



# Factsheet

Waterpasserende, waterdoorlatende  
en doorgroeibare verhardingen 2022

September 2022



Kenniscentrum  
**Bodemdaling  
en Funderingen**

## Auteurs

Reinder Brolsma, Daan Rooze, Floris Boogaard

## Deltares

Deze factsheet is het resultaat van de deelepeditie waterpasserende en doorgroeibare verhardingen in bodemdalingsgevoelige gebieden. Deze deelepeditie bestond uit een literatuuronderzoek en georganiseerde bijeenkomsten met betrokken partijen die actief zijn in bodemdalingsgevoelige gebieden en waterpasserende verhardingen. De uitkomsten van de deelepeditie zijn geordend naar de onderwerpen zoals weergegeven in Figuur 1.

### Inhoud

1. Inleiding .....	2
2. Facts .....	2
3. Veelgestelde (kennis)vragen (zonder antwoorden) .....	9
4. Geprioriteerde kennisvragen .....	11
5. Deelnemers aan de expeditie .....	11
6. Literatuur .....	11

## 1. Inleiding

### Aanleiding

Bij waterdoorlatende -passerende en doorgroeibare verhardingen infiltreert water door de verharding naar de bodem en percoleert deels naar het grondwater. Deze verhardingen worden meestal toegepast om wateroverlast te voorkomen. Waterdoorlatende en doorgroeibare verhardingen hebben daardoor invloed op de waterbalans van een gebied en daarmee naar verwachting ook op bodemdaling.

Over doorlatende verhardingen is uit onderzoek al redelijk veel bekend, bijvoorbeeld hoe groot de infiltratiecapaciteit is. Echter, Hoe veel water infiltreert op jaarbasis en wat het effect is op de grondwaterstand is nog nauwelijks bekend. Daarnaast kunnen ondiepe grondwaterstanden invloed hebben op de stabiliteit van de wegfunctie waardoor mogelijk verzakkingen kunnen optreden. De werking en toepasbaarheid van dit

type verhardingen in bodemdalingsgevoelige gebieden met een ondiepe grondwaterstand is nog niet onderzocht.

### Doel

Deze deelepeditie geeft aan wat er al wel en wat er niet bekend is bij het beantwoorden van de volgende twee vragen:

- Wat weten we over het effect van waterpasserende en doorgroeibare verhardingen op de waterbalans en hoe werkt het effect door op bodemdaling?
- Wat weten we over de toepasbaarheid van waterpasserende verhardingen en doorgroeibare verhardingen in bodemdalingsgevoelige gebieden?

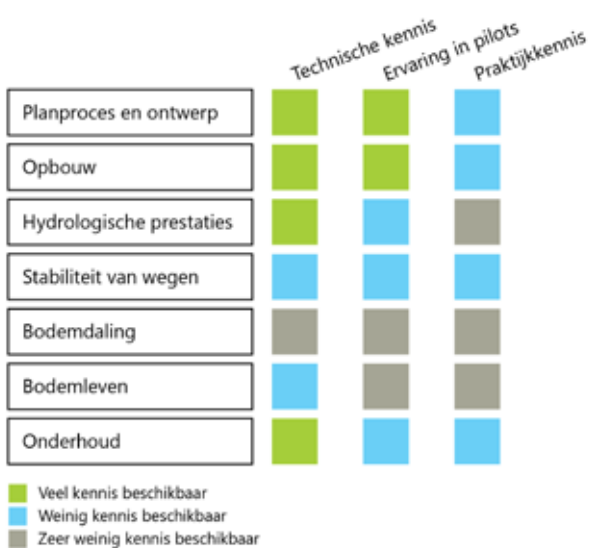
Deze factsheet richt zich met name over de toepassing van deze verhardingen in straten in woonwijken en daarmee op de toepassing van elementenverhardingen. Kader 1 geeft een overzicht van deze typen verhardingen.

## 2. Facts

Figuur 1 geeft een overzicht van de onderwerpen die tijdens de workshop aan bod kwamen. In het diagram wordt ook aangegeven wat het huidige kennisniveau is van deze onderwerpen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen 3 categorieën:

1. Technische kennis: is er (theoretische) ervaring met de technische details en randvoorwaarden?
2. Ervaring in pilots: zijn er pilots waarin dit onderwerp getoetst wordt?
3. Praktijkkennis: is er veel ervaring met dit onderwerp en wordt deze ervaring toegepast in de dagelijkse praktijk?

Grootschalige implementatie van waterpasserende en doorgroeibare verhardingen wordt vaak in de weg gezeten door een gebrek aan (praktijk) kennis. Door te onderzoeken waar de grootste kennishiaten ligt, en hiervoor een kennisagenda op te stellen, komt de opschaling van klimaatadaptieve verharding een stap dichterbij.



Figuur 1: Overzicht van behandelde onderwerpen met een indicatie van het bestaande kennisniveau.

Tijdens de bijeenkomsten zijn er diverse inzichten gedeeld. De belangrijkste inzichten worden hieronder per onderwerp opgesomd, aangevuld met specifieke toepassingen in de deelnemende gemeenten.

### Definities van klimaatadaptieve verhardingen

Bron: Rapportage "Onderzoek waterpasserende en doorgroeibare verharding" (Deltares, 2022)

Er zijn diverse soorten klimaatadaptieve verhardingen: waterpasserende, waterdoorlatende en doorgroeibare verharding. In dit kader wordt er voor elke soort verharding een korte uitleg gegeven wat de belangrijkste eigenschappen zijn.

