

Handreiking Infiltrerende verhardingsconstructies



Door:
Gemeente Deventer
Tauw



Colofon

| | |
|------------------------|--|
| Document: | Handreiking Infiltrerende verhardingsconstructies |
| Uitgave: | Deventer, juni 2014 |
| Auteurs: | ing. M.A. (Mathijs) Ras ing. J.H. (Johan) Rook |
| Begeleidingscommissie: | Gemeente Deventer: ing. F.J. (Freddy) ten Kate ing. W.J.G. (Giel) Euverman Adviesbureau Tauw : ir. F.C. (Floris) Boogaard ing. R (Ronald) Wentink |
| Contactgegevens: | ing. F.J. ten Kate Gemeente Deventer Leeuwenburg 85 Postbus 5000 7400 GC Deventer 140570 f.ten.kate@deventer.nl |

Deze handreiking is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen daarvan.

Inhoud

| | |
|---|----|
| Colofon | 2 |
| Inhoud | 3 |
| 1 Inleiding | 3 |
| 2 Infiltrerende verhardingsconstructies | 4 |
| 3 Vervuiling | 5 |
| 4 Geschiktheid van locaties | 6 |
| 5 Onderdelen | 8 |
| 6 Advies voor het ontwerp | 11 |
| 7 Advies voor beheer en onderhoud | 15 |
| 8 Advies voor de uitvoering | 16 |
| 9 Kostenindicatie | 18 |
| 10 Keuzeschema | 19 |
| 11 Bestekstekst | 20 |
| Bronnen | 23 |

1 Inleiding

Gemeentes hebben een zorgplicht voor hemelwater. Ze moeten zorg dragen voor het verwerken van het hemelwater in de stad. Waterschappen erkennen dat behandeling van regenwater op diverse wijzen mogelijk is, waarbij garantie voor functioneren in de toekomst een belangrijke afwegingscriteria is.

Om hemelwater af te koppelen zijn verschillende constructies bekend. Dit zijn onder andere IT-riolering, infiltratiekratten en wadi's. De gemeente Deventer wil daarnaast een relatief nieuwe methode toepassen, namelijk afkoppelen middels infiltrerende verharding.

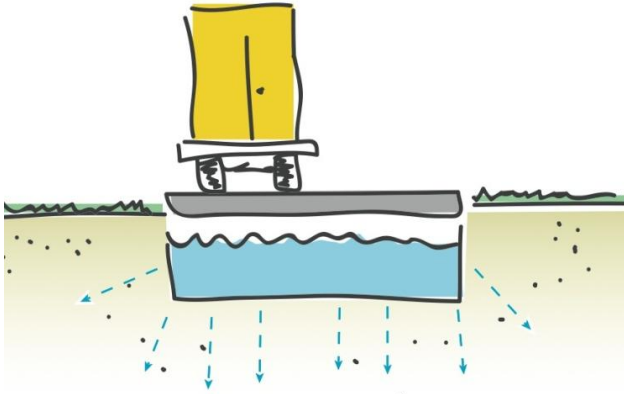
Omdat er diverse voor- en nadelen zitten aan het afkoppelen met infiltrerende verhardingsconstructies heeft de gemeente Deventer onderzoek laten uitvoeren. Kennis en specialisme zijn noodzakelijk bij het maken van de juiste afweging. Bij infiltrerende verhardingsconstructies is weinig bekend over de werking in de loop van de tijd. Ook is de werking ervan niet bij elk gebruik en iedere ondergrond gegarandeerd.

Het doel van dit document is het adviseren over een optimaal infiltrerende verhardingsconstructie. Waarbij de prijs/kwaliteit verhouding, de werking in de tijd en het beheer en onderhoud zijn geborgd.

De gemeente Deventer heeft in haar Gemeentelijk Rioleringsplan 2010-2015 opgenomen dat hemelwater van daken, schone terreinen en wegoppervlakken bij voorkeur worden afgekoppeld van het gemengde rioolstelsel. De gemeente Deventer doet dat in gebieden waar ingrijpende ruimtelijke veranderingen plaatsvinden, of waar afkoppelen relatief eenvoudig kan. Bij rioolvervangingen wordt per project bekeken waar tegen redelijke kosten verhard oppervlak kan worden afgekoppeld. Afkoppeling is hiermee een standaard overweging in het riool- en waterbeheer. Mede om één van de effecten van klimaatverandering te kunnen opvangen, gaat de gemeente de komende jaren door met afkoppelen. Zo kan het bestaande rioolstelsel relatief zwaardere regenbuien opvangen, zonder de afvoercapaciteit te vergroten. [1]

2 Infiltrerende verhardingsconstructies

Een infiltrerende verharding is een wegconstructie met een verhard oppervlak, waarbij water door of langs de steen in de onderliggende fundering zakt en vervolgens in de ondergrond infiltreert. Het is hierbij mogelijk om tijdelijk water in de fundering te bergen en vertraagd te infiltreren of af te voeren.



Figuur 1: Illustratie infiltrerende verhardingsconstructie

Infiltrerende verhardingsconstructies worden in Nederland ongeveer vanaf het jaar 2000 toegepast. Er zijn zowel positieve als negatieve ervaringen met deze methode van afkoppelen.

2.1 Positieve ervaring

Wanneer een infiltrerende verharding wordt toegepast, zorgt dit voor een rustig straatbeeld zowel in droge als natte periodes. In figuur 2 is de overgang van een infiltrerende verharding naar een traditionele verharding te zien tijdens neerslag. In figuur 3 is een vlak terrein met waterdoorlatende verharding te zien doordat hemelwater niet hoeft af te stromen naar kolken.



Figuur 2: Overgang infiltrerende naar conventionele verharding



Figuur 3: Vlak terrein met waterdoorlatende verharding

2.2 Negatieve ervaring

Wanneer infiltrerende verhardingsconstructies verkeerd zijn toegepast of ontworpen kan mogelijk waterhinder en schade aan de verharding ontstaan. Dit is te zien in figuur 4 en 5.



Figuur 4: Waterhinder op een infiltrerende verharding



Figuur 5: Waterhinder op een infiltrerende verharding

Kennis is een vereiste om een infiltrerende verhardingsconstructie met succes toe te passen

3 Vervuiling

Infiltrerende verhardingsconstructies zijn zeer gevoelig voor vervuiling. Door vervuiling loopt de waterdoorlatende werking in de tijd terug. Aan het voorkomen van vervuiling van het oppervlak moet veel aandacht worden besteed. Geadviseerd wordt om het risico op vervuiling mee te nemen in de overweging om infiltrerende verhardingsconstructies toe te passen. Enkele oorzaken van vervuiling kunnen zijn[2]:

- Vervuiling door aanwezige groenstroken. Door de vervuiling raakt ongeveer de eerste 50 cm van de verharding over de gehele lengte van de groenstrook verstopt.



Figuur 6: Vervuiling van de verharding door groenstroken

- Bewoners zorgen door diverse werkzaamheden voor vervuiling van de verharding. Door bewoners goed op de hoogte te stellen en met borden aan te geven dat er een infiltrerende verharding aanwezig is kan veel vervuiling worden voorkomen.



Figuur 7: Vervuiling van de verharding door het storten van zand

- Werkzaamheden na aanleg zorgen voor verstopping van de infiltrerende verharding. Door te informeren en beschermende maatregelen te nemen kan vervuiling worden voorkomen.



Figuur 8: Vervuiling van de verharding door graafwerkzaamheden

- Bomen zorgen in de periode van bladval voor verstopping van een infiltrerende verharding. Om verstopping van een infiltrerende verhardingsconstructie door bladval tegen te gaan, is het advies om in deze periode vaker te vegen. Dit is opgenomen bij het advies voor het beheer en onderhoud.



Figuur 9: Vervuiling van de verharding door bladval

4 Geschiktheid van locaties

Het succes van infiltrerende verhardingsconstructies is mede afhankelijk van de functie van de locatie. In deze paragraaf zijn diverse locaties onderverdeeld in drie categorieën[2][3]:

- Een categorie waar infiltrerende verharding is af te raden.
- Een categorie waar infiltrerende verharding onder voorwaarden mogelijk is.
- Een categorie waar infiltrerende verharding mogelijk is.

4.1 Locaties waar infiltrerende verharding is af te raden

Evenemententerrein

- Tijdens evenementen vindt veel vervuiling van de verharding plaats.
- Het plaatsen van tenten, podia, hekwerken of attracties brengt schade aan de poreuze steen.

Markten

- Bij marktplaatsen is vaak sprake van vervuiling van de verharding.
- Het opzetten en afbreken van de marktkramen beschadigt de poreuze steen.

Industriegebieden/bedrijventerreinen

- Als er sprake is van veel zwaar en wringend verkeer.
- Vervuiling door het lekken van oliën.

Wegen met (land)bouwwerkeer

- Landbouwwerkeer heeft modder en klei aan de banden wat zorgt voor vervuiling.
- Landbouwvoertuigen zijn zware voertuigen waardoor schade aan de verharding ontstaat.

Wegen met een hoge intensiteit

- Een hoge intensiteit van het verkeer zorgt snel voor schade aan de verharding.

