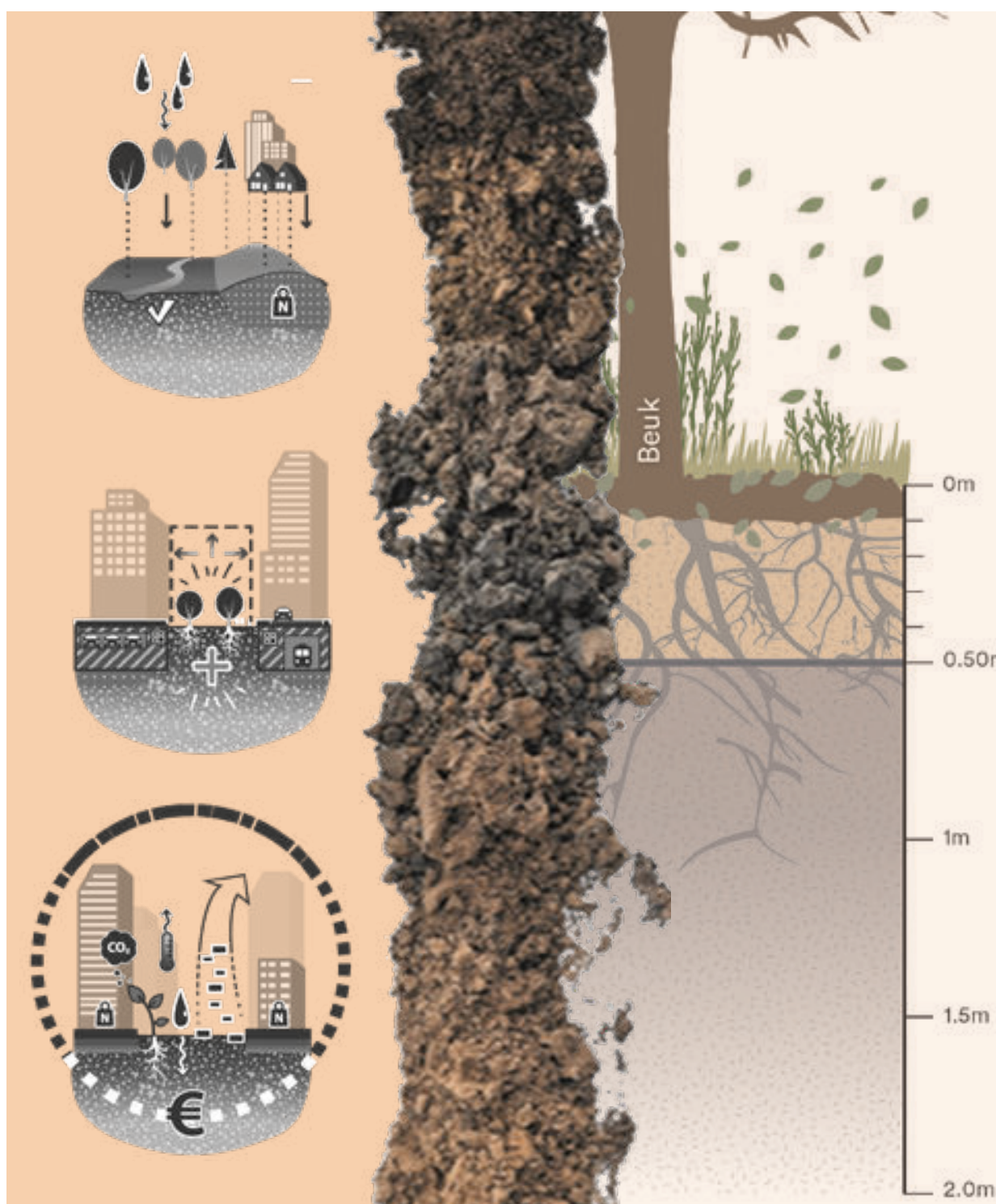


Op Bodembasis

Een nieuwe kijk op de bovenste bodemlaag als basis voor de verstedelijkingsopgave

DEEL 2 HANDBOEK





‘Een nieuwe kijk op de bovenste bodemlaag’

PROJECTDATA

Projectnaam	Op Bodembasis
Opdrachtgever	Stimuleringsfonds Creatieve Industrie Open Oproep - Bouwen vanuit de bodem
Opgesteld door	BoschSlabbers landschapsarchitecten Deltares Huib Snee
In samenwerking met	Gemeente Alphen aan den Rijn BPD Gemeentelijk Platform Kabels en Leidingen (GPKL)
Datum	juli 2024
Projectnummer	BS22-065

Kernteam

Bosch
Slabbers

Deltares

Huib Snee

Expertteam

Alphen aan den Rijn

GPKL

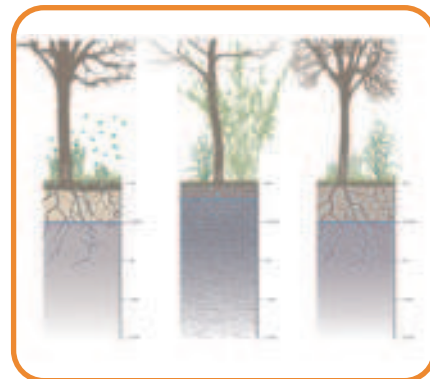
bpd

Klankbord

stimuleringsfonds
creatieve
industrie

Routekaart handboek

Om de bovenste laag als basis te nemen bij verstedelijking moet dit in het gehele proces van verstedelijking 'voeten aan de grond' krijgen. Dit betekent dat het bodem- en watersysteem uitgangspunt is in zowel beleid, als in een uitvraag, als in het ontwerp, als bij de realisatie en bij het beheer.



4

Pas de bouwstenen toe!
pagina 42

5

Evalueer en leer
pagina 74

Verstedelijking
met de bovenste
bodemlaag als basis



Selecteer de juiste bouwstenen - Hoe?
pagina 26

3

2

Maak een bodemplan - Waar?
pagina 22



1

START

Bepaal de waarde van de bodem
pagina 12



VOOR WIE IS DIT HANDBOEK?

Voor iedereen die beleid maakt, ontwerpt en bouwt in Nederland.

WAT?

Een praktisch handboek dat handvatten biedt voor het *waar* en *hoe* te verstedelijken vanuit de kansen en kwaliteiten van de bodem.

VERVOLG...

Dit handboek volgt uit het ontwerpend onderzoek naar 6 locaties in Alphen aan den Rijn (**Op Bodembasis deel 1**). De 6 locaties vertegenwoordigen 6 verschillende situaties: veen inbreiding, veen uitbreiding, klei inbreiding, klei uitbreiding, zand inbreiding en zand uitbreiding. In het onderzoek is gekeken wat de waarden van de verschillende bodems zijn en hoe hier toekomstig mee om moet worden gegaan. De geleerde lessen zijn in dit handboek verder uitgediept en gebundeld.

WAAROM?

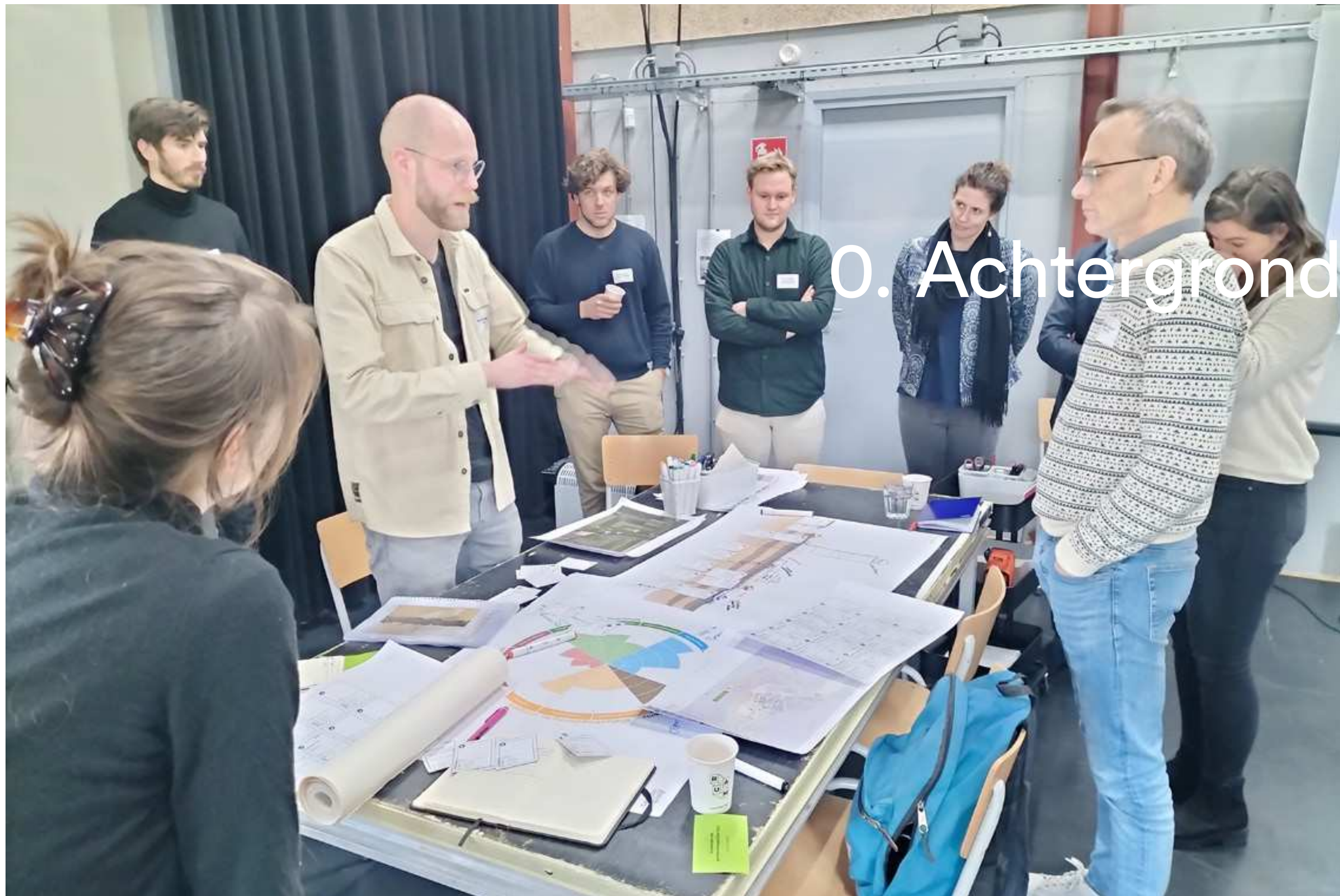
- Grote verstedelijkingsopgave
- Rek is uit het systeem
- Bodem is onbekend en onbemint
- Bodem heeft veel waarde waar toekomstige opgaven een plek moeten krijgen

Lees meer over de achtergrond op pagina 8!

HOE LEES IK DIT HANDBOEK?

Leeswijzer

- **HOOFDSTUK 1** adresseert de waarde van de bodem. Wat zijn de ecosysteemdiensten die versterkt of behouden moeten worden en hoe is dit te vangen in een waarderoos? [pagina 12]
- In **HOOFDSTUK 2** wordt dit doorvertaald naar een plan wat leidend is voor de woningbouwopgave. [pagina 22]
- **HOOFDSTUK 3** biedt handvatten voor het versterken van de ecosysteemdiensten in de vorm van bouwstenen, dit is gekoppeld aan het type landschap. Een zandlandschap heeft bijvoorbeeld andere bouwstenen dan een nat veenlandschap. [pagina 26]
- In **HOOFDSTUK 4** worden de bouwstenen verder en specifieker uitgewerkt. [pagina 42]
- **HOOFDSTUK 5** gaat in op evaluatie en terugkoppeling, omdat de kijk op de bodem nooit stilstaat. [pagina 74]



0. Achtergrond

Het natuurlijk bodem- en watersysteem onder de bestaande stad is nog te vaak een blinde vlek waardoor deze bij de verstedelijkingsopgave niet in ogenschouw wordt genomen. De bovenste bodemlaag is echter een fundamentele link om te bouwen aan natuur- en klimaatinclusieve steden. Een transitie is nodig waarbij we bouwen met de bodem als basis.

1 MILJOEN WONINGEN

Nederland staat voor een grote verstedelijkingsopgave. Naast het bouwen van 1 miljoen nieuwe woningen dienen we onze leefomgeving ook klimaatbestendig, duurzaam en toekomstbestendig in te richten. Veel beoogde in- of uitbreidingslocaties bevinden zich in gebieden die beperkingen kennen vanuit het water- en bodemsysteem. Bijvoorbeeld doordat ze in laag en overstromingsgevoelig gebied liggen, of zich op slappe ondergrond bevinden. Een transitie is nodig waarbij water en bodem (beperkingen én kansen) sturend zijn bij de verstedelijkingsopgave. De bovenste bodemlaag in het stedelijk gebied, de zogenaamde antropogene laag, is hierin een cruciale schakel omdat inrichtingsmaatregelen veelal een plek vinden in juist deze laag.



Geschiktheidskaart voor bebouwing vanuit het water- en bodemsysteem, inclusief geplande woningen tot 2029.
bron: Op Waterbasis

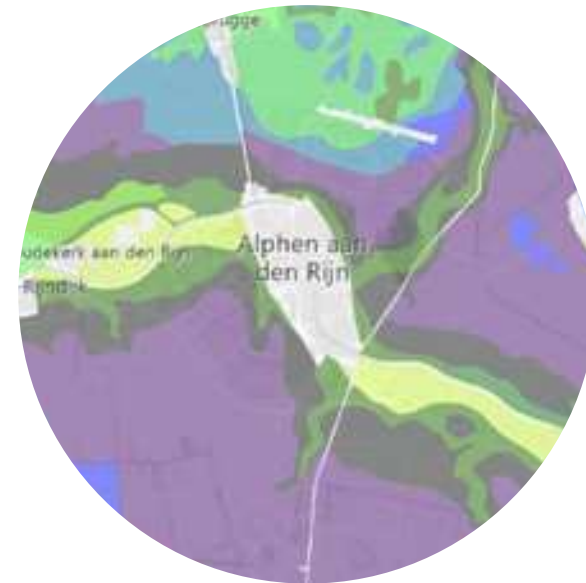
DE BODEM IS ONBEKEND EN ONBEMINT

Blinde vlek

Kennis en informatie over de bovenste meters van de ondergrond in de stad is slechts beperkt beschikbaar. Over de grondwaterstanden weten we alleen dat deze uiterst variabel zijn, zowel ruimtelijk als in tijd. Op de Bodemkaart van Nederland is het stedelijk gebied letterlijk een grijze vlek met de verzamelnaam antropogeen. In GeoTop, het 3D model van de Nederlandse ondergrond, worden aan deze antropogene laag slechts in heel beperkte mate fysische en chemische eigenschappen toegekend. Over de samenstelling, ouderdom, dikte en ruimtelijke variabiliteit weten we daardoor te weinig. Om de stedelijke ruimtelijke inrichting daadwerkelijk af te stemmen op het lokale water- en bodemsysteem is daarom meer inzicht nodig. Dat inzicht is belangrijk aangezien juist in deze laag de oplossingen worden gezocht voor opgaven waarmee alle steden te maken hebben zoals klimaatadaptatie, biodiversiteit, energietransitie en de woningbouwopgave.

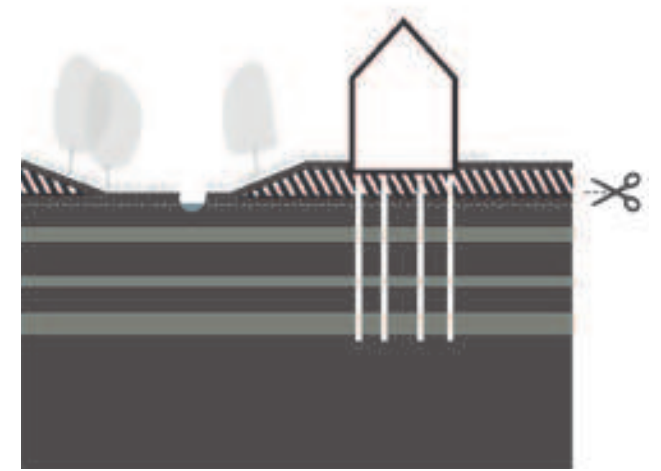
Waarde van de bovenste bodemlaag

In deze eerste 1 à 2 meter wortelen planten en is het meeste bodemleven. De bovenste bodemlaag in de stad bestaat meestal uit opgebracht en geroerd materiaal. Deze bodems zijn vaak afgedicht door verharding, verdicht door belasting en periodiek verstoord door bijvoorbeeld graaf- of bouwwerkzaamheden. Terwijl dit ook de laag is waar toekomstige opgave een plek moeten vinden.



Blinde vlek

De bodemkaart is in het stedelijk gebied een blinde vlek.
bron: Bodemkaart van Nederland



De bovenste bodemlaag als cruciale schakel

De eerste 2m van de bodem is de plek voor inrichtingsmaatregelen voor klimaatadaptatie en biodiversiteit. De bovenste bodemlaag in de stad bestaat meestal uit opgebracht en geroerd materiaal.

ONTWERPEND ONDERZOEK OP BODEMBASIS

Voor toekomstige opgaven is een transitie nodig waarbij we redeneren vanuit de kwaliteiten en kansen die de bodem biedt.

Het ontwerpend onderzoek Op Bodembasis biedt een nieuwe, of wellicht hernieuwde, kijk op de bovenste bodemlaag als basis voor de verstedelijkingsopgave. Het omvat een methodiek om de kenmerken en kwaliteiten van de bodem te bepalen en beter te benutten bij een verstedelijkingsopgave (bodem als natuurlijk kapitaal). Met ons ontwerpend onderzoek wordt een bijdrage geleverd aan enerzijds wáár te verstedelijken en anderzijds hóé te verstedelijken vanuit het perspectief van bodem en water.

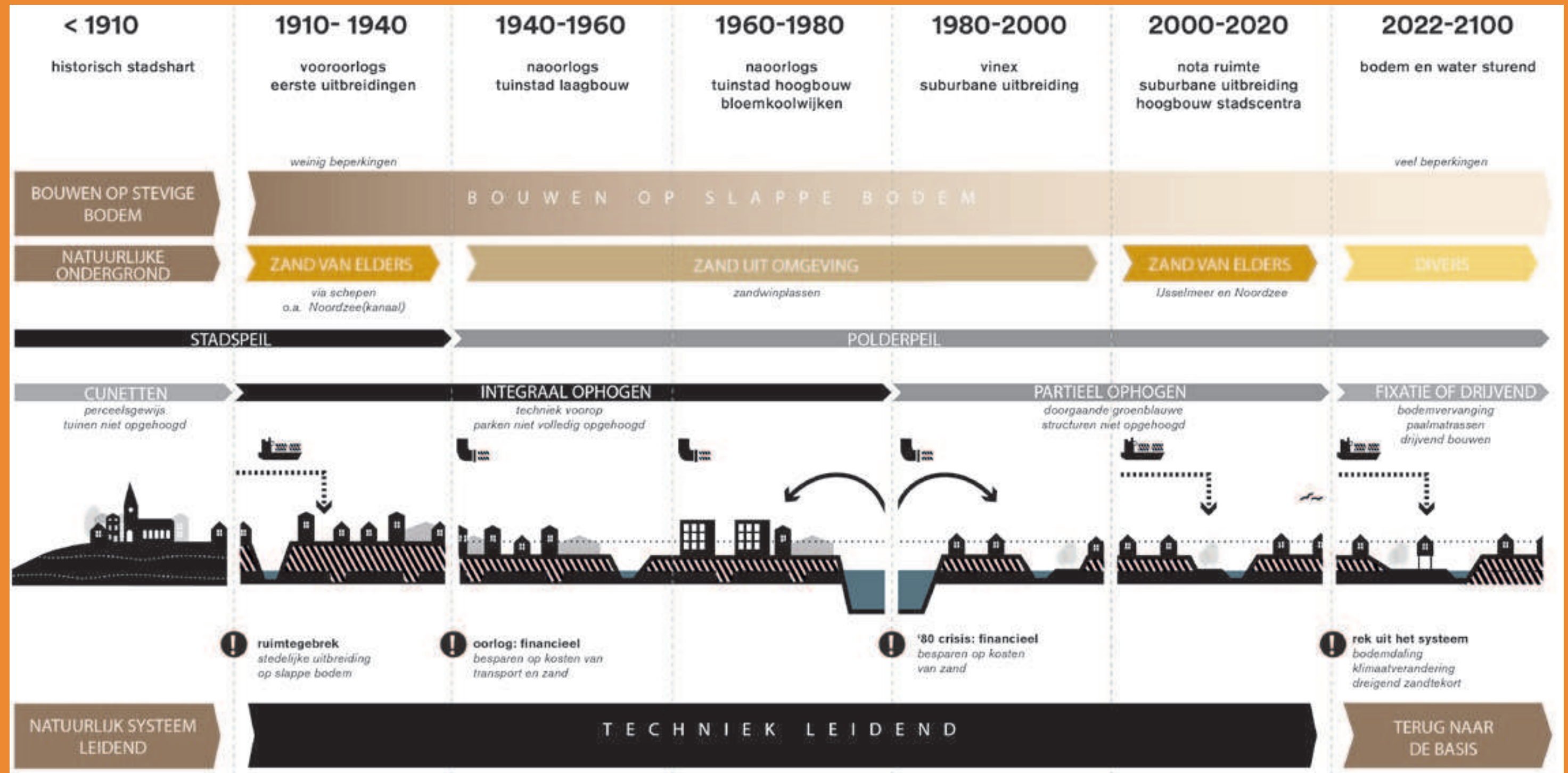
Het onderzoek is opgebouwd uit twee fases en twee rapporten. Het eerste document beslaat het ontwerpend onderzoek (**Op Bodembasis deel 1**) naar 6 locaties in Alphen aan den Rijn. De 6 locaties vertegenwoordigen 6 verschillende situaties: veen inbreiding, veen uitbreiding, klei inbreiding, klei uitbreiding, zand inbreiding en zand uitbreiding. In het onderzoek is gekeken wat de waarden van de verschillende bodems zijn en hoe hier toekomstig mee om moet worden gegaan. De geleerde lessen zijn in dit voorliggende handboek verder uitgediept en gebundeld.

TIJDLIJN STEDELIJKE BODEMODEM

Van natuurlijk systeem leidend, naar techniek leidend

De tijdlijn van de bovenste bodemlaag in laag Nederland toont de verschillende methodes van ophoging en materiaal gedurende de afgelopen 100 jaar in stedelijk gebied. Daarbij zijn Amsterdam, Woerden en Alphen aan den Rijn onder de loep genomen. Van oudsher is er eerst op de hoge stabiele gronden gebouwd, daarna moest er worden uitgeweken naar de slechtere ondergronden die verstevigd werden met zand. Waar dit zand eerst lokaal werd gewonnen uit zandwinplassen, zijn we dit later van elders gaan halen, bijvoorbeeld uit de Noordzee en het IJsselmeer.

De bovenste bodemlaag is hierdoor steeds meer 'losgezongen' van de natuurlijke ondergrond. Zo hebben we het constructieve karakter steeds meer bepalend laten zijn voor de stedelijke ondergrond. Met het veranderende klimaat, de toenemende water- en ruimtevrage, het dreigend zandtekort en de hogere eisen die we stellen, komen de grenzen van wat nog veilig, rendabel en leefbaar is in zicht. Een transitie is nodig waarbij water en bodem sturend is bij de verstedelijkingsopgave.



1. Bepaal de waarde van de bodem



Bodemonderzoek in de Gnephoek (Alphen aan den Rijn)

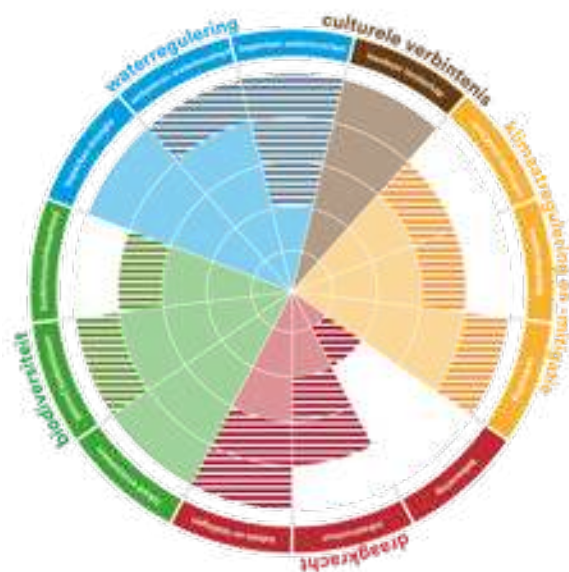
1 Bepaal de waarde van de bodem

WAAROM?