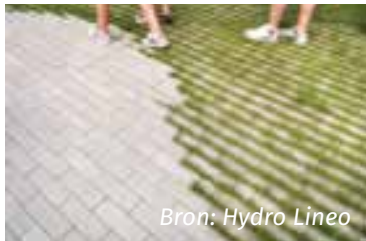
Waterpasserende verharding: Hierbij infiltreert overtollig regenwater via de voegen tussen de stenen naar het ondergelegen substraat. De stenen elementen zijn dus zelf niet doorlatend, maar dit wordt in de voeg opgelost. Meestal heeft waterpasserende verharding brede voegen om een hoge infiltratie van regenwater mogelijk te maken.



Waterdoorlatende verharding: Hierbij infiltreert overtollig regenwater door de steen naar het substraat eronder. De voegen van waterdoorlatende verharding kunnen smal zijn, aangezien het totale infiltrerende vermogen rust op de stenen.



Doorgroeibare verharding: Deze verharding heeft tussen en/of in de stenen openingen waardoor vegetatie kan groeien. Het aandeel onverhard oppervlak en het type vegetatie kunnen naar wens worden ingevuld, afhankelijk van het beoogde gebruik. Vaak wordt een grassoort gebruikt als vegetatie.



Waterpasserende, waterdoorlatende en doorgroeibare verhardingen worden over heel Nederland al toegepast. Op [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl) staan er ruim 400 projecten gedocumenteerd.

### Planproces en ontwerp

Waterpasserende, -doorlatende en doorgroeibare verhardingen worden net als klinkerverhardingen vooral toegepast in straten met een beperkte verkeersdruk en waar snelheden laag zijn. Dit om schade aan verhardingen te beperken. SOAB wordt met name toegepast op doorgaande wegen. Doorgroeibare verhardingen lijken een nog lagere verkeers- en/of parkeerintensiteit te vergen om de vegetatie te laten overleven.

De keuze voor de locatie van klimaatadaptieve verhardingen komt in de praktijk neer op twee opties: op de rijbaan of op parkeervakken. Voor beide opties zijn zowel voor- als nadelen te benoemen. Op rijbanen kunnen systemen relatief eenvoudig onderhouden worden. Echter, continue zware belasting versnelt het proces van dichtslibben en verzakking (zie Figuur 4). Dit laatste is vooral een probleem in gebieden met slappe bodems. Klimaatadaptieve verharding in parkeervakken blijft langer functioneren, maar onderhoud is lastiger door de beperkte toegankelijkheid door geparkeerde auto's. Bij doorgroeibare verharding komt er een overweging bij: op rijbanen wordt deze niet toegepast vanwege verkeersveiligheid.

Ontwikkelaars passen doorgroeibare verharding soms niet toe omdat het niet in het handboek staat. Een oplossing zou zijn om deze handboeken een update te geven waardoor de toepassing vanzelfsprekender wordt. Dit zou wellicht kunnen gebeuren in samenwerking met Rioned en [KAN](#). Het kan een oplossing zijn door in het handboek diverse systemen op te nemen die vergelijkbare prestaties tonen met bestaande systemen. Het kan dan worden omschreven als 'is te vergelijken met ...'. Gemeenten willen vaak alleen bewezen best-practices opnemen in een update van het handboek. Ook kan het verspreiden van informatie over succesvolle voorbeeldprojecten helpen aan de opschaling van klimaatadaptieve verhardingen.

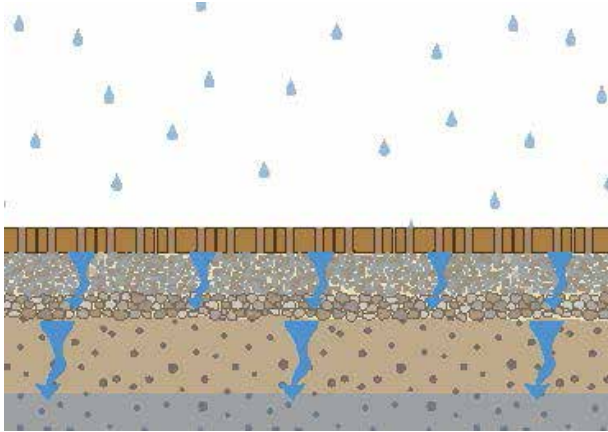
Nieuwbouw, herstructurering, herinrichting van de openbare ruimte en rioolvervanging worden vaak aangegrepen om mee te koppelen voor de aanleg van waterpasserende verhardingen. Bij grootschalige renovatieprojecten ligt er de kans om iets beter terug te leggen dan wat er eerst lag. Vaak wordt waterpasserende verharding aangelegd in combinatie met een DT-riool.

### Opbouw

Het is lastig om een uniforme standaardopbouw te definiëren, omdat dit afhangt van lokale condities. In de meest generieke vorm kan een opbouw gehanteerd worden zoals beschreven door [Atelier GROENBLAUW](#) (zie Figuur 2). In het geval van waterpasserende en waterdoorlatende verharding rust de verharding op goed doorlatende granulaat waardoor het water snel vanaf het maaiveld kan infiltreren. Daaronder ligt de constructieve laag en het zandcunet die de stabiliteit moeten waarborgen. Bij doorgroeibare verharding is er, bovenop de doorlatende granulaat, een groeimedium nodig waarop planten zich kunnen vestigen.