4.2 Locaties waar infiltrerende verharding onder voorwaarden mogelijk zijn

Centrumgebied

- Veel bevoorrading middels zwaar en wringend verkeer is niet wenselijk.
- Parades, optochten of andere festiviteiten zorgen voor vervuiling. Wanneer achteraf grondig wordt schoongemaakt is een infiltrerende verhardingsconstructie mogelijk.



Figuur 10: Schade op evenemententerreinen



Figuur 11: Afvalwater van de viskraam op de markt



Figuur 12: Modder op landbouwwegen



Figuur 13: Vervuiling in het centrumgebied

Busroutes

- Bussen vallen onder de categorie zwaar verkeer en rijden meerdere malen per dag exact dezelfde route. Bussen hebben een lage spreiding over de rijstrook waardoor ze iedere keer hetzelfde gedeelte van de rijbaan belasten, hierdoor ontstaat snel spoorvorming in de verharding. Geadviseerd wordt om niet sterk af te wijken van de intensiteitnorm uit België, zoals te lezen in hoofdstuk 6.3

Schoolpleinen

- Schoolpleinen zijn geschikt voor infiltrerende verhardingsconstructies. Er dient echter rekening te worden gehouden met zandbakken op de pleinen. Het zand uit de zandbak kan er voor zorgen dat doorlatendheid van de waterdoorlatende steen afneemt.

Parkeerplaatsen voor personenauto's

- Afhankelijk van de intensiteit is een parkeerplaats geschikt. Wanneer de intensiteit te hoog is zorgt het wringende verkeer voor schade. Dit is bijvoorbeeld het geval bij winkelcentra of supermarkten.

4.3 Locaties waar infiltrerende verharding mogelijk is

Met name de intensiteit en het type verkeer is belangrijk om schade aan de verharding te voorkomen. Onderstaande locaties voldoen veelal aan deze eisen voor het gebruik.

- Woonstraten
- Pleinen
- Wandelstraten
- Fietspaden
- Voetpaden
- Opritten
- Terrassen



Figuur 14: Spoorvorming in de busroute



Figuur 15: Vervuiling door een zandbak op het schoolplein



Figuur 16: Woonstraat

5 Onderdelen

Een infiltrerende verhardingsconstructie is opgebouwd uit verschillende onderdelen, namelijk de verharding, voegen, vlijlaag, fundering en eventueel scheidingsdoeken. De functies van deze onderdelen, aandachtspunten en materialen worden hier toegelicht. **Alle genoemde kosten van de materialen zijn exclusief aannemersoplage, VAT en BTW.**

5.1 Verharding

Een infiltrerende verharding kan waterdoorlatend of waterpassierend zijn. Een doorlatende verharding bestaat uit **poreuze stenen** met een open structuur. Waterpasserende verharding bestaat uit **stenen met afstandhouders**, hierdoor ontstaan verbrede voegen. Bij waterpasserende verharding infiltreert hemelwater via de verbrede voegen naar de onderliggende constructie en ondergrond.



Figuur 17: Waterpasserende en doorlatende steen

De verharding moet het hemelwater snel kunnen afvoeren naar de onderliggende lagen. De infiltratiecapaciteit van de verharding moet gewaarborgd blijven in de tijd om overlast te voorkomen.

Door het gebruik vervuult de toplaag van een infiltrerende verhardingsconstructie waardoor de waterdoorlatendheid afneemt. Om toch aan de benodigde infiltratiecapaciteit te blijven voldoen moet de toplaag bij aanvang een hogere doorlatendheid hebben. Geadviseerd wordt een doorlatendheid van 194 mm/h (of 540 l/s/ha). Dit is de norm die in België en Duitsland wordt gehanteerd en naar alle waarschijnlijkheid binnenkort ook in Nederland gaat gelden.[4]

Op het gebied van comfort zijn waterpasserende stenen met grote afstandhouders minder geschikt voor toepassingen waar veel voetgangers komen. Denk aan het ongemak van vrouwen met hakken, rolstoelen, winkelwagentjes en fietsers. Een doorlatende verharding beschikt over een goede begaanbaarheid doordat de voegen kleiner zijn.

Overigens zijn er wel waterpasserende stenen verkrijgbaar met kleine afstandhouders.[2]

| Onderdeel | Materiaal | Indicatie kosten |
|------------|------------------------------|--------------------------|
| Verharding | Doorlatende betonstenen | € 16,00 / m ² |
| | Passerende betonstenen | € 12,00 / m ² |
| | Reguliere betonstenen | € 11,00 / m ² |
| | Passerende gebakken klinkers | € 22,00 / m ² |

Tabel 1: Indicatie kosten leveren verhardingsmaterialen (bron: Gemeente Deventer)

5.2 Voegen

De voegen hebben als functie om de krachten tussen de stenen over te dragen en te verdelen. Daarnaast moeten de voegen waterdoorlatend zijn. Door de voegvulling is de verharding één geheel. De voegvulling zorgt er mede voor dat de stenen op hun plaats blijven en niet gaan kantelen en/of kruipen en daardoor uit het verband raken. Voegen van infiltrerende verhardingen dienen te worden gevuld met een materiaal dat waterdoorlatend is.[3]

Als voegvulling wordt vaak **split** toegepast. Afhankelijk van de voegbreedte wordt een bepaalde gradatie toegepast, doorgaans is dat vaak 1-3 mm. Aanbevolen wordt een gradatie van 1-2 mm, dit wordt toegelicht in paragraaf 6.5. Een alternatieve voegvulling is een waterdoorlatende strip van kunststof. Deze zit ingeklemd tussen de stenen en blijft hierdoor op zijn plaats.[5]

Het voegmateriaal moet intact blijven en mag niet verbrijzelen, hierom moet het split een hoge hardheid hebben. Een kunststof strip kan niet verbrijzelen en heeft hier een voordeel ten opzichte van split. Het product moet zich echter nog bewijzen.

| Onderdeel | Materiaal | Indicatie kosten |
|---------------|---------------------|-------------------------|
| Voegmateriaal | Hollandse split 1-2 | € 0,25 / m ² |
| | Morane split 1-2 | € 0,23 / m ² |
| | Basalt split 1-2 | € 0,28 / m ² |
| | Kunststof strip | € 2,50 / m ² |

Tabel 2: Indicatie kosten leveren en aanbrengen voegmateriaal (bron: Gemeente Deventer)

5.3 Vlijlaag

De vlijlaag (of straatlaag) is de laag van enkele centimeters tussen de fundering en de verharding en dient als bed voor de stenen.

De vlijlaag moet beschikken over een hoge waterdoorlatendheid zodat het water geen invloed heeft op de draagkracht en pompwerking wordt tegengegaan. Bij de keuze van het materiaal voor de vlijlaag moet rekening worden gehouden met de gradatie van het funderingsmateriaal, filterwerking mag hierbij niet optreden.

Pompwerking: Door de verkeersbelasting drukt de vlijlaag in elkaar en wordt het water uit de poriën geperst. Bij dit proces worden de fijne materialen uit de vlijlaag meegenomen met het water, doordat er materiaal uit de vlijlaag verdwijnt treedt spoorvorming op.[3]

Doorgaans wordt als vlijlaag een **split met een gradatie 2-6** toegepast, door de geringe korrel diameter is dit makkelijk te egaliseren. Het split heeft een hoge waterdoorlatendheid.



Figuur 18: Draineerzand

Een ander materiaal is **draineerzand**, dit is een zand van 0-2 mm waarbij de fijne fractie <math>< 63 \mu\text{m}</math> maximaal 5% bedraagt en de fractie boven de 250 $\mu\text{m}</math> minimaal 50% bedraagt.[5] Door deze eisen aan het zand ontstaat een goede waterdoorlatendheid, echter wel in mindere mate als een split 2-6. Wanneer een doorlatende steen is toegepast kan draineerzand niet als vlijlaag dienen. Bij onderhoud kan het zand in de steen worden gezogen door bijvoorbeeld de ZOAB cleaner.$

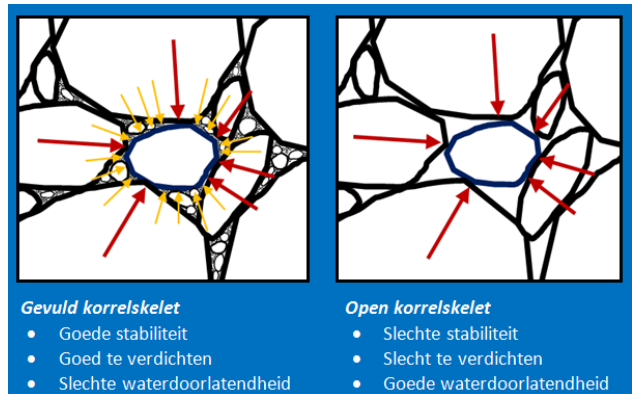
| Onderdeel | Materiaal | Indicatie kosten |
|-----------|---------------------|--------------------------|
| Vlijlaag | Hollandse split 2-6 | € 29,75 / m ³ |
| | Morane split 2-6 | € 24,70 / m ³ |
| | Basalt split 2-6 | € 35,80 / m ³ |
| | Drainzand | € 14,00 / m ³ |

Tabel 3: Indicatie kosten leveren materialen voor de vlijlaag (bron: Gemeente Deventer)

5.4 Fundering

De fundering is de laag die de verticale verkeersbelasting opvangt en verdeelt naar de ondergrond. De fundering moet voldoende waterdoorlatend zijn om hemelwater naar de ondergrond af te voeren. In sommige gevallen is bij een lage verkeersbelasting en een goede stabiele en doorlatende ondergrond geen fundering noodzakelijk.

