt als recreatie en kan er verdrinkingsgevaar optreden bij inundatie. Het voordeel is dat er veel water geborgen kan worden zodat het ruimtebeslag maar 5% is van het aangesloten verhard oppervlak.

voordelen

- er kan veel water geborgen worden

nadelen

- oppervlakkige afstroming van het water naar het infiltratieveld noodzakelijk
- moet inpasbaar en gewenst zijn in omgeving

Geschiktheid

Infiltratiebassin kan overal toegepast worden. Een bassin moet echter wel inpasbaar zijn in de omgeving, aangezien het geen dubbel functie gegeven kan worden.

Aanleg

Er dient een gebied aangelegd te worden voor bezinking van het slib, zodat voorkomen wordt dat het gehele infiltrerende oppervlak dichtslibt.

Beheer en onderhoud

Het gebied waar het slib bezinkt dient gereinigd te worden.

4.3. Infiltratiegreppel

Infiltratiegreppels zijn lijnvormige infiltratievoorzieningen met een diepte van ongeveer 30 cm. In de greppel kan water geborgen worden en kan water in de bodem infiltreren. Het water dient net zoals bij infiltratievelden oppervlakkig af te stromen naar de greppels. Het ruimtebeslag is ongeveer 5-10% van het aangesloten verhard oppervlak.

voordelen

- goedkoop in aanleg en onderhoud
- ruimtebeslag redelijk groot, maar in te passen in een (bestaande) berm

nadelen

- oppervlakkige afstroming van het water naar het infiltratieveld noodzakelijk

Geschiktheid

Infiltratiegreppels kunne toegepast worden in gebieden met een redelijk goede doorlatendheid. Ook geschikt voor bestaande bebouwing. Oppervlakkige afstroming naar de greppels moet mogelijk en gewenst zijn.

Beheer en onderhoud

De greppel moet gemaaid worden.

5. ONDERGRONDSE INFILTRATIE VOORZIENING

Alle ondergrondse infiltratievoorzieningen hebben het voordeel dat het geen ruimte vergt, er water geborgen wordt en het een zuiverend effect heeft door de bodempassage en dat water vastgehouden wordt in het gebied (wat verdroging tegengaat). Ondergrondse voorzieningen hebben een bodemfilter, alleen is een nadeel dat de filter moeilijk te vervangen is. Onbekend is het risico van verontreiniging van het grondwater indien de grondwaterspiegel de bodemfilter bereikt.

5.1. Infiltratieput

Een infiltratieput is een put in de grond met waterdoorlatende wanden. De put kan gevuld worden met grind, lava of ander aggregaat, zie onderstaande tabel. In de put kan, afhankelijk van het aggregaat, water geborgen worden, zonder dat het ruimte in beslag neemt. De bodem kan de put zal uiteindelijk dichtslibben en daardoor niet meer waterdoorlatend zijn. Er dient een nooduitlaat te zijn, zodat bij extreme situaties water afgevoerd kan worden.

aggregaten	porositeit (%)	effectieve berging (%)
grof grind	40	40
fijn grind	30	30
grof zand	25	15
geëxpandeerde kleikorrels (argex)	ca 35	25-30
lavastenen (fractie 2-16)	ca 34	34
lavastenen (fractie 16-32)	ca 46	40

voordelen

- goed lokaal toepasbaar, daardoor geen problemen met kabels en leidingen;
- aanleg eenvoudig.

nadelen

- lage grondwaterstand nodig (GHG > 1,5 m –mv)

Geschiktheid

Infiltratieputten zijn geschikt in gebieden met een lage grondwaterstand en een redelijk goede doorlatendheid ($k > 2$ m/dag).

Aanleg

Er dient een blad- en zandvang aangelegd te worden, omdat anders de put dichtslibt. De put moet kunnen ontluichten. Bij gebruik van grind dient het grind gewassen. Bij kleikorrels is er verdichting te bereiken door aandrukken, geen trilplaat gebruiken in verband met verbrijzeling korrels. Daarnaast dient bij de aanleg afschuiving, opdrijving en horizontale vervorming voorkomen te worden.