Dankzij een omvangrijk en divers bodemleven levert de bodem veel 'ecosysteemdiensten' aan de mens en natuur. Zoals het natuurlijk vermogen om water te zuiveren, het klimaat te reguleren, de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater te verbeteren en biodiversiteit te huisvesten. Een goede staat van de bodem draagt bij aan het leveren van deze diensten en is daarom van essentieel belang voor een aangenaam leef- en woonklimaat. Om dit natuurlijk kapitaal van de bodem te benutten moet je eerst weten wat het natuurlijk kapitaal, de waarde van de bodem, is.

WERKWIJZE

Ontleed de bovenste bodemlaag en bepaal welke ecosysteemdiensten (op basis van de CICES-classificatie, The Common International Classification of Ecosystem Services) de bodem levert. Voor de bodem zijn er vijf overkoepelende diensten: draagkracht, biodiversiteit, waterregulering, culturele verbintenis en klimaatregulering en -mitigatie. Elke overkoepelende dienst is uitgesplitst in verschillende subdiensten. Maak een waarderoos aan de hand van de condities van de bodem. Vul hierin ook de potentie van de bodem in en bepaal de aanwezigheid van verontreiniging en bestaande kabels en leidingen. Deze informatie is de basis voor het maken van een bodemplan en het bepalen van de bouwstenen.



Voorbeeld waarde van de bodem van klei in een inbreidingswijk - Alphen aan den Rijn

Invullen van de waarderoos

Vat de score van de ecosysteemdiensten voor de bovenste bodemlaag samen in een overzichtelijk diagram. Hoe meer een dienst door de bodem wordt geleverd hoe verder de dienst is ingekleurd. Iedere dienst kent 5 niveaus. De potentie van de bodem kun je aangeven door middel van een arcering (zie voorbeeld Alphen aan den Rijn). Dit zijn de onderdelen van het natuurlijk kapitaal waarop verbeterd kan worden.



Voorbeeld waarde van de bodem van klei in een inbreidingswijk - Alphen aan den Rijn - Biodiversiteit

Biodiversiteit

Een gezonde bodem heeft een grote biodiversiteit. Dit betekent dat het bodemleven in voldoende mate aanwezig is en dat dit onderdeel is van een groter lokaal ecosysteem. Een gezonde bodem is beter in staat plagen en schimmels te onderdrukken zonder gebruik te hoeven maken van bestrijdingsmiddelen.

Bodemvruchtbaarheid

De bodemvruchtbaarheid wordt bepaald door het bodemtype en de daarin aanwezige voedingsstoffen. Van nature zijn bodems met klei relatief vruchtbaar aangezien klei mineralen aan zich kan binden. Ook het organische stofgehalte maakt een bodem al of niet vruchtbaarder.

Gezond bodemleven

De kans op een gezond bodemleven is het grootst als de bodem met rust gelaten wordt. Hoe meer de ondergrond verstoord wordt, door graven en ploegen, maar vooral door toevoegen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen, hoe minder gezond het bodemleven over het algemeen zal zijn. Ook de mate van afdekking van de ondergrond is bepalend voor de mate waarin het bodemleven gezond is of kan worden. Afgedekte grond bevat over het algemeen veel minder bodemleven dan onafgedekte grond.

Lokaal ecosysteem

Deze indicator geeft aan in hoeverre het bodem- en watersysteem in het gebied aansluit op het systeem in de omliggende gebieden. Over het algemeen sluiten ongestoorde systemen beter aan op de omgeving van sterk verstoorde systemen. Gebruik van gebiedsvreemd materiaal zal er voor zorgen dat het ecosysteem minder goed of geheel niet aansluit op de omgeving. Daarnaast speelt peilbeheer ook een rol in de aansluiting op de omgeving. Als waterpeilen in het gebied natuurlijk van aard zijn (geleidelijk verlopen en geen abrupte sprongen vertonen) zal binnen het bodemecosysteem meer uitwisseling plaats kunnen vinden.

Grondsoort	Waarde windroos	Opmerking
Veen	4	-
Klei en veen	3-4	Afhankelijk van verhoudingen.
Klei	4-5	Ook afhankelijk van aanwezige mineralen in klei (bijv. kalk).
Zand en klei	2-5	Afhankelijk van verhoudingen.
Silt	3-5	Ook afhankelijk van aanwezige mineralen in klei (bijv. kalk).
Puur zand	1	-
Ophooglaag	1-3	Afhankelijk van samenstelling. Over het algemeen niet opgebracht met het oog op vruchtbaarheid.

Tabel 1: Bodemvruchtbaarheid



Voorbeeld waarde van de bodem van klei in een inbreidingswijk - Alphen aan den Rijn - Waterregulering

Waterregulering

Deze eigenschappen hebben betrekking op het vermogen van het bodem- en grondwatersysteem om water vast te houden, wateroverlast te voorkomen en de invloed van het systeem op de (grond)waterkwaliteit.

Beperken wateroverlast

Wateroverlast ontstaat doordat ofwel het grondwater te hoog staat ofwel als gevolg van (intense) neerslag. In het eerste geval kan dit voor een groot deel beïnvloed worden door peilbeheer. Door peilen te verlagen of laag te houden kan veel grondwateroverlast voorkomen worden. Dit is echter lastiger in gebieden waar veel kwel optreedt. Veelal zijn dit de relatief laaggelegen gebieden. Daarnaast zijn er gebieden waar omwille van het voorkomen van bodemdaling de grondwaterstanden relatief hoog gehouden worden. Dit is bijvoorbeeld het geval in veengebieden, maar ook in gebieden met veel klei in de ondergrond kan het verstandig zijn de grondwaterstanden niet te ver uit te laten zakken om verdere bodemdaling te voorkomen.

Het tweede aspect dat het voorkomen van wateroverlast beïnvloedt, is de kans dat in een gebied bij intense of langdurige regenval water op maaiveld blijft staan. Dit heeft te maken met ten eerste de hoogteligging ten opzicht van de omgeving. In de laagst gelegen gebieden zal het water immers het snelst verzamelen en kan daardoor water blijven staan. Een tweede aspect is de infiltratiekansen. Deze wordt bepaald door de infiltratiecapaciteit (de mate waarin water de bodem in kan trekken) en de bergingscapaciteit

(hoeveelheid water die geborgen kan worden in de bodem). De infiltratiecapaciteit is het grootst in grind en het kleinst in zware klei. De bergingscapaciteit is afhankelijk van de grondwaterstand. Hoe hoger de grondwaterstand, hoe minder water geborgen kan worden. Daarnaast speelt de inrichting van het gebied hierin een grote rol. Voor de bergings- en infiltratiecapaciteit zijn tabel 2 en 3 gebruikt.

Voor de infiltratiecapaciteit is vooral naar de laag boven de grondwaterstand gekeken. De opbouw van de ondergrond is dus medebepalend. Er zijn omstandigheden die de waarde nog kunnen verbeteren of verslechteren deze zijn verwerkt in tabel 4.

Verbeteren waterkwaliteit

De kwaliteit van het (grond)water op dit moment wordt bepaald door de mate waarin het bodem- en watersysteem in staat is de bodem te zuiveren van schadelijke stoffen, maar ook in hoeverre deze nu al aanwezig zijn in het systeem. Omdat dit laatste in het gebied onbekend zijn is het lastig hierop een goed oordeel te geven. Voor een oordeel wordt gekeken naar de ondergrond boven de gemiddelde grondwaterstand. Dit is immer de laag die het meest bijdraagt aan het verbeteren van de (grond)-waterkwaliteit.

Beperken droogte

De mate waarin de ondergrond water vast kan houden bepaalt in hoeverre droogte beperkt kan worden door het bodem en grondwatersysteem. Van iets mindere invloed op de potentie om droogte te beperken is het gevolg van wegzijgen van water uit het gebied of het optreden van kwel. Het eerste heeft een negatief effect, het tweede een positief effect. Zand kan water slecht vast houden, terwijl klei dit juist heel goed kan. Veen zit hier tussenin. Hoe meer zand in de bodem, hoe slechter het vochtvasthoudend vermogen en dus het vermogen om droogte te beperken.

Grondwaterstand	Waarde	Waarde windroos (potentiële bergingscapaciteit)
Zeer hoog	< 0,5m onder maaiveld	1
Hoog	0,5m - 1m onder maaiveld	2
Middel	1m - 1,5m onder maaiveld	3
Laag	1,5 - 2,0m onder maaiveld	4
Zeer laag	>2,0m onder maaiveld	5

Tabel 2: Waardebepaling bergingscapaciteit

Grondsoort	Waarde windroos	Opmerking
Veen	3	-
Klei en veen	2-3	Afhankelijk van verhoudingen.
Klei	1	-
Zand en klei	1-3	Afhankelijk van verhoudingen.
Silt	3	-
Puur zand	5	-

Tabel 3: Potentiele infiltratiecapaciteit

Verandering waarde windroos	Hoogteligging	Kwel / wegzijging	Inrichting
-1	Relatief laag t.o.v. omgeving	Zeer veel kwel	Zeer veel verharding
0	Als omgeving	Matige kwel - matige wegzijging.	
+1	Relatief hoog t.o.v. omgeving	Zeer sterke wegzijging	

Tabel 4: Er zijn omstandigheden die de waarde nog kunnen verbeteren of verslechteren deze zijn hieronder opgesomd:

Grondsoort	Waarde windroos	Opmerking
Veen	3	Veen neemt bepaalde stoffen beter op en houdt ze vast dan andere stoffen.
Klei en veen	3	-
Klei	4	Klei kan een vervuiling het beste opnemen en vasthouden. Dit betekent dat het een zuiverend vermogen heeft, maar ook dat eenmaal aanwezige vervuilingen er lastig uit te verwijderen zijn.
Zand en klei	4	Waarde is afhankelijk van de verhoudingen.
Silt	2	Beter dan zand, slechter dan klei.
Puur zand	1	Houdt geen stoffen vast.

Tabel 5: Verbeteren waterkwaliteit

Grondsoort	Waarde windroos	Opmerking
Veen	4	Hoogste waarde geldt, maar als de grondwaterstand laag staat.
Klei en veen	4-5	Afhankelijk van de verhoudingen.
Klei	5	-
Zand en klei	2-5	Afhankelijk van de verhoudingen.
Silt	3	-
Puur zand	1	-

Tabel 6: Beperken droogte



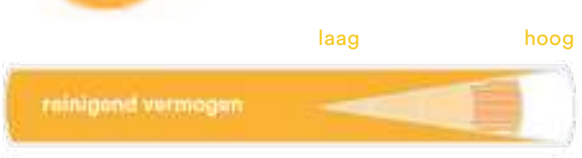
Voorbeeld waarde van de bodem van klei in een inbreidingswijk - Alphen aan den Rijn - culturele verbintenis

Culturele verbintenis

Doordat de bodem op veel plekken al gedurende lange tijd gebruikt wordt om te wonen, werken en voedsel te verbouwen, is deze in de loop van de tijd veranderd. De mate waarin de historie van gebruik af te lezen is uit de ondergrond en het landschap is bepalend voor de culturele verbintenis van de ondergrond. In een leesbaar landschap is als het ware de gehele gebruiksgeschiedenis af te lezen.

Leesbaar landschap

Een leesbaar landschap is een landschap waarin goed te zien is hoe het is ontstaan. Daarbij zijn zowel de natuurlijke factoren (type ondergrond) als ook de culturele factoren (inrichting) van belang. Hoe meer aan het gebied veranderd is en hoe meer de ondergrond afgedekt is, hoe minder leesbaar het landschap wordt beredeneerd vanuit de ondergrond.



Voorbeeld waarde van de bodem van klei in een inbreidingswijk - Alphen aan den Rijn - Klimaatregulering

Klimaatregulering en -mitigatie

Ook in het omgaan met klimaatverandering hebben bodem en ondergrond een mogelijke rol. Zo kan de ondergrond koolstof opslaan. Dit kan vooral als er voldoende bodemleven is dat ervoor zorgt dat organisch materiaal in de bodem opgenomen kan worden. Een bodem die snel uitdroogt, warmt sneller op dan een bodem die vochtig blijft. Hoe meer de bodem opwarmt, hoe groter de kans is dat hittestress op kan treden. Een bodem die relatief vochtig blijft, kan dus de kans op het optreden van hittestress beperken. Een bodem kan vochtig blijven door de fysische eigenschappen van de bodem zelf (materiaal waaruit deze bestaat), maar ook de grondwaterstand kan ervoor zorgen dat de bodem minder snel uitdroogt. Hoe hoger de grondwaterstand, hoe meer vocht er beschikbaar is om hittestress te voorkomen.

Reinigend vermogen

Het vermogen van het bodem- en watersysteem om schadelijke of verontreinigende stoffen te binden en vast te houden bepaalt in hoeverre het systeem een reinigend vermogen heeft. Bij het beoordelen van het reinigend vermogen moet gekeken worden naar het gehele profiel en naar de mineralen en organische stoffen die al in de ondergrond opgelost zitten. Belangrijk is ook op te merken dat gronden die een groot reinigend vermogen hebben, ook het best in staat zijn vervuilingen vast te houden en zo ook een bron van vervuiling kunnen worden of zijn.

Koolstofopslag

Deze factor geeft een beeld van de mate waarin de bodem koolstof op kan nemen en vast kan houden. De mate waarin een bodem/ondergrond daartoe in staat is hangt af van veel factoren die onderling op elkaar inwerken. Zo is naast de mineralogische samenstelling het bodemvochtgehalte van belang, maar ook het poriëngehalte, het stikstofgehalte, de aanwezige micro-organismen en het bodemleven en ook de planten en wortels die in de bodem aanwezig zijn. Voor veen geldt dat het vasthouden van koolstof het beste gaat onder de grondwaterstand (dus onder anaerobe omstandigheden). In onderstaande tabel zijn een schatting van de waarden in het windroos onder ideale omstandigheden opgenomen.

Grondsoort	Waarde windroos	Opmerking
Veen	3	-
Klei en veen	3-4	Hangt van verhoudingen af.
Klei	4	-
Zand en klei	1-4	Hangt van verhoudingen af.
Silt	3	-
Puur zand	1	-

Tabel 7: Reinigend vermogen

Grondsoort	Waarde windroos	Opmerking
Veen	5	Voor veen geldt dat het vermogen om vast te (blijven) houden groter is naarmate de grondwaterstand hoger is.
Klei en veen	2-5	Hangt van verhoudingen af.
Klei	3	-
Zand en klei	1-3	Hangt van verhoudingen af.
Silt	3	-
Puur zand	2	-

Tabel 8: Koolstofopslag

Verkoeling

Verkoeling heeft vooral te maken met de inrichting van het gebied. De bodem speelt hierin slechts een zeer kleine factor. In algemene zin biedt open water verkoeling. Gebieden met veel open water bieden derhalve meer verkoeling. Voor wat betreft de bodem levert deze indirect een bijdrage aan verkoeling door het vochtvasthoudend vermogen van de ondergrond. Hoe beter dit is, hoe langer de aanwezige vegetatie water kan blijven opnemen en daardoor verdampen en verkoelen.



Voorbeeld waarde van de bodem van klei in een inbreidingswijk - Alphen aan den Rijn - Draagende functie

Draagende functie

De draagkracht is hier beschouwd als een indicator voor de mate waarin de ondergrond in staat is bebouwing en de daarbijhorende boven- en ondergrondse infrastructuur te dragen. Hoe zwaarder de belasting van de ondergrond door de inrichting, hoe belangrijker de draagkracht van de ondergrond wordt. De draagkracht is ook afhankelijk van de dikte van de eventueel draagkrachtigere lagen. Hoe dikker hoe beter. Zand heeft bijvoorbeeld een grote draagkracht, maar een 1 meter dikke laag is nog onvoldoende voor bebouwing, maar misschien wel voldoende voor kabels en leidingen.

Kabels en leidingen

Deze hebben relatief weinig draagkracht nodig, met uitzondering van de riolen, die wel een grote draagkracht vragen.

Infrastructuur

Wegen vragen draagkracht omdat de gebruikte materialen een bepaald gewicht hebben. Daarnaast is de belasting bepalend. Een fietspad vraagt minder draagkracht dan een snelweg.

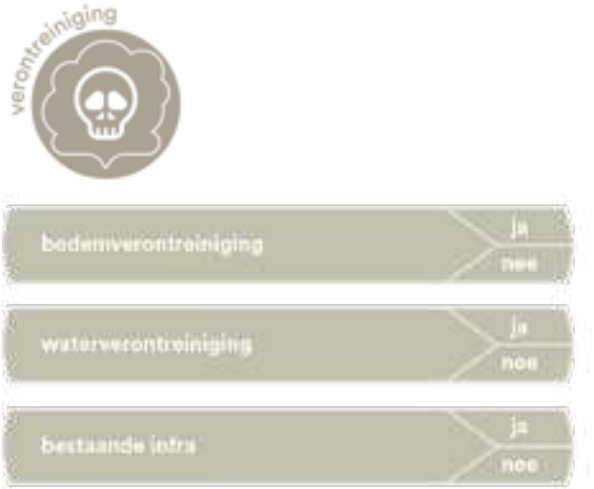
Bebouwing

Nog meer dan infrastructuur vragen woningen een grote draagkracht, ook doordat aan bebouwing, nog meer dan aan infrastructuur, schades acceptabel geacht worden.

Bij het geven van een waarde in de windroos is zowel het type materiaal als ook de aanwezige dikte van dit materiaal bepalend. In het geval van de inbreidingslocaties is de dikte van het aanwezige pakket ophoogmateriaal dus bepalend voor het eindoordeel.

Grondsoort	Kabels en leidingen	Infrastructuur	Bebouwing
Veen	1	1	1
Klei en veen	1	1	1
Klei	2	2	1
Zand en klei	4	3	2
Silt	4	3	2
Puur zand	5	5	5
Ophooglaag	4	3	1

Tabel 9: Draagkracht



Verontreiniging

Naast diensten zijn er soms ook beperkingen aanwezig in de bodem. Door menselijk handelen, zoals industrie, wonen en landbouw, kan de bodem verontreinigd raken met stoffen die van nature niet in de bodem voorkomen. De bodem is verontreinigd als er stoffen of materialen in de bodem of het grondwater terecht komen die schadelijk zijn voor mens, dier en plant. Bij bodemvervuiling gaat het meestal om vluchtige aromatische koolwaterstoffen (PAK's), vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen, olie, zware metalen, dioxinen, asbest, bestrijdingsmiddelen of bepaalde anorganische verbindingen, zoals cyaniden.



2. Maak een bodemplan *Waar?*



Maak een bodemplan - Waar?



functies afstemmen op de bodem



bescherm de bovenste bodemlaag



gebruik maken van het natuurlijk kapitaal

WAAROM?

De ondergrond vormt onze bestaansgrond. Door het natuurlijk systeem weer als basis te nemen vormt het een vliegwiel (motor) voor een natuur- en klimaatinclusieve verstedelijking. Een vitale bodem dient leidend te worden bij de woningbouwopgave, qua plek en inrichting. Want veel beoogde in- of uitbreidingslocaties bevinden zich in gebieden die veel beperkingen kennen vanuit het water- en bodemsysteem, óf juist specifieke kansen bieden vanuit deze natuurlijke systemen. Belangrijk is dus een goede planning die betrekking heeft op 'WAAR' bepaalde functies vanuit de bovenste bodemlaag passend zijn.

WERKWIJZE

Geef de waarde van de bodem een plek op de kaart en maak vandaar uit een bodemplan met de volgende speerpunten:

- SI** Stem stedelijke functies af op de bodemopbouw
- SII** Bescherm waardevolle bodems.
- SIII** Bepaal waar en hoe er op een verantwoorde manier gebruik gemaakt wordt van het natuurlijk kapitaal van de bovenste bodemlaag.



STEM STEDELIJKE FUNCTIES AF OP DE BOVENSTE BODEMLAAG

Stem de ruimtelijke ordening (planning) en inrichting (ontwerp) van de stad af op de mogelijkheden en onmogelijkheden van de bodemopbouw.



Pas de bebouwingsdichtheid aan op de draagkracht van de bodem



Bouw op de meest stabiele bodem



Hoog selectief op

Kijk eerst wat er mogelijk is met de bestaande condities van de bodem. Hoog alleen op wat écht nodig is met zandig materiaal, zoals vitale infrastructuur, en behoud zoveel mogelijk het natuurlijke bodem- en watersysteem.



Bouw op vervuilde delen

Plant (waar kan) zuiverende planten in de vervuilde delen van het gebied, combineer dit met tijdelijke woningbouw. Na 10 jaar is de grond schoner en vormt dit de basis voor verdere ontwikkeling.



Bouw op de minst waardevolle bodem

Bouw op de minst waardevolle bodem (of bodem met de minste potentie) die de minste ecosysteemdiensten levert en benut de bodem met de beste bodemkwaliteit voor groenblauwe structuren (bestaande groenzones).



Maak een robuust groenblauw raamwerk

Zorg voor een robuust groenblauw raamwerk door bijvoorbeeld de bestaande groenzones te verbreden, dit zijn de meest vitale bodems in het gebied. Of bepaal waar een nieuw raamwerk komt.



BESCHERM DE BOVENSTE BODEMLAAG IN DE STAD

Zet in op maximaal behoud van het waardevolle bodem- en watersysteem, zoneer je gebied op basis van bodemkwaliteiten en vrijwaar de waardevolle bodems van ontwikkelingen. Bescherm de bovenste bodemlaag en herstel waar nodig.



Situeer zones waar niet in geroerd mag worden



Bodems hebben baat bij rust. Zodat met name het bodemleven zich kan herstellen en ontwikkelen. Vrijwaar daarom in stedelijke gebieden bodems voor langere periode (40 jaar) van verstoring op of in de grond. Met name groenzones kunnen hiervoor geschikt zijn.



Minder afdekken, minder vergraven en niet verontreinigen



Door verstandiger omgaan met de bodem benutten we de natuurlijke kracht van de bodem. Minder afdekken of vergraven en niet verontreinigen dragen bij aan het herstellen en beschermen van de bovenste bodemlaag in de stad.



Efficiënte ondergrondse ordening



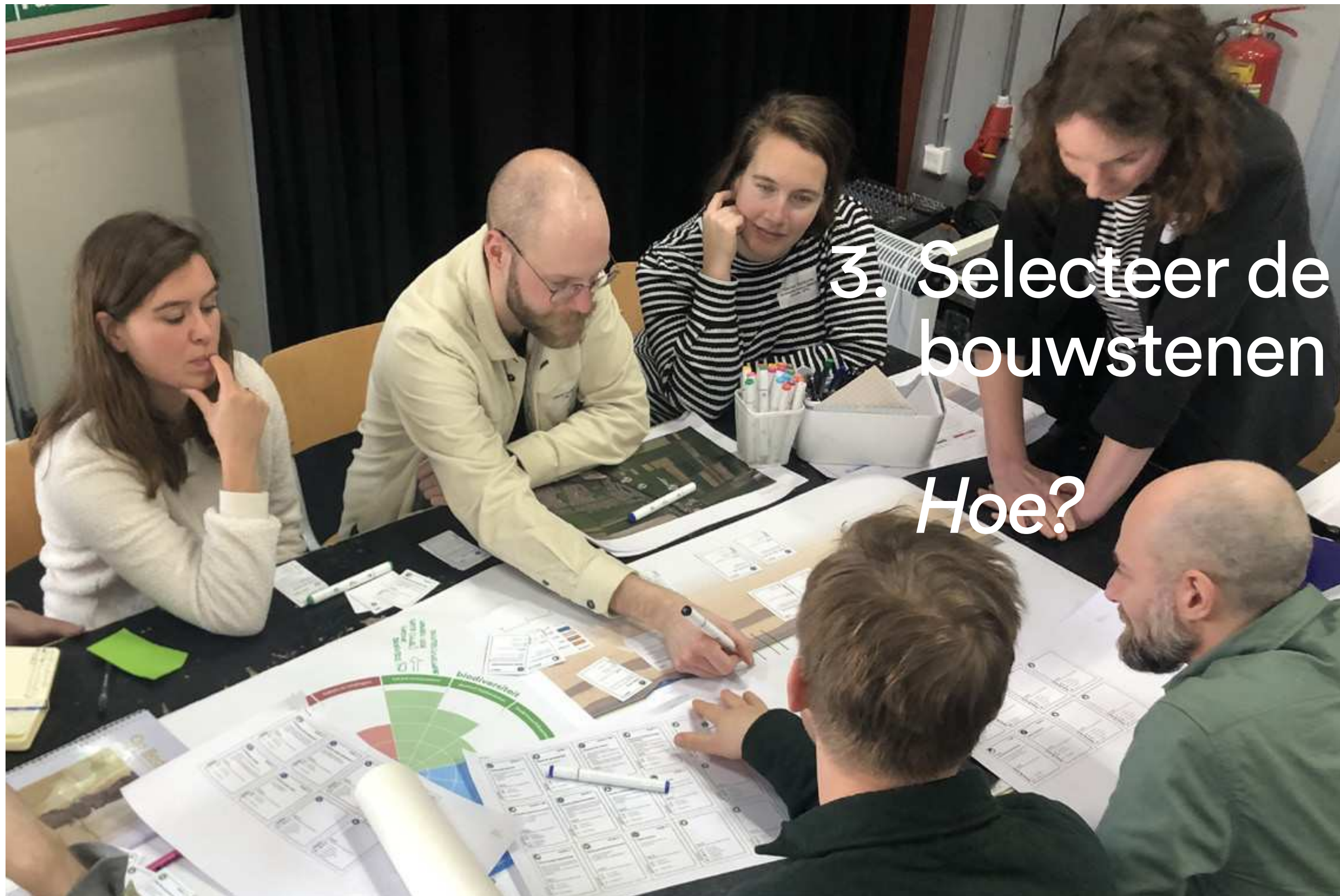
Een efficiënte ordening van de stedelijke ondergrond draagt bij aan het beschermen van (verstoring van) de bovenste bodemlaag. Denk hierbij aan het slim combineren van functies op een integrale manier.