Het belastingspreidend vermogen van korrelvormige materialen wordt voor een belangrijk deel ontleend aan de overdracht van krachten ter plaatse van de contactpunten tussen de korrels. De opbouw van het korrelskelet speelt daarbij een grote rol. Naarmate de holle ruimten tussen de grove korrels beter opgevuld zijn met kleinere korrels, neemt het aantal contactpunten toe. Een korrelmengsel waarin verschillende diameters voorkomen, zodanig dat er een dichte korrelstapeling ontstaat, heeft dan ook een groter belastingspreidend vermogen dan een korrelstapeling die bestaat uit korrels met allemaal dezelfde diameter.



Figuur 19: Eigenschappen korrelskelet

Wanneer de fijne fractie en/of de zandfractie ontbreekt duurt het langer om een laag goed te verdichten. De fijne fractie dient als smeeroilie. Bij een goed gevuld skelet is er een goede mix tussen fijne en grove delen. Hierdoor worden de poriën tussen de grove delen snel opgevuld, waardoor een goede verdichting relatief snel wordt bereikt. Bij een open korrelskelet is een goede verdichting pas bereikt als de stenen op een bepaalde manier in elkaar zijn geschoven/gerold, dit duurt langer en verdient dus meer aandacht.

Het toepassen van een grotere maximale diameter van de korrel heeft een positieve uitwerking op de stijfheidsmodulus. Hierom is een korrelverdeling van 4-40 aanbevolen. Bij een grotere gradering korrels zijn minder bezwijkpunten(korrelcontactvlakken) in een gelijk volume aan kleinere korrels. De 'interne' schuifweerstand van een grote korrel is groter dan de

schuifweerstand in een gelijk volume aan kleinere korrels. Minder bezwijkpunten in combinatie met grotere opneembare schuifkrachten leid tot een beter lastspreiding en hogere toelaatbare spanning voordat afschuiving of bezwijken langs de korrelcontactvlakken optreedt.[7]

Als fundering kan een **ongebonden steenslag** zonder zandfractie worden toegepast, bijvoorbeeld met een gradatie 4-40. Het nadeel is de verminderde stabiliteit doordat het korrelskelet niet compleet is gevuld. Het verwijderen van de kleine deeltjes heeft aanzienlijk invloed op de maximum proctordichtheid. Door de verkeersbelasting kan het materiaal verpulveren waardoor fijne deeltjes ontstaan met permanente vervorming tot gevolg. Om de stabiliteit te verbeteren wordt de ongebonden steenslag hierom **aangevuld met draineerzand**. Door de doorlatende eigenschappen van het draineerzand blijft de waterdoorlatendheid gewaarborgd.

Te fijne bestanddelen in het materiaal zorgen ervoor dat de doorlatendheid van de fundering afneemt. Om deze reden worden die deeltjes uit het materiaal verwijderd.

De ongebonden steenslag kan bijvoorbeeld een menggranulaat, Grauwacke gesteente of lava gesteente zijn. Menggranulaat bevat een kleine hoeveelheid verhard cement in het puingranulaat. Doordat na aanleg de puin-cementcontactvlakken opnieuw verkitten kan een vrij stijve plaat ontstaan. Grauwacke is een natuurlijk gesteente met een hoge hardheid waardoor het niet snel verbrijzelt. Een nadeel is dat Grauwacke in aanschaf vijf maal zo duur is als menggranulaat, dit is een prijs/kwaliteit afweging.[2]

Lavasteen is een poreus en relatief licht materiaal met een hoge waterdoorlatendheid en bergingscapaciteit. Door een fundering toe te passen van lavastenen met gradatie 4-32 wordt 48% holle ruimte gerealiseerd. [7]Doordat de gradatie 0-4 ontbreekt is er een lage cohesie tussen het gesteente, hierdoor is de stabiliteit van de fundering een stuk lager.

| Onderdeel | Materiaal | Indicatie kosten |
|-----------|--------------------------|------------------|
| Fundering | Betonggranulaat 4-40 | € 16,80 / m3 |
| | Menggranulaat 4-40 | € 11,25 / m3 |
| | Metselwerkgranulaat 4-40 | € 10,80 / m3 |
| | Grauwacke 2-45 | € 63,00 / m3 |
| | Kalksteen 6-32 | € 50,00 / m3 |
| | Lava 4-32 | € 37,40 / m3 |

Tabel 4: Indicatie kosten leveren funderingsmaterialen (bron: Gemeente Deventer)

5.5 Scheidingsdoeken

Het is een mogelijkheid om in een infiltrerende verhardingsconstructie waterdoorlatende scheidingsdoeken toe te passen. Hierdoor wordt de filterstabiliteit van de verschillende lagen in de constructie vergroot. Een scheidingsdoek voorkomt dat verschillende gradaties van materiaal vermengen met een afnemende waterdoorlatendheid tot gevolg. Een nadeel van de scheidingsdoeken is de vergrote kans op dichtslibben van de constructie, de scheidingsdoeken zijn hier erg gevoelig voor. Tevens zijn de scheidingsdoeken slecht te herstellen na graafwerkzaamheden voor bijvoorbeeld nutsvoorzieningen of huisaansluitingen.[8]

| Onderdeel | Materiaal | Indicatie kosten |
|------------------|-------------------------|------------------|
| Scheidingsdoeken | Waterdoorlatend textiel | € 0,50 / m2 |

Tabel 5: Indicatie kosten leveren scheidingsdoeken (bron: Gemeente Deventer)

6 Advies voor het ontwerp

Om een infiltrerende verhardingsconstructie succesvol te maken zijn verschillende adviezen opgesteld waar het ontwerp aan moet voldoen.

6.1 Adviezen voor de bodem

De doorlatendheid is de capaciteit van de bodem om water door te laten. Deze doorlatendheid wordt uitgedrukt in de K-waarde met als eenheid m/dag. Geadviseerd wordt om bij K-waarden kleiner dan 0,5 m/dag hemelwater niet te infiltreren in de bodem. Eventueel kan het water via infiltrerende verharding wel vertraagd worden afgevoerd. Tevens is het mogelijk om water tijdelijk te bergen in de fundering. De fundering fungeert dan als extra buffer, waardoor het water vertraagd kan infiltreren. [8]

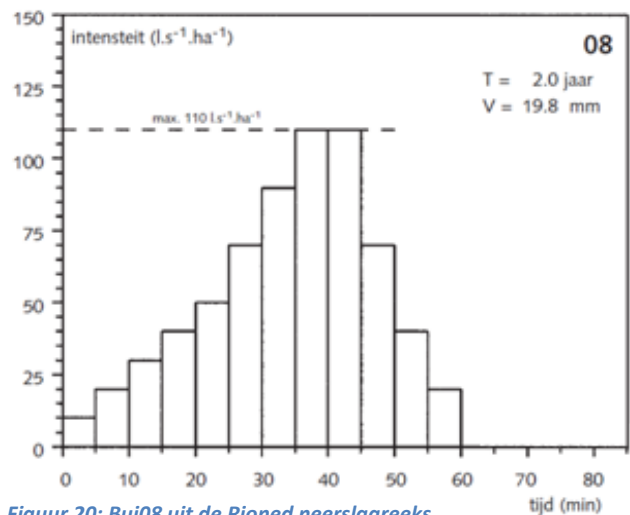
Geadviseerd wordt om een minimale ontwateringseis van 0,7 m te hanteren. Dit is gelijk aan een traditionele verhardingsconstructie. Het is tevens van belang dat de grondwaterstand buiten de vorstvrije zone ligt, om de doorlatendheid van de constructie te kunnen borgen en om schade door vorst en opdooi te voorkomen.

Toepassing van een infiltrerende verhardingsconstructie wordt afgeraden wanneer verontreinigingen in de bodem aanwezig zijn, dit om verspreiding van de verontreiniging te voorkomen. Tenzij de constructie wordt opgebouwd en ingezet als watervertragende constructie. In dat geval kan een waterdichte folie aan de onderzijde van de constructie waterdoorvoer naar de bodem voorkomen.

Grondsoorten als klei of leem hebben meestal een slechte doorlatendheid. Door het zwellen van deze grondsoort wordt het infiltreren van water in de bodem afgeraden. Vertraagd afvoeren is wel goed mogelijk.