Beheer en onderhoud

De blad- en zandvang dient twee keer per jaar geleeagd te worden. De putten zijn moeilijk te reinigen

Referentieprojecten

5.2. Infiltratiekoffer

Een Infiltratiekoffer is een sleuf die opgevuld is met een aggregaat. Het aggregaat is omhuld met geotextiel. In de sleuf kan water geborgen worden en kan water infiltreren in de bodem. De infiltratiecapaciteit hangt af van de doorlatendheid van de bodem en van het wandoppervlak, waarbij aangenomen wordt dat de bodem ondoorlatend is door dichtslibbing door fijn sediment. Een infiltratiekoffer kan onder een trottoir of groen aangelegd worden, zodat het geen extra ruimte vergt. Een nooduitlaat dient aanwezig te zijn.

voordelen

- door groot wandoppervlak relatief grote doorlatendheid

nadelen

- niet toepasbaar onder wegen met zware belasting
- kruisingen met kabels en leidingen

Geschiktheid

Infiltratiekoffers zijn geschikt in gebieden met een lage grondwaterstand en een redelijk goede doorlatendheid ($k > 2$ m/dag). Omdat een koffer minder diep ligt dan een put kan de grondwaterstand hoger liggen dan bij een put.

Aanleg

Er dient een blad- en zandvang aangelegd te worden, omdat anders de koffer dichtslibt. De koffer moet kunnen ontluchten. Bij het aanleggen moet rekening gehouden worden met kabels en leidingen. Bij gebruik van grind dient het grind gewassen. Bij kleikorrels is er verdichting te bereiken door aandrukken, geen trilplaat gebruiken in verband met verbrijzeling korrels. Daarnaast dient bij de aanleg afschuiving, opdrijving en horizontale vervorming voorkomen te worden.

Beheer en onderhoud

De blad- en zandvang dient twee keer per jaar geleegd te worden. De koffers zijn moeilijk te reinigen.

Referentieprojecten

Apeldoorn, Den Bosch, Doesburg, Dordrecht, Enschede, Sittard-Geleen, Ubbergen

5.3. Infiltratiekrat

Een infiltratiekrat lijkt op een infiltratiekoffer. Het verschil is dat in plaats van aggregaat een kunststof krat wordt gebruikt met 95% holle ruimte. Er kan dus meer water geborgen dan bij een infiltratiekoffer bij een zelfde volume. De infiltratiekrat wordt omhuld met geotextiel. Infiltratiekratten kunnen middels drains of riolen worden gekoppeld.

Geschiktheid

Infiltratiekratten zijn geschikt in gebieden met een lage grondwaterstand en een redelijk goede doorlatendheid ($k > 2$ m/dag).

Aanleg

Er dient een blad- en zandvang aangelegd te worden, omdat anders de krat dichtslibt. De krat moet kunnen ontluchten. Bij het aanleggen moet rekening gehouden worden met kabels en leidingen. Daarnaast dient bij de aanleg afschuiving, opdrijving en horizontale vervorming voorkomen te worden.

Beheer en onderhoud

De blad- en zandvang dient twee keer per jaar geleegd te worden. De kratten zijn moeilijk ter reinigen.

Leveranciers

Infiltratiekratten worden geleverd door onder meer Drainproducts, Beuker, Wavin.

Referentieprojecten

6. Doorlatend afvoersysteem (combinatie infiltratie met afvoer naar RWZI of oppervlaktewater)

6.1. Permeobuizen

Een permeobuis is een doorlatende buis, die dienst kan doen als een infiltratievoorziening. Het is te vergelijken met een infiltratiekrat: een groot bergend vermogen per volume eenheid en infiltrerende wanden. Doorlatende buizen zijn er in kunststof en in beton. De buizen kunnen ook een drainerende werking hebben op de grondwaterstand, alleen is dan de bergende en neerslag-afvoerende functie beperkt. De buizen kunnen onder wegen en groenvoorzieningen aangelegd worden.

