

Vademecum

Voor het regenwaterbeheer

in stedelijke gebieden:

openbare ruimtes

DEEL I
Aanbevelingen voor
de uitvoering van een
geïntegreerd beheer

Samenvatting

Het Vademecum is tot stand gekomen op gezamenlijk initiatief van Brussel Mobiliteit en Leefmilieu Brussel en heeft tot doel richtsnoeren te geven voor de uitvoering van een regenwaterbeleid in stedelijke gebieden volgens de principes van geïntegreerd beheer, de nieuwe standaard die in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest wordt nagestreefd.

In het regeerakkoord van 2019 werd bepaald dat het concept "geïntegreerd regenwaterbeheer (GRB) zoveel mogelijk moet worden toegepast om te vermijden dat alles in de riolering terecht komt. Hieronder vallen alle technieken voor inrichtingen en bouwwerken die bijdragen tot het herstel van de natuurlijke watercyclus door het beheer zo dicht mogelijk te laten plaatsvinden bij de plaats waar het regenwater terecht komt. Hiervoor zijn deze inrichtingen bij voorkeur infiltrerend en begroeid (nature based solutions), wat een betere stedelijke veerkracht biedt door een betere levenskwaliteit, de bestrijding van overstromingen en hittegolven en de ondersteuning van de biodiversiteit.

De uitvoering van dit engagement houdt in dat Brussel Mobiliteit wordt aangeduid als de drijvende kracht achter de ontwikkeling van groene en blauwe infrastructuur in de openbare ruimte, met onder meer een actieplan om te ontharden en te beplanten voor een betere doorlatendheid. Voor de uitvoering van deze acties wordt een versterkte samenwerking opgezet met Leefmilieu Brussel, dat borg staat voor het Natuurplan en Waterbeheerplannen van het Gewest. Dit Vademecum voor regenwaterbeheer in stedelijke gebieden bevat de belangrijkste principes voor een succesvolle uitvoering van projecten, zodat deze een voorbeeldfunctie kunnen vervullen op het gebied van natuurontwikkeling en duurzaam regenwaterbeheer.

Inhoud

THEORETISCH LUIK	4
1. Inleiding	4
2. Watercycli, bevindingen en daarmee verband houdende vraagstukken	5
Oorzaken	5
Gevolgen	6
3. Uit te voeren strategie om hierop een antwoord te bieden	7
4. Wettelijk kader	8
Kaderordonnantie Water (KOW)	8
Milieuvergunning (MV)	8
5. Een noodzakelijke stap naar een nieuwe standaard - geïntegreerd regenwaterbeheer	8
Basisbeginselen	8
Voordelen	8
Aanpassing aan de Brusselse context: het Blauwe Netwerk	9
6. De sleutels voor een geslaagde inrichting	10
6.1. Een diagnose opstellen, de directe omgeving van de site bestuderen	10
Topografie	10
Geologie	10
Infiltratiecapaciteit	10
Porchet-proef	11
Matsuo-proef (of "puttest")	12
Hydrogeologie: Piëzometrisch niveau	13
Grondwaterwingebieden: piëzometrie en kwaliteitsgegevens	13
Bescherming van waterwinningen	13
Overstromingsgevaar	14
NATURA 2000-gebied	14
Bodemverontreiniging	15
Infrastructuren in de ondergrond (metro, vroegere funderingen, nutsvoorzieningen, ...)	15
6.2. Inlichtingen in te winnen over of zich te inspireren op bestaande bouwwerken	15
Catalogus van voorbeeldwerken	15
Portaal van de Gids duurzame gebouwen	16
Veelgestelde vragen (FAQ) over het onderwerp water	16
De Regennetwerkkarta	16
6.3. Een intelligent en duurzaam geïntegreerd regenwaterbeheer ontwerpen	17
Voornaamste inrichtingsprincipes	17
Specifieke technische voorschriften	26
Te respecteren (verticale) afstand tot de grondwaterlaag	26
Te respecteren (horizontale) afstand tot gebouwen (bestaand of gepland)	27
Rechtstreekse lozing in oppervlaktewater	30
Beheerstructuren inrichten op een hellend terrein	30
Aanwezigheid van tramsporen	33
6.4. Verontreinigende stoffen afkomstig van afvloeiing behandelen en tot een minimum beperken	48
7. Beheer van de bouwplaatsen	36
8. Toezicht op en onderhoud van de systemen voor regenwaterbeheer	36
Wadi's en verlaagde groene inrichtingen	37
Reservoirstructuren en bijbehorende werken	38
Conventionele hydraulische bouwwerken	38
Doorlatende verhardingen	38
9. Misvattingen	39
10. Begeleiding	43
Woordenlijst	46

THEORETISCH LUIK

1. INLEIDING

De klimaatverandering heeft als eerste effect op de watercyclus. Ze uit zich in veranderingen van het evenwicht tussen volumes die smelten, verdampen, neerslaan, wegvloeien, ...