6.2 Adviezen voor de constructie m.b.t. de waterhuishouding

Een infiltrerende verhardingsconstructie wordt onder andere in de gemeente Deventer gedimensioneerd om, net als bij de riolering, een bui08 te kunnen verwerken. Een bui08 is een bui met een neerslaghoeveelheid van 19,8 mm/h en een piek van 110 l/s/h die eens 2 jaar voorkomt. In figuur 20 is de bui08 als diagram weergegeven.[2]



Figuur 20: Bui08 uit de Rioned neerslagreeks

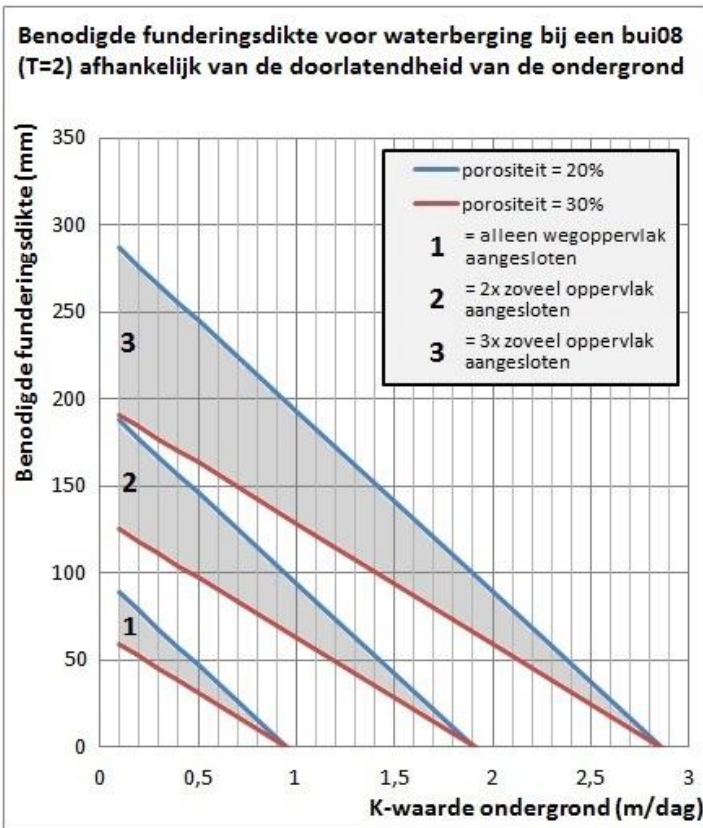
Om de benodigde infiltratiecapaciteit van de constructie te bepalen moet rekening worden gehouden met het aangesloten oppervlak. Wanneer trottoirs, opritten en daken afvoeren naar de verharding wordt de hoeveelheid te verwerken water groter.

Benodigde infiltratiecapaciteit =

$$\text{Neerslag maatgevende bui} * \frac{\text{Totaal aangesloten oppervlak}}{\text{Infiltrerend oppervlak}}$$

Bij berging van hemelwater in de fundering wordt hiervoor een ledigingstijd van 12 uur geadviseerd. Daarnaast is de ledigingstijd van belang om de stabiliteit van de constructie te kunnen waarborgen. Uit Amerikaans onderzoek[9] blijkt dat een vochtgehalte in een ongebonden granulaat die verzadiging benadert en in 12 uur is afgevoerd geen effect heeft op de stijfheidmodulus van de fundering. De rekenwaarde van de stijfheid van het mengsel hoeft hierbij niet aangepast te worden. Ook moet de constructie snel genoeg geledigd zijn om een volgende bui op te vangen.

Om te bepalen of berging noodzakelijk is en hoeveel berging er aanwezig moet zijn is een grafiek opgesteld, deze is te zien in figuur 21. Als uitgangspunt is een bui08 (19,8 mm/h) genomen. De K-waarde van de ondergrond is inclusief veiligheidsfactor, dit is de gemeten waarde inclusief de veiligheidscoëfficiënt van 0,5. Daarnaast kan de berging ook worden bepaald met de rekenmodule in Excel.



6.3 Adviezen voor de constructie m.b.t. het wegbeheer

Het korrelskelet van een infiltrerende verhardingsconstructie is niet helemaal gevuld. Hierdoor is deze minder stabiel dan een traditionele verharding. Zwaar, draaiend en wringend verkeer in combinatie met een hoge intensiteit kunnen daarom beter worden vermeden. In België wordt voor infiltrerende verharding de norm gehanteerd van maximaal 20 zware en 500 lichte voertuigen per dag.[3]

Om spanningswater te voorkomen wordt geadviseerd om geen deeltjes kleiner dan 63 µm toe te passen. Door deze kleine deeltjes kan water niet goed uittreden wanneer de constructie onder druk staat.

Water in de constructie

Als een grondsoort verzadigd is met water kan bij belasting contractantie ontstaan, dit is het fenomeen waarbij een verzadigde grondlaag wordt ingedrukt en het water niet direct kan uittreden. Doordat het water niet direct kan uittreden ontstaat een overdruk (spanningswater) en nemen de effectieve spanningen tussen de korrels af met als gevolg dat de grond tijdelijk zwakker is. Het effect van dit proces wordt groter naarmate de korrels in een grondsoort kleiner zijn. Namelijk: Hoe kleiner de korrels, hoe lager de doorlatendheid en hoe groter de kans op contractantie. [6]

De voegen tussen de stenen dienen continu volledig gevuld te zijn, de voegvulling zorgt voor de overbrengen van horizontale krachten. Op het moment dat de voegvulling onvoldoende is kunnen schadebeelden ontstaan doordat de stenen gaan kantelen, kruipen en/of klapperen.

Uit onderzoek blijkt dat voegmateriaal verbrijzelt en zich vormt tot een harde dichte laag onder de steen zoals te zien in figuur 22. Om verbrijzeling te voorkomen moeten toegepaste materialen over een hoge weerstand tegen verbrijzeling beschikken en moeten voegen continu volledig gevuld zijn.



Figuur 22: Verbrijzeld voegmateriaal

6.4 Algemene ontwerp adviezen

In deze paragraaf zijn de algemene adviezen gegeven voor het toe passen van een infiltrerende verhardingsconstructie.[2][8]

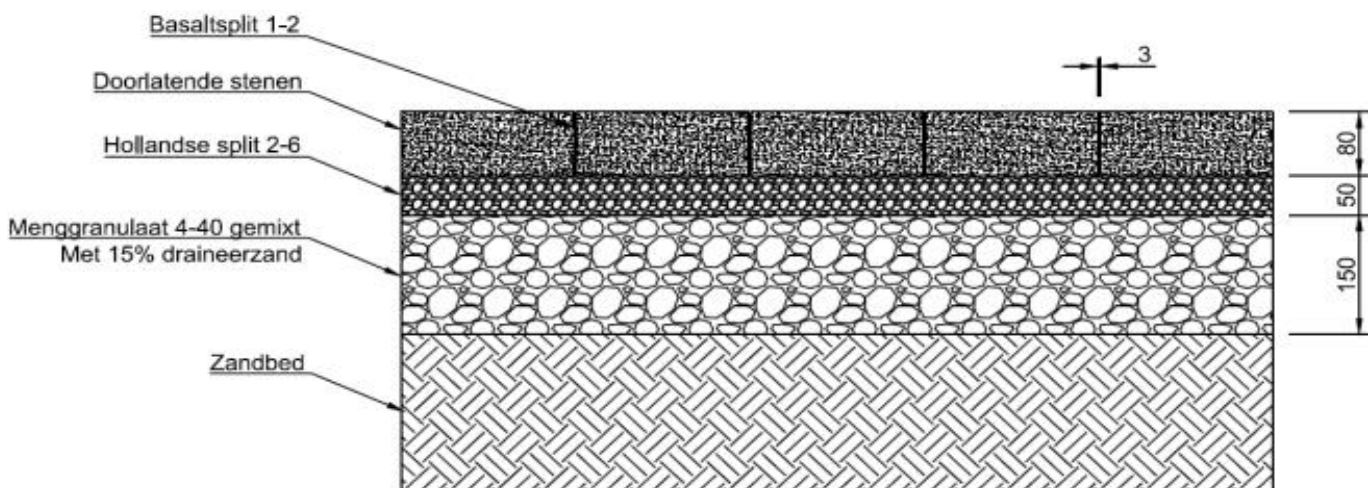
Pas altijd een **noodvoorziening** toe in het ontwerp, dit kan bijvoorbeeld een kolk zijn die is aangesloten op het gemengd riool of regenwaterriool. Hiermee wordt voorkomen dat wateroverlast ontstaat wanneer zwaardere buien vallen dan waarop de constructie is berekend.



Figuur 23: Noodkolk op het laagste punt

Wanneer de verharding met een lichte **bolling van 0,5-1%** wordt aangebracht geven de stenen de krachten beter aan elkaar door tijdens belasting. Het aanbrengen van het afschot moet al plaatsvinden in de fundering om spoorvorming te voorkomen. Door het lichte afschot zal het hemelwater direct infiltreren en niet gaan stromen over de verharding.

Geadviseerd wordt om **geen scheidingsdoek toe** te passen in de constructie. Scheidingsdoeken worden toegepast om lagen in de constructie te scheiden en vermenging te voorkomen. Scheidingsdoeken kunnen dicht slijben in de loop van de tijd door de fijne deeltjes die met het hemelwater mee de constructie inzakken.