Bodemdalingsgevoelige gebieden hebben vaak een hoge grondwaterstand, waardoor er weinig

ruimte is in de bodem om water te infiltreren. Dit kan de toepassing van dit soort verharding minder effectief maken.



*Figuur 2: Standaard opbouw van klimaatadaptieve verharding (bron: Atelier GROENBLAUW)*

In gebieden met hoge grondwaterstanden worden klimaatadaptieve verhardingen vaak aangelegd in combinatie met drainage. Een voordeel van deze combinatie is dat de verharding hierdoor niet ‘verdrinkt’ en minder gevoelig wordt voor verzakkingen. Verschillende gemeenten hanteren verschillende eisen rondom ontwateringsdiepte. De meeste gemeenten die bijgedragen hebben aan deze factsheet hanteren een minimale grondwaterdiepte van 50-70 cm, maar een ondiepere grondwaterstand komt ook voor. Daarnaast wordt er meer ruimte in de bodem gecreëerd om piekbuien te kunnen bergen. Echter, een belangrijk nadeel is dat er gedurende het jaar veel grondwater wordt gedraineerd. Dit is vooral in gebieden met een organische ondergrond een onwenselijke situatie, omdat hiermee het bodemdalingsproces door oxidatie kan worden versneld. Ook kan het versneld afvoeren van grondwater met het oog op drogere zomers geen gepaste oplossing zijn.

In Zaandam zijn een aantal parkeerplaatsen bestraat met grasbetonstenen waar al vooraf gras

in is aangebracht. Ook wordt er altijd drainage aangelegd, ongeacht de toepassing van doorgroeibare verharding of niet. Deze drainage wordt onder het grondwaterniveau aangelegd, waardoor de bodemdaling verergerd kan worden.

In Delft wordt de drainage onder de grondwaterstand aangelegd, maar met drempels (opstanden) in de putten kan het drainageniveau gestuurd worden. Een voorbeeld is de infiltrerende verharding in de [Drukkerijlaan](#).

*In het onderdeel ‘Literatuur’ staat een lijst met publicaties waarvan wordt aanbevolen om deze in het ontwerp mee te nemen.*

### Hydrologische prestaties

Vaak wordt ervoor gekozen om het regenwater zo snel mogelijk af te voeren.

Op verschillende plekken zoals in de Voorstadslaan in Nijmegen, zijn naast waterpasserende verharding (parkeervakken) uiteindelijk ook kolken als noodafvoer aangelegd omdat er sprake van wateroverlast was. De verharding is onder bomen aangelegd, en door de pollen verstopping de voegen binnen een aantal jaar. Waterpasserende verharding op parkeervakken onder bomen aanleggen verdient aandacht wat betreft beheer, aangezien de parkeervakken niet altijd bereikbaar zijn.

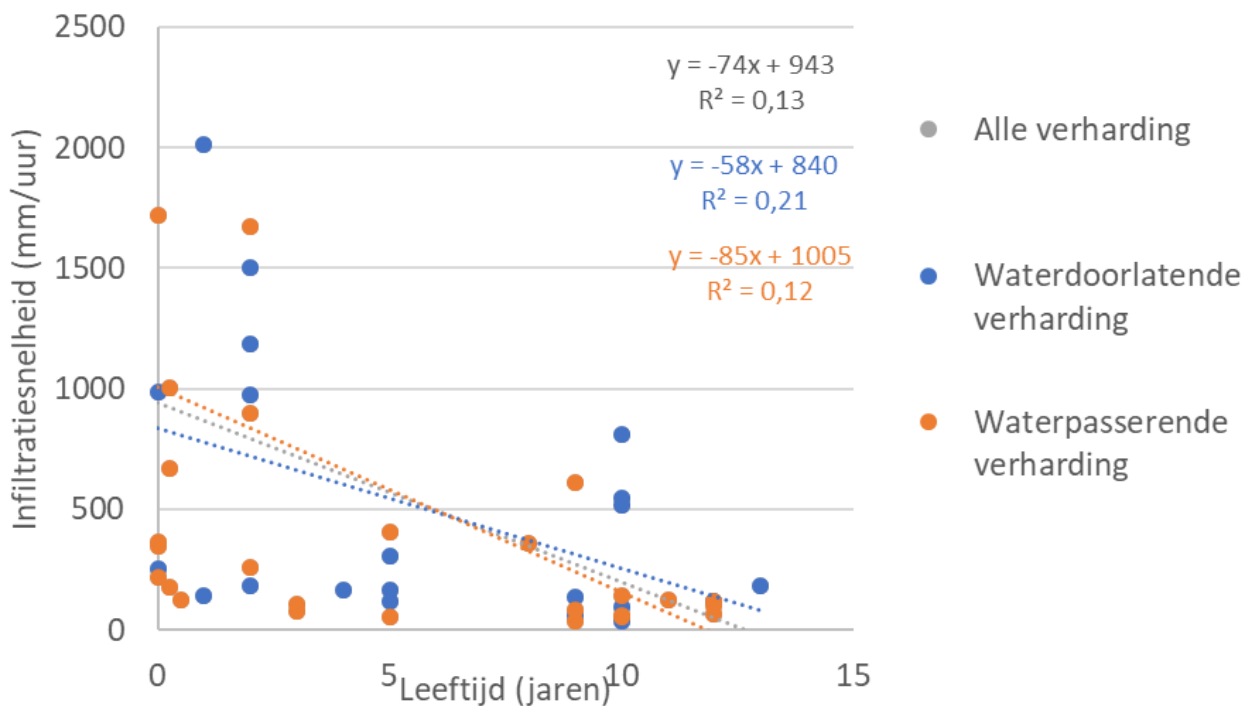
In het rapport “Onderzoek waterpasserende en doorgroeibare verharding” (2021) dat Deltares in opdracht van de gemeente Leiden heeft uitgevoerd komen enkele belangrijke punten naar voren ten aanzien van het hydrologisch functioneren. In de literatuurlijst is een referentie naar dit rapport opgenomen. Enkele aspecten worden hieronder opgesomd:

- Waterpasserende verharding kan kleine buien infiltreren, maar is zonder back-up systeem niet geschikt voor het bergen van zware

buien. Echter, waterpasserende verhardingen functioneren goed genoeg voor gemiddelde neerslag omstandigheden. Hierdoor kan het grootste deel van de jaarlijkse neerslag worden geborgen in de bodem; dit helpt ook met het voorkomen van droogte.

- Door een opstaande rand van 1-2 cm bij kolken toe te passen, wordt er extra buffercapaciteit op maaiveld gecreëerd. Hierdoor kan regenwater infiltreren en wordt alleen bij hevige buien neerslag afgevoerd via het regenwaterstelsel.
- Uit een database met meer dan 100 infiltratieproeven komt naar voren dat de gemiddel-

de infiltratiesnelheid ligt in de orde van 500 mm/uur; het minimale is 20 mm/uur [Figuur 3, Velkamp et al, 2022]. Bij circa de helft van de metingen ligt de gemeten infiltratiesnelheid hoger dan 194 mm/uur. Dit wordt vaak als norm toegepast. [Boogaard & Lucke, 2019]



Figuur 3: Gemeten infiltratiesnelheid onder onverzadigde en niet-gereinigde condities afgezet tegen de leeftijd van het systeem (N=49. Enkele outliers zijn ter visualisatie niet weergegeven maar wel gebruikt in de analyse (Bron: Veldkamp, 2022).



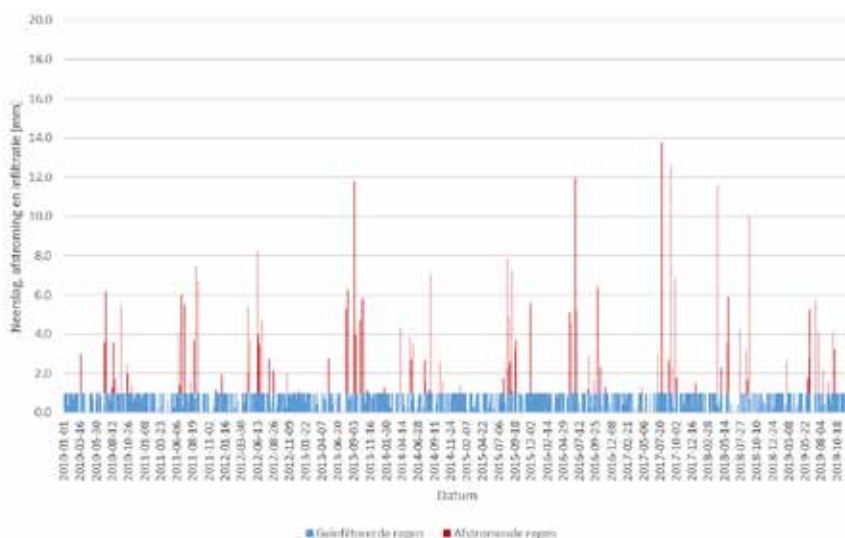
Langjarige hydrologische prestaties en infiltratie  
 In dit segment wordt een overzicht gegeven van hoe een relatief oud systeem van klimaatadaptieve verharding (waterpasserend, waterdoorlatend of doorgroeibaar) presteert op een langjarige hydrologische tijdserie van het KNMI. Dit betreft een simpel bakjesmodel, waarbij uitgegaan wordt van een interceptie (initiële berging) van 1 mm. Om te simuleren dat het systeem verouderd is en niet meer optimaal werkt, wordt uitgegaan van een lage infiltratiecapaciteit. In de tabel hieronder wordt voor een infiltratiecapaciteit van 2 mm/uur, 5 mm/uur en 10 mm/uur een overzicht gegeven van het aandeel van de neerslag dat verdampt, infiltreert en afstroomt. De infiltratiecapaciteit van 10 mm/uur komt orde grootte overeen met de laagste infiltratiecapaciteiten gevonden bij proeven door Deltares en de HvA. Een verdere aanname is dat er drainagebuizen aanwezig zijn, waardoor de bergingscapaciteit niet limiterend

is. Afwezigheid van drainage of zware verstoppingen kunnen de werking nog verder beperken. De aanwezigheid van kolken kan resulteren in meer afstroming naar het riool, omdat het regenwater geen tijd krijgt om te infiltreren of verdampen.