BEPAAAL WAAR EN HOE ER OP EEN VERANTWOORDE MANIER GEBRUIK GEMAAKT WORDT VAN HET NATUURLIJK KAPITAAL VAN DE BOVENSTE BODEMLAAG

Beschouw de bodem als natuurlijk kapitaal dat vaak hersteld, meestal versterkt, altijd behouden, en zo mogelijk benut kan worden. Door in deze benadering aspecten als draagkracht, biodiversiteit, water- en klimaatregulering, en identiteit gezamenlijk centraal te stellen kan een meer integrale aanpak voor boven- en ondergrond worden gehanteerd.

Kies de juiste bouwstenen om het natuurlijk kapitaal te vergroten.



3. Selecteer de bouwstenen *Hoe?*



Selecteer de bouwstenen

WAAROM?

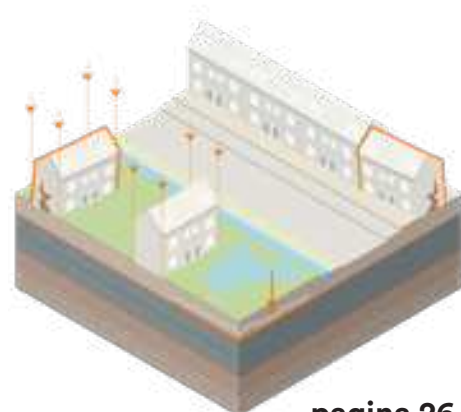
Het is van belang om rekening te houden met de kenmerken van bovenste bodemlaag. Bijvoorbeeld door beplantingskeuze af te stemmen op de kenmerken van de bovenste bodemlaag. Door inrichtingsmaatregelen af te stemmen op de bodem worden de kansen die de bodem biedt verzilverd en kan de kans op toekomstig spijt worden verkleind.

WERKWIJZE

Om de meest passende bouwstenen te selecteren kijken we eerst naar het bodem type. Elk bodemtype heeft een eigen set aan bouwstenen. Op de volgende pagina's zijn 4 stappen te vinden die leiden tot passende bouwstenen. Deze zijn niet limitatief maar vormen een goede basis om het natuurlijke kapitaal van de bodem te maximaliseren en te bouwen vanuit de bodem. De bouwstenen kunnen dus onbeperkt uitgebreid worden.

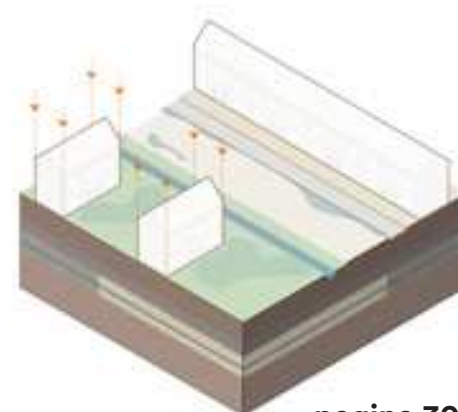
- Stap A: Onderzoek met welk type bodem je te maken hebt.
- Stap B: Neem de waarderoos van de bodem als basis
- Stap C: Selecteer bouwstenen voor het versterken van het natuurlijk kapitaal
- Stap D: Selecteer bouwstenen voor het verstedelijken vanuit de bodem

Klei-uitbreiding



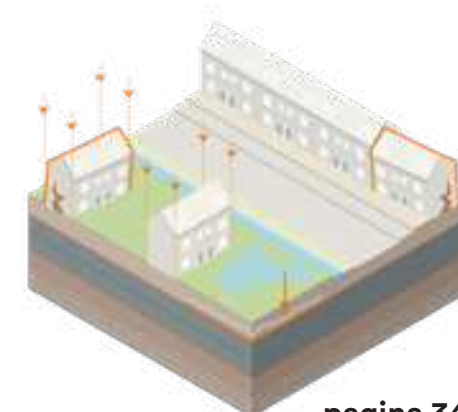
pagina 26

Zand-uitbreiding



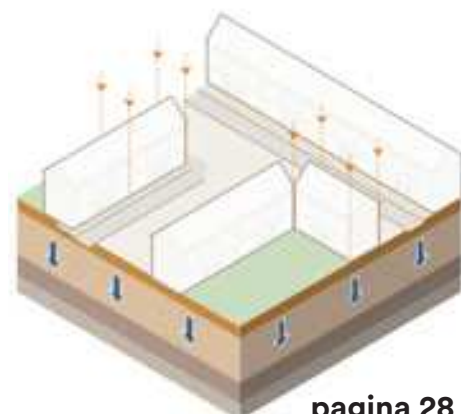
pagina 30

Veen-uitbreiding



pagina 34

Klei-inbreiding



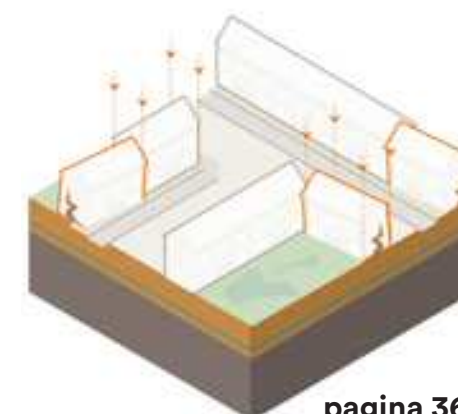
pagina 28

Zand-inbreiding



pagina 32

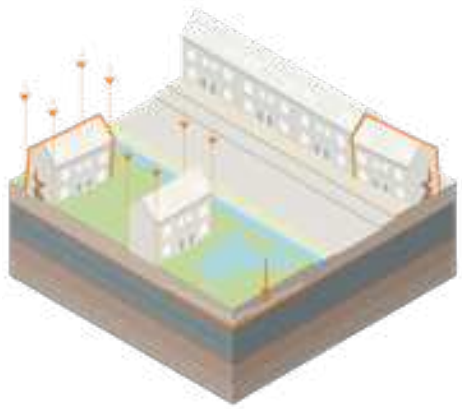
Veen-inbreiding



pagina 36

Klei-uitbreiding

A Onderzoek met welk type(n) bodem je te maken hebt



Veel voorkomende problemen bij klei:

- Wateroverlast: infiltreert moeilijk
- Lage draagkracht door krimpen/uitzetten



De bodem en de potentie van de bodem

- De waarderoos bestaat uit de huidige kwaliteiten van de bodem (gekleurd) en de potentie van de bodem (gestreept).
- Gebruik de waarderoos om de potentie van de bodem te ontketen.

B Neem de waarderoos van de bodem als basis



C Selecteer bouwstenen voor het versterken van het natuurlijke kapitaal

- B8** Spontane natuur: klei
Grond openscheuren voor nieuwe soorten
- B9** Robuuste groenstructuur: klei
Verbind groen voor bacteriën en schimmels
- B10** Verbeter bodem(structuur): klei
Voeg compost toe en vermijd zware voertuigen
- B11** Verbreed oevers: klei
Minimaal 1 op 3 talud, optimaal van 1 op 10.
- B1** Verhoog het waterpeil: klei
Zorgt voor kweldruk
- B4** Zuiver water met groen: klei
Vloeveld op verslechte delen
- B3** Houd water vast: klei
Voeg compost- mulch- en beplantingslaag toe

D Selecteer bouwstenen voor het verstedelijken vanuit de bodem

- Strategie voor verstedelijken vanuit bodem-
'maximaal landschap, minimaal ophogen'

B14 Fundeer bodemgericht: klei
Bouw compact en lichtvoetig

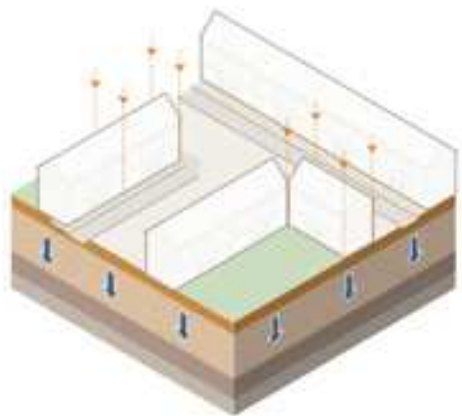
B12 Minimaliseer wegprofiel: klei
Hoofdprofiel: 6.5-9m

B13 Orden kabels en leidingen: klei
Horizontale ordening

B6 Zuiverende beplanting:
Afhankelijk van verontreiniging, zie bouwsteen

Klei-inbreiding

A Onderzoek met welk type(n) bodem je te maken hebt



Veel voorkomende problemen bij zand op klei:
Gevoelig voor droogte



De bodem en de potentie van de bodem

- De waarderoos bestaat uit de huidige kwaliteiten van de bodem (gekleurd) en de potentie van de bodem (gestreept).
- Gebruik de waarderoos om de potentie van de bodem te ontketen.

B Neem de waarderoos van de bodem als basis



C Selecteer bouwstenen voor het versterken van het natuurlijke kapitaal

- B7** Klimaatbestendige beplanting: stedelijk klei
Esdoorn, es, els, haagbeuk, zomereik
- B8** Spontane natuur: zand (op klei)
Geef pioniersvegetatie ruimte
- B9** Robuuste groenstructuur: klei
Verbind nieuwe met oude groenstructuren
- B10** Verbeter bodem(structuur): zand (op klei)
Gebruik groenbemesters
- B11** Verbreed oevers: klei
Minimaal 1 op 3 talud, optimaal van 1 op 10.
- B1** Verhoog het waterpeil: klei
Zorgt voor kweldruk
- B2** Infiltreer water in ophoogzand: zand op klei
Voeg een dikke laag compost toe
- B3** Houd water vast: zand (op klei)
Voeg compostlaag en beplantingslaag toe
- B4** Zuiver water met groen: zand (op klei)
Plant diepwortelende zuiverende soorten
- B5** Maak wadi: zand (op klei)
Richt ecologisch in. Diepte 40cm, talud 1 op 3

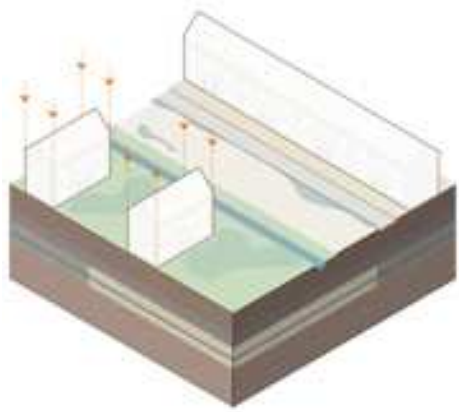
D Selecteer bouwstenen voor het verstedelijken vanuit de bodem

- Strategie voor verstedelijken vanuit bodem-
'meer ruimte voor het natuurlijke systeem'

- B14** Fundeer bodemgericht: klei
Bouw compact en lichtvoetig
- B12** Minimaliseer wegprofiel: klei
Hoofdprofiel: 6.5-9m
- B13** Orden kabels en leidingen: klei
Horizontale ordening

Zand-uitbreiding

A Onderzoek met welk type(n) bodem je te maken hebt



Veel voorkomende problemen bij zand:
Gevoelig voor wateroverlast



De bodem en de potentie van de bodem

- De waarderoos bestaat uit de huidige kwaliteiten van de bodem (gekleurd) en de potentie van de bodem (gestreept).
- Gebruik de waarderoos om de potentie van de bodem te ontketen.

B Neem de waarderoos van de bodem als basis



C Selecteer bouwstenen voor het versterken van het natuurlijke kapitaal

- B8** Spontane natuur: zand
Geef pioniersvegetatie ruimte
- B9** Robuuste groenstructuur: zand
Combineer groenstructuren met water
- B10** Verbeter bodem(structuur): zand
Gebruik groenbemesters
- B11** Verbreed oevers: zand
Minimaal 1 op 3 talud, optimaal van 1 op 10
- B1** Verhoog het waterpeil: zand
Verhoog grondwaterpeil met 50cm
- B2** Infiltreer in (ophoog)zand:
Voeg beplanting en organisch materiaal toe
- B3** Houd water vast: zand
Voeg beplantingslaag en compost toe
- B4** Zuiver water met groen: zand
Plant diepwortelende zuiverende soorten
- B5** Maak wadi: zand
Richt ecologisch in. Diepte 40cm, talud 1 op 3

B6 Zuiverende beplanting:
Afhankelijk van verontreiniging, zie bouwsteen

D Selecteer bouwstenen voor het verstedelijken vanuit de bodem

Strategie voor verstedelijken vanuit bodem-
'maximaal aanpassen aan de bodem'

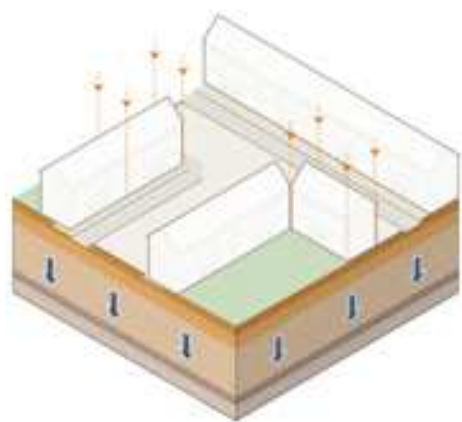
B14 Fundeer bodemgericht: zand
Bouw op staal en verticaal

B12 Minimaliseer wegprofiel: zand
Hoofdprofiel: 9m

B13 Orden kabels en leidingen: zand
Verticale ordening: gebruik diepte

Zand-inbreiding

A Onderzoek met welk type(n) bodem je te maken hebt



Veel voorkomende problemen bij zand op zand:

- Gevoelig voor droogte
- Lage vruchtbaarheid: relatief arme grond



De bodem en de potentie van de bodem

- De waarderoos bestaat uit de huidige kwaliteiten van de bodem (gekleurd) en de potentie van de bodem (gestreept).
- Gebruik de waarderoos om de potentie van de bodem te ontketen.

B Neem de waarderoos van de bodem als basis



C Selecteer bouwstenen voor het versterken van het natuurlijke kapitaal

- B7** Klimaatbestendige beplanting: stedelijk zand
Beuk, veldesdoorn, valse acacia
- B8** Spontane natuur: zand
Geef pioniersvegetatie ruimte
- B9** Robuuste groenstructuur: zand
Combineer groenstructuren met water
- B10** Verbeter bodem(structuur): zand
Gebruik groenbemesters
- B11** Verbreed oevers: zand
Minimaal 1 op 3 talud, optimaal van 1 op 10
- B1** Verhoog het waterpeil: zand
Verhoog grondwaterpeil met 50cm
- B4** Zuiver water met groen: zand
Plant diepwortelende zuiverende soorten
- B3** Houd water vast: zand
Voeg beplantingslaag en compost toe
- B5** Maak wadi: zand
Richt ecologisch in. Diepte 40cm, talud 1 op 3
- B2** Infilteer in (ophoog)zand:
Voeg beplanting en organisch materiaal toe

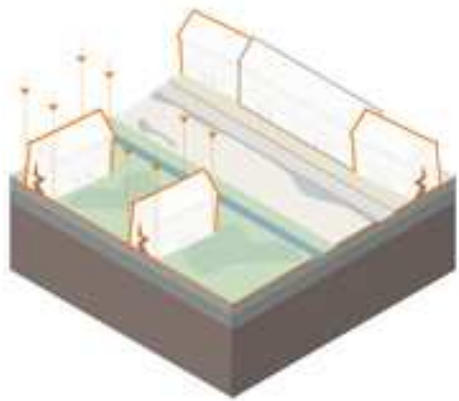
D Selecteer bouwstenen voor het verstedelijken vanuit de bodem

- Strategie voor verstedelijken vanuit bodem-
'opwaarderen van de bodem'

- B14** Fundeer bodemgericht: zand
Bouw op staal en verticaal
- B12** Minimaliseer wegprofiel: zand
Hoofdprofiel: 9m
- B13** Orden kabels en leidingen: zand
Verticale ordening: gebruik diepte

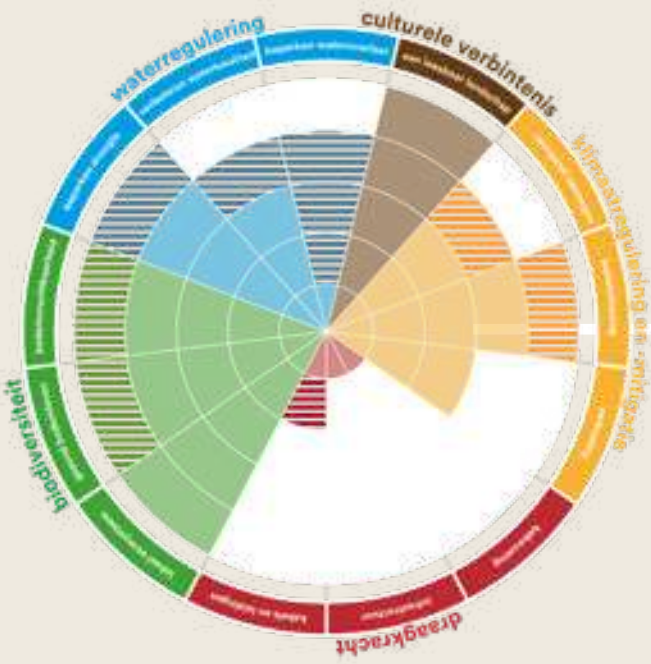
Veen-uitbreiding

A Onderzoek met welk type(n) bodem je te maken hebt



Veel voorkomende problemen bij veen:

- Gevoelig voor wateroverlast
- Lage draagkracht



De bodem en de potentie van de bodem

- De waarderoos bestaat uit de huidige kwaliteiten van de bodem (gekleurd) en de potentie van de bodem (gestreept).
- Gebruik de waarderoos om de potentie van de bodem te ontketen.

B Neem de waarderoos van de bodem als basis



C Selecteer bouwstenen voor het versterken van het natuurlijke kapitaal



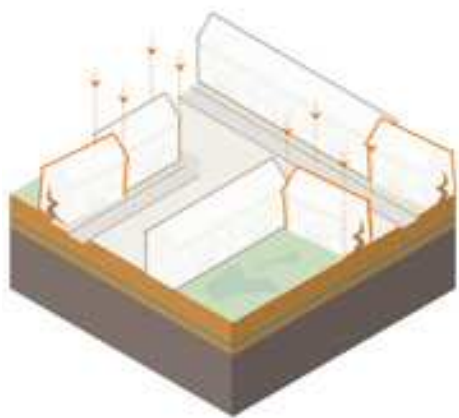
D Selecteer bouwstenen voor het verstedelijken vanuit de bodem

Strategie voor verstedelijken vanuit bodem-
'Drijvend in het landschap'



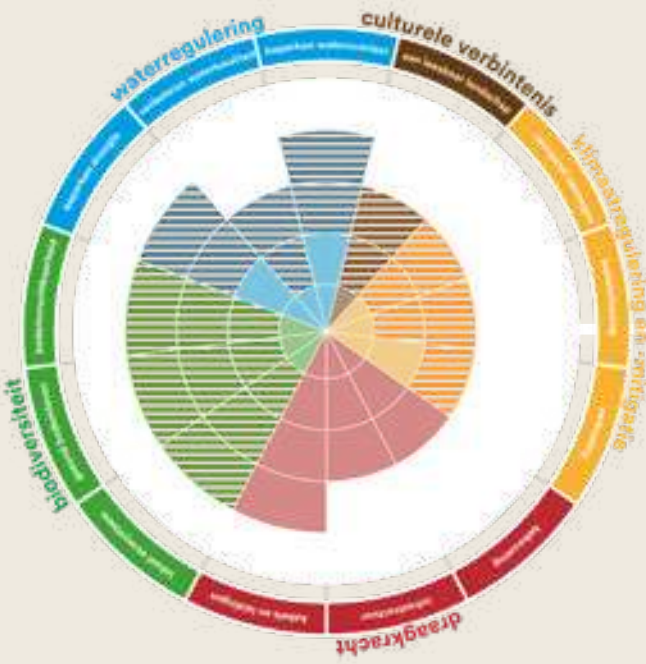
Veen-inbreiding

A Onderzoek met welk type(n) bodem je te maken hebt



Veel voorkomende problemen bij zand op veen:

- Gevoelig voor wateroverlast
- Gevoelig voor verzakking



De bodem en de potentie van de bodem

- De waarderoos bestaat uit de huidige kwaliteiten van de bodem (gekleurd) en de potentie van de bodem (gestreept).
- Gebruik de waarderoos om de potentie van de bodem te ontketen.

B Neem de waarderoos van de bodem als basis



C Selecteer bouwstenen voor het versterken van het natuurlijke kapitaal

- B7** Klimaatbestendige beplanting: Stedelijk veen
Schietwilg, zwarte els, (zachte) berk, gewone es
- B8** Spontane natuur: zand (op veen)
Geef pioniersvegetatie ruimte
- B9** Robuuste groenstructuur: veen
Voorkom nutriëntrijk water van buitenaf
- B10** Verbeter bodem(structuur): zand (op veen)
Gebruik groenbemesters
- B11** Verbreed oevers: veen
Minimaal 1 op 3 talud, optimaal van 1 op 10
- B1** Verhoog het waterpeil: veen
Verhoog peil tot 20cm onder maaiveld
- B2** Infiltreer in (ophoog)zand: zand op veen
Voeg organische stof toe
- B3** Houd water vast: zand (op veen)
Voeg beplantingslaag en compost toe
- B4** Zuiver water met groen: zand (op veen)
Plant diepwortelende zuiverende soorten

D Selecteer bouwstenen voor het verstedelijken vanuit de bodem

Strategie voor verstedelijken vanuit bodem-
'stabiel wonen in het dikke water'

- B14** Fundeer bodemgericht: veen
Bouw drijvend of onderheien
- B12** Minimaliseer wegprofiel: veen
Hoofdprofiel: 4-6.5m
- B13** Orden kabels en leidingen: veen
Horizontale ordening





Pas de bouwstenen toe!

WAAROM?

Verdieping van de bouwstenen geeft aan hoe de bouwstenen moeten worden toegepast om het natuurlijk kapitaal maximaal te benutten. Zowel in het ontwerp als bij de realisatie moeten deze op de juiste manier worden toegepast. De bouwstenen hebben soms effect op één waarde in de waarderoos, maar vaak hebben ze effect op meerdere waarden. Deze baten tesamen met de kosten zijn beschreven.

WERKWIJZE

De geselecteerde bouwstenen zijn genummerd en staan op de volgende pagina's. De bouwstenen geven meer informatie over 'Hoe' de bouwstenen toe te passen.