Figuur 25: Dwarsprofiel van het geadviseerde ontwerp

Bij het ontwerp moet rekening zijn gehouden met de **groenvoorzieningen**, deze zorgen voor vervuiling van de verharding. De plantsoendienst dient goed te zijn ingelicht over de aanwezigheid van de infiltrerende verhardingsconstructie om vervuiling door onderhoud te voorkomen.

Wanneer **storende lagen** in de ondergrond zitten kunnen aanvullende maatregelen worden getroffen zoals grondverbetering, zandpalen met een draineerzand, drainage in de fundering of een extra dikke fundering.

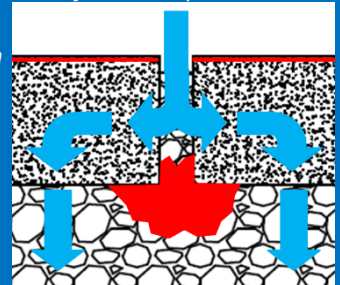
6.5 Gehanteerd ontwerp Deventer

Voor de verschillende onderdelen van een infiltrerende verhardingsconstructie worden de volgende materialen geadviseerd:

Doorlatende stenen voor de verharding toe te passen. De doorlatende steen heeft een significant hogere waterdoorlatendheid na verloop van tijd dan de passerende stenen en de begaanbaarheid is beter.

Meerwaarde doorlatende verharding

Uit onderzoek is gebleken dat de doorlatende verharding na verloop van tijd een betere infiltratiecapaciteit heeft als een waterpasserende steen. De vervuiling vindt plaats onder de stenen ter plaatse van de voegen, hierdoor neemt de infiltratiecapaciteit van een waterpasserende verharding snel af. Bij een doorlatende verharding kan het hemelwater ook door de zijkant van de stenen naar de ondergrond infiltreren.



Figuur 24: Verloop van water door de doorlatende stenen

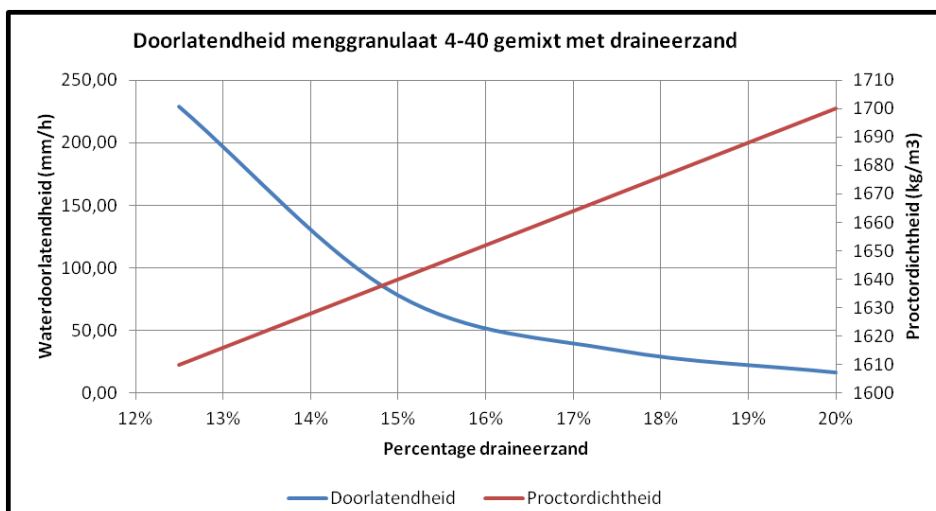
Een stofarm basaltsplit 1-2 toe te passen als voegvulling. Dit is een erg hard gesteente welke goed bestand is tegen verbrijzeling. Daarnaast is de doorlatendheid gewaarborgd door de open structuur. Ook zijn de kosten relatief laag in vergelijking met de waterdoorlatende strip.

Een stofarm natuurlijk split 2-6 toe te passen als vlijlaag. Door de hoge doorlatendheid van 360 m/dag wordt het water vlot naar de fundering en ondergrond afgevoerd.

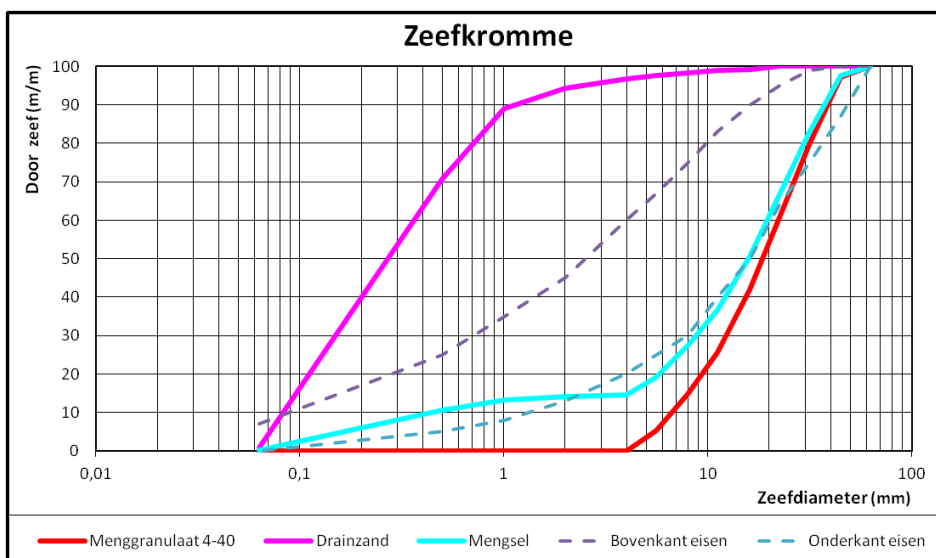
Een menggranulaat 4-40 gemixt met 15% volume delen draineerzand als fundering. Gekozen is voor menggranulaat omdat dit een relatief goedkoop product is in vergelijking tot een natuurlijke steenslag. Door het toevoegen van draineerzand ontstaat een stevig korrelskelet. Uit berekeningen blijkt het ideale percentage draineerzand 15 volume procenten te zijn. Bij dit percentage ligt het optimum van de afweging van ideale doorlatendheid en stabiliteit van het mengsel.

Een hogere stabiliteit zorgt voor een afname van de doorlatendheid en vice versa. Zie hiervoor figuur 25. Doordat de zeefkromme (bijna) binnen de eisen van de Standaard RAW Bepalingen ligt is de stabiliteit ook nagenoeg gelijk aan die van menggranulaat 0-40.

Eveneens blijft door het draineerzand de doorlatendheid gewaarborgd. In figuur 26 is af te lezen dat het mengsel aan de onderkant van de eis ligt voor menggranulaat 0-40. De zeefkromme loopt in het begin vrij vlak, dit betekent dat er in dat traject geen korrels met die afmeting aanwezig zijn in het mengsel. De hoogte van de lijn geeft het gehalte aan fijne fractie aan. Het vrij stijl oplopen betekent dat de grovere fractie snel toeneemt. Doordat de zeefkromme van het mengsel (bijna) binnen de eisen ligt is de stabiliteit ook nagenoeg gelijk aan dat van menggranulaat 0-40. De theoretische doorlatendheid van het mengsel is ongeveer 78mm/uur. De porositeit van het mengsel is 23%. [6]



Figuur 26: Toevoeging drainzand

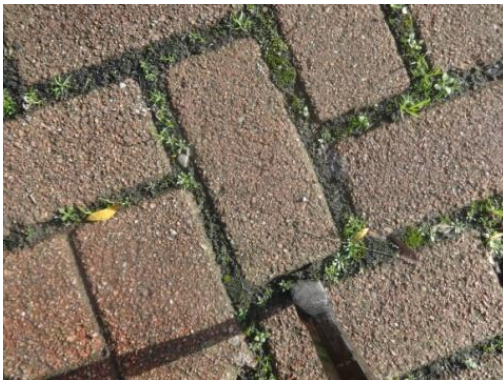


Figuur 27: Zeefkromme

7 Advies voor beheer en onderhoud

Om de werking van een infiltrerende verhardingsconstructie na verloop van tijd te garanderen moet beheer en onderhoud worden uitgevoerd. [2]

Wanneer gebruik wordt gemaakt van de verharding treedt altijd vervuiling op. Uit onderzoek is gebleken dat deze vervuiling zich voornamelijk ophoopt in de toplaag van de doorlatende stenen en onder de stenen ter plaatse van de voegen. Het gevolg van deze vervuiling is dat de waterdoorlatende functie afneemt. [8] Daarnaast ontstaat door de verkeersbelasting schade aan de verharding. Het gevolg hiervan is dat het uiterlijk en de begaanbaarheid van de weg verminderd.



Figuur 28: Vervuiling voegen

Op infiltrerende verhardingen is minder onkruidgroei waargenomen als op een traditionele verharding. Onkruid groeit hier niet omhoog, er ontstaan geen plantjes. Over de gehele verharding is wel te zien dat er mos en alg tussen de voegen groeit.