Over de tijdperiode 2010-2020 blijkt dat er gemiddeld 890 mm/jaar aan neerslag valt, waarvan het grootste gedeelte kan infiltreren. Figuur 3 laat zien dat alleen piekbuien niet geborgen kunnen worden; deze stromen grotendeels af naar het riool.

De infiltratie op jaarbasis varieert van 564mm bij een zeer lage infiltratiecapaciteit van 2mm/ uur tot 710mm bij een infiltratie capaciteit van 100mm/uur. Dit betekent dat zelfs bij deze lage infiltratiecapaciteiten 63 tot 80% van de neerslag infiltreert en bijdraagt aan de grondwateraanvulling.

Infiltratiecapaciteit [mm/uur]	Neerslag [mm/jaar]	Verdamping [mm/jaar]	Infiltratie [mm/jaar]	Afstroming [mm/jaar]
2	890	174	564	152
5		174	680	36
10		174	710	6



Figuur 4: Langdurige infiltratie en afstroming bij een relatief slecht werkende klimaatadaptieve verharding met infiltratiecapaciteit van 5 mm/uur.

## Stabiliteit van wegen

Plaatselijke spoorvorming (Figuur 4) zal al snel ontstaan. Dit kan te maken hebben met de verharding zelf, het grondwater en met de fundering.

Instabiliteit kan op de volgende wijzen optreden (bron: RWS, 1991 en NEN9997-1+C2):

— Overschrijding van de draagkracht van het grondmateriaal onder de verharding. De draagkracht wordt enerzijds bepaald door de dikte en eigenschappen en verdichting van het materiaal onder de verharding. Een hogere grondwaterstand heeft een negatief effect op de draagkracht. Spoorvorming kan ontstaan doordat enige blijvende vervormingen kan optreden. Door accumulatie hiervan onder een groot aantal lastherhalingen wordt op lange termijn duidelijk spoorvorming waarneembaar. De oorzaak kan zowel liggen bij het spanningsniveau in het zand als in de weerstand tegen blijvende vervorming van het materiaal (bijvoorbeeld door ongedraineerd gedrag bij vochtig of nat grondmateriaal). Ook een extreem groot aantal lastherhalingen kan de oorzaak zijn. Soms is ook enige invloed aan te wijzen van verbrijzeling of onbestendigheid van het materiaal. Er

worden daarom eisen gesteld aan de samenstelling van het zand onder de verharding en vaak ook aan de grondwaterstand.

- Zetting van de ondergrond (bodemdaling). Dit wordt veroorzaakt doordat grondlagen gaan samendrukken onder het gewicht van opgebrachte grond, verkeer of peilverlagingen in watergangen. Een grondwaterstandsverhoging heeft een positief effect op de bodemdaling.
- Wanneer grondwater in de vorstzone aanwezig is geldt dat vorstheffing (lokaal opduwen van verharding door uitzetten bevroren grond) en opdooi (lokaal verweken van ondergrond doordat dooigrondwater niet weg kan wegstromen door niet ontdooid grond ernaast of eronder) zeer nadelig is voor de draagkracht onder een wielbelasting (aslast). Na bevriezen kan verharding lokaal worden opgedrukt. Na ontdooien is er tijdelijk zeer slap zand aanwezig met schade effecten als grote lokale vervormingen (spoorvorming) of bezwijken van de asfaltverharding tot gevolg. Een hogere grondwaterstand in de winterperiode is dus een negatief effect op dit draagkracht effect. Er wordt daarom vaak een eis gesteld aan de ontwateringsdiepte.

Figuur 5: Verzakkingen in Utrecht door zware voertuigen (Foto: Floris Boogaard, [www.climatescan.nl/projects/1006/detail](http://www.climatescan.nl/projects/1006/detail))





Voorgaande gaat over de sterkte. De belasting door verkeer is eveneens belangrijk. Zo zal in lokale wegen vuilniswagens, brandweerauto's enzovoort voor hoge belastingen zorgen. Wanneer de verharding uit kleinere elementen bestaat of losse elementen met weinig samenhang naar elkaar dan zal de belasting minder spreiden op de ondergrond en is er sprake van hogere lokale belastingen.

Klimaatadaptieve verhardingen zijn soms dunner dan reguliere verhardingen. Ze gaan dan sneller los liggen, vooral bij draaiende bewegingen van verkeer.

Wat betreft vorstschade is er volgens de gemeente Amsterdam (1991) geen relatie tussen de ontwateringsdiepte en mate van vorstschade voor open verhardingen. Hierbij is inwatering vanaf boven de boosdoener. Amsterdam Rainproof geeft aan dat een open klinkerverband niet geschikt is voor zware belastingen.

### **Bodemdaling**

Klimaatadaptieve verharding heeft invloed op het hydrologische proces van de bodem. De algemene werking is dat neerslag die valt op de verharding de kans krijgt om te infiltreren in de ondergrond, voordat deze wordt afgevoerd via het rioolstelsel. Dit kan leiden tot hogere grondwaterspiegels.

Er is nog weinig bekend van de wisselwerking tussen klimaatadaptieve verhardingen en bodemdaling. Kenmerkend voor bodemdalingsgebieden is dat er sprake is van een hoge grondwaterstand. Indien deze grondwaterstand wordt verlaagd met behulp van drainage kan het proces van bodemdaling worden versneld.