BOUWSTENEN WATER

B1 Verhoog het waterpeil
pagina 42

B2 Infiltreer in ophoogzand
pagina 44

B3 Houd water vast
pagina 46

B4 Zuiver water met groen
pagina 48

B5 Maak een wadi
pagina 50

BOUWSTENEN GROEN

B6 Zuiverende beplanting
pagina 52

B7 Klimaatbestendige beplanting
pagina 54

B8 Spontane natuur
pagina 56

B9 Robuuste groenstructuur
pagina 58

B10 Verbeter bodem(structuur)
pagina 60

B11 Verbreed oevers
pagina 62

BOUWSTENEN STEDELIJK

B12 Minimaliseer wegprofiel
pagina 64

B13 Orden kabels en leidingen
pagina 66

B14 Fundeer bodemgericht
pagina 68

B1 Verhoog het waterpeil

Voor de juiste grondwaterstand is maatwerk noodzakelijk. Voor een woonwijk is het belangrijk dat er een grotere drooglegging nodig is voor wegen om opvriezing in de winter te voorkomen. Een wat hogere grondwaterstand is positief voor natuurontwikkeling en een robuust grondwatersysteem. De samenstelling van organisch materiaal, wisselende grondwaterstand en de capillaire werking bepaalt uiteindelijk de aanwezigheid van water voor planten.

VERHOOG HET WATERPEIL ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4 lokaal ecoysteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenis

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 13 leesbaar landschap

ZAND

Maatregel:

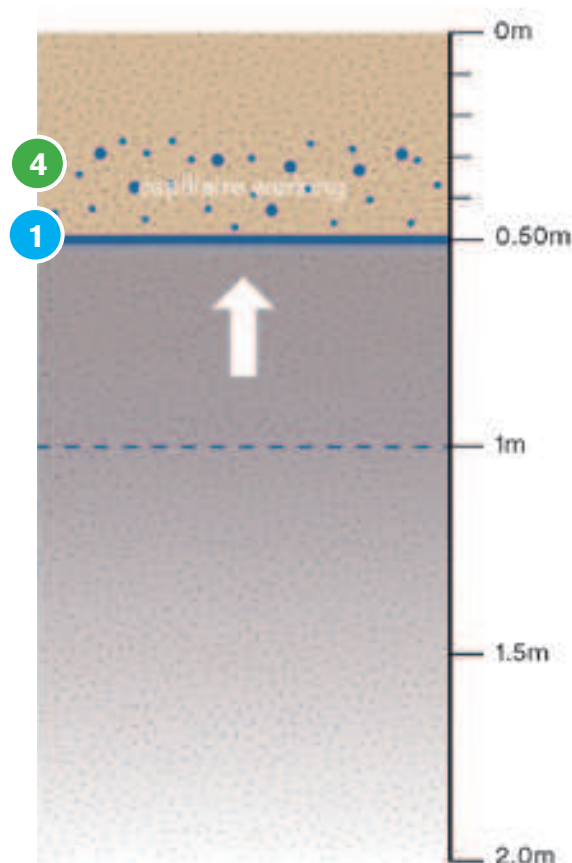
De zandgronden kampen in de zomer met grote droogte. Planten en bomen kunnen niet meer bij het wegzakkende grondwater komen. Het verhogen van het huidige waterpeil met bijvoorbeeld 50cm zorgt voor een robuuster grondwatersysteem, al is de verhoging wel afhankelijk van de diepte van het grondwaterpeil. De capillaire werking bedraagt 40cm in zandgrond¹. Dit is de zone waarbij water tussen de korrels van het zand aanwezig zijn.

Kosten:

Verminderde draagkracht voor bebouwing, infrastructuur en kabels en leidingen. Bestaande beplanting heeft moeite met een plotselinge hoge grondwaterstand.

Baten:

Positief voor het lokale ecosysteem, gezond bodemleven, bodemvruchtbaarheid. Beperkt droogte, verkoeling.



VEEN

Maatregel:

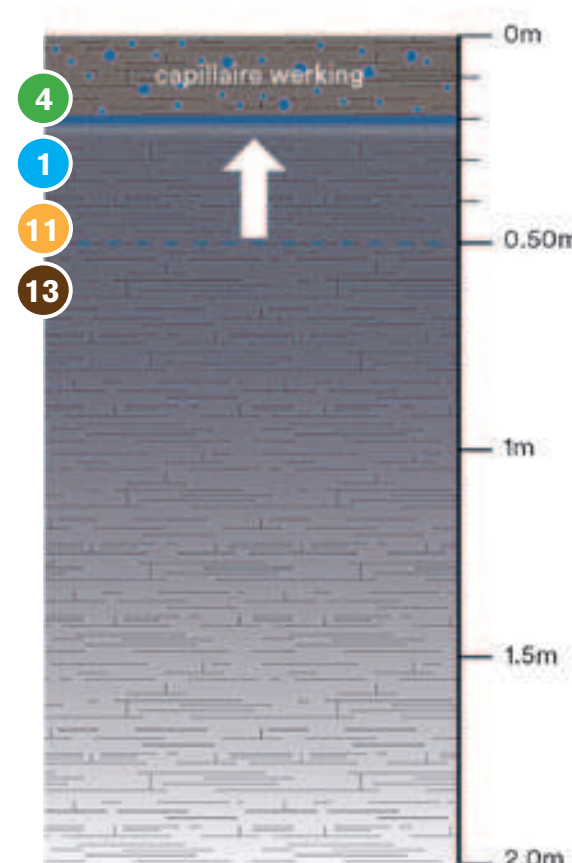
Veen houdt water goed vast en heeft een hoge vruchtbaarheid, maar is ook kwetsbaar voor verdroging. Het verhogen van het waterpeil tot 20cm onder het maaiveld vermindert veenoxidatie en de uitstoot van broeikasgassen².

Kosten:

Verminderde draagkracht voor bebouwing, infrastructuur en kabels en leidingen. Bestaande beplanting heeft moeite met een plotselinge hoge grondwaterstand.

Baten:

Positief voor het lokale ecosysteem (veenvorming), gezond bodemleven. Beperkt droogte, verkoeling. Zorgt voor koolstofopslag en verkoeling.



KLEI

Maatregel:

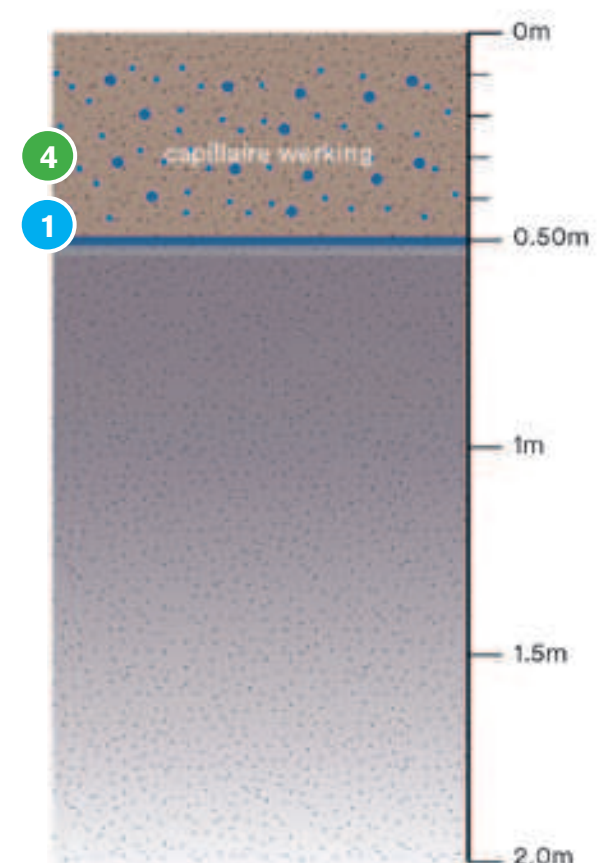
De juiste grondwaterstand voor klei is niet gespecificeerd, maar een wat hogere grondwaterstand is wel positief voor de kweldruk vanuit omliggende boezems of zee. De capillaire werking in klei grond kan enkele meters bedragen³, waardoor de grond niet heel snel uitdroogt.

Kosten:

Verminderde draagkracht voor bebouwing, infrastructuur en kabels en leidingen. Bestaande beplanting heeft moeite met een plotselinge hoge grondwaterstand.

Baten:

Positief voor het lokale ecosysteem, gezond bodemleven. Beperkt droogte, zorgt voor verkoeling.



B2 Infiltreer water in ophoogzand

Ophoogzand kan gebruikt worden om water te infiltreren. Het toevoegen van vegetatie voorkomt verklitting van de zandeeltjes waardoor de waterdoorlaatbaarheid wordt bevorderd. Het toevoegen van organische stof verrijkt de bodem en gaat verdroging tegen.

ZAND

Maatregel:

Met plantenwortels blijft de bodem open en voorkomt daarmee verslemping. Organisch materiaal houdt water vast in de toplaag en laat het water vertraagd infiltreren.

Kosten:

[planten] per m2 x [prijs]

Baten:

Wortels houden de bodem bij elkaar en bevorderen de waterdoorlaatbaarheid. Draagt bij aan het lokale ecosysteem, gezond bodemleven, beperkt wateroverlast en heeft een reinigend effect.

ZAND OP VEEN

Maatregel:

Infiltratie zal alleen plaatsvinden in de opgebrachte zand laag, vanwege de hoge grondwaterstand. Met het toevoegen van organische stof wordt er meer water vastgehouden. Vocht verlaat de bodem via verdamping.

Kosten:

1-2 cm compost

Baten:

Gaat verdroging tegen en verrijkt de bodem met voedingsstoffen. Draagt bij aan het lokale ecosysteem, gezond bodemleven, beperkt wateroverlast.

ZAND OP KLEI

Maatregel:

Water infiltreert langzaam in klei. Met het toevoegen van een dikke compostlaag heeft het water de tijd om langzaam te infiltreren en de compost kan tot 4x meer water opnemen.

Kosten:

5-6 cm compost

Baten:

Gaat verdroging tegen, voorkomt wateroverlast, verrijkt de bodem met voedingsstoffen, en water infiltreert langzaam.

INFILTRER WATER IN OPHOOGZAND ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4 lokaal ecoysteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie

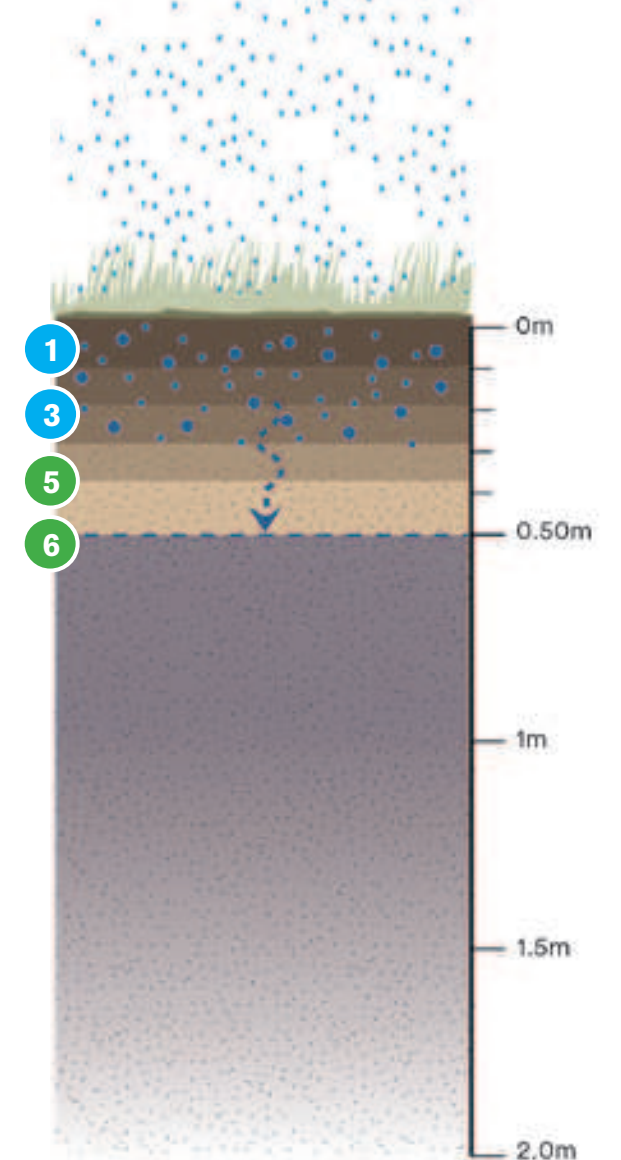
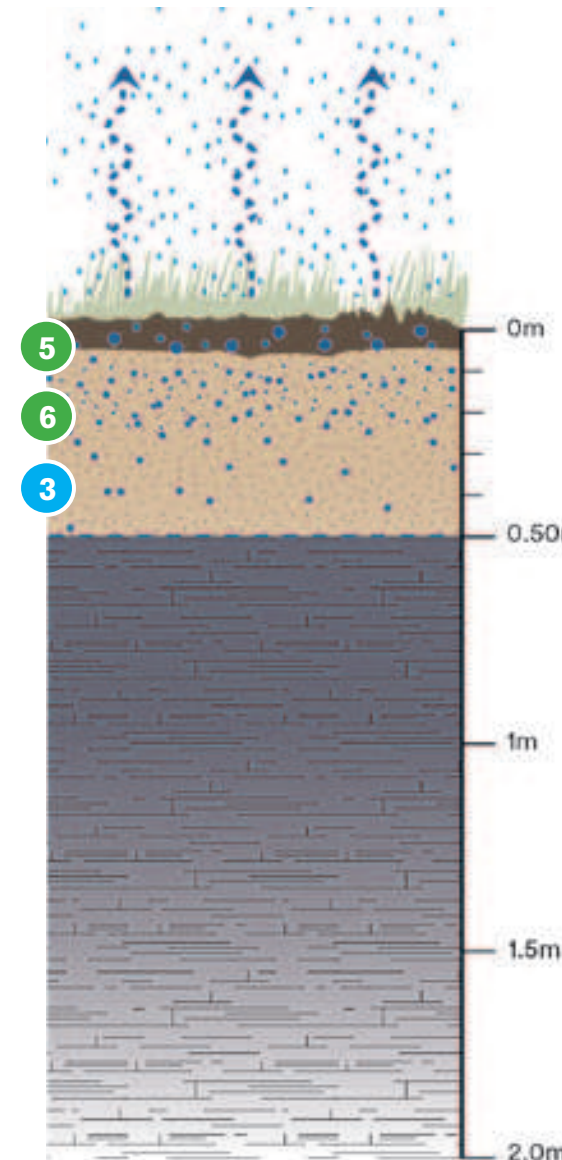
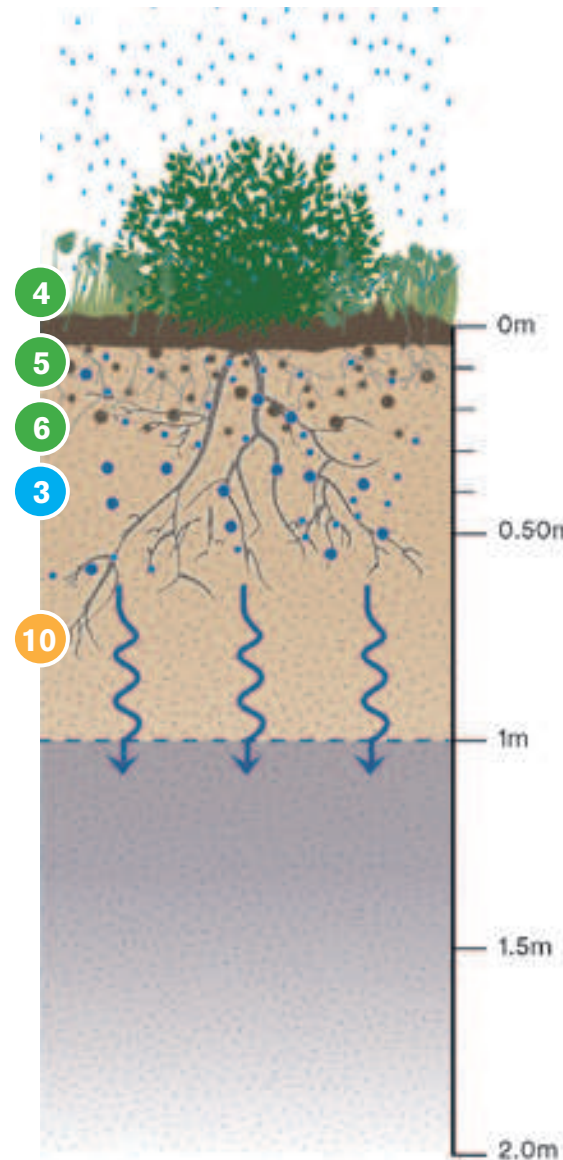
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenis

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 13 leesbaar landschap



Het vasthouden van water is van groot belang voor planten in tijden van droogte. Vergroot het waterbergend vermogen van de bodem door middel van goede doorworteling en het toevoegen van organische stof. Dit voorkomt verdroging van de bovengrond.

ZAND

Maatregel:

Het planten van groen voorkomt direct zonlicht op de bodem en daarmee ook uitdroging. Toevoegen van compost of tuinafval verbetert de bodemstructuur waardoor water beter vastgehouden wordt⁴. Spitten is hierbij niet nodig.

Kosten:

5-8cm compost

Baten:

Vergroot waterbergend vermogen van de bodem. Voorkomt verdroging, beperkt wateroverlast. Draagt bij aan een lokaal ecosysteem, gezond bodemleven en vruchtbaarheid.

VEEN

Maatregel:

Veen is erg gevoelig voor droogte. Met een lage grondwaterstand verdroogt en oxideert het veen, waardoor broeikasgassen vrijkomen. Zet daarom in op een hoog waterpeil. Dat kan door het dempen en verondiepen van sloten: water wordt minder snel afgevoerd en houdt het veen nat.

Kosten:

Afname van de draagkracht.

Baten:

Gaat veenoxidatie en bodemdaling tegen. Beperkt droogte, beperkt wateroverlast. Zorgt voor verkoeling.

KLEI

Maatregel:

Klei kan water goed vasthouden, maar wanneer het verdroogt zal de grond keihard worden. Met het toevoegen van een mulchlaag kan voorkomen worden dat de bovengrond snel uitdroogt. Ook zorgt een mulchlaag voor een langzame aanvulling van de voedselvoorraad in de bodem⁵.

Kosten:

5-8cm compost
3-10cm mulch

Baten:

Vergroot waterbergend vermogen van de bodem. Voorkomt verdroging, beperkt wateroverlast.

HOUD WATER VAST ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4 lokaal ecoysteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie

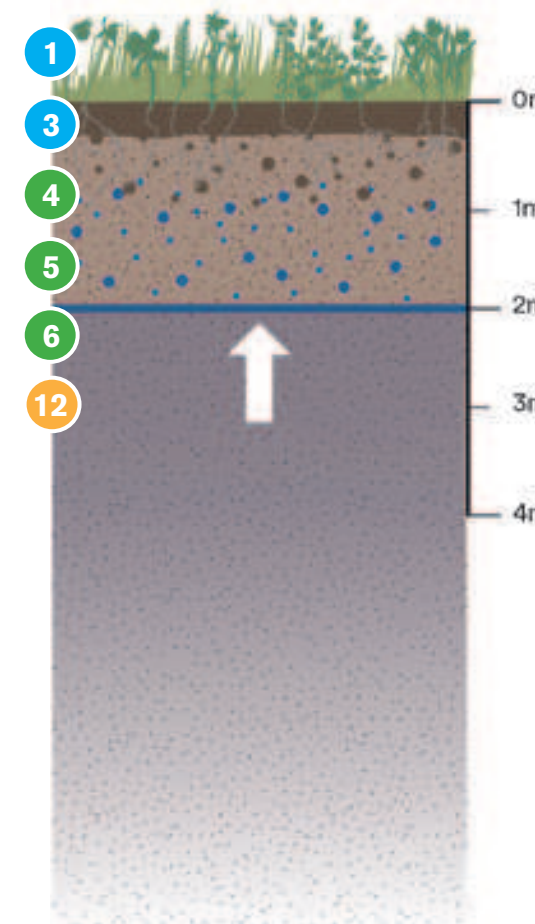
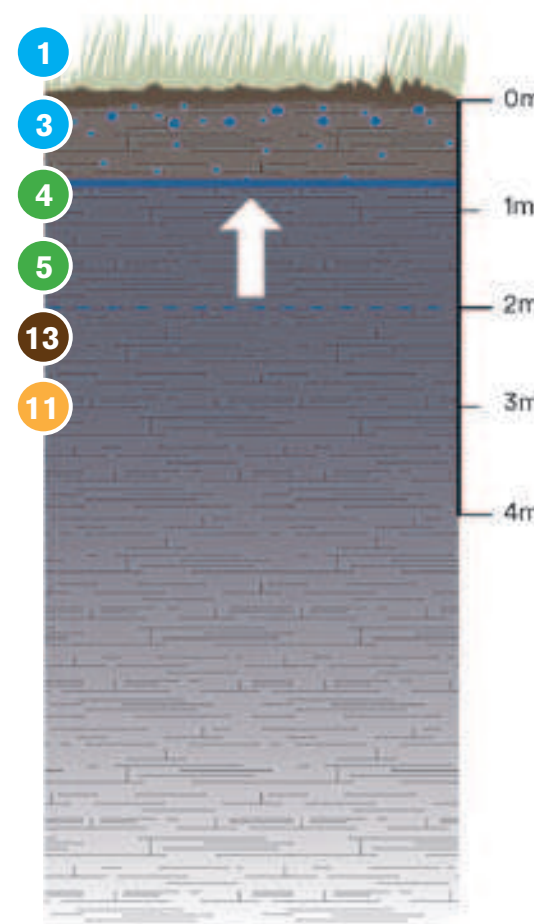
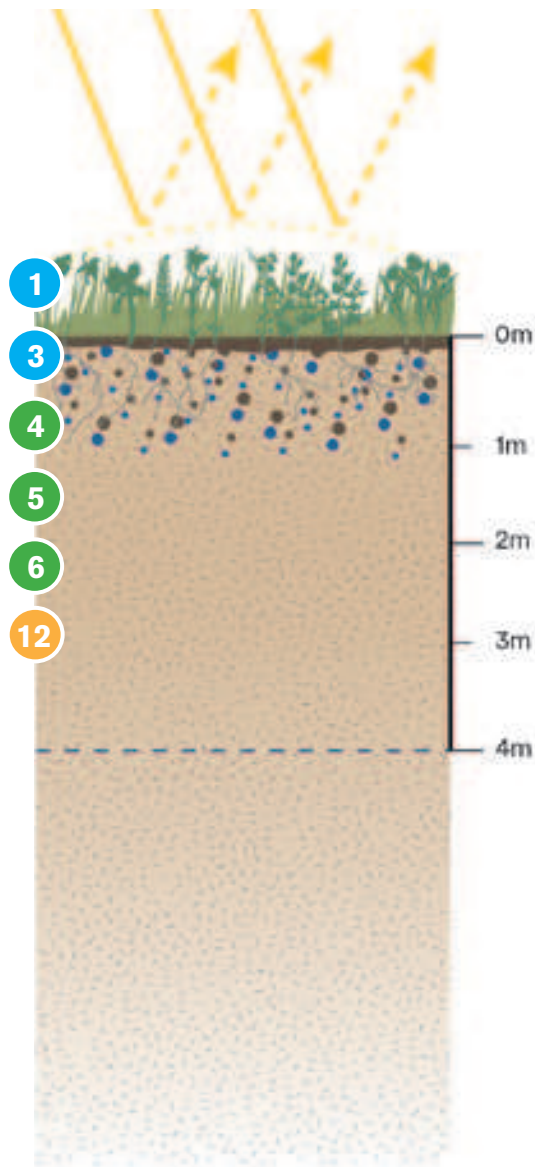
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenis

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 13 leesbaar landschap



Regenwater lijkt schoon maar bevat vaak vervuiling, zoals fijnstof of bestrijdingsmiddelen die in de lucht worden meegenomen. Het water dat in contact komt met oppervlakten zoals dakgoten of de grond kunnen nog meer vervuiling toevoegen. Dit is afhankelijk van het type materiaal, zo voegen zinken dakgoten veel vervuiling toe⁶. Om dit water te zuiveren kunnen planten en grond ingezet worden. Het water stroomt langs de wortels of door het zandbed en infiltreert langzaam naar beneden⁷.