Geschiktheid

Voor een volledige capaciteit van berging en infiltratie moet de grondwaterstand voldoende laag zijn.

Aanleg

Bij kunststof buizen dient de buis omwikkeld te worden met geotextiel, Bij betonnen buizen hoeft dit niet, indien de buis in een cunnet met grof zand wordt aangebracht [9]. Er dient een zandvang te zijn om het slib op te vangen en er dient een ontluuchtingsmogelijkheid te zijn.

Beheer en onderhoud

De doorlatende buizen kunnen makkelijk onderhouden worden door middel van schoonspuiten.

Leveranciers

Permeobuizen kunnen onder andere door de Hamer en Wavin geleverd worden.

Referentieprojecten

In Apeldoorn zijn permeobuizen gebruikt.

6.2. Infiltratie Transport (IT)-riool

Infiltratie Transport riolen, oftewel IT-riolen zijn doorlatende buizen die naast een infiltrerende en bergende functie een transport functie hebben. Het water kan afgevoerd worden naar het oppervlaktewater of naar de RWZI.

Geschiktheid

Voor een volledige capaciteit van berging en infiltratie moet de grondwaterstand voldoende laag zijn.

Aanleg

Bij kunststof buizen dient de buis omwikkeld te worden met geotextiel, Bij betonnen buizen hoeft dit niet, indien de buis in een cunnet met grof zand wordt aangebracht. Er dient een zandvang te zijn om het slib op te vangen en er dient een ontluuchtingsmogelijkheid te zijn.

Beheer en onderhoud

De doorlatende buizen kunnen makkelijk onderhouden worden door middel van schoonspuiten.

Leveranciers

IT riolen worden geleverd door Wavin, Drainproducts, Beuker en Dyka.

Referentieprojecten

Gemeente Winterswijk (de heer H.Haksteege)

Gemeente Haaksbergen (de heer J. Ribbink)

Gemeente Apeldoorn (de heer P.Stelma)

7. Combinatie bodemfilter en ondergrondse voorziening

Voor de beschrijving van de wadi's naast gegevens uit de Leidraad riolering, gebruik gemaakt van literatuur nr. 10 en 25.

7.1. Wadi

Bij een wadi is er een verlaging in het oppervlak, waarin water geborgen kan worden. Als doorlatendheid van de grond onvoldoende is ($k < 0,5$ m/dag) kan grondverbetering toegepast worden. Als de bovengrondse berging volledig benut is, kan overtollig water afgevoerd worden via een overstort. De overstort voert het water af naar de drain die in de percolatiekoffer ligt. Het water dat infiltreert zijgt weg naar de percolatiekoffer, waar het geborgen wordt en percoleert naar omliggende bodem. De drain die in de percolatiekoffer ligt, verdeelt het water over het oppervlak en kan het water afvoeren naar het oppervlaktewater. De gewenste leeglooptijd is 24 uur, om schade aan gewassen en ongedierte te voorkomen. Onbekend is het risico van verontreiniging van het grondwater indien de grondwaterspiegel de bodemfilter bereikt.

Geschiktheid

Wadi's zijn zeer geschikt voor gebieden met een slecht doorlatende laag ($k < 0,4$ m/dag) en/of een hoge grondwaterstand. Door de bodempassage heeft het systeem een goed reinigend vermogen.