Een actieve grondwaterregeling met DT / DIT rioelen maakt het mogelijk om de uitzakking van de grondwaterspiegel door drainage sterk te vermin-

deren. Meerdere steden met hoge grondwaterstanden geven aan drainagebuizen aan te leggen die in verbinding staan met het oppervlaktewater.

Specifiek bij doorgroeibare verharding speelt daarnaast de factor verdamping een grote rol. Los van de verdamping van achtergebleven neerslag op het wegoppervlak, onttrekt vegetatie via de wortels ook water aan de bodem voor verdamping (transpiratie) van planten. Hierdoor neemt de infiltratie naar het grondwater af. Dit zal leiden tot lagere grondwaterstanden. Potentieel kan vegetatie ook water opnemen uit de capillaire zone boven het grondwater waardoor de grondwaterstand actief daalt. Dit proces lijkt beperkt doordat veel planten niet zullen wortelen door het zandige wegcunet en wegfundering

Er is nog weinig aandacht voor lichtere bestrating. Bij het beperken van bodemdaling ligt de focus nu nog op lichte ophoogmaterialen.

### **Vegetatie en bodemleven**

Over vegetatie en bodemleven bij waterpasserende en doorgroeibare verhardingen is weinig onderzocht.

De vegetatie in gras(beton)stenen doet het vooral goed als de bodem levend is. De rol van de bodem moet niet onderschat worden.

Waterpasserende verharding heeft een hogere infiltratiecapaciteit dan doorgroeibare verharding. Verder is het zeer afhankelijk van de vegetatie die er groeit. Het bodemleven heeft het lastig omdat er toch veel steen aanwezig is.

Zaanstad heeft veel hoge grondwaterstanden, en er zijn voorbeelden waar de vegetatie niet mooi aanslaat.

## Onderhoud

Goede aanleg en onderhoud zijn essentieel voor het goed functioneren van waterpasserende verhardingen (Deltares, 2020, HVA, 2022). In praktijk vindt onderhoud maar beperkt plaats en met standaard veegmateriaal. Dit lijkt onvoldoende om het waterpasserende vermogen te waarborgen. Ervaringen uit [Almere](#) bij proeven in 2016 en 2021 laten zien dat reiniging met ZOAB reiniger na een aantal jaar de infiltratiecapaciteit wel vergroot, maar niet tot de oorspronkelijke infiltratiesnelheid. Bij doorgroeibare verharding is het bij veel gemeenten nog niet duidelijk wie het onderhoud op zich neemt: de wegenafdeling of groenafdeling. Het onderhoud is lastig als de parkeerdruk hoog is; randen en hoeken kunnen wel gemaaid worden met een bosmaaier. Een strook van 30 cm dichte verharding langs de banden

vergemakkelijkt het onderhoud. Er vindt dan geen opeenhoping van aarde en vegetatie plaats langs de banden.

In Nijmegen is een checklist ontwikkeld voor de beheerbaarheid van doorgroeibare verharding. Bij onderhoud van doorgroeibare verharding op de doorgaande wegen zijn verkeersregelaars de hoogste kosten. Ook kunnen zout-strooiroutes een beperking opleggen voor het gebruik van doorgroeibare verharding.

Zaanstad besteedt/ heeft weinig budget voor doorgroeibare verhardingen. Vervangingsinvesteringen worden niet door beheerders gedaan, maar bij problemen moet de beheerder het zelf op eigen kosten repareren.

## 3. Veelgestelde (kennis)vragen (zonder antwoord)

**Uit de deelexpeditie zijn een aantal kennisvragen naar voren gekomen. Deze worden hieronder uitgelicht en geprioriteerd op basis van urgentie en haalbaarheid. Indien mogelijk wordt er een voorlopig antwoord op de kennisvragen gegeven, samen met een referentie naar literatuur.**

### Kennisvraag 1

*Onderwerp: stabiliteit van wegen*

Aangezien bodemdaling compleet stoppen niet goed mogelijk lijkt, hoe kan dit proces zo langzaam en beheerst mogelijk worden laten verlopen?

### Kennisvraag 2

*Onderwerp: stabiliteit van wegen*

Op welke manier kan waterpasserende en doorgroeibare verharding aangelegd worden zodat spoor- en kuilvorming zo min mogelijk optreedt?

### Kennisvraag 3

*Onderwerp: ontwerp / opbouw*

Wat is het verschil in zetting tussen conventionele bestrating of waterpasserende/doorgroeibare verharding?

### Kennisvraag 4

*Onderwerp: ontwerp / opbouw*

Wat zijn de prestaties van verschillende ondergronden en pakketopbouw, zowel op het gebied van hydrologie als geotechniek.

### **Kennisvraag 5**

*Onderwerp: ontwerp / opbouw*

Wat is de toepasbaarheid van waterpasserende/ doorgroeibare verharding in verschillende breedtes van straatprofielen?

### **Kennisvraag 6**

*Onderwerp: prestaties*

Hoeveel neerslag kan op jaarbasis door waterpasserende/doorgroeibare verhardingen geïnfiltreerd worden?

Voorlopig antwoord: In het rapport 'Waterpasserende en doorgroeibare verharding' (zie literatuurlijst) dat in samenwerking met de gemeente Leiden tot stand is gebracht geeft een indicatie van de infiltratiecapaciteit van waterpasserende en doorgroeibare verharding.