In de volgende paragrafen zijn adviezen gegeven over het uit te voeren beheer en onderhoud om te zorgen dat een infiltrerende verharding goed blijft functioneren. Er is onderscheid gemaakt tussen dagelijks-, klein- en groot onderhoud.

7.1 Dagelijks onderhoud

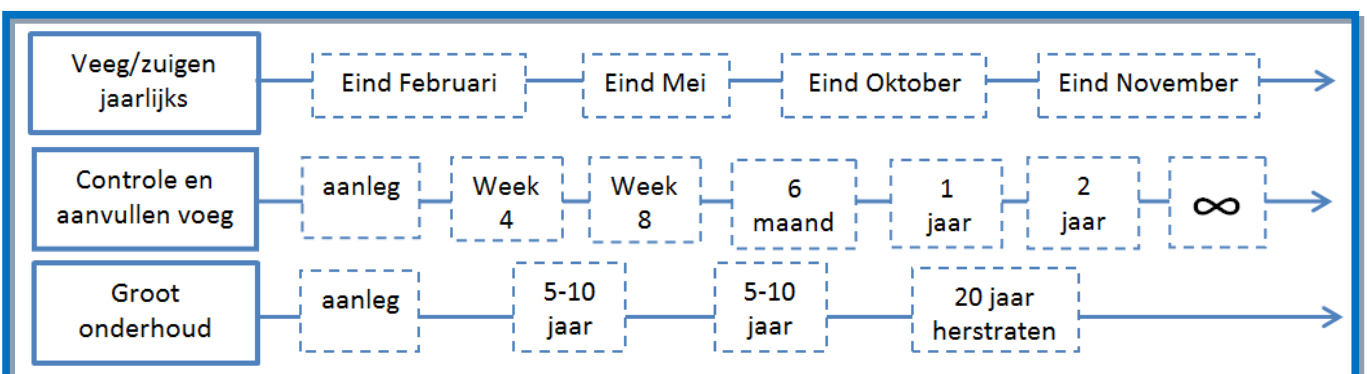
- De infiltrerende verharding kan net als een normale verharding in het reguliere onderhoud met de veeg/zuigauto worden meegenomen.
- Een poreuze steen kan echter alleen met kunststof borstels worden geveegd. Ook moet de zuigsterkte in het eerste jaar zodanig zijn aangepast dat geen voegvulling wordt uitgezogen. Uit onderzoek is gebleken dat na één jaar de verharding met de normale zuigsterkte kan worden gereinigd zonder dat de voegen worden leeggezogen.
- Tijdens en na de periode van bladval moet de verharding worden schoon gehouden. Op veel locaties zorgt blad en humus voor vervuiling.
- Strooizout is schadelijk voor poreuze stenen en de zouten komen in de ondergrond terecht. Om deze redenen wordt aangeraden minimaal te strooien op een doorlatende verharding. Strooien met zand op een infiltrerende verharding is niet mogelijk omdat dit voor verstopping zorgt.

7.2 Klein onderhoud

- De voegen van een infiltrerende verharding moeten elk jaar worden gecontroleerd en waar nodig worden aangevuld.
- Bij herstraten moet aandacht worden besteed aan de opbouw van de constructie en het beschermen van de naastliggende verharding tegen vervuiling.

7.3 Groot onderhoud

- Wanneer hemelwater te lang op de verharding blijft liggen moet onderhoud worden uitgevoerd met een ZOAB cleaner. Dit is afhankelijk van de mate van vervuiling. Een ZOAB cleaner kost € 1200,- per dag waarbij ongeveer 3000 m² kan worden gereinigd.
- De verwachting is dat een infiltrerende verharding na 20 jaar moet worden herstraat. Daarbij moet aandacht worden besteed aan de vervuiling in de vlijlaag.



Figuur 29: Onderhoudsschema

8 Advies voor de uitvoering

Een goede uitvoering is bij infiltrerende verhardingsconstructies essentieel om schades en extra kosten te voorkomen. In dit hoofdstuk zijn puntsgewijs de aanbevelingen weergegeven welke betrekking hebben op de uitvoering van een infiltrerende verhardingsconstructie. [2]

8.1 Aandachtspunten

- Iedere laag ongebonden steenslag in de constructie moet een gemiddelde verdichtingsgraad hebben van 100% met een minimum van 95% volgens de Standaard RAW Bepalingen 2010. Waterdoorlatende funderingen laten zich doorgaans moeilijker verdichten dan continu gegradeerde mengsels.
- Het uitgraven cunet dient niet onnodig te worden belast. Dit is om spoorvorming te voorkomen.
- Iedere laag in de constructie moet op de juiste dikte worden aangebracht. Vooral in de vlijlaag mag het verschil niet groter zijn dan 0,5 cm. De eerste schadebeelden zoals verzakkingen en spoorvorming ontstaan doordat de vlijlaag niet overal even dik is waardoor variatie ontstaat in de draagkracht.
- Vervuilen van de verharding tijdens uitvoering moet worden voorkomen. Het is van belang dat het aanbrengen van de verharding van buiten naar binnen plaatsvindt. Allereerst dienen de trottoirs te worden aangebracht en vervolgens het wegdek. Hierdoor vervuult het wegdek niet met zand of andere materialen op het moment dat de trottoirs worden aangebracht. Ook wordt de rijbaan dan niet direct belast door zware machines.



Figuur 30: Trottoir is voor de verharding aangelegd

- De voegen goed en herhaaldelijk dichtvegen met een fijne gradatie split. Voordat de voegen volledig gevuld zijn dient deze minimaal drie keer te zijn ingeveegd. Bij een passerende bestrating is ongeveer 10kg split/m² benodigd. Door het verkeer zakt het materiaal dieper in de voeg waardoor enkele weken na aanleg opnieuw moet worden ingeveegd. Voegen moeten continue gevuld zijn. Een goed gevulde voeg voorkomt schades.



Figuur 31: Split op de verharding

- Op verharding met een waterdoorlatende steen geen split achterlaten na het invegen. Door het harde splitmateriaal in combinatie met het gebruik beschadigt de toplaag van de steen. Ook kan het splitmateriaal verpulveren waardoor de steen verstopt raakt.
- In een nieuwbouwwijk de verse bestrating sluiten voor bouwverkeer. Een pas aangelegde weg heeft tijd nodig om te zetten. Voor de kwaliteit van de verharding moet zwaar verkeer vooral in de beginfase gemeden worden. Ook neemt bouwverkeer veel vervuiling van de bouwwegen mee aan de banden, hierdoor raakt de steen verstopt.



Figuur 32: Machinaal straten

8.2 Gereedschappen

Het aanbrengen van doorlatende stenen kan niet met alle gereedschappen worden uitgevoerd.[2]

- Gebruik gerubberd gereedschap. De stenen met een poreuze toplaag zijn gevoelig voor beschadigingen.
- Het op maat maken van de waterdoorlatende stenen middels zagen, niet door knippen. De poreuze steen geeft bij het knippen geen rechte breuk. Het zagen dient door het vrijkomende slijpsel niet op de aanwezige bestrating plaats te vinden.
- Aftrillen met een lichte tot middelzware trilplaat, een slagkracht tussen de 20 en 30 kN en met rubberen glijplaat. Gebruik geen stootijzers of tangen om te voorkomen dat het materiaal beschadigd.
- Waterdoorlatende stenen machinaal straten of verplaatsen met een Brabantse wagen. De stenen niet middels een kruiwagen verplaatsen. Bij het laden en lossen beschadigt de poreuze steen makkelijk. Wanneer er machinaal wordt gestraat is het van belang dat de klem goed staat ingesteld zodat de stenen strak tegen elkaar liggen.
- Gebruik kunststof rijplaten om beschadigingen door het schuiven van stalen rijplaten te voorkomen.

8.3 Toezicht

Omdat correcte uitvoering bij een infiltrerende verhardingsconstructie van groot belang is voor een lange levensduur en minimaal onderhoud wordt aangeraden om een aantal stopmomenten controle punten op te nemen. Een aantal belangrijke punten zijn hieronder genoemd[2]:

- Afleverbonnen van het mengsel en de verhouding van menggranulaat en drainzand.
- De verdichtingsgraad van de fundering moet met een meting worden aangetoond.
- Dikte van de vlijlaag en fundering.
- Omgang met de doorlatende stenen.
- Controleren van het juiste gereedschap.
- Bijwonen van aftrillen verharding door trilplaat met rubberen glijplaat.
- Bij oplevering de gevulde voeg controleren.



Figuur 33: Gereedschappen

9 Kostenindicatie

Een indicatie van de kosten voor aanleg en beheer en onderhoud van het geadviseerde ontwerp zijn in dit hoofdstuk beschreven en vervolgens vergeleken met conventionele methodes[2][10].

9.1 Aanlegkosten ontwerp

In deze paragraaf worden de aanlegkosten voor het ontwerp van de infiltrerende verhardingsconstructie toegelicht. De kostenraming is gebaseerd op een verharding van 4000 m². De volledige kostenraming is op aanvraag beschikbaar bij de gemeente Deventer.