Dit is ook het geval op het niveau van een gewest zoals het onze.

De twee meest zichtbare onevenwichtigheden in het Brussels Gewest zijn **overstromingen** en **droogten**.

Overstromingen zijn een verschijnsel met complexe oorzaken, die verband houden met de verstedelijking. De verschillende bestuursniveaus werken al vele jaren aan de preventie ervan, ook al is er nog een lange weg te gaan om onszelf er tegen te beschermen.

Tegelijkertijd nemen de hittegolven en de droge periodes elk jaar in intensiteit, frequentie en duur toe. Terwijl particulieren zich reeds bewust zijn van de ongemakken en zelfs de gevaren die aan deze periodes verbonden zijn, beginnen de voedselproductie en de economie zich nu ook vragen te stellen.

Het water dat uit de hemel valt, wordt echter nog steeds met hoge snelheid naar de zee geleid. De huidige ruimtelijke ordening bevordert namelijk nog steeds de afvoer van afvloeiingswater naar netwerken die naar rivieren gaan, de snelle stap naar de open zee... zout water. Lozingen gebeuren ofwel onrechtstreeks, via de riolen en vervolgens via de RWZI's (waterzuiveringsstations) die lozen in de Zenne, ofwel rechtstreeks via gescheiden netten /NSR voor regenwater die in verbinding staan met de waterlopen. Onze gratis aanvoer van zoet water gaat daarom maar al te vaak verloren.

De beste en goedkoopste oplossing is "investeren in de natuur". De natuur heeft namelijk al de meest efficiënte opslagplaats voor regenwater ontwikkeld: de bodem.