### **Kennisvraag 7**

*Onderwerp: prestaties*

Wat zijn de effecten van waterpasserende/doorgroeibare verhardingen op grondwaterstanden, stabiliteit/draagkracht, bodemdaling en biodiversiteit?

### **Kennisvraag 8**

*Onderwerp: prestaties*

Wat is de interactie tussen waterpasserende/ doorgroeibare verhardingen en aanliggende infrastructuur, zoals een infiltratieriool?

### **Kennisvraag 9**

*Onderwerp: prestaties*

Wat is kans op het aanslaan van vegetatie en de droogtebestendigheid van de beplanting?

### **Kennisvraag 10**

*Onderwerp: prestaties*

Wat is de benodigde dikte van teelaarde voor doorgroeibare verharding?

### **Kennisvraag 11**

*Onderwerp: onderhoud*

Welk wegonderdeel kan het beste onderhouden worden: rijbanen of parkeervakken?

Voorlopig antwoord: Rijbanen zijn meestal goed toegankelijk, maar relatief duur om af te zetten. Uit de workshop kwam naar voren dat de kosten voor verkeersregelaars het hoogst is. Het onderhouden van parkeervakken brengt lagere kosten met zich mee, maar vooral op drukke locaties bestaat de kans dat de parkeervakken vaak bezet zijn.

### **Kennisvraag 12**

*Onderwerp: onderhoud*

Welk onderhoudsregime (reinigingsfrequentie) is nodig om waterpasserende verharding langdurig te laten functioneren?

## 4. Geprioriteerde kennisvragen

---

In dit onderdeel wordt een kennisagenda geformuleerd op basis van de gestelde onderzoeksvragen binnen deze deelexpeditie. De prioritering is gedaan op basis van het criteria waardoor gemeenten nu niet verder komen met de implementatie en opschaling van klimaatadaptieve verharding in bodemdalingsgebieden.

### Kennisagenda:

- Hoeveel neerslag kan op jaarbasis door waterpasserende/doorgroeibare verhardingen geïnfiltreerd worden?
- Op welke manier kan waterpasserende en doorgroeibare verharding aangelegd worden zodat spoor- en kuilvorming zo min mogelijk optreedt?
- Wat is het verschil in zetting tussen conventionele bestrating of waterpasserende/doorgroeibare verharding?
- Bij welke grondwaterstand is klimaatadaptieve verharding nog toepasbaar en effectief?
- Wat is de interactie tussen waterpasserende/doorgroeibare verhardingen en aanliggende infrastructuur, zoals een infiltratieriool?

## 5. Deelnemers aan de expeditie

De volgende partijen hebben deelgenomen aan deze deelexpeditie.

Naam	Organisatie	Organisatietype
Claudia Bouwens	Klimaat Adaptief bouwen met de Natuur (KAN)	Kennisplatform
Ariane Cruz	Gemeente Zaanstad	Gemeente
Ruben Gauw	Gemeente Amsterdam	Gemeente
Sidney Stax	Gemeente Nijmegen	Gemeente
Sjaak Clarisse	Gemeente Delft	Gemeente
Peter de Leeuw	Over-gemeenten	Gemeente
John	Bewoner	-
Emiel Groot	BZ Ingenieurs & Managers	Ingenieursbureau
Francis de Graaf	Waterschap Drents Overijsselse Delta	Waterschap
Elise Coenen	Gemeente Leiden	Gemeente
Karin Bosma	Gemeente Leiden	Gemeente
Dennis Stafleu	Gemeente Leiderdorp	Gemeente
Gert Jan	Bewoner	-
Bas de Jongh	Omgevingsdienst Midden-Holland	Omgevingsdienst
Berry	Bewoner	-
Berber Nijkamp	Gemeente Alphen aan den Rijn	Gemeente
Lars Geitenbeek	Gemeente Alphen aan den Rijn	Gemeente
Theo Fonville	Provincie Gelderland	Provincie
Lieselotte Tolk	Aveco de Bondt	Adviesbureau
Martin de Boer	Gemeente Alphen aan den Rijn	Gemeente
Wim Rook	Gemeente Krimpenerwaard	Gemeente
Jelte Hermans	Gemeente Amsterdam	Gemeente
Erik Verhallen	Rijkswaterstaat	Overheid
Sarah Akhamy	Waternet	Drinkwaterbedrijf
Robert van Cleef	NKB	Kennisprogramma
Hans Landwehr	Deltares	Onderzoeksinstituut
Floris Boogaard	Deltares Hanzehogeschool Groningen	Onderzoeksinstituut Hogeschool
Reinder Brolsma	Deltares	Onderzoeksinstituut
Daan Rooze	Deltares	Onderzoeksinstituut



## 6. Literatuur

Rapportage Waterpasserende en doorgroeibare verharding (Deltares en gemeente Leiden, 2021):

— <https://nl.urbangreenbluegrids.com/kennisbank/onderzoek/waterpasserende-en-door-groeibare-verharding/>

WP2: Functioneren van infiltrerende verharding in de praktijk (HVA, 2020)

— [https://www.hva.nl/binaries/content/assets/subsites/urban-technology/wp2\\_praktijkproeven\\_rapportage\\_finaal.pdf](https://www.hva.nl/binaries/content/assets/subsites/urban-technology/wp2_praktijkproeven_rapportage_finaal.pdf)