Aanleg

Wadi's zijn gevoelig voor het verlagen van de infiltratiecapaciteit door het dichtrijden door (bouw)verkeer en het dichtslibben door bouwafval, zand en slib. Daarom wordt aanbevolen om wadi's pas tijdens woonrijpfase aan te leggen. Om toch tijdens de bouwphase voldoende berging te hebben kan de greppel al ontgraven worden. Voor het gebruik van geotextiel wordt non-woven textiel aanbevolen, vanwege de grotere zanddichtheid en de hogere infiltratiecapaciteit in vergelijking met woven textiel. Non-woven textiel is echter wel gevoeliger voor wortelgroei.

Beheer en onderhoud

- maaien 10-26 keer per jaar. Bij 26 keer per jaar maaien hoeft het maaisel niet verwijdt te worden, bij minder vaak maaien wel;
- verwijderen zwerfvuil en bladeren;
- doorspuiten drain een per 2-5 jaar;
- vervangen toplaag, eens per 20 jaar.

Leveranciers

Voor de aanleg van wadi's moeten drains en geotextiel aangeleverd te worden. Drains kunnen geleverd worden door o.a. Drainproducts, Dyka, Wavin en de Hamer.

Referentieprojecten

wadi's zijn aangelegd in onder meer Ruwenbosch, te Enschede en in Dordrecht

8. Combinatie doorlatende verharding en ondergrondse voorziening

Aquaflow is een combinatie van de doorlatende verharding en ondergrondse berging. Bij Aquaflow kan er tot ongeveer 100 mm water geborgen worden in het granulaat onder het doorlatende wegoppervlak [19]. De afvoer van daken van omliggende daken kan opgevangen worden in deze ondergrondse berging. Vanuit deze berging kan het water infiltreren in de bodem, daarnaast zijn er drains aanwezig om het eventuele overschot aan water af te voeren naar het oppervlaktewater.

geschiktheid

Aquaflow kan overal toegepast worden. De doorlatendheid van de bodem heeft wel invloed op de infiltratie vanuit de berging in de bodem.

Aanleg

Beheer en onderhoud

Aquaflow dient doorgespoeld te worden.

Leverancier

Leverancier is Aquaflow (tel. 0495-543430)

Referentieprojecten

Aquaflow is toegepast in onder meer

- Amsterdam, als parkeerterrein;
- Cuijk, als parkeerterrein;
- Heerlen, voor de Bereden straat Heerlerbaan

9. Ondergrondse opslag

Bij ondergrondse opslag wordt het water geborgen. Dit water kan later afgevoerd worden of gebruikt worden. Dit systeem (Watershell) wordt geleverd door Waterblock en is toegepast onder de Westergasfabriek in Amsterdam en onder de Groeseind in Tilburg. Informatie van de website www.waterblock.nl

10. Buffering (op daken) middels vegetatiedaken

Water kan ook vastgehouden worden op de daken door het toepassen van vegetatiedaken. Het toepassen van een vegetatiedak vergt echter een zwaardere dakconstructie.

BIJLAGE III Richtlijnen waterschap Peel en Maasvallei

Richtlijnen waterschap Peel en Maasvallei (opgave Frans Verdonshot)

Hieronder is een groslijst met onderwerpen opgenomen op basis waarvan de waterbeheerders ruimtelijke initiatieven zullen beoordelen in het kader van de watertoets. Niet alle richtlijnen zijn voor elk plan relevant. Per ruimtelijk initiatief zal worden bepaald welke items uitgewerkt dienen te worden in de waterparagraaf. Bij voorkeur wordt dit tijdens het vooroverleg tussen initiatiefnemer en waterbeheerders afgesproken.

Voor verdere informatie over de watertoets verwijzen wij u naar het provinciale rapport “plaats voor water”.