ZUIVER WATER MET GROEN

ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1

beperken droogte
- 2

verbeteren waterkwaliteit
- 3

beperken wateroverlast

Biodiversiteit
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4

lokaal ecosteem
- 5

gezond bodemleven
- 6

bodemvruchtbaarheid

Draagkracht
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7

bebouwing
- 8

infrastructuur
- 9

kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10

reinigend vermogen
- 11

koolstofopslag
- 12

verkoeling

Culturele verbintenis
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 13

leesbaar landschap

ZAND

Maatregel:

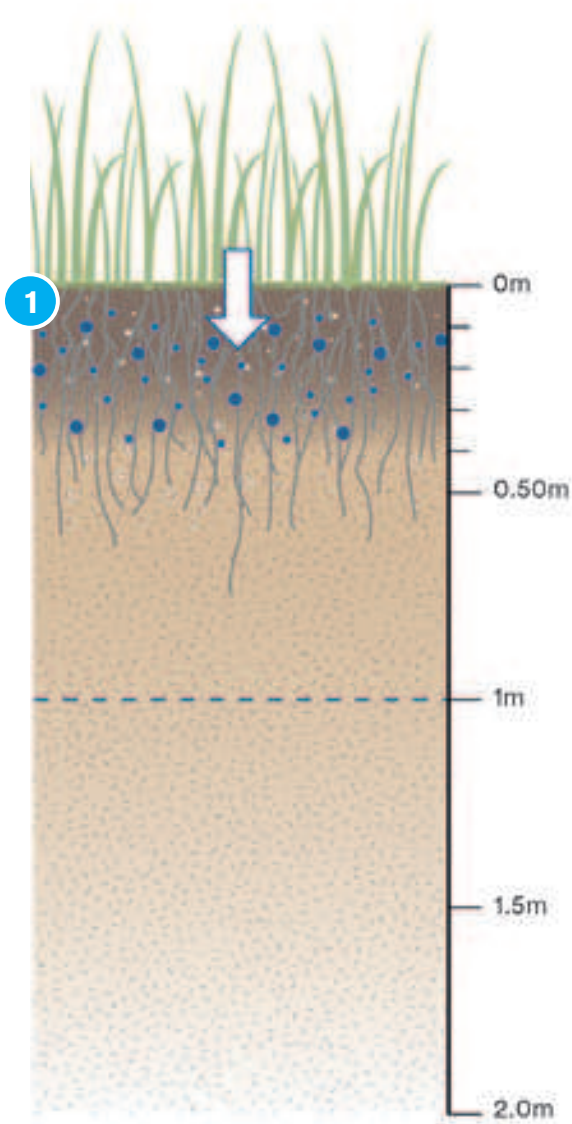
In zandondergronden kan een wadi gebruikt worden om water te filteren. Regenwater stroomt naar een wadi waar het vervolgens infiltreert in de bovenste laag. Deze worden ‘bodempassages’ genoemd. De eerste laag bestaat uit tuinaarde en is 30 tot 50cm diep. Deze laag functioneert als filterlaag en hier groeien grassen⁸

Kosten:

Aanleg wadi.

Baten:

Verbetert de waterkwaliteit, beperkt wateroverlast en draagt bij aan een reinigend vermogen.



VEEN

Maatregel:

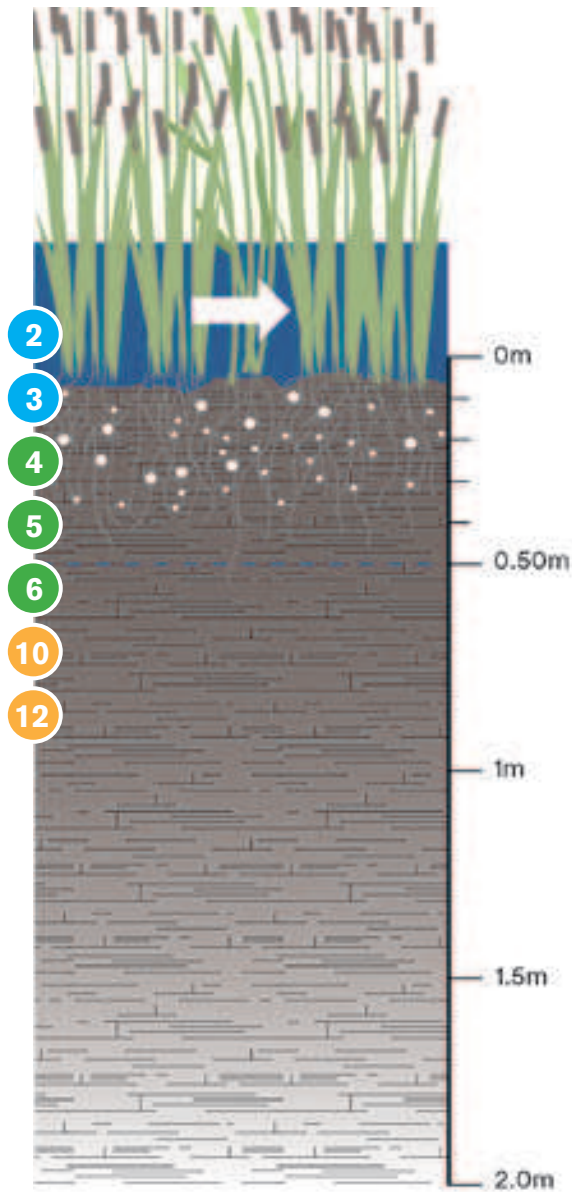
Natte veenweidegebieden kunnen een rol spelen in het verbeteren van de waterkwaliteit. Soorten als lisddode, matdebies, gele lis en riet zijn planten met zuiverende kwaliteiten. Riet is vaak een favoriete plant vanwege de snelle groei en de diepe wortels, die met de holle wortels zuurstof vervoeren naar de bodem. Ook is deze plant goed bestand tegen hoge hoeveelheden zuur en zouten¹⁰.

Kosten:

Afname van stabiliteit en toename waterpeil.

Baten:

Verbetert de waterkwaliteit, beperkt wateroverlast en draagt bij aan een reinigend vermogen.



KLEI

Maatregel:

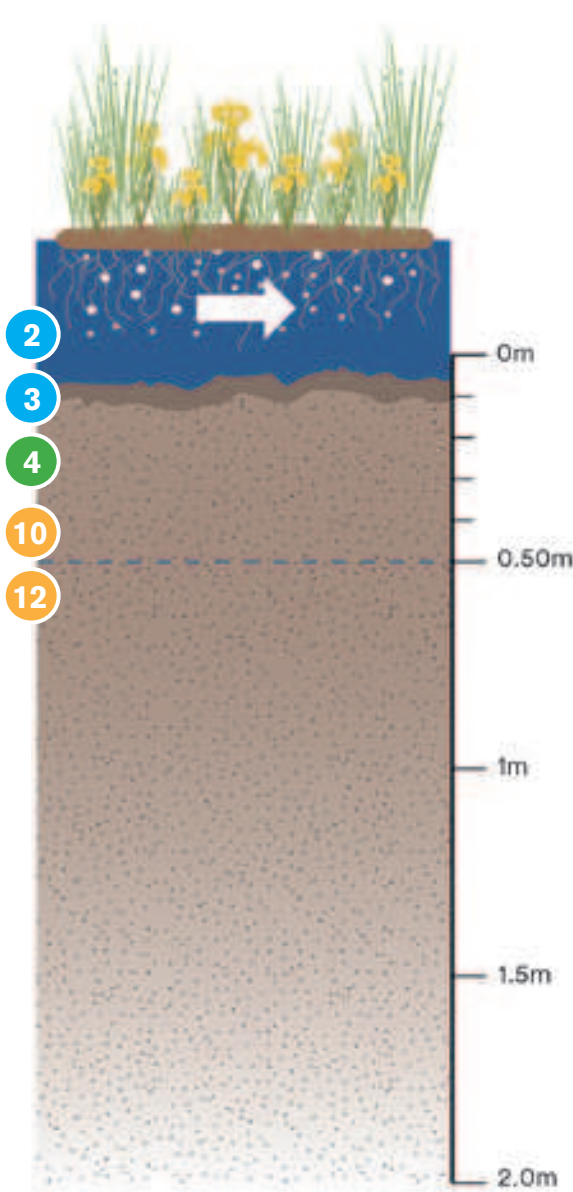
In de klei is een natte teelt mogelijk, maar dit zou ook gedaan kunnen worden in de vorm van een drijvende constructie op het water. Doordat de planten niet in de bodem wortelen, halen de planten hun voedingsstoffen direct uit het water, met andere woorden: ze zuiveren het water⁹.

Kosten:

Aanleg en onderhoud drijvende constructie.

Baten:

Heeft een reinigend vermogen. Slaat koolstof op en geeft verkoeling.



B5 Maak een wadi

Door klimaatverandering nemen hevigere en frequentere buien toe. Dit leidt in het stedelijk gebied tot overbelaste rioleringen en waterzuiveringen. Met wadi's kan dit water worden opgevangen door waterberging en infiltratie.

Wadi's bieden mogelijkheden voor biodiversiteit. Zo kunnen er bomen en heesters geplant worden die langere tijd onder water kunnen staan¹¹.

De opbouw van een wadi bestaat uit een humeuze bovenlaag voor planten. Daaronder bevindt zich een zandlaag die waterdoorlatend is. Bij extreme hoosbuien wordt het water afgevoerd met een overloop naar een ondergrondse drain die het water afvoert naar het oppervlaktewater¹².

MAAK EEN WADI ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4 lokaal ecoysteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenis

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 13 leesbaar landschap

ZAND

Maatregel:

Zandondergronden zijn uitermate poreus en geschikt voor het inpassen van wadi's. Hoe ecologischer ingericht hoe interessanter voor het lokale ecosysteem. Wadi's hebben een diepte van 40cm en hebben een breedte van rond de 3m met een talud van 1 op 3. De bodem van een wadi is minimaal 1.20m diep.

Kosten:

Aanlegkosten en onderhoud.

Baten:

Voorkomt verdroging, verbetert de waterkwaliteit en beperkt wateroverlast. Draagt bij aan het lokale ecosysteem, gezond bodemleven, heeft een reinigend vermogen en verkoelt de omgeving.

VEEN

Maatregel:

Veenondergronden zijn niet geschikt voor wadi's vanwege de hoge grondwaterstand. Een mogelijkheid is wel om wadi's toe te passen op plekken waar opgehoogd is of waar een grondvervangingsopgave heeft plaatsgevonden.

Kosten:

Aanlegkosten en onderhoud.

Baten:

Voorkomt verdroging, verbetert de waterkwaliteit en beperkt wateroverlast. Draagt bij aan het lokale ecosysteem en een gezond bodemleven, heeft een reinigend vermogen door het zandpakket.

KLEI

Maatregel:

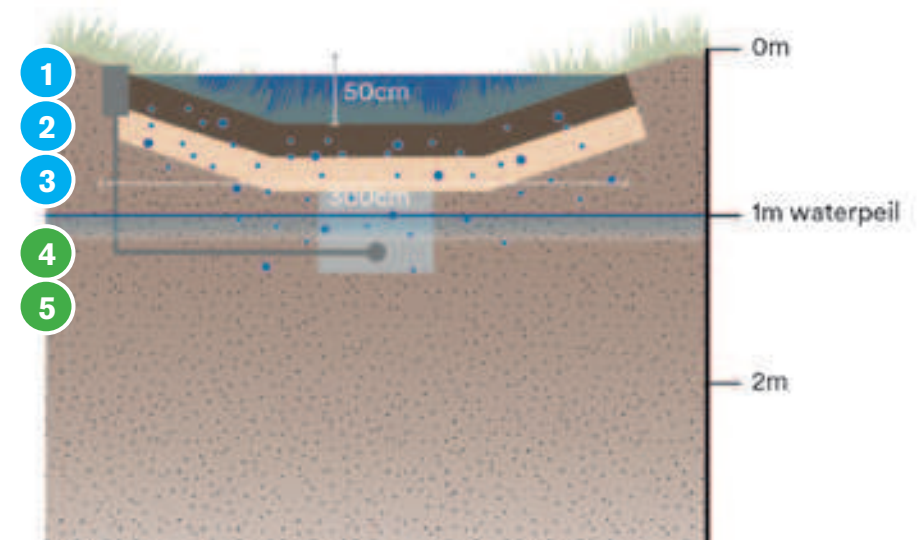
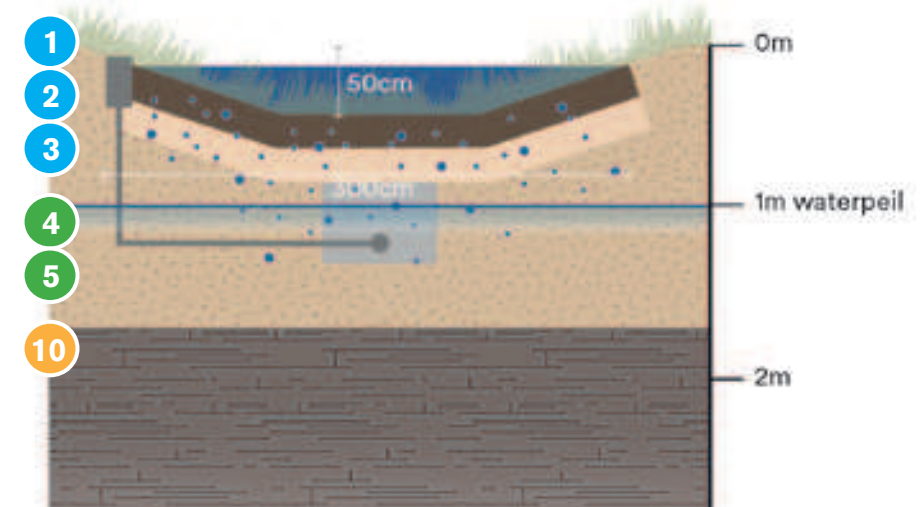
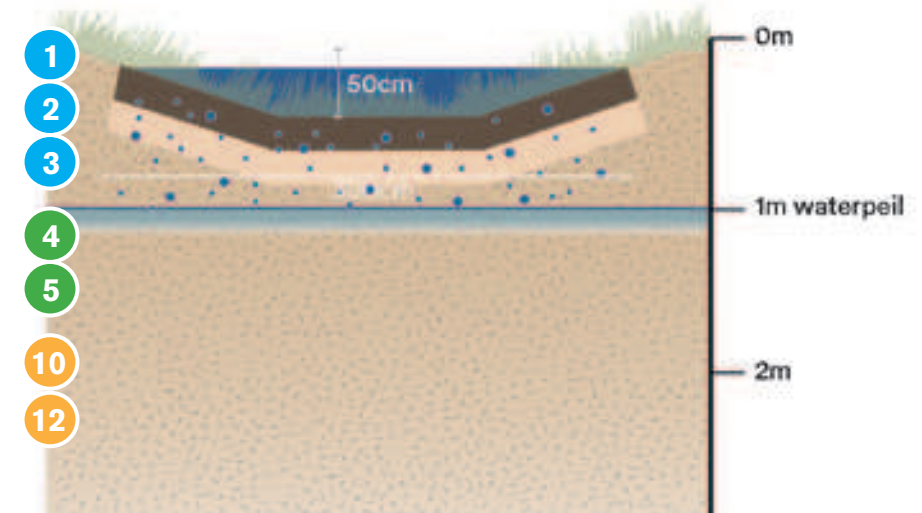
Kleiondergronden zijn moeilijk te infiltreren maar kunnen wel water vasthouden. Grondwater dient wel op 1m diepte te zitten. Drainage is nodig om het water af te voeren.

Kosten:

Aanlegkosten en onderhoud.

Baten:

Voorkomt verdroging, verbetert de waterkwaliteit en beperkt wateroverlast. Draagt bij aan het lokale ecosysteem en gezond bodemleven.



B6 Zuiverende beplanting

Bij vervuiling worden vaak grote delen gesaneerd, maar dit kan ook op een andere manier! Hiervoor is wel tijd nodig. Fytoremediatie betekent dat planten ingezet worden om de grond te zuiveren van giftige stoffen en zo de balans weer te herstellen van een gezond bodemleven. Dit is met name interessant op voormalige industrieterreinen waarbij resten van koper nikkel, zink, en/of paks aanwezig zijn.

ZUIVERENDE BEPLANTING ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4 lokaal ecoysteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenis

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 13 leesbaar landschap

DIOXAAN EN ETHYLBEZEEN

Maatregel:

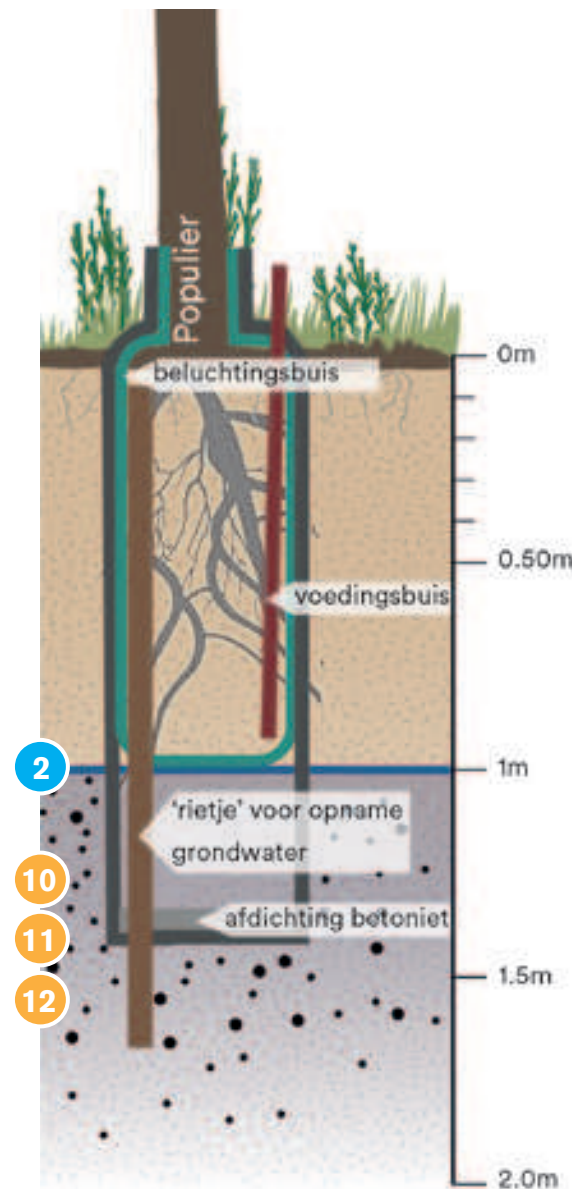
Bij verontreinigd grondwater tot op een diepte van 6m kunnen wilgen en populieren een zuiverende rol vervullen. De giftige stof wordt opgenomen en gebruikt voor de groei- de rest verdampt op de bladeren¹³.

Kosten:

Het kost 10 tot 15 jaar voordat de vervuiling is verdwenen. Specialistisch onderzoek is nodig naar de mate van vervuiling.

Baten:

Verbeterd (grond)waterkwaliteit en heeft een reinigend vermogen. Draagt bij aan koolstofopslag en verkoeling.



ZINK, NIKKEL EN KOPER

Maatregel:

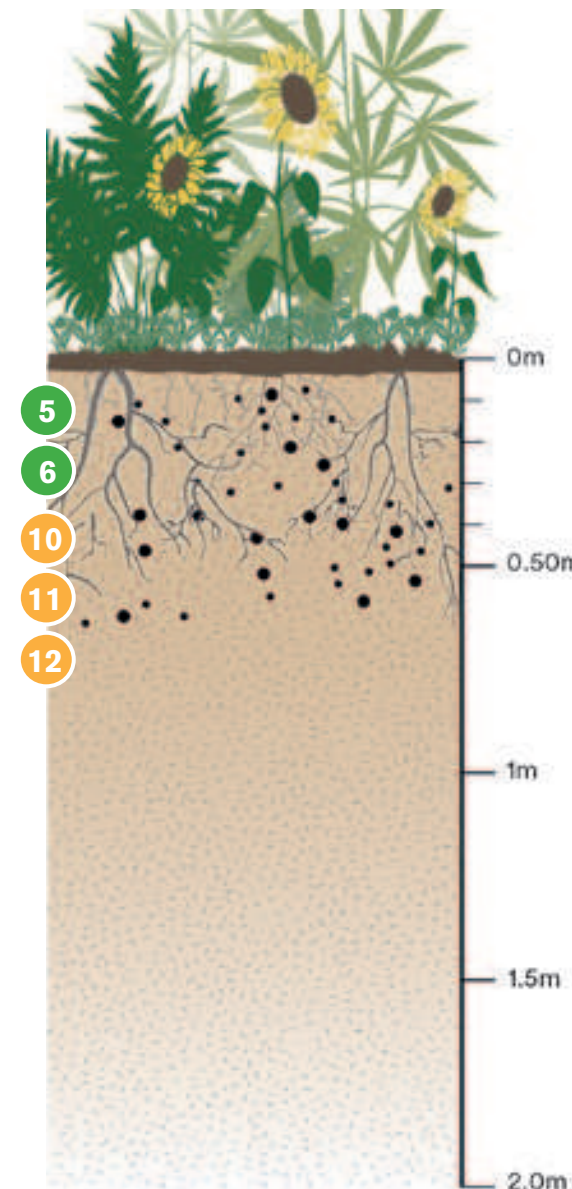
Voor de groei hebben varens, vlas, hennep, en zonnebloemen een grote behoefte aan metalen zoals zink, nikkel, en koper. Deze dienen wel aanwezig te zijn binnen het bereik van de planten. Na het groeiseizoen moeten de planten afgemaaid worden¹⁵.

Kosten:

Tijdsintensief.

Baten:

Stimuleert een gezond bodemleven en bodemvruchtbaarheid. Heeft een reinigend vermogen. Slaat koolstof op en geeft verkoeling.



DDE

Maatregel:

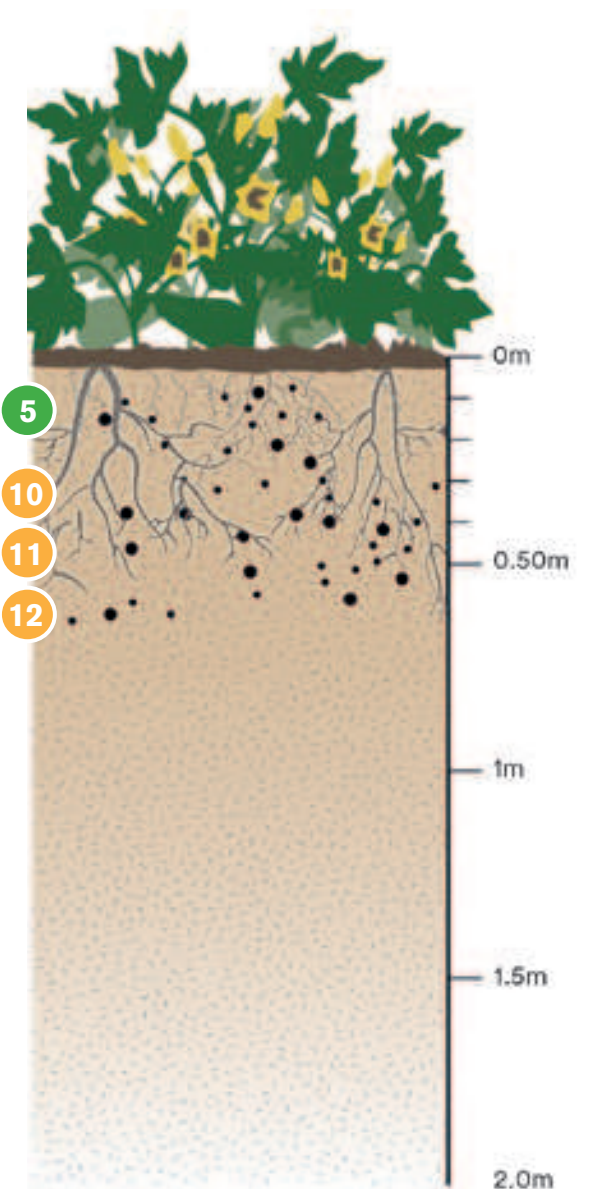
De insectenverdelger DDE (veel gebruikt in landbouwgebieden) kan uit de bodem worden gehaald met courgetteplanten met toegevoegde bacteriën. Per jaar kan er 6% van de DDE vervuiling verwijderd worden¹⁴.

Kosten:

Tijdsintensief.

Baten:

Stimuleert een gezond bodemleven en bodemvruchtbaarheid. Heeft een reinigend vermogen. Slaat koolstof op en geeft verkoeling.



Met het veranderende klimaat speelt beplanting een belangrijke rol in de stad. Langere periodes van droogte en zware regenval leiden tot hittestress en wateroverlast. Met name in de stad waar de ruimte beperkt is, kan verkoeling het verschil maken.

Het type beplanting is afhankelijk van de bodem, de grondwaterstand, en aansluiting op het landschap. De focus ligt hier op de inheemse soorten die van nature voorkomen in het landschap¹⁶.