In deze raming is meegenomen:

- Ontgraven en afvoeren van grond.
- Leveren en aanbrengen van de waterdoorlatende bestrating.
- Leveren en aanbrengen van de voegvulling van basaltsplit 1-2.
- Leveren en aanbrengen van de vlijlaag van Hollandse split 2-6
- Leveren, mixen en aanbrengen van de fundering van menggranulaat en draineerzand.
- Leveren en aanbrengen van 2 noodkolken.

De kosten voor de aanleg van het ontwerp zijn afhankelijk van de funderingsdikte. In tabel 6 is de prijs per vierkante meter te zien bij verschillende funderingsdiktes.

| Kosten ontwerp | |
|-----------------|--------------------------|
| Funderingsdikte | Indicatie kosten |
| Geen | € 24,27 / m ² |
| 10 cm | € 29,61 / m ² |
| 15 cm | € 31,06 / m ² |
| 20 cm | € 32,51 / m ² |
| 25 cm | € 33,96 / m ² |

Tabel 6: Kosten ontwerp

9.2 Onderhoudskosten ontwerp

Het beheer en onderhoud van de infiltrerende verharding afgezien van het herstraten kost € 0,16 per vierkante meter voor één jaar. In het beheer en onderhoud zijn de volgende punten meegenomen:

- Vier keer per jaar reinigen van de verharding met een veegzuigwagen
- Twee keer per jaar reinigen van de noodkolken.
- Eén keer in het jaar aanvullen van de voegvulling.
- Eén keer in de tien jaar reinigen van de verharding met ZOAB cleaner.

9.3 Vergelijking

De kosten van de geadviseerde infiltrerende verharding en conventionele methodes van afkoppelen zijn in deze paragraaf vergeleken. De verschillende methodes zijn gebaseerd op ontwerpen die doorgaans in Deventer worden toegepast. De vergeleken methodes zijn:

- De geadviseerde **infiltrerende verharding**.
- Een traditionele verharding met afvoer via kolken naar een **infiltratietransport-riool** ϕ 300 mm onder de gehele verharding.
- Een traditionele verharding met een bovengrondse afvoer naar een **wadi** met een grootte van 10% van het verharde oppervlak.

Voor deze afkoppelmethodes zijn de aanlegkosten, beheer en onderhoudskosten en de totale kosten na 20 jaar in kaart gebracht. De kosten van alle methodes zijn geraamd op basis van een weggoppervlakte van 4000m² en een fundering van 15 cm, zoals toegepast in Deventer.

In tabel 7 zijn de verschillende totale aanlegkosten en de kosten per vierkante meter verharding weergegeven.

| Vergelijking aanlegkosten | | |
|---------------------------|--------------|--------------------|
| Afkoppelmethode | Totaal | Per m ² |
| Infiltrerende verharding | € 124.228,34 | € 31,06 |
| Verharding met IT-riool | € 177.903,19 | € 44,48 |
| Verharding met wadi | € 108.901,52 | € 27,23 |

Tabel 7: Vergelijking aanlegkosten

In tabel 8 zijn de jaarlijkse kosten voor het beheer en onderhoud van de verschillende verhardingen weergegeven.

| Vergelijking jaarlijkse kosten B&O | | |
|------------------------------------|----------|--------------------|
| Type | Totaal | Per m ² |
| Infiltrerende verharding | € 659,88 | € 0,16 |
| Verharding met IT-riool | € 498,48 | € 0,12 |
| Verharding met wadi | € 360,00 | € 0,09 |

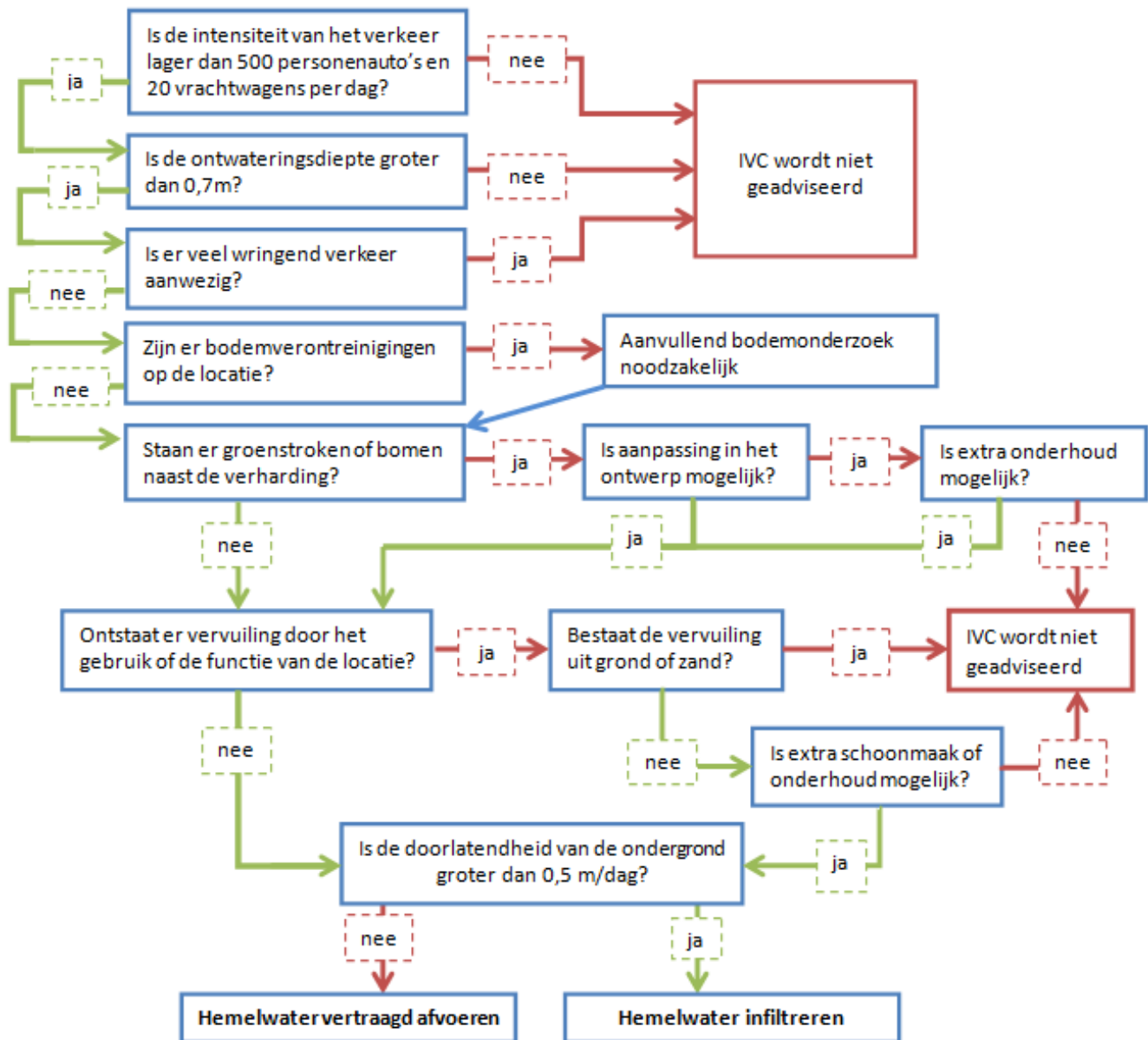
Tabel 8: Vergelijking beheer en onderhoudskosten

In tabel 9 zijn de totale contante kosten van de verschillende verhardingen weergegeven (gerekend met een disconteringsvoet van 4%).

| Vergelijking totale kosten na 20 jaar | | |
|---------------------------------------|--------------|--------------------|
| Type | Totaal | Per m ² |
| Infiltrerende verharding | € 133.196,32 | € 34,36 |
| Verharding met IT-riool | € 184.677,64 | € 46,97 |
| Verharding met wadi | € 113.794,04 | € 28,45 |