Overzicht van waterpasserende/doorgroeibare verharding en meetresultaten op ClimateScan:

— [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl)

Handreiking infiltrerende verhardingsconstructies (Tauw en gemeente Deventer, 2014):

— <https://pveopenbareruimte.deventer.nl/pve-programma-van-eisen-openbare-ruimte/3-verkeer-en-parkeren/b3-4-160118-handreiking-infiltrerende-verhardingsconstructies.pdf>

COP water-infiltrerende verharding:

— [www.cop-waive.nl](http://www.cop-waive.nl)

— Handreiking water infiltrerende verhardingen [http://www.cop-waive.nl/wp-content/uploads/2022/06/COP\\_WAIVE\\_handreiking\\_juni\\_2022.pdf](http://www.cop-waive.nl/wp-content/uploads/2022/06/COP_WAIVE_handreiking_juni_2022.pdf)

Handleiding Wegenbouw Ontwerp Onderbouw 1991, RWS (Dienst weg- en Waterbouwkunde)

NEN9997-1+C2 (nl), Geotechnisch ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels (eurocode 7 NL geotechniek)

Oriënterend onderzoek naar de relatie tussen schade aan wegen en de ontwateringsdiepte (Ingenieursbureau Amsterdam, 1991)

Amsterdam Rainproof – artikel over waterpasserende verharding:

— <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/waterpasserende-verharding>

KAN, <https://www.kanbouwen.nl/2022/01/28/halfdoorlatende-verharding-en-beheer/>

### Almere

Boogaard F., Feringa K., Hof A., Kluck J., Floodfighting in Almere: [Onderzoeksresultaten hydraulisch functioneren wadis en doorlatende verharding in Almere](#), h20, 2016.

Boogaard F., Schilder S., Lekkerkerk J., [Infiltratiecapaciteit wadi's varieert in ruimte en tijd](#) (Almere) Land en Water, nr 1/2- februari 2021

### Delft

Sjaak Clarisse, gemeente Delft en Maria Rus, Wereco Monitoring waterdoorlatende verharding in Delft, h20, 2010

Boogaard F.C., Buist E., Lekkerkerk J., [Eerste onderzoeksresultaten proeftuin waterstraat Delft variatie infiltratie-capaciteit innovaties laag Nederland](#), vakblad riolering pg 10-11, jaargang 25 december 2020.

Boogaard F., Buist E., Lekkerkerk J., Urban Rainshell helpt bij Klimaatadaptatie Land en Water nr. 5 – mei 2021.

### Arnhem

Boogaard F., Ruben Roelofs, Erik Laurentzen, [Infiltratiecapaciteit verharding verschilt in ruimte en tijd](#), Land en Water nr. 5 – mei 2021.

Ruben Roelofs, Floris Boogaard, Regenwatertuinen: [Onderzoek innovatieve infiltratievoorzieningen Arnhem](#), Civiele techniek pg 22-26 nummer 1/2, februari 2021

## Algemeen

Boogaard F.C., [Onderzoekers zetten waterdoorlatende straten blank](#), STOWA nieuwsbrief september 2014.

Boogaard F.C., Rozendaal B., Steenbruggen G.P.R., [Overschatten we het hydraulisch functioneren van wadi's en doorlatende verharding?](#), H2o online, 21 juni 2017.

Boogaard F.C., Klomp T., Onderzoek (in Dalfsen) naar [functioneren regenwaterinfiltratievoorzieningen, wat doet wadi na extreme droogte?](#) Rioleering, augustus/september 2018 (jaargang 24).

Boogaard F., Rody Blom, Eline Boelee, [Muggen en Klimaataanpassingen](#), Land en Water nr.4 april 2021.

Boogaard F., Ruben Roelofs, Erik Laurentzen, [Infiltratiecapaciteit verharding verschilt in ruimte en tijd](#), Land en Water nr. 5 – mei 2021.



*Dit product is mogelijk gemaakt door de Regio Deal Bodemdaling Groene Hart.*

## Selectie Wetenschappelijk

Boogaard Floris, Lucke Terry,; [Long-term Infiltration Performance Evaluation of Dutch Permeable Pavements using the Full-Scale Infiltration Method](#), Water February 2019, 11(2), 320; doi: 10.3390/w11020320

Boogaard F.C., Lucke T, Giesen N, Ven F, [Evaluating the Infiltration Performance of 10 Dutch Permeable Pavements Using a New Full-scale Infiltration Testing Method](#), Journal Water 2014.

De Graaf-van Dinther, R.; Leskens, A.; Veldkamp, T.; Kluck, J.; Boogaard, F. [From Pilot Projects to Transformative Infrastructures, Exploring Market Receptivity for Permeable Pavement in The Netherlands](#). Sustainability 2021, 13, 4925. <https://doi.org/10.3390/su13094925>

Veldkamp, T., Boogaard, F., de Graaf, R., and Kluck, J.: [Understanding urban hydrology through measurements of infiltration capacity of permeable pavements under real-live circumstances](#), EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-14547, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-14547>, 2021.

**Wat een berg  
aan informatie  
rondom dit  
onderwerp,  
toch heb ik  
nog een vraag.**

**Daar zijn  
wij voor.  
Stel je vraag  
gerust via  
[info@kbf.nl](mailto:info@kbf.nl)**