KLIMAATBESTENDIGE BEPLANTING ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4 lokaal ecosteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenis

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 13 leesbaar landschap

STEDELIJK GEBIED - ZAND

Maatregel:

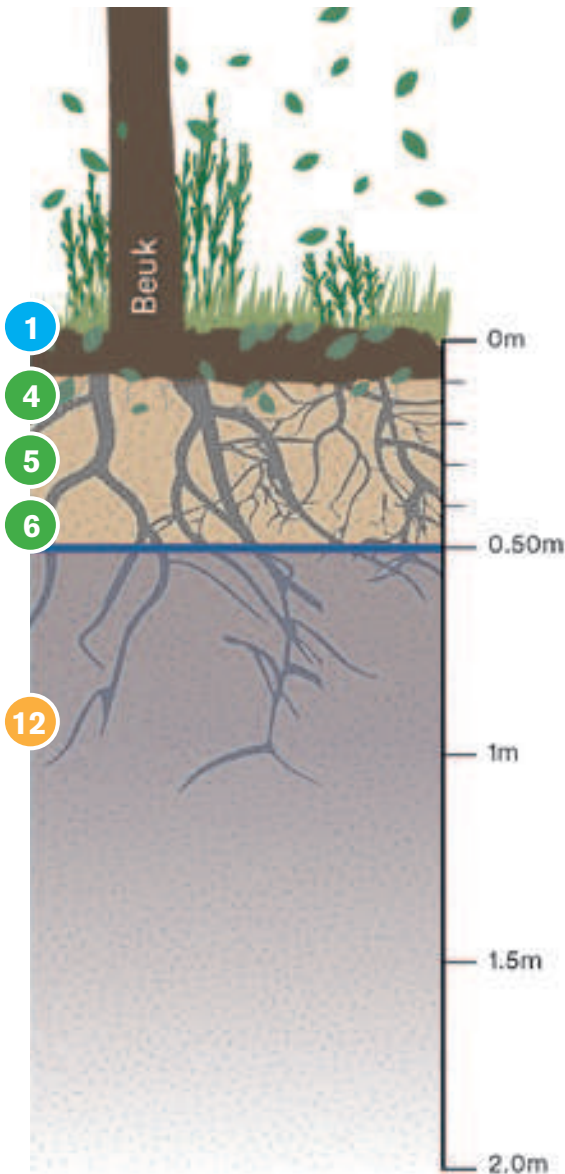
Selecteer droogtebestendige soorten die kunnen omgaan met langdurige droogte. Pure zandgrond vraagt om specieke soorten zoals beuk, veldesdoorn, of valse acacia. Deze bomen voegen een rijke strooisellaag toe en verbeteren hiermee de grond. Voorkom soorten zoals grove den die de grond verarmen¹⁷.

Kosten:

Aanplant.

Baten:

Voorkomt verdroging, draagt bij aan het lokale ecosysteem, bodemleven en vruchtbaarheid. Slaat koolstof op en heeft een verkoelende werking.



STEDELIJK GEBIED - VEEN

Maatregel:

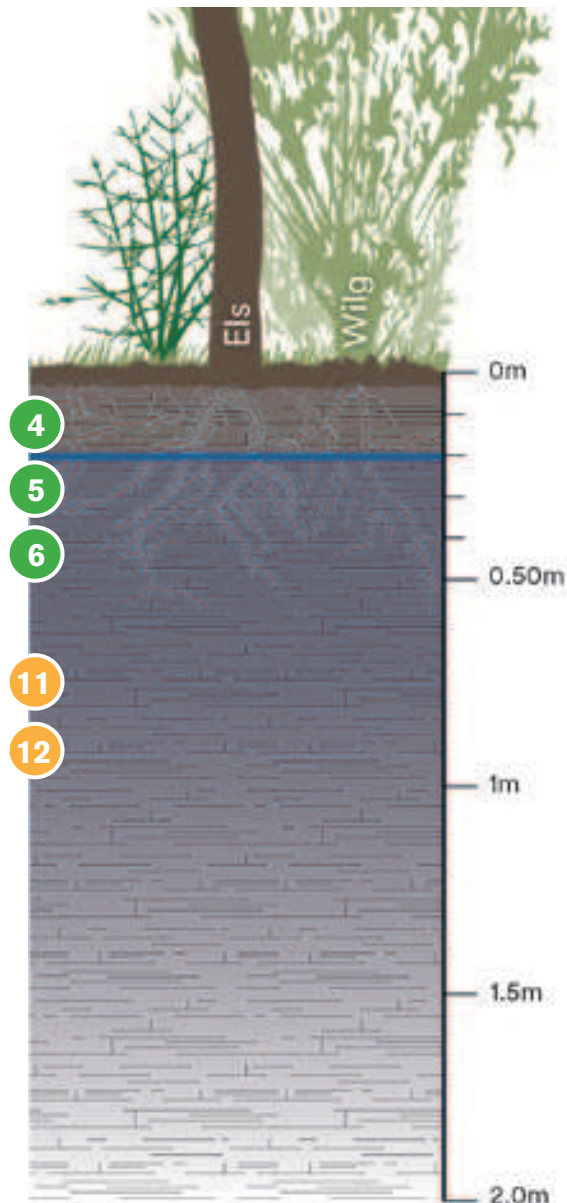
In het veen groeien over het algemeen geen grote bomen. Met een te grote kroon kunnen deze mogelijk omvallen. Selecteer soorten die bestand zijn tegen hoge waterstanden zoals: schietwilg, zwarte els, zachte berk, gewone es, of berk.

Kosten:

Aanplant.

Baten:

Draagt bij aan het lokale ecosysteem, bodemleven en vruchtbaarheid. Slaat koolstof op en heeft een verkoelende werking.



STEDELIJK GEBIED - KLEI

Maatregel:

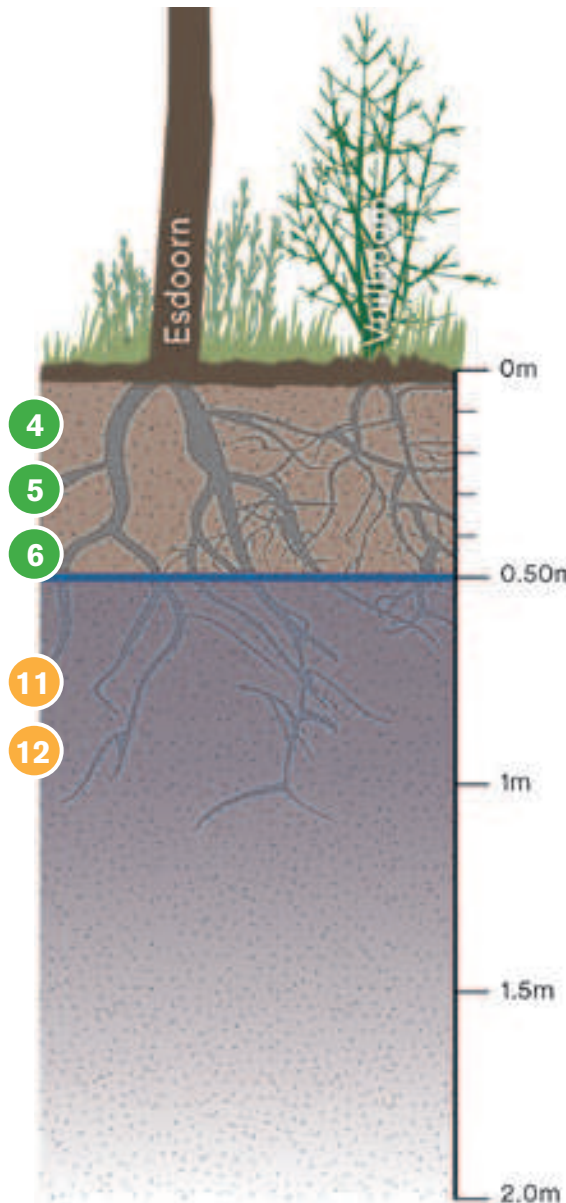
Klei biedt een kalkrijke en vochtige ondergrond. Beplanting die goed tegen kleigronden kunnen zijn: esdoorn, es, els, haagbeuk, of zomereik.

Kosten:

Aanplant.

Baten:

Draagt bij aan het lokale ecosysteem, bodemleven en vruchtbaarheid. Slaat koolstof op en heeft een verkoelende werking.



Spontane natuur komt letterlijk aanvliegen en bevindt zich onder onze voeten; opgeslagen in de grond. Zaden die worden meegenomen door de wind hebben soms wat hulp nodig om te wortelen. Vanuit deze situatie wordt er vanuit gegaan van een veranderend landgebruik van bedrijventerrein of landbouwgebied naar een groenstrook. Spontane natuur heeft ruimte nodig om te groeien. Inheemse heesters zullen bijvoorbeeld uitdijen en hebben minimaal 2.5m aan vrije ruimte nodig.

ONTWIKKEL SPONTANE NATUUR

Waterregulering

draagt bij aan de ecosystemendienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit

draagt bij aan de ecosystemendienst:

- 4 lokaal ecoysteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht

draagt bij aan de ecosystemendienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie

draagt bij aan de ecosystemendienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenıs

draagt bij aan de ecosystemendienst:

- 13** leesbaar landschap

ZAND

Maatregel:

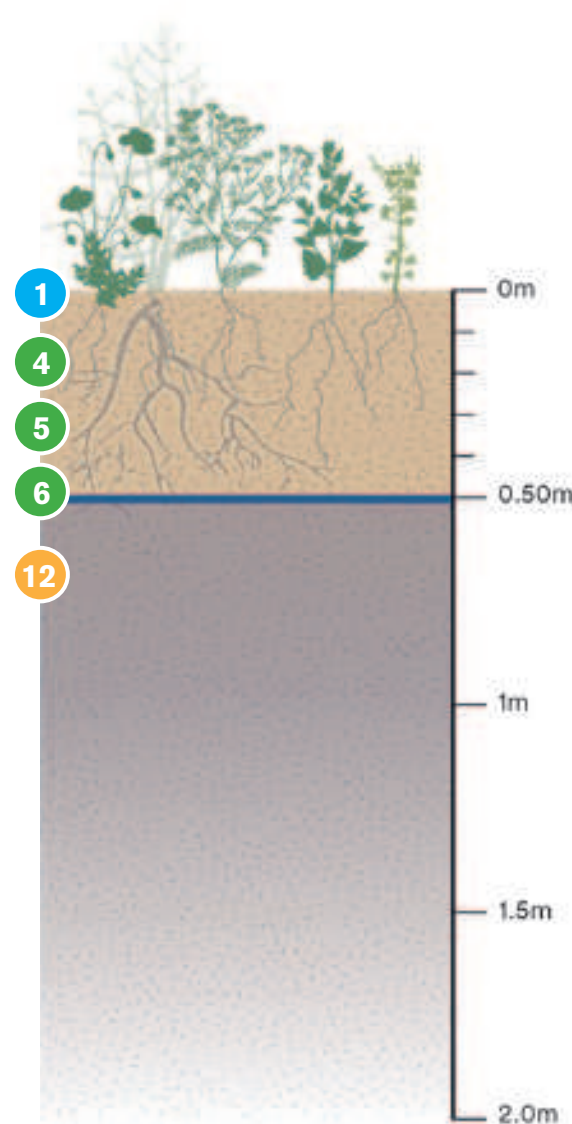
Geef pioniersvegetatie de ruimte. Deze soorten maken de grond poreus en voegen organische stof toe. Langzaam zal de vegetatie zich ontwikkelen naar heesters en bomen naar het natuurdoeltype beuken-eiken bos¹⁸.

Kosten:

Pioniersvegetatie moet de ruimte krijgen om zich te vestigen.

Baten:

Voorkomt verdroging, draagt bij aan het lokale ecosysteem, bodemleven en vruchtbaarheid. Slaat koolstof op.



VEEN

Maatregel:

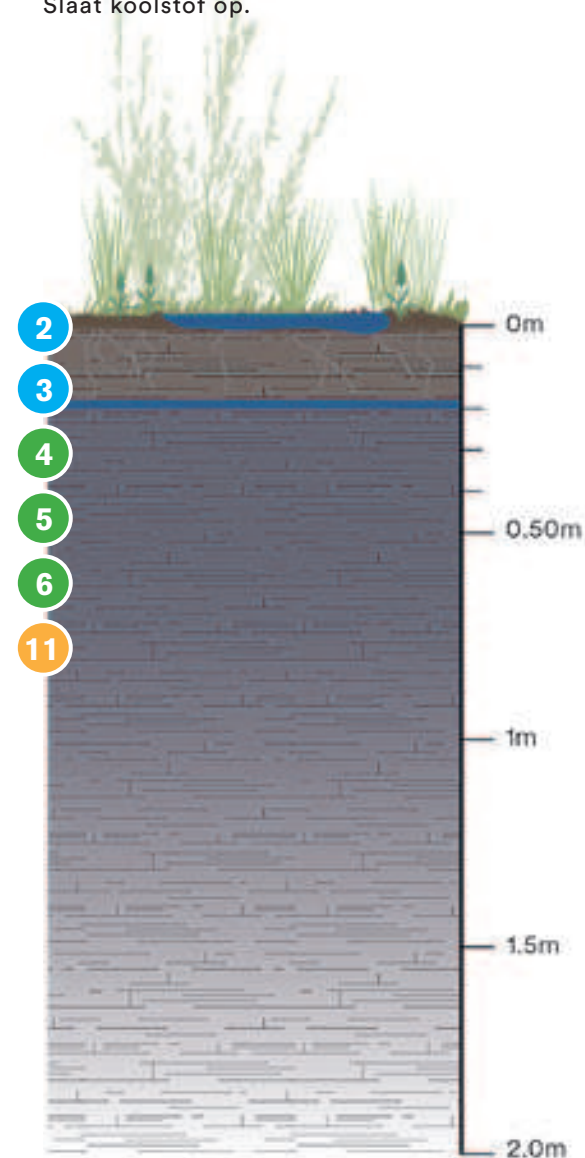
Met een verhoogd waterpeil ontstaat natte natuur dat al erg waardevol is voor vogels en insecten. Met een grotere ambitie is het mogelijk om veenmoeras of laag veenbos te creëren. In veenmoeras komen veenmossen en orchideeën voor²⁰. Let wel, bij een hoge graad aan fosfaat in de bodem dient dit eerst verschaald te worden om een voedselarmere situatie te creëren²¹.

Kosten:

Ecologisch onderzoek. Peil verhoging.

Baten:

(Noodzakelijke) verbetering waterkwaliteit, voorkomt verdroging, draagt bij aan het lokale ecosysteem, bodemleven en vruchtbaarheid. Slaat koolstof op.



KLEI

Maatregel:

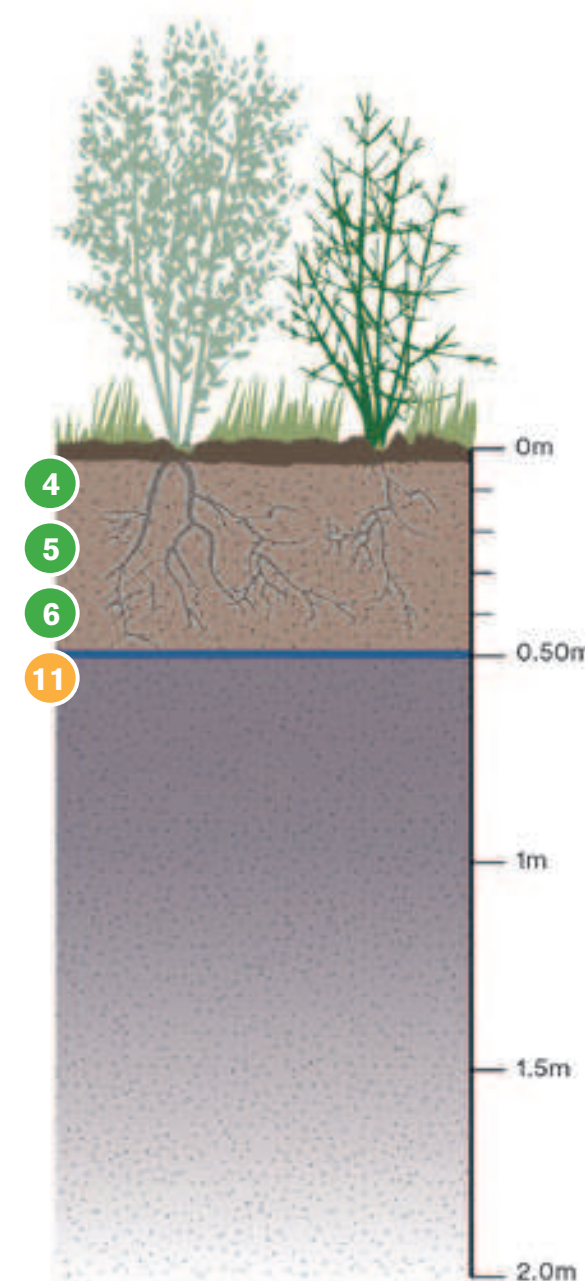
Scheur de huidige weidegrond open waardoor er ruimte ontstaat voor nieuwe soorten. Aangewaaiden zullen opkomen in deze open grond. De voedselrijke grond zal zich snel ontwikkelen tot een kruidenrijkgrasland of een haagbeuken-essenbos¹⁹.

Kosten:

Openwerken van grond.

Baten:

Draagt bij aan het lokale ecosysteem, bodemleven en vruchtbaarheid. Slaat koolstof op.



Robuuste groenstructuren zijn lange groene lijnen die de stad verbinden met het landelijk gebied. De groenstructuren hebben een maat en bestaan uit een afwisselende beplanting met natte en droge gebieden. De groenstructuren verminderen hittestress, verbeteren de luchtkwaliteit, en worden gebruikt voor recreatie. Het bodemleven profiteert van een robuuste verbinding: er ontstaat een netwerk van schimmels en bacteriën die onderling elkaar versterken. Een bodem met een grote mycorrhizae hoeveelheid heeft een beplanting die beter bestand is tegen klimaatverandering en ziekten²³.

ROBUUSTE GROENSTRUCTUREN
ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4 lokaal ecosteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenis
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

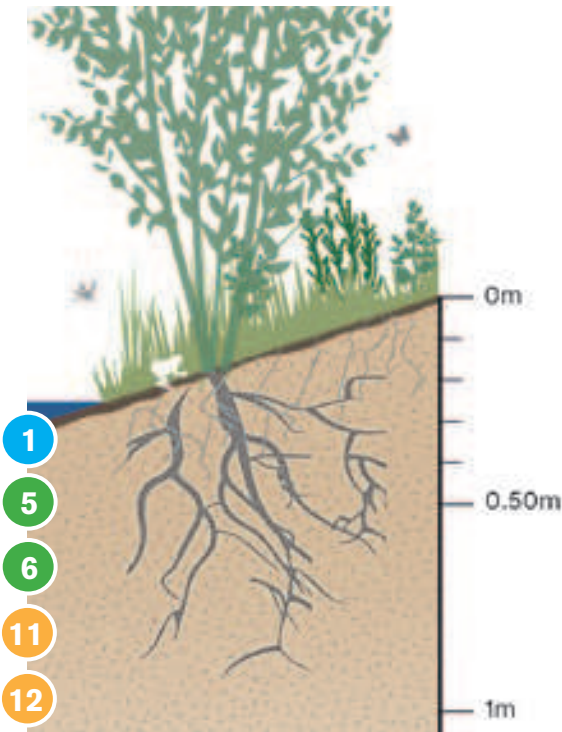
- 13 leesbaar landschap

ZAND

Maatregel:
Combineer groenstructuren met water en voorkom versnippering. In tijden van droogte hebben planten een grotere kans op overleven en ontstaat een groter habitat voor dieren. Een opbouw bestaande uit een geleidelijk overgang met een kruidlaag, heesterlaag en bomen biedt een hoge natuurwaarde²².

Kosten:
Ruimte en aanplant.

Baten:
Voorkomt verdroging, draagt bij aan het lokale ecosysteem, gezond bodemleven en bodemvruchtbaarheid. Slaat koolstof op en verkoelt.

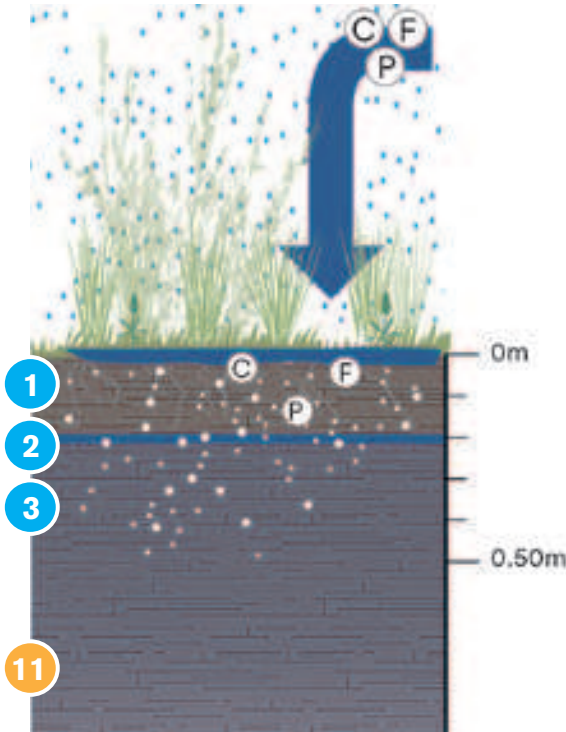
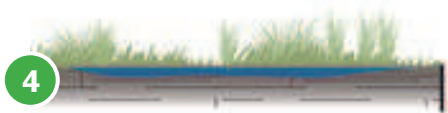


VEEN

Maatregel:
Natte natuur heeft een grote natuurwaarde in het veengebied en voorkomt hiermee ook inklinking. Voor veenontwikkeling dient er op een grote schaal gekeken te worden naar de omliggende invloeden van water vanuit buitenaf. Nutrientenrijk water zal het veenproces verstoren.

Kosten:
Ecologisch onderzoek. Opzetten waterpeil.

Baten:
Voorkomt verdroging, draagt bij aan het lokale ecosysteem, bodemleven en vruchtbaarheid. Slaat koolstof op.

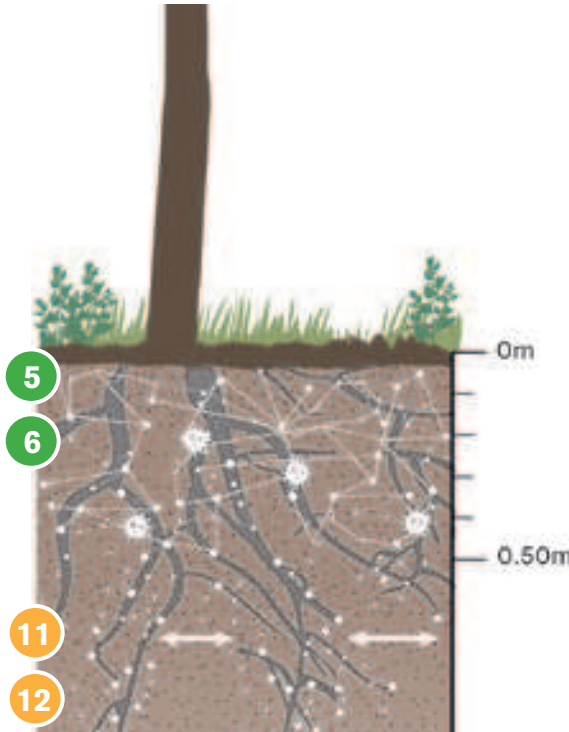


KLEI

Maatregel:
Verbind nieuwe groenstructuren met oude groenstructuren. Bacteriën en schimmels kunnen elkaar zo versterken en ziektes en plagen weren. Het uitwisselen van stoffen vergroot de waarde en weerbaarheid van het bodemleven²⁴.

Kosten:
Ruimte en aanplant.

Baten:
Draagt bij aan het lokale ecosysteem, bodemleven en vruchtbaarheid. Slaat koolstof op en verkoelt.



Het basis uitgangspunt voor een goede bodem is het met rust laten van de bodem: laat schimmels en bacteriën met elkaar samenwerken.

Om de bodem te verbeteren is het van belang om je af te vragen wat de waarde van de grond is en wat het beeld voor de toekomst is. Moet er snel een groen beeld ontstaan of is er tijd voor de bodem om zich op een natuurlijke manier te verbeteren? Een voormalig weidegebied heeft een rijke laag met organische stof waardoor beplanting snel zal aanslaan. Een oud industriegebied heeft een veel armere basis, vaak opgebouwd uit ophoogzand. Zo zal een braakliggend terrein in de regel snel overgenomen worden door pioniersplanten die organische stof gaan toevoegen en de bodem geschikt maken voor grotere planten en bomen.