Algemeen

- Waterhuishoudingsplan opgesteld zijn door initiatiefnemer en goedgekeurd zijn door het waterschap voor gronden worden uitgegeven en werken daadwerkelijk starten.
- Waterhuishoudkundige werken die voortvloeien uit een plan moeten binnen het plangebied worden gerealiseerd

Zonering / Functies

- POL, IWPB
- relatie met (nog) aanwezige belangen en aangrenzende belangen
- De GGOR zoals weergegeven in de stroomgebiedsvisies
- In de gebieden P1 en P2 geen bebouwing (maximale ruimte voor ontwikkeling ecosysteem), P3 gebieden geen bebouwing tenzij er geen negatief effect is voor het watersysteem (ruimtelijk en/of hydrologisch).
- Duurzaam Bouwen dus inzet op infiltratie, altijd lokale situatie onderzoek naar werkelijke mogelijkheid.
- 8% van oppervlakte van het plangebied en/of 10% van verhard gebied reserveren voor blauwe functies

Belangrijke items

- Oppervlaktewater, kwantiteit en kwaliteit, inrichting watergangen
- Grondwater, verdrogingsbestrijding, water win- en/of beschermingsgebied
- Rioleringsstelsel
- Veiligheid
- Wateroverlast
- Maaskade

Duurzaamheidsprincipes:

- Niet afwentelen op anderen
- Kwantiteitstrits: vasthouden-bergen-afvoeren
- Kwaliteitstrits: schoonhouden-scheiden-schoonmaken
- Water als mede-ordenend principe

Primair water

- wijziging aan primair water betekent leggerwijziging
- hydrologische effecten (grond- en oppervlaktewater) op overige belangen dienen in beeld te worden gebracht
- beschrijven/rekening houden met toekomstig onderhoud
- bebouwingsvrije/beschermingszone zone van 5 –30 m buiten primair water (onderhoudspad is onderdeel van het primair water) opnemen
- de Keur van het waterschap is bij alle primaire wateren van toepassing. Dit betekent dat tot op 5 meter uit de insteek verboden gelden.
- beschermingszone van 12 meter uit de teen van de primaire kade.
- Het waterschap beschikt over een beleidslijn die uitgaat van zo min mogelijk toepassing van duikers en/of bruggen, alleen strik noodzakelijk werken worden toegestaan.
- water wordt in legger opgenomen als $MA \geq 25$ l/s en trajecten na een rioolwateroverstort

Lozing

- Infiltratievoorziening ontwerpen op basis van T=2, T=5 of T=10.
- Infiltratievoorziening altijd voorzien van een calamiteitsvoorziening in vorm van nooduitlaat aangesloten op lijnvormig watergangenstelsel dan wel extra buffer.
- Toepassing van (her)gebruik van hemelwater mag niet leiden tot vermindering van de natuurlijk aanvulling van het grondwater.
- Uitgaande van natuurlijke landelijke afvoer, in principe is tijdelijke buffering bij verharde oppervlakten ($> 1500 \text{ m}^2$) altijd noodzakelijk. Bij kleinere oppervlakten is inzet op infiltratie wenselijk.
- Bij infiltratie inzet van bronmaatregelen en/of bodemfilters t.b.v. waterkwaliteit
- berekening kwantiteitsbuffering conform navolgende randvoorwaarden (zie ook figuur 1):
- gebruik maken van regenduurlijnen voor bepaling meest belastende bui
- landelijke afvoer 0,3-1,0 l/s (geactualiseerde Gd-kaart)
- situatie T=2 en T=10 zijn sturend voor waterschappen
- alleen statische bering in het riool meerekenen
- buffercapaciteit van infiltratievoorziening wordt niet meegenomen in kwantiteitsberekeningen
- drooglegging buffer minimaal 0,50-0,80m bij T=10
- leegloop buffer middels duurzame en bij voorkeur vaste constructie(s)
- advies aan gemeente om ook situatie T=100 (norm WB 21) door te rekenen om risico's helder te hebben voor extreme situaties
- voorzieningen dienen zo veel als mogelijk bovengronds te worden gerealiseerd
- lozingen en werken zijn vergunningsplichtig conform Keur

Overige partijen

- RWS in relatie tot Maas en Rijkskanalen
- Provincie als grondwaterbeheerder

Aandachtspunten:

- kruipruimteloos bouwen, kelders waterdicht (ook koekkoek!)
- Ontwatering bebouwing met kruipruimte 1,0 m-bouwpeil, bebouwing zonder kruipruimte 0,5 m-bouwpeil. Dit gerelateerd aan minimaal de GHG.
- Bouwrijp maken en bodem (doorlatendheid) geschikt houden
- Alleen gifvrije onkruidbestrijding toepassen
- Gladheidbestrijding: In bijzondere gevallen (b.v. zorgwoning, artsenpraktijk) is gladheidbestrijding noodzakelijk. In die gevallen is strooizout een noodzakelijk kwaad en is het toelaatbaar dat er via de berm en bermsloot wordt geïnfiltreerd.
- gebruik strooizout tot het minimum beperken en bij voorkeur alternatieven gebruiken (zand).

Indicatoren	Gevolgen voor oppervlaktewater
Toetsingscriteria	Beïnvloeding natuurlijke afvoerdynamiek
	Beïnvloeding watervoerendheid
	Ecologische toestand

BIJLAGE IV Beantwoording vragenlijst

In de offerteaanvraag zijn een groot aantal vragen opgenomen. Het betreffen vragen ten aanzien van de stand van zaken van afkoppeltechnieken, de effecten van afkoppeltechnieken en de op te stellen richtlijnen. In deze bijlage worden de vragen beantwoord.

Uit het voorgaande kan het volgende geconcludeerd worden ten aanzien van de stand van zaken van afkoppeltechnieken:

- In principe kunnen alle afkoppeltechnieken toegepast worden in Limburg. Grijswatercircuits, regentonnen, infiltratiekratten, infiltratievelden, infiltratiegreppels, permeobuizen en direct afkoppelen worden reeds toegepast. Bij de keuze voor een afkoppeltechniek gaat de voorkeur uit naar oppervlakkige infiltratie, ondergrondse infiltratie, afvoer op oppervlaktewater en aansluiting op de riole-ring. Het toepassen van grijswatercircuits voor huishoudwater wordt afgeraden. Hergebruik voor bedrijfswater is wel een optie.
- Oppervlakkige voorzieningen kunnen goed onderhouden en beheerd worden. Onderhoudsystemen voor ondergrondse voorzieningen, zoals permeobuizen zijn in ontwikkeling. Kratsystemen zijn minder goed te onderhouden.
- Vanaf een k-waarde in de onverzadigde zone van 2 m/dag kunnen infiltratiesystemen toegepast worden zonder dat deze zeer groot gedimensioneerd hoeven te worden. Tussen een k-waarde van 0,4 en 2 m/dag is het toepassen van een wadi een optie. Door middel van het doorbreken van slecht doorlatende lagen of een verbinding met het watervoerende pakket kunnen mogelijkheden voor infiltratie gecreëerd worden in gebieden met een slecht doorlatende bovengrond, zoals löss.
- Voor ondergronds infiltreren kan uitgegaan worden van een GHG van minimaal 1,0 m –mv. Voor bovengrondse infiltratie kan uitgegaan worden van een GHG van minimaal 0,5 m-mv.
- Voorzieningen op perceelsniveau hebben als nadeel dat onduidelijk is wie verantwoordelijk is voor de afvoer en instandhouding van de voorziening. Bovendien zijn de beheers- en onderhoudsinspanningen relatief groot. Daarom wordt afkoppelen op perceelsniveau alleen aanbevolen in bestaande gebieden als er geen alternatief is op openbaar terrein. In dat geval wordt aanbevolen om een overeenkomst af te sluiten met de eigenaar over beheer en onderhoud.
- Uit ervaringen in Enschede blijkt dat bewoners positief staan tegenover bovengrondse afvoer en infiltratiesystemen. Aandachtspunten zijn veiligheid, kindvriendelijkheid en beheer en onderhoud.
- Uitloogbare materialen zorgen voor een sterke verontreiniging van het afstromend hemelwater. Uitloogbaar materiaal dient bij afkoppelprojecten verwijderd te worden of voorzien te worden van een coating die voldoende dik is en op termijn (indicatief 5 tot 10 jaar) onderhouden wordt.
- Verontreiniging van zware metalen is goed te verwijderen met bovengrondse infiltratievoorzieningen. Het verwijderingsrendement van ondergrondse voorzieningen is niet goed bekend. Ook helofytenfilters hebben een goed rendement, vooral in combinatie met een bezinkbassin. Uit resultaten in Engeland blijkt dat afstromend water uit Aquaflow een goede kwaliteit heeft. Ook kunnen bergbezinkvoorzieningen en lamellenfilters ingezet worden voor zuivering van afstromend regenwater. dergelijke voorzieningen worden thans vooral ingezet bij bedrijventerreinen.