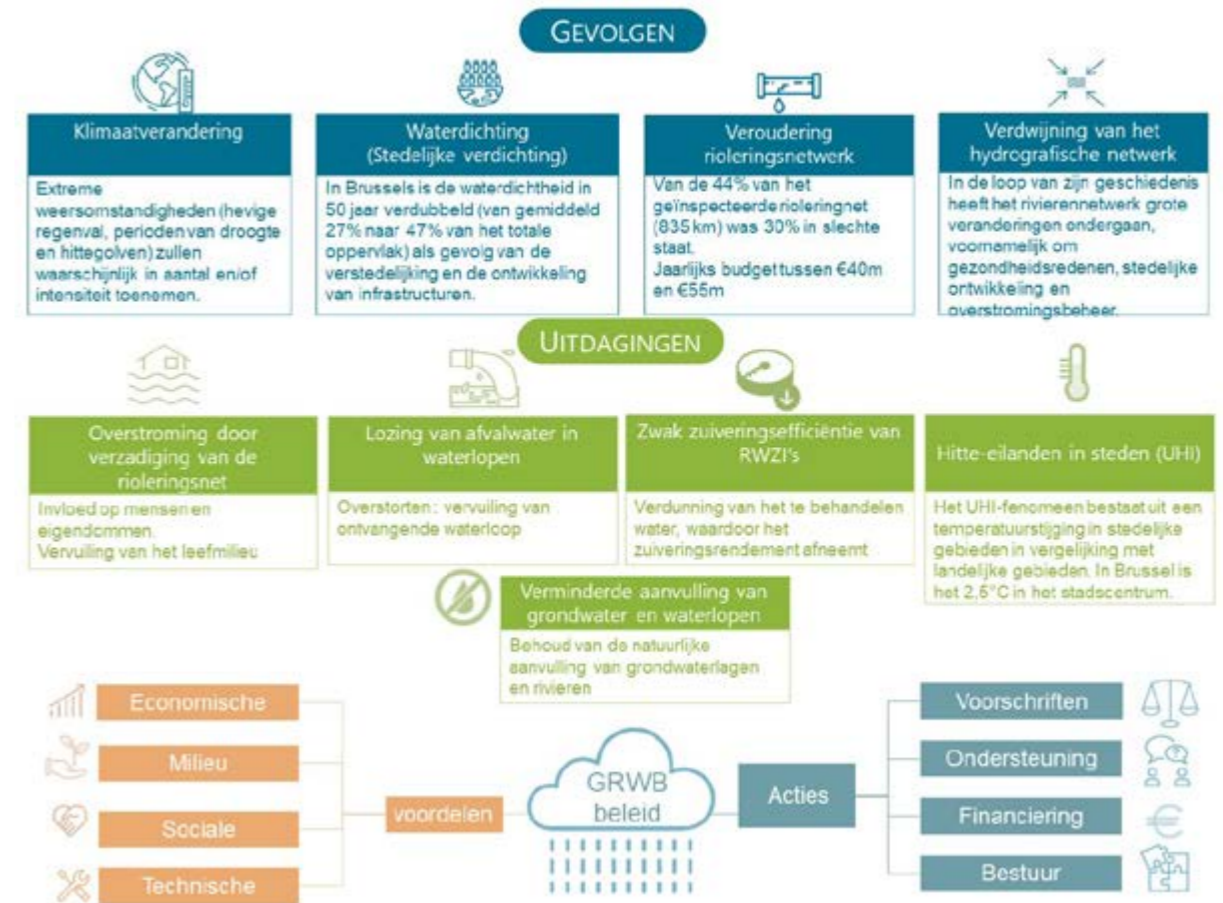
En nog beter: een **beplante bodem!**

- Deze filtert het water als het geladen is met deeltjes, met behulp van het wortelstelsel;
- Hij verdeelt het water over:
 - De grondwaterlagen: onze beste voorraad drinkwater;
 - De vegetatie: onze gratis en over inzetbare klimaatregelaar/sanering;
 - En de bodem zelf is een echte spons. Hij is in staat water te absorberen, het vast te houden en het vervolgens af te geven aan de planten of de atmosfeer wanneer dat het meest nodig is.

Een ander positief effect van deze oplossing is dat het aantal kleine natuurgebieden in de stad erdoor toeneemt. Met alle positieve gevolgen van dien, met name voor de leefkwaliteit van de bewoners, het ecologisch netwerk en de biodiversiteit. Deze kleine oppervlakten kunnen plaatselijk regenwater tijdelijk opvangen en het langzaam in de bodem laten infiltreren. Zelfs dichtbebouwde stedelijke ruimten, zoals wegen en voetgangersgebieden, kunnen in toenemende mate doorlaatbare bodems en vegetatie bevatten, die beter in staat zijn het water op te slaan.

Indien goed beheerd, kunnen stedelijke bomen en bossen "helpen de luchttemperatuur met 8°C te verlagen en water op te slaan", aldus de FAO, de voedsel- en landbouworganisatie van de VN.

2. WATERCYCLI, BEVINDINGEN EN DAARMEE VERBAND HOUDENDE VRAAGSTUKKE



Vandaag de dag is het Brusselse rioleringssysteem niet meer geschikt om regenwater op te vangen, noch bij gewone regenval, noch bij onweer.

Oorzaken

De stedelijke uitbreiding en de daarmee gepaard gaande toenemende verharding van de bodem zijn twee van de belangrijkste redenen hiervoor.

50 %

Dit is de geschatte gemiddelde ondoordringbaarheidsgraad in het Brussels Gewest in 2006. In de meest ondoorlatende gemeenten loopt dit op tot 85 %!

50 JAAR

Dit is de periode waarin de ondoordringbaarheidsgraad in het Gewest is verdubbeld. In 1955 was immers slechts 27 % van ons grondgebied verhard.

In een sterk verstedelijkt en dichtbebouwd gebied als het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is het grootste deel van het grondoppervlak inderdaad **verhard**. Hierdoor worden veel grotere hoeveelheden **afvloeiingswater** geproduceerd dan bij een natuurlijk oppervlak, die hoofdzakelijk worden afgevoerd naar een verouderd en gemengd rioleringsstelsel, dat ongeschikt is voor het opvangen van afvloeiingswater.

Bovendien zorgt het contrasterende reliëf tussen de hoogten en de bodem van de valleien (vallei van de Zenne en zijrivieren) ervoor dat het regenwater dat op deze ondoorlaatbare oppervlakten valt en langs de hellingen naar beneden wordt gevoerd, grote volumes water samenbrengt.