VERBETER DE BODEM
ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4 lokaal ecoysteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenis
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 13 leesbaar landschap

ZAND

Maatregel:

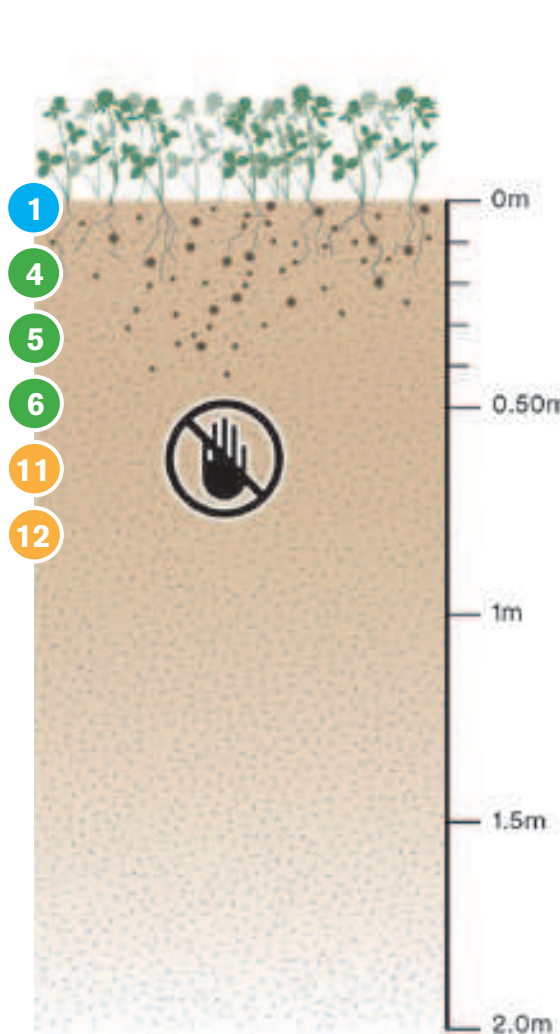
Een groenbemester is een middel om een arme zandgrond te verbeteren. De groenbemester verhoogt het gehalte organische stof en stikstof in de bodem. De grond wordt ingezaaid met o.a klaversoorten die na 8 weken gemengd worden met de grond²⁵. Hierna kan er een vaste planten mengsel worden aangebracht.

Kosten:

Inzaaien en inwerken groenbemester.

Baten:

Voorkomt verdroging, draagt bij aan het lokale ecosysteem, gezond bodemleven en bodemvruchtbaarheid. Slaat koolstof op en verkoelt.



VEEN

Maatregel:

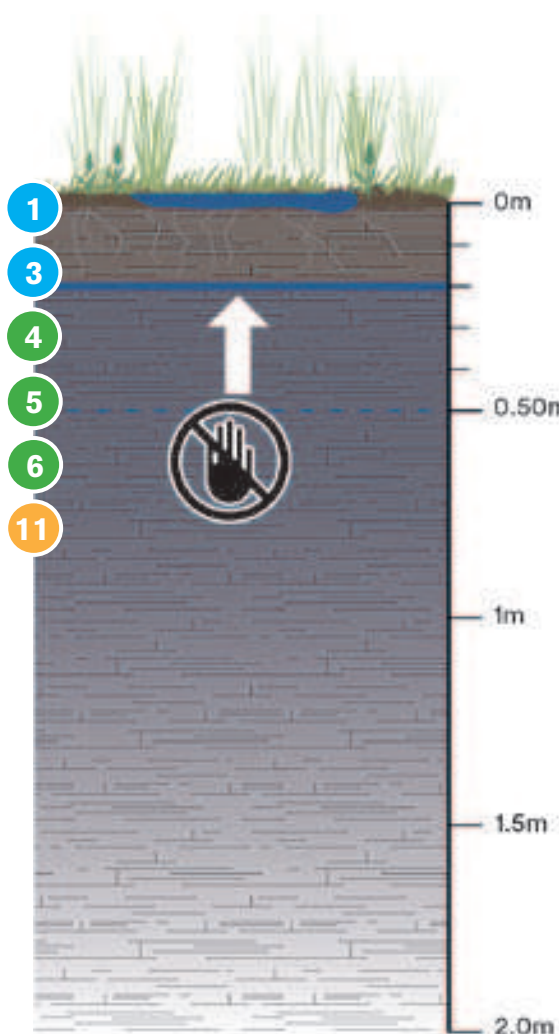
De veenbodem verbeteren kan door een verhoogd waterpeil. Hiermee worden oxidatie en inklinking voorkomen, en daarmee de verbranding en veraarding van het veen. In een ideaal scenario wordt veenvorming weer op gang gebracht waardoor het veenpakket weer in omvang zal toenemen.

Kosten:

Veengroei is een langzaam proces: veen kan 1mm per jaar groeien onder de juiste condities. Een hoger waterpeil vraagt om een ander functiegebruik²⁶.

Baten:

De sponswerking van de bodem verbetert, verminderd inklinking, draagt bij aan het lokale ecosysteem, bodemleven en vruchtbaarheid. Veenvorming zorgt voor CO2 opslag.



KLEI

Maatregel:

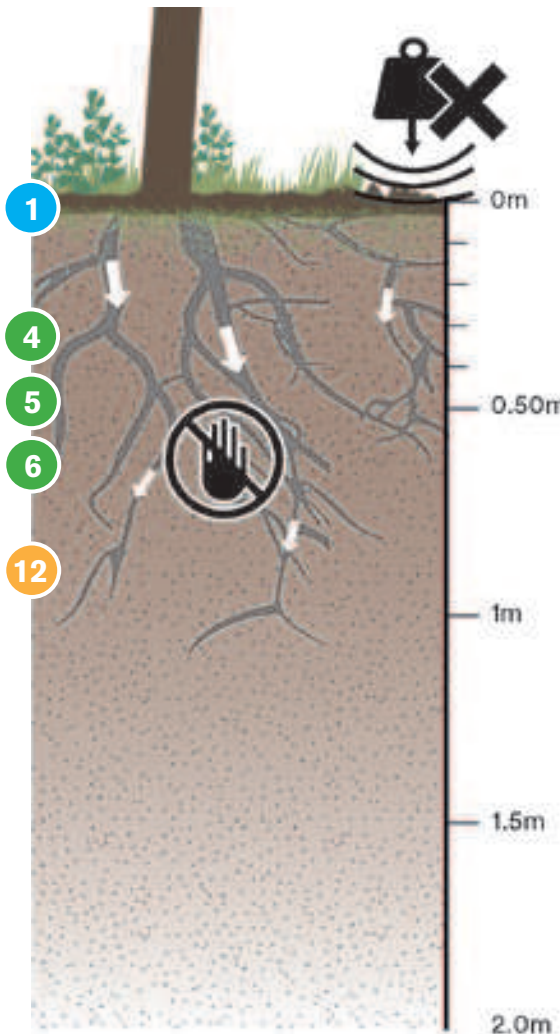
Klei kan in droge tijden scheuren en uitdrogen. Om dit proces te verminderen kan een dunne laag compost worden toegevoegd. Water wordt zo langer vastgehouden en de grond zal minder snel uitdrogen. Vermijd zware voertuigen om de kleilagen niet samen/dicht te drukken. Beplanting zorgt voor een goede doorwortelbaarheid voor het los houden van de bodem.

Kosten:

1-2 cm compost per m2 x [prijs]

Baten:

Voorkomt verdroging, draagt bij aan het lokale ecosysteem, bodemleven en vruchtbaarheid.



Natuurvriendelijke oevers dragen bij aan een gezond aquatisch ecosysteem. De geleidelijke overgang van land naar water herbergt een grote verscheidenheid aan planten en dieren. Dit begint met een talud van 1 op 3, maar de meest optimale situatie betreft een talud van 1 op 10³⁰. Afhankelijk van de beschikbare ruimte kunnen er plasbermen toegepast worden. Plasbermen staan permanent onder water en hebben een diepte van 40-50cm met een breedte van 3m. Deze plekken vormen ideale paaigronden voor amfibieën en vissen³¹.

VERBREED OEVERS
ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4 lokaal ecoysteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenis
draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 13 leesbaar landschap

ZAND

Maatregel:
Met het verbreden van de oevers komt er ruimte voor sterrekroos, grote waterranonkel, peilkruidrijvende waterweegbree, en fonteinkruid. Veel insecten zoals de haarwaterroofkever, en libelles komen hier voor²⁸.

Kosten:
Gaet ten koste van uitgeefbaar terrein.

Baten:
Vergroot waterbergend vermogen. Voorkomt verdroging, beperkt wateroverlast. Draagt bij aan het lokale ecosysteem. Heeft een reinigende en verkoelende functie.

VEEN

Maatregel:
Met het verbreden van de oevers komt er ruimte voor waterkers, krabbenscheer, gele plomp, en witte waterlelie. Reptielen en amfibieën zoals de bruine en groene kikker en de watersalamander verblijven hier graag. Voor veen- en polder gebieden zijn plasbermen interessant voor bloemrijke graslanden waarbij vegetaties een permanente aanwezigheid van water hebben²⁷.

Kosten:
Gaet ten koste van uitgeefbaar terrein

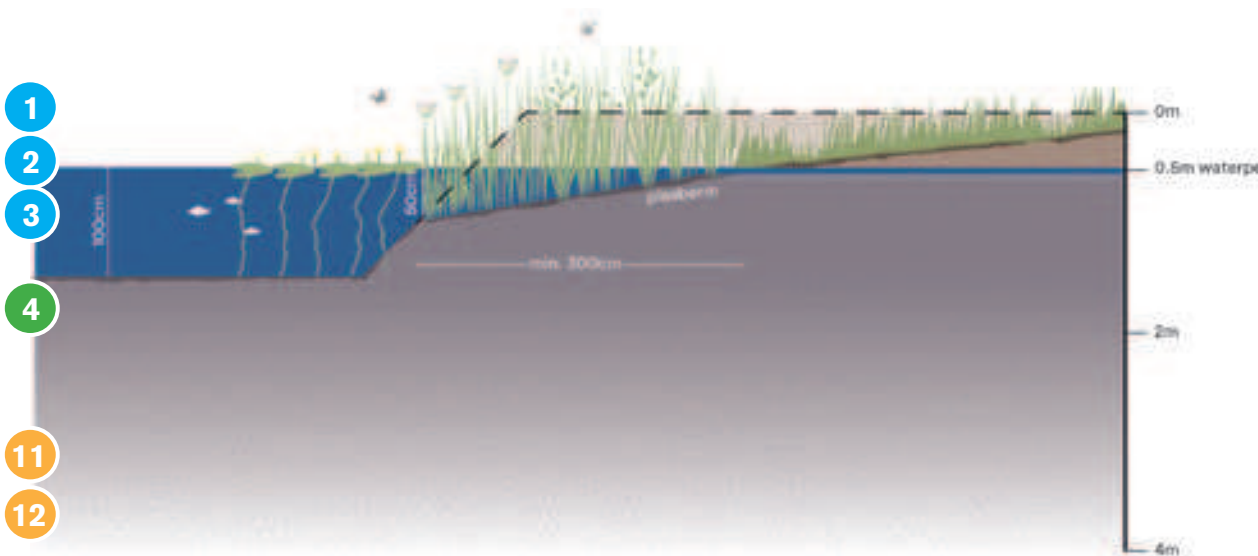
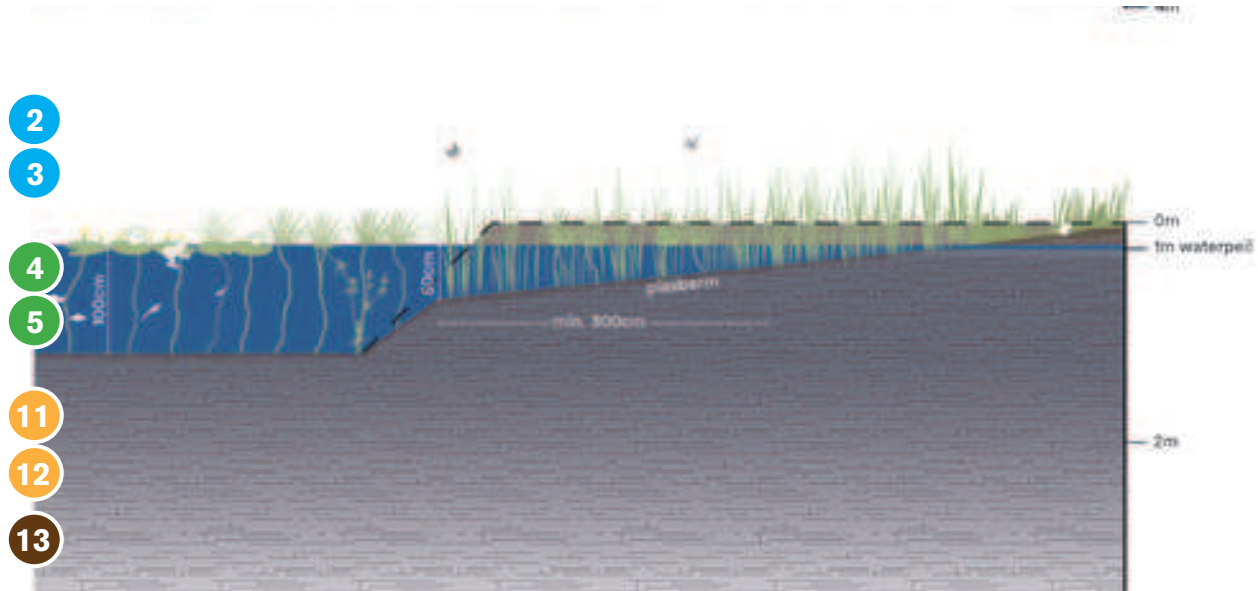
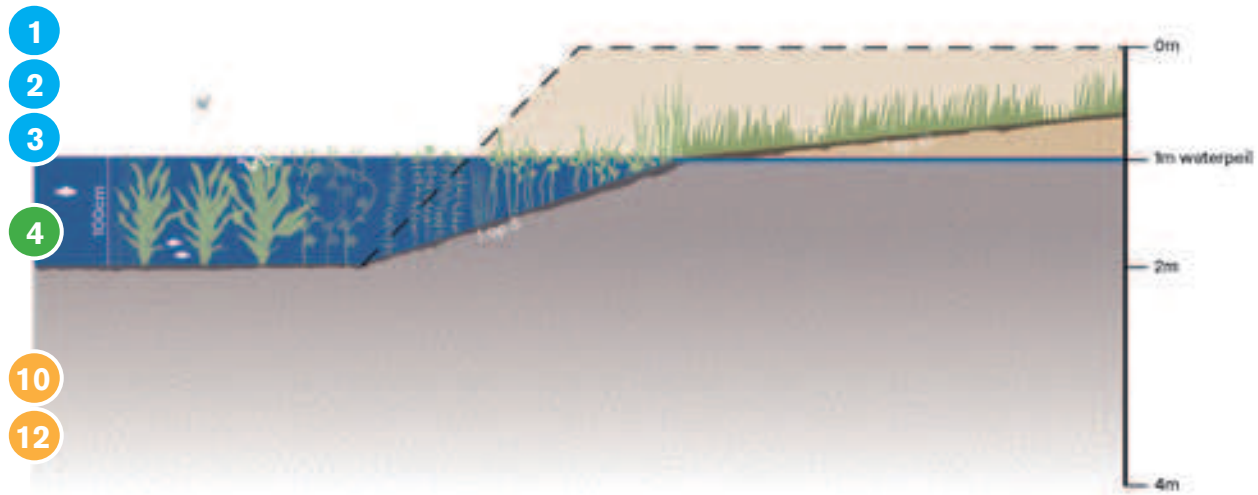
Baten:
Vergroot waterbergend vermogen. Voorkomt verdroging van veen, beperkt wateroverlast. Draag bij aan het lokale ecosysteem. Slaat koolstof op.

KLEI

Maatregel:
Met het verbreden van de oevers komt er ruimte voor de veenwortel, pijlkruid, kleine egelskop, zwanenbloem, water gentiaan, en fijn hoornblad²⁹.

Kosten:
Gaet ten koste van uitgeefbaar terrein.

Baten:
Vergroot waterbergend vermogen van de bodem. Voorkomt verdroging, beperkt wateroverlast. Draag bij aan het lokale ecosysteem.



B12 Minimaliseer wegprofiel

Minimaliseer het wegprofiel om de bodem zo min mogelijk af te dekken en waardevolle bodems vrij te houden. Hanteer minimale maten van de weg. Hulpdiensten hebben een minimale wegbreedte van 3m nodig, met een vrije ruimte van minimaal 3.5m³³. Waar mogelijk zet in op éénrichtingsverkeer. Integreer parkeren in de bebouwing of op eigen kavel. Om straten compact te houden kan er worden gekozen voor gevelgroen, wat een straat toch een groen karakter kan geven.

MINIMALISEER WEGPROFIEL ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4 lokaal ecoysteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenissen

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 13 leesbaar landschap

ZAND: HOOFDPROFIEL 9M

Maatregel:

Zand heeft doorgaans een goede draagkracht. Minimaliseer het hoofdprofiel tot 9m. Zet waar mogelijk in op éénrichtingswegen. Parkeren gebeurt bij voorkeur in de bebouwing, maar kan ook langs de weg³².

Kosten:

Éénrichtingsverkeer.

Baten:

Ruimtelijke winst. Minder werkzaamheden. Lagere kosten voor ordening en afstemming (minder vergunningen), minder graafschade.

VEEN: HOOFDPROFIEL 4-6.5M

Maatregel:

Minimaal belasten van de veenbodem. Minimaliseer het hoofdprofiel tot 4-6.5m. Zet in op éénrichtingswegen. Parkeren gebeurt bij voorkeur op de eigen kavel. Voetpaden bestaan uit lichter materiaal, zoals vlonders. Gebruik gevelsgroen zodat er geen bomen in de berm geplaatst hoeven worden.

Kosten:

Minder parkeren op straat: parkeren op kavel. Éénrichtingsverkeer.

Baten:

Ruimtelijke winst. Minder werkzaamheden, graafschade, en verzakking.

KLEI: HOOFDPROFIEL 6.5-9M

Maatregel:

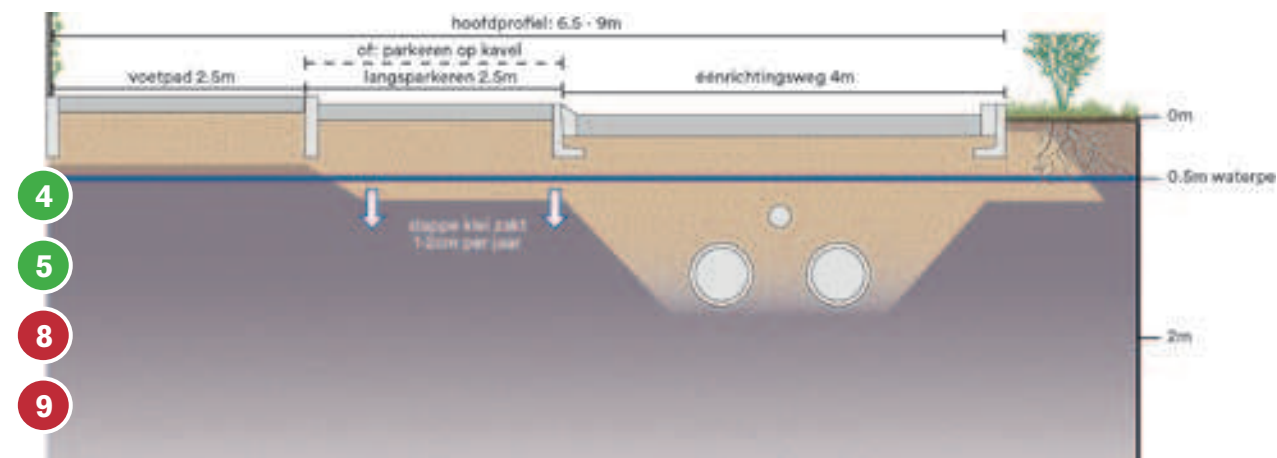
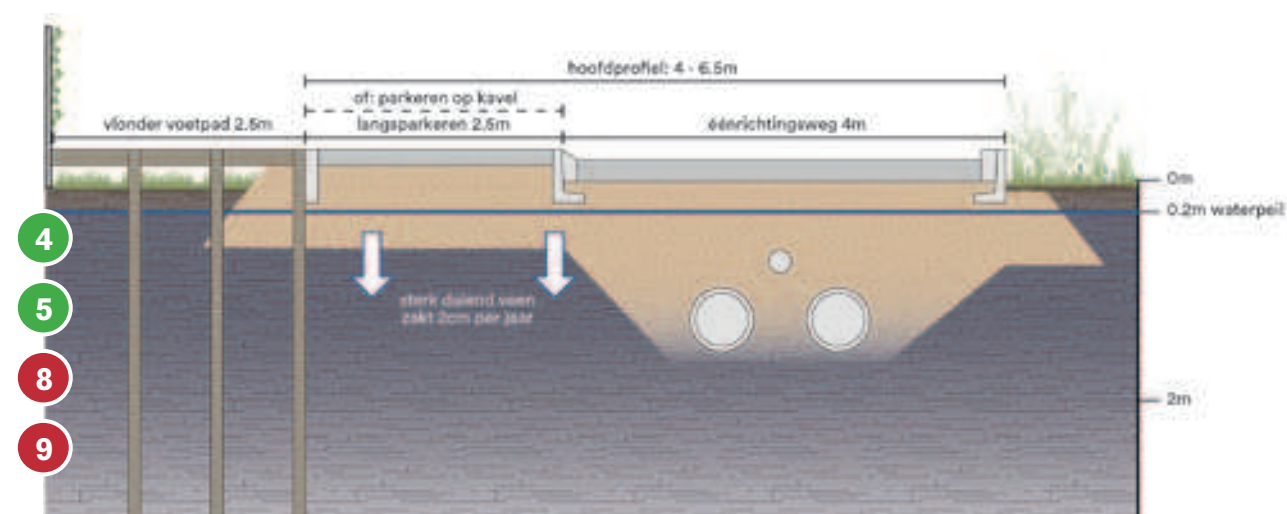
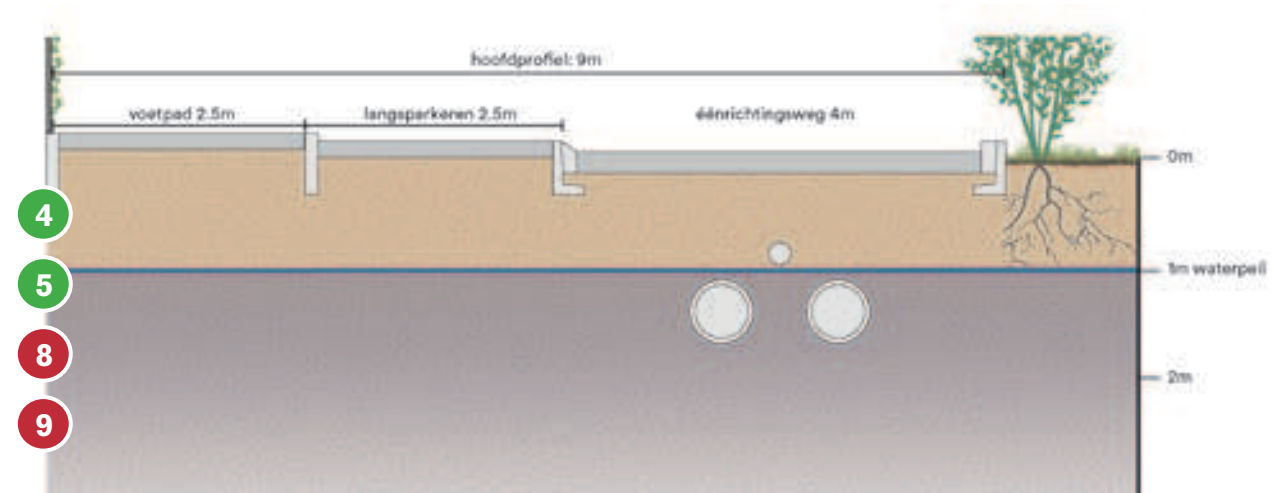
Minimaal belasten van de (slappe) kleibodem. Minimaliseer het hoofdprofiel tot 6.5-9m. Zet in op éénrichtingswegen. Parkeren gebeurt bij voorkeur op de eigen kavel, maar kan ook langs de weg. Zet gevelsgroen in zodat er minder bomen in de berm geplaatst hoeven te worden.