Het volgende kan geconcludeerd worden met betrekking tot de effecten op het grond- en oppervlaktewater:

- Het toepassen van bovengrondse infiltratievoorzieningen leidt nauwelijks tot een verslechtering van de grondwaterkwaliteit, omdat het grootste deel van de verontreinigingen wordt afgevangen in de toplaag. Het effect van ondergrondse voorzieningen is minder goed bekend. Direct afkoppelen van mogelijk verontreinigd hemelwater op oppervlaktewater is ongewenst.
- Afkoppelen kan bij slecht vooronderzoek, ontwerp en aanleg leiden tot grondwateroverlast, water op straat, in kelders, souterrains en kruipruimtes. Door middel van verschillende maatregelen kan deze overlast voorkomen worden, zoals aanleg van drainage voor incidentele afvoer, aanleggen van noodoverlopen, nemen van maatregelen voor het behouden van voldoende doorlatendheid na de bouwwerkzaamheden, rekening houden bij het ontwerp met het dichtslibben van de infiltratievoorzieningen etc.
- Strooizout wordt over het algemeen niet beschouwd als een grote knelpunt onder andere vanwege verdunning.

- Bovengrondse bodemfilters hebben een hoog rendement voor de verwijdering van metalen. Het doorslagtermijn van bodemfilters is lang. Bij regelmatig schrapen van de toplaag zal het doorslagpunt mogelijk niet eens bereikt worden. Over de zuivering en doorslag van ondergrondse filters is nog niet veel bekend.
- In kwetsbare gebieden, zoals grondwaterbeschermingsgebieden, wordt aanbevolen om beheersbare afkoppelvoorzieningen (infiltratievoorzieningen) aan te leggen. In specifieke gevallen kan het hemelwater buiten het gebied gebracht worden voor afvoer infiltratie of afvoer op oppervlaktewater.
- Op bedrijventerreinen is, met uitzondering van kantoorterreinen, een grotere risico op calamiteiten dan in woonwijken. Risicolocaties voor calamiteiten vormen opslagplaatsen en laad- en losplaatsen en bedrijventerreinen met zware industrie. Het betreft in principe de terreinen die ter voorkoming van bodemverontreiniging voorzien dienen te zijn van een vloeistofdichte vloer.

Het volgende wordt aanbevolen voor de nieuwe richtlijnen:

- Het toepassen van infiltratiesystemen in alle gevallen waar de doorlatendheid groter is dan 2 m/d. Bij een slecht doorlatende bodem van minder dan 0,4 m/dag is infiltreren mogelijk indien de voorzieningen ruim gedimensioneerd worden en/of in combinatie met afvoer naar oppervlaktewater.
- Bij een GHG van minder dan 0,5 m-mv wordt infiltreren afgeraden.
- Het uitvoeren van een geohydrologisch onderzoek voor de keuze van het infiltratiesysteem op basis van algemene informatie (grondwaterstanden, bodemopbouw, doorlatendheid, bodemverontreinigingen). Indien hieruit specifieke aandachtspunten volgen op basis van veldonderzoek naar de grondwaterstanden en doorlatendheden.
- Voor ontwerpen van infiltratiesystemen kan uitgegaan worden van een ledigingstijd van 24 uur en overstortfrequentie van 1x per 2 tot 5 jaar. Er dient bij het ontwerp rekening gehouden te worden met een noodoverloop of een worst-case situatie zonder infiltratie.
- Bovengrondse infiltratievoorzieningen dienen regelmatig gemaaid te worden. Verder dient het zwerfvuil verwijderd te worden. Op termijn dient de toplaag verwijderd te worden. In ondergrondse voorzieningen dient het sediment verwijderd te worden. Op termijn dient ook het grond rondom de voorziening verwijderd te worden.
- In kwetsbare gebieden wordt voorgesteld om beheersbare infiltratievoorzieningen aan te leggen voor mogelijk verontreinigde oppervlakken. Een alternatief is afvoer naar een voorziening buiten het gebied.
- Kantoorterreinen kunnen op dezelfde wijze als woonwijken beoordeeld worden. Overige bedrijventerreinen, hebben een groter risico op calamiteiten. Hier wordt aanbevolen om beheersbare afkopelsystemen toe te passen met toepassing van afsluiters. Voor risicolocaties wordt een overkapping aanbevolen.
- Monitoring wordt aanbevolen in kwetsbare gebieden en gebieden met een grotere risico op calamiteiten zoals bedrijventerreinen. Hier wordt monitoring van de kwaliteit van de bodem en het grondwater aanbevolen.
- Oppervlakken zoals drukke wegen, busstations, marktplaatsen, winkelstraat, industriegebieden en parkeerplaatsen hebben een grotere verontreinigingsgraad. Aanbevolen wordt om bij deze oppervlakken een zuiveringsvoorziening toe te passen. In principe gaat de voorkeur uit naar oppervlakkige infiltratiesystemen. Andere opties zijn Aquaflow, open en gesloten bergbezinkbassins, lamellenfilters en helofytenfilters.
- Het afkoppelen van daken kan zonder een zuiveringsvoorziening mits maatregelen getroffen zijn tegen uitloging van dakmaterialen. de voorkeur gaat uit naar het verwijderen van uitloogbare materialen. Een alternatief is het toepassen van een coating, die voldoende dik dient te zijn en op termijn opnieuw aangebracht dient te worden.
- Bij afkoppelprojecten dient het toepassen van uitloogbare materialen bestrijdingsmiddelen, het wassen van auto's en strooizout zo veel mogelijk vermeden te worden. Een goede communicatie is hierbij van belang.
- Bij afkoppelprojecten kunnen afkoppelovereenkomsten en 'afkoppelvoorwaarden' in koopcontracten afgesloten worden. Controle hierop is echter lastig. In de praktijk blijkt dat met een goede communicatie meer bereikt kan worden. In nieuwbouwgebieden is kan een paragraaf over afkoppelen opgenomen worden in de verkoopbrochures. In bestaande gebieden kan gebruik gemaakt worden van voorlichtingsbijeenkomsten en informatiefolders.

- Met de waterparagraaf in bestemmingsplannen kunnen afspraken gemaakt worden ten aanzien van afkoppelen, zoals de ruimtereservering van de afkoppelvoorzieningen en ontvangende watergangen. Middels overeenkomsten met projectontwikkelaars kan de implementatie van het afkoppelen en de communicatie naar bewoners gestuurd worden. In geval van bedrijventerreinen kan middels de milieucategorieën een inschatting gemaakt worden van het risico op calamiteiten. De watertoets biedt echter onvoldoende houvast voor het 'dwingend' voorschrijven van bronmaatregelen. Hier dient de implementatie alsnog getoetst te worden met de WVO, keur, bouwverordening en besluit bodembescherming.