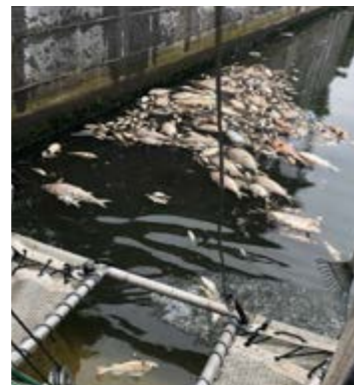
Bij deze historische context komen nog de gevolgen van de huidige klimaatverandering, waarvan de precieze gevolgen nog niet bekend zijn, maar die zouden moeten leiden tot een hogere frequentie van extreme meteorologische verschijnselen (sommige jaren met meer zomerdroogte, intensere neerslagperiodes, enz.) die meer gevolgen zouden hebben

¹ Bron: Rapport 1/2017 van het Europees Milieuagentschap over klimaatverandering, de gevolgen ervan en de kwetsbaarheid in Europa - infografiek: <https://www.europarl.europa.eu/news/nl/headlines/society/20180905STO11945/de-gevolgen-van-klimaatverandering-in-europa-infografiek>

voor het milieu (overstromingen, droogte aan de oppervlakte, enz.) (zie hoofdstuk over de gevolgen).

De ondergrond van het Brussels Gewest, die bestaat uit doorlaatbare geologische lagen (bv. het Brusselaans zand), is echter over het algemeen gunstig voor infiltratie, wat de mogelijkheid biedt om het water zo dicht mogelijk bij de plaats waar het valt te beheren (beheer "aan de bron" of "op het perceel") en zo de natuurlijke cycli te herstellen.

Om de beste voorziening(en) te vinden, moet echter altijd rekening worden gehouden met de diepte van het grondwater en de dynamiek van de aanvulling ervan.



Voorbeeld van de gevolgen van de vervuiling in het Kanaal in 2015, verspreiding van cyanobacteriën (links) en vissterfte (rechts). Bron: Leefmilieu Brussel

Bij een onweersbui is het rioleringsnetwerk zo verzadigd dat het het water niet meer kan opnemen, waardoor de gemengde riolen overstromen in de straten en kelders van ons Gewest, met herhaaldelijke **overstromingen** tot gevolg. Bovendien bereikt het afvloeiingswater wanneer de hellingen steil zijn de huizen, waar het in grote hoeveelheden via de keldergaten

naar binnen stroomt, ook als de riolen nog niet verzadigd zijn. En de evolutie van de regenval, intenser en van kortere duur, die omwille van de klimaatverandering wordt voorspeld, doet vrezen dat dit verschijnsel zal toenemen als er niets wordt gedaan.



Voorbeelden van recente overstromingen door regenval in de gemeenten Anderlecht in 2019 (links) en Vorst in 2018 (rechts). Bron: Leefmilieu Brussel

Gevolgen

Bij gemiddelde regenval zijn de stormbekkens, die het regenwater opslaan en met afgesteld debiet afvoeren, niet voldoende om het rioleringsnetwerk te ontlasten. Tijdens deze overbelastingen voeren de "overstorten" het gemengde water (afvalwater en regenwater) af naar het hydrografisch netwerk (Kanaal, Zenne, enz.). In de praktijk betekent dit dat ongezuiverd afvalwater geloosd wordt in waterwegen en in de natuur, wat leidt tot aanzienlijke **vervuiling** van het natuurlijk milieu.

3. UIT TE VOEREN STRATEGIE OM HIEROP EEN ANTWOORD TE BIJDEN

Op basis van deze constatering heeft het Gewest zich tot doel gesteld zijn ondoordringbaarheidsgraad te verminderen. Zo is in het Waterbeheerplan 2016-2021, dat voornamelijk tot doel heeft de kwaliteit van de waterlichamen te beschermen en te herstellen en overstromingen te bestrijden, de volgende operationele doelstelling (OD 5.1.7) vastgelegd: "De ondoorlatendheid van de bodem beperken en de weerslag ervan bij overstromingen verminderen en/of te compenseren (insijpeling, evapo-transpiratie en vasthouden van verspreid water)".

Deze verbintenis werd herhaald in het Gewestelijk Plan voor Duurzame Ontwikkeling 2018 (Strategieën 5 en 6 van het GPDO: <https://perspective.brussels/sites/default/files/do->

documents/gpdo_2018_nl.pdf) en momenteel kadert ook de GSV in deze dynamiek.

De uitvoering van een duurzaam en rationeel regenwaterbeheer via de toepassing van een geïntegreerd beheer (zie hieronder voor een volledige definitie) is derhalve noodzakelijk om aan deze strategie te voldoen.

Geïntegreerd regenwaterbeheer levert tal van voordelen op die kunnen worden gegroepeerd in 4 hoofdcategorieën: hoeveelheid, kwaliteit, leefomgeving en biodiversiteit/veerkracht.