Kosten:

Minder parkeren op straat: parkeren op kavel. Éénrichtingsverkeer.

Baten:

Ruimtelijke winst. Minder werkzaamheden, graafschade, en verzakking.



B13 Orden kabels en leidingen

Het grootste deel van gemeenten en netbeheerders werkt met de NEN-7171³⁴, waardoor deze eisen en afstanden het beginpunt vormen voor de ondergrondse ordening. Deze generieke aanpak eist veel ondergrondse ruimte op. Door een bodem-specifieke aanpak kan het profiel geminimaliseerd worden en kan een groter deel van de bodem in tact blijven. Een kleiner profiel betekent ruimtewinst³⁵, minder graafschade, en een gezonder bodemleven³⁶.

ORDEN KABELS EN LEIDINGEN ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4 lokaal ecoysteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenis

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 13 leesbaar landschap

ZAND: VERTICALE ORDENING

Maatregel:

Het Verticaal kabels- en leidingensysteem (VKLS) is een pilot waarbij je kabels verticaal bundeld op een rek. Dit scheelt veel ruimte en maakt de bodem inzichtelijk, met een chip is namelijk de exacte locatie altijd beschikbaar. Kabels die goed bereikbaar moeten zijn zitten hoog zoals telecom, warmte netwerken zitten dieper in de grond.

Kosten:

Gezamenlijk beheer en onderhoud.

Baten:

Ruimtewinst. Minder werkzaamheden. Lagere kosten voor ordening en afstemming (minder vergunningen), minder graafschade.

VEEN: FLEXIBELE HORIZONTALE ORDENING

Maatregel:

Gebruik flexibele verbindingen. Zet in op gesloten systemen (off the grid) om het aantal kabels en leidingen te verminderen. Een oppervlakkige, horizontale ordening verkleint de kans op verzakking. Bij aanleg onder de grondwaterstand is conflict met wortelgroei miniem.

Kosten:

Horizontale ruimte of gesloten systemen.

Baten:

Minder werkzaamheden, graafschade, en verzakking.

KLEI: FLEXIBELE HORIZONTALE ORDENING

Maatregel:

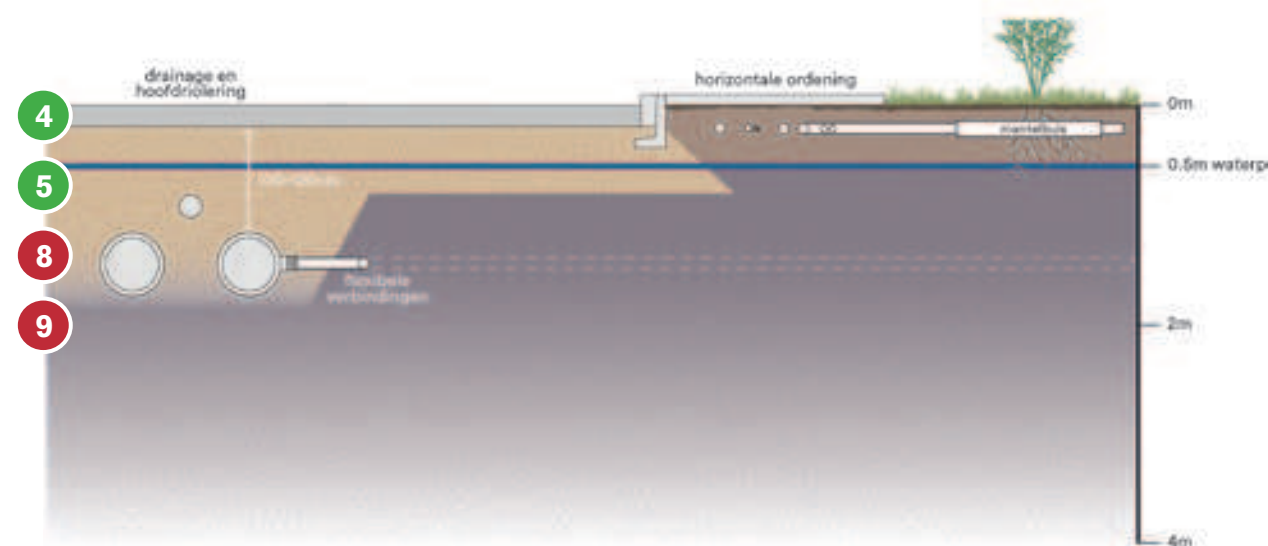
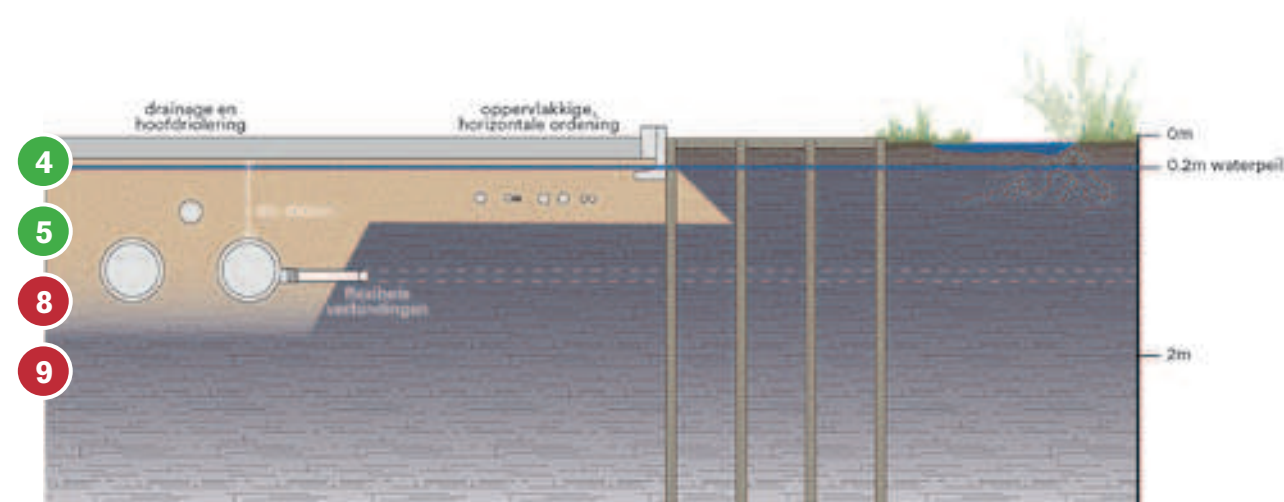
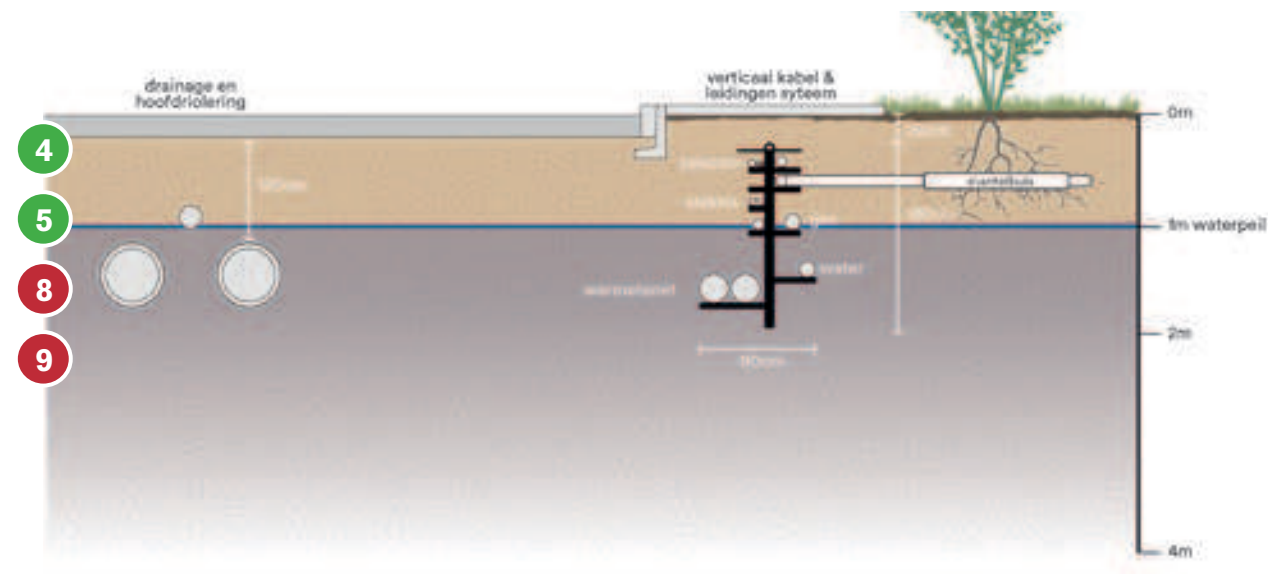
Flexibele verbindingen. Horizontale ordening bij slappe klei. Gebruik mantelbuizen bij conflicten tussen wortels en leidingen. Bij uitbreiding kunnen extra (lege) mantelbuizen aangelegd worden voor de toekomst.

Kosten:

Horizontale ruimte.

Baten:

Minder werkzaamheden, graafschade, en verzakking.



B14 Fundeer bodemgericht

Het uitgangspunt van funderen moet de bodem zijn. Het bedekken van de kostbare grond met grote pakketen ophoozand is niet meer van deze tijd. Het makkelijkste bouwen is op de zandgronden, hier zijn de minste maatregelen nodig. Kleigronden zijn redelijk goed te bebouwen. Vaak hoeft er minimaal opgehoogd te worden en kan worden volstaan met een paalfundering onder het huis. Veengronden vragen om meer kunst- en vliegwerk om problemen op de lange termijn te voorkomen. Drijvend wonen is een goed alternatief, maar ook dit vraagt om ingrepen aan de bodem zoals het creëren van een waterpartij. Ingrepen als palenmatrassen en grondvervanging dragen niet bij aan het lokale bodemleven of ecosysteem.

FUNDEER BODEMGERICHT ECOSYSTEEM DIENSTEN - INRICHTING

Waterregulering

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 1 beperken droogte
- 2 verbeteren waterkwaliteit
- 3 beperken wateroverlast

Biodiversiteit

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 4 lokaal ecoysteem
- 5 gezond bodemleven
- 6 bodemvruchtbaarheid

Draagkracht

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 7 bebouwing
- 8 infrastructuur
- 9 kabels en leidingen

Klimaatregulering en -mitigatie

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 10 reinigend vermogen
- 11 koolstofopslag
- 12 verkoeling

Culturele verbintenis

draagt bij aan de ecosysteemdienst:

- 13 leesbaar landschap

ZAND

Maatregel:

Gebouwen met een overstromingsbestendige laag bieden bescherming bij bijvoorbeeld een dijkdoorbraak of hoogwater (Z1). Bij een harde stabiele zandlaag is heien niet nodig. Een zogenaamde fundering op staal zal voldoende moeten zijn om het gebouw te dragen (Z2). Onderheien kan nodig zijn indien er instabiele lagen onder het zand zitten (Z3).

Kosten:

Bouw- en funderingskosten.

Baten:

Vermindert wateroverlast en draagt bij aan het bodemleven.

VEEN

Maatregel:

De onstabiele situatie van het veen maakt dat drijvend bouwen een duurzame oplossing is (V1). Hier is een hoger waterpeil van belang om voldoende water onder het huis te krijgen voor de bescherming van de kabels en leidingen. Of gebouwen zijn zelfvoorzienend. Een gebouw wat meebeweegt met het veen is nog niet eerder toegepast. Onderheien van wegen en huizen is een kostbare oplossing voor bouwen in het veen (V2).

Kosten:

Hoge en complexe funderingskosten.

Baten:

Drijvend bouwen draagt bij aan het stimuleren van veenvorming en daarmee ook CO2 opslag. Graaf geen veen af.

KLEI

Maatregel:

Het uitgangspunt hierbij is om zo min mogelijk op te hogen en alleen op de noodzakelijke delen. Op hele slappe delen kan er drijvend gebouwd worden (K1) of met houten palen (K2) of reguliere palen (K3). Houten funderings palen zijn duurzamer maar zitten in een pilot fase³⁷.

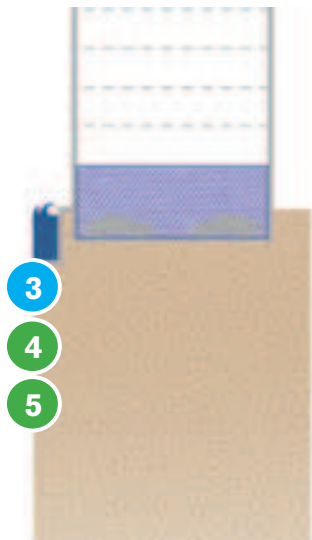
Kosten:

Grondafgraving of palen.

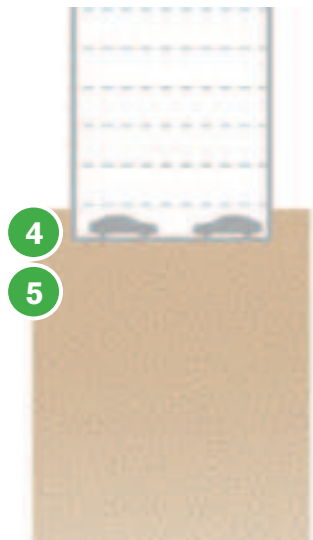
Baten:

Met weinig ophoging: bijdrage aan verkoeling, het lokale ecoysteem en een gezond bodemleven.

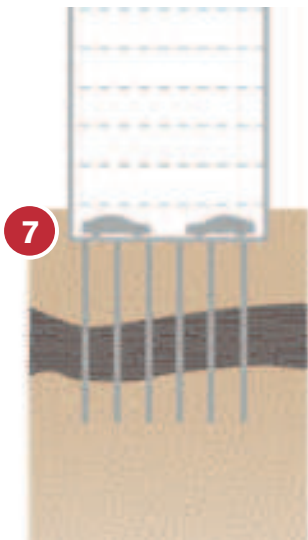
Z1. overstromingsbestendig



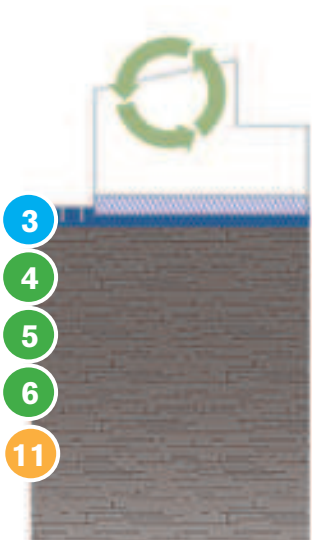
Z2. bouwen op staal



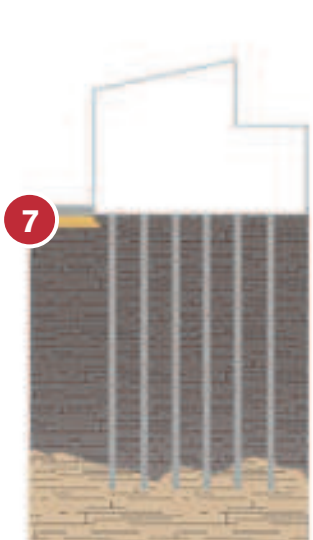
Z3. onderheien



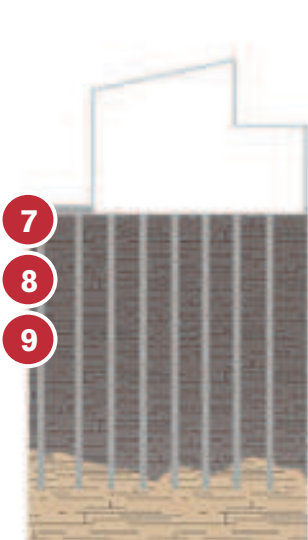
V1. drijvend bouwen



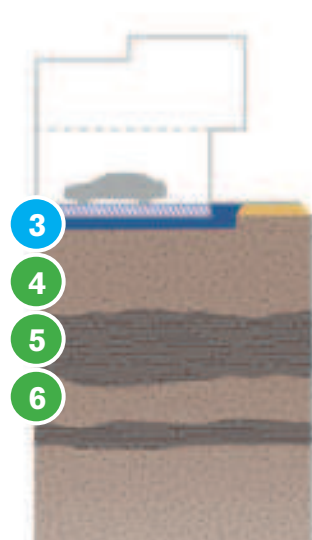
V2. onderheien



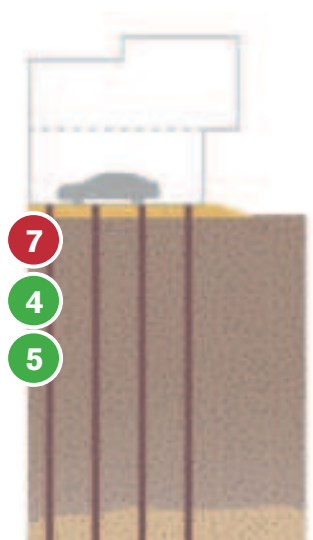
V3. palenmatras



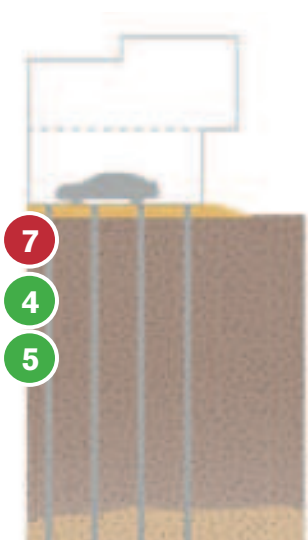
K1. drijvend bouwen



K2. onderheien met hout



K3. onderheien





5. Evalueer en leer



Evalueer en leer

WAAROM?

Dit handboek is een levend document. Het maximaliseren van het natuurlijk kapitaal en het bouwen vanuit het water- en bodemsysteem is een hottopic. Echter is het nog niet altijd dagelijkse praktijk. Dit handboek doet een eerste handreiking en is zeker nog niet limitatief. Het leren en evalueren is daarom belangrijk.

WERKWIJZE

Zowel het routekaart (proces) als de inhoud over 'waar' en 'hoe' te bouwen kunnen worden geëvalueerd. Dit kan individueel of met een projectteam worden gedaan. Hiernaast staan een voorbeeld manier van evalueren.



*Verbeteringen voor het handboek
zijn welkom op: denhaag@bsla.nl*

BRONNEN

1. <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/gebiedsgerichte-aanpak-grondwaterpeil-omhoog-va-ker-regionale-verziltting#:~:text=Om%20oxidatie%20te%20verminderen%20wil,de%20behoefte%20van%20het%20gebied>
2. <https://edepot.wur.nl/550975>
3. https://nl.wikipedia.org/wiki/Capillaire_zone#:~:text=De%20capillaire%20zone%20is%20bij,10%20me-ter%2C%20zie%20luchtdruk
4. <https://www.natuurmonumenten.nl/nieuws/8-tips-tegen-droogte-in-je-tuin#:~:text=Bedek%20de%20bodem,tussen%20je%20planten%20laten%20liggen>
5. <https://www.tuincoachsieger.nl/kopieren-van-winter-compost-strooien-1#:~:text=Mulchen%20helpt%20om%20een%20luchtige,ontstaat%20er%20een%20harde%20kleilaag>
6. <https://www.drinkwaterplatform.nl/regenwater-als-bron-drinkwater/>
7. <https://klimaatadaptatienederland.nl/actueel/actueel/interviews/wadi/>
8. <https://klimaatadaptatienederland.nl/actueel/actueel/interviews/wadi/>
9. <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/hanneke-keizer-vlek-piet-verdonschot-ralf-verdon-schot-dorine-dekkers-alterra>
10. <https://www.ieperplant.be/groeneinfo/weetjes/dwaterzuivering/dwaterzuivering>
11. <https://tfi-international.com/nieuws/wadis-vragen-om-bomen/#:~:text=Dankzij%20klimaatverande-ring%20krijgen%20we%20steeds,voor%20de%20aanplant%20van%20bomen>
12. <https://klimaatadaptatienederland.nl/actueel/actueel/interviews/wadi/>
13. <https://edepot.wur.nl/262606>
14. <https://nl.thegreencities.eu/fytoremediatie-natuurlijk-bodemherstel/>
15. <https://vilt.be/nl/nieuws/courgetteplant-zuivert-vervuilde-grond>
16. <https://www.stad-en-groen.nl/article/42359/standaardlijstjes-toekomstbestendige-bomen-werken-niet>
17. <https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=28919#:~:text=Op%20de%20holtpodzolgronden%20kun%20je,op%20deze%20specifieke%20Veluwe%20bodem>
19. <https://www.natuurkennis.nl/natuurtypen/n15-droge-bossen/n15-02-dennen-eiken-en-beukenbos/alge-meen-n1502/>
20. <https://www.natuurkennis.nl/natuurtypen/n14-vochtige-bossen/n14-03-haagbeuken-en-essenbos/Algemeen-N1403/>
21. <https://www.natuurkennis.nl/natuurtypen/n14-vochtige-bossen/n14-02-hoog-en-laagveenbos/alge-meen-n1402/>
22. <https://www.staatsbosbeheer.nl/wat-we-doen/natuurverhalen/2023/08/wij-maken-het-veen-natter-an-deren-betalen>
23. <https://landschapsbeheergroningen.nl/nieuws/bosranden-van-harde-grens-naar-soortenrijke-overgang/>
24. <https://www.groenegezondestad.nl/werkagenda/robuuste-groenstructuren-leiden/>
25. <https://edepot.wur.nl/164627>
26. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Groenbemesting>
27. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Hoogveen>
28. <https://edepot.wur.nl/418293>
29. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/303114>
30. <https://edepot.wur.nl/418293>
31. <https://www.stowa.nl/publicaties/handreiking-natuurvriendelijke-oevers>
32. <https://edepot.wur.nl/69126>
33. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.publicspaceinfo.nl/media/biblio-theek/None/LEIDEN%202013%200003.pdf>
34. https://www.vrbn.nl/publish/pages/32097/10_1_handreiking_bluswatervoorziening_en_bereikbaarheid_2019_brwnl.pdf
35. <https://www.nen.nl/nieuws/actueel/nen-7171-1-ordering-ondergrondse-netten-gepubliceerd/>
36. <https://www.cob.nl/wat-doet-het-cob/vakgebieden/kabels-en-leidingen/catalogus-bundelingstechnie-ken/>
37. <https://www.rotterdam.nl/leidingenbureau>
38. <https://undergroundforest.nl/>

COLOFON

Kerngroep

BoschSlabbers landschapsarchitecten

Esther Bergstra
Gerwen van der Veen
Inge van Wijk
Maike Warmerdam
Stijn Koole

Deltares

Mark Niesten
Otto Levelt

Huib Sneeep - boom en groenadviseur

Huib Sneeep

Expertgroep

Gemeente Alphen aan den Rijn

Ed Wesenaar
Arie van Klaveren
Steffan Polderman
Arjen Pilot
Lars Geitenbeek

BPD

Martijn van Gelderen
Rick Gijzen

Gemeentelijk Platform Kabels en Leidingen

Berry Kok

Klankbordgroep

Stimuleringsfonds voor de Creatieve Industrie

Geert Rovers
Merijn van Loon
Chris van Langen

© Dit werk is auteursrechtelijk beschermd.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever en BoschSlabbers Tuin- en Landschapsarchitecten B.V. (hierna: “BoschSlabbers”).

BoschSlabbers heeft bij haar werkzaamheden de zorgvuldigheid in acht genomen die van haar kan worden verwacht. Aan de getoonde informatie in deze publicatie kunnen geen rechten worden ontleend. Op onze werkzaamheden zijn de voorwaarden van toepassing zoals vastgelegd in De Nieuwe Regeling 2011 (DNR 2011).

BoschSlabbers heeft met zorgvuldigheid de beelden in deze publicatie geselecteerd. Het kan voorkomen dat niet alle rechthebbenden van de gebruikte beelden zijn achterhaald. Belanghebbenden worden verzocht contact op te nemen met BoschSlabbers.

Het project ‘Op Bodembasis’ is mede mogelijk gemaakt door een subsidie van het Stimuleringsfonds Creatieve Industrie.

Bosch Slabbers

Den Haag

1e Sweelinckstraat 30
2517 GD Den Haag
T 070 3554407
denhaag@bsla.nl

Bergen op Zoom

De Statie 3
4611 CZ Bergen op Zoom
T 0118 592288
bergenopzoom@bsla.nl

Maarn

Landgoed Plattenberg – Het Koetshuis
Amersfoortseweg 38
3951 LC Maarn
T 0118 592288