Tabel 9: Vergelijking totale kosten

10 Keuzeschema



Figuur 34: Keuzeschema

11 Bestekstekst

| BESTEKSP POST- NUMMER | CATALOGUSNUMMER HOOFD- CODE | DEFICODE 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 | OMSCHRIJVING | EEN- HEID | HOEEVEELHEID RESULTAATS- VERPLICHTING | HOEEVEELHEID TER INLICHTING |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--------------|---|-----------------------------------|
| 200 | | | GRONDWERK | | | |
| | | | | | | |
| 200010 | 220101 | | Grond ontgraven uit cunet Zie tekening nr: Betreft: cunet noordzijde plein. Grondsoort: zand. Hoeveelheidsbepaling: door vaststelling theoretisch profiel van ontgraving. 1. Grondsoorten niet gescheiden ontgraven, geheel boven water, gerekend met een waterstand van N.A.P. 4.50+ m .1. Ontgravingshoogte gemiddeld 0,2 m .3. Ontgravingsbreedte op bodem gemiddeld 6,00 m .1. Taluds 1 : 1 .2. Toegestane positieve en negatieve afwijking 0,03 m | m3 | 120,00 V | |
| 200020 | 220201 | | Grond vervoeren. Betreft: grond welke bij bestekspost 200010 is ontgraven. Grondsoort: zand. Hoeveelheidsbepaling: gelijk aan bestekspost nr. 200010. 2. Vervoeren naar: depot..... Vervoersafstand: 3,6 km enkele reis. | m3 | 120,00 V | |
| 200030 | 220301 | | Grond verwerken in depot. Betreft: grond welke bij bestekspost 200020 is vervoerd. Grondsoort: zand. Hoeveelheidsbepaling: gelijk aan bestekspost 200020. 3. Hoogte 2,00 m .5. Bovenoppervlakte 90 m2 .1. Taluds 1 : 1 .6. Toegestane positieve en negatieve afwijking 0,25 m | m3 | 120,00 V | |
| 300 | | | VERHARDINGEN | | | |
| | | | | | | |
| 300010 | 280201 | | Aanbrengen verhardingslaag van ongebonden steenmengsel. Zie tekening nr 3. Breedte groter dan 2,00 m, laagdikte 0,15 m .9. Menggranulaat sortering 4/40, gemengd met 15% volumeprocenten drainagezand. Gerekend met 1.650 kg/m3. Mengen met menginstallatie. .1. Op het zandbed .1. Wijze van verdichten ter keuze van de aannemer | m2 | 600,00 V | |
| | | | | ton | | 148,50 L |
| 300020 | 314101 | | Aanbrengen straatlaag. Betreft: straatlaag onder waterdoorlatende klinkers. Laagdikte gemiddeld 50 mm; ten minste 45 mm en ten hoogste 55 mm .6. Op een funderingslaag van een mengsel van menggranulaat en drainagezand, aangebracht bij bestekspost nr 300010. .9. Stofvrij Hollands split 2/6. | m2 | 500,00 V | |
| | | | | m3 | | 25,00 L |
| 300030 | 314112 | | Aanbrengen betonstraatstenen. Situering: rijbaan Zie tekening nr 9. Totale breedte: 5,00 m. 4. In keperverband zonder bisschopsmutsen 9. Op een straatlaag, aangebracht bij bestekspost nr | m2 | 500,00 V | |

| BESTEKS- POST- NUMMER | CATALOGUSNUMMER | | OMSCHRIJVING | EEN- HEID | HOEVEELHEID RESULTAATS- VERPLICHTING | HOEVEELHEID TER INLICHTING | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------------------|---|--------------|--|----------------------------------|-------------|
| | HOOFD- CODE | DEFICODE 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 | | | | | |
| | | | 300020. Langs de kantopsluiting 1 streklaag aanbrengen Betonstraatstenen: standaard keifmaat, dikte 80 mm Type: drainagesteen. | st | | | 22.500,00 L |
| | | | 4. Afstrooien en invegen zonder toevoeging van water, op een droog wegdek met stofarm basaltsplit 1-2. La waarde < 20. Oppervlak volledig afvegen. Afrillen met trilplaat van 170-200 kg. Trilplaat voorzien van kunststof beschermplaat. Slagkracht > 20 kN en < 30 kN. Na het afrillen voegen afstrooien en invegen zonder toevoeging van water, op een droog oppervlak. Dient na 4 en 8 weken herhaald te worden. Bestratingsvlak volledig schoonvegen. | m3 | | | 10,00 L |
| 400 | | | RIOLERING | | | | |
| 400010 | 252614 | | Aanbrengen kolk van kunststof/gietijzer combinatie. Zie tekening nr Incl. grondwerk. | st | 2,00 V | | |
| | | | 1. T.b.v. fundering kolk: ongeroerde grond afvlakken 2. Straatkolk, klasse Y | st | | | 2,00 L |
| | | | 1. Totale hoogte kleiner dan 1,00 m 1 Constructie: tweedelig | | | | |
| 400020 | 252221 | | Aanbrengen PP-buis. Incl. grondwerk. | m | 7,00 V | | |
| | | | 3. Rechte buis, ringstijfheidsklasse: SN 8 kleur: zwart. | m | | | 7,00 L |
| | | | 1.2. Nominale middellijn 125 mm 1 Verbinding buizen d.m.v. mof met rubbermanchet | | | | |
| 400030 | 252222 | | Aanbrengen PP-hulpstuk. gerekend 3 hulpstukken per kolk. Incl. grondwerk. | st | 6,00 V | | |
| | | | 1. Hulpstuk bocht, mof - mof, hoek ter keuze aannemer. | st | | | 6,00 L |
| | | | 3. Hulpstukken, ringstijfheidsklasse SN 8 1.2. Nominale middellijn 125 mm 1 Verbinding buis-hulpstuk d.m.v. mof met rubbermanchet | | | | |
| 400040 | 252832 | | Maken inlaat. Situering: aansluiting straatkolken op het hoofdriool. Incl. grondwerk. | st | 1,00 V | | |
| | | | 1. In ongewapende betonbuis 1.1. Door middel van boren 1.1. Wanddikte tot 50 mm 9. Inlaat voor aansluiting PP buis. Diameter inlaat: 125 mm. 1 Verbinding inlaat-buis d.m.v. zadelstuk. | st | | | 1,00 L |
| 500 | | | STRAATMEUBILAIR | | | | |
| 500010 | 321303 | | Aanbrengen verkeersbord met verkeersbordpaal. Zie tekening nr. | st | 2,00 V | | |
| | | | 4. In een bestrating van betontegels. 1. Verkeersbordpaal, uitgevoerd als flespaal, met vast kruis | st | | | 2,00 L |

| BESTEKS- POST- NUMMER | CATALOGUSNUMMER | | OMSCHRIJVING | EEN- HEID | HOEEELHEID RESULTAATS- VERPLICHTING | HOEEELHEID TER INLICHTING | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------------------|--|--------------|---|---------------------------------|--------|
| | HOOFD- CODE | DEFICODE 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 | | | | | |
| 9 91 | |3. | Totale lengte 3,6 m (hals groter dan of gelijk aan 1,8 m) | st | | | 2,00 L |
| | |2. | Verkeersbord, afmetingen volgens type I | | | | |
| | | | Blauwe ondergrond, witte letters. tekst: hemelwaterinfiltratiegebied. | | | | |
| | |3. | Retroflecterend, klasse II | | | | |
| | |2. | Langs een weg zonder gescheiden rijbanen | | | | |
| | | | Staartposten | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | Eenmalige kosten | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Bronnen

| Bronnenlijst document | |
|-----------------------|--|
| NR | Bron |
| 1 | Gemeentelijk Rioleringsplan 2010-2015. Deventer: Gemeente Deventer, 2009 |
| 2 | Persoonlijke communicatie met de gemeente Doetinchem, 2013; gemeente Meppel, 2013; gemeente Utrecht, 2013; gemeente Werkendam, 2013; gemeente Zwolle, 2013; gemeente Deventer, 2013/2014 |
| 3 | Werkgroep "Handleiding voor het ontwerp en de uitvoering van verhardingen in betonstraatstenen", OCW, 2009 |
| 4 | Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen, FEBESTRAL, 2008 |
| 5 | Grondmechanica. TU Delft, A Verruijt, 2001 |
| 6 | KOAC, persoonlijke communicatie, 6 maart 2014 |
| 7 | H&B grondstoffen, (zj). Porodur pakket. Verkregen op 16 januari 2014 |
| 8 | Zuiverende voorzieningen regenwater, Stowa, 2007 |
| 9 | AASHTO Guide for Design of Pavements Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1998 |
| 10 | D1100 Kostenkengetallen rioleringszorg, Leidraad Riolering, 2007 |

| Bronnenlijst figuren | |
|------------------------------------|---|
| Figuur | Bron |
| 1 | Aangepast van: http://www.pavingexpert.com/permeable04.htm |
| 2,3,6,9,10,11,16,22,23,28,30,31,32 | Eigen cameraopname |
| 4,5,7,8 | Overgenomen van: G. Rameckers Consulting |
| 12 | Overgenomen van: http://groenlinks-eemsmond.blogspot.nl/2011/09/aanmodderen.html |
| 13 | Overgenomen van: http://roodverlangen.nl/wp-content/uploads/2014/02/Confetti.jpg |
| 14 | Overgenomen van: http://www.arnhemse-broek.nl/buiten-groen/buiten-gewoon-beter |
| 15 | Overgenomen van: http://hetspeeldorp.nl/2011/op-het-schoolplein-in-utrecht-terwijde/ |
| 17 | Aangepast van: http://www.giverbo.nl/index.asp?id=20&pagenr=&chapid= |
| 18 | Overgenomen van: http://www.aszb.nl/producten/zand-categorie/ |
| 19,21,24,25,26,27,29,33,34 | Eigen figuur |
| 20 | Overgenomen van: Rioned module C2100, 2004 |

| Bronnenlijst tabellen | |
|-----------------------|---|
| Figuur | Bron |
| 1,2,3,4,5,6,7,8,9 | Gegevens overgenomen van: Gemeente Deventer |
| 7,8,9 | Gegevens overgenomen van: D1100 Kostenkengetallen rioleringszorg, Leidraad Riolering, 2007 |