Deze categorieën komen overeen met de zogenoemde vier pijlers van het GRB, die hieronder in concentrische cirkels zijn weergegeven.



Inrichtingen voor GRB hebben ook een **economisch** voordeel in die zin dat zij, voor hetzelfde beschermingsniveau, minder duur zijn om in te investeren dan traditionele bouwwerken. Bovendien maakt hun multifunctionaliteit het mogelijk de totale exploitatie- en onderhoudskosten te optimaliseren. Merk eveneens op dat de ontlasting van het inzamelnet het mogelijk maakt de investeringen in waterzuiveringsstations te beperken en de omvang van de door overstorten veroorzaakte schade te verminderen.

Ten slotte sluiten de beginselen van het GRB ook aan bij een reeks strategieën die door Europa zijn afgekondigd, met name wat betreft de strijd tegen de ondoordringbaarheid van de bodem³ en het gebruik van "**nature based solutions**".

² Informatie over de SHE: <https://leefmilieu.brussels/themas/lucht-klimaat/ozon-en-hitteplan/cartografie-van-de-koelte-eilanden-brussel>

³ EG, 2012. Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing. Bureau voor publicaties van de Europese Unie: Luxemburg, Groothertogdom Luxemburg. <https://op.europa.eu/nl/publication-detail/-/publication/e9a42c93-0825-4fc0-8032-a5975c8df3c0>

4. WETTELIJK KADER

Kaderordonnantie Water (KOW)

De ordonnantie van 20 oktober 2006 tot opstelling van een kader voor het waterbeleid, de zogenaamde kaderordonnantie Water (KOW) vormt de wettelijke basis voor het geïntegreerd regenwaterbeleid in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

In artikel 3, punt 6 (6°) wordt een doelstelling vastgelegd voor de uitvoering van een "een geïntegreerd beheer van het regenwater implementeren om het wegvloeiën ervan en de overbelasting van het rioleringsnet te verminderen en zo de overstromingsrisico's te voorkomen, terwijl tegelijkertijd de functionaliteiten van de natuurlijke watercyclus hersteld worden en de kwaliteit van de oppervlaktewateren en de leefomgeving verbeterd wordt". Daarnaast specificeert de KOW in artikel 18 § 2 dat "Overeenkomstig de doelstelling die werd vastgelegd bij artikel 3, 6° wordt het regenwater beheerd in naleving van de volgende beginselen :

- 1° elke zowel private als publieke eigenaar is verantwoordelijk voor het beheer van het regenwater op zijn perceel;
- 2° in het openbaar domein ressorteren de inrichtingen voor het beheer van het regenwater onder de bevoegdheid van de beheerder van deze openbare ruimte, ongeacht of het daarbij nu om een weg, een park, een plein, een square, enz. gaat; ...

Het beheer omvat de realisatie en het onderhoud van zijn inrichting(en) voor het beheer van het regenwater".

Milieuvergunning (MV)

In het kader van ingedeelde inrichtingen en activiteiten waarvoor een milieuvergunning vereist is en waarbij sprake is van wijzigingen of nieuwe inrichtingen met een grondinname die de ondoordringbare oppervlakte vergroot of wijzigt, worden uitvoeringsvoorwaarden opgelegd die het regenwaterbeheer bevorderen, teneinde de oplossing die erin bestaat regenwater in het rioolnet te lozen (grijs netwerk) zoveel mogelijk te beperken.

5. EEN NOODZAKELIJKE STAP NAAR EEN NIEUWE STANDAARD - GEÏNTEGREERD REGENWATERBEHEER

Basisbeginselen

De basisbeginselen van geïntegreerd beheer zijn de volgende:

- De natuurlijke afwatering respecteren;
- Het water zo dicht mogelijk bij de plaats van neerslag opslaan;
- Natuurlijke infiltratie aanmoedigen en, als laatste redmiddel, een geregeld afvoerdebit indien dit niet mogelijk is;
- Ervoor zorgen dat rekening wordt gehouden periodes met uitzonderlijke regenval of herhaalde regenval.

Dit systeem maakt het mogelijk de afvloeiing en de snelheid van het water te elimineren, maar ook een omgeving voor het water te creëren door de samenstelling van het overzichtsplan; vanaf dat moment gaat het er niet meer om bouwwerken te creëren die specifiek voor het water bestemd zijn, maar wel om een ander bouwwerk, een andere plaats te gebruiken om er een tweede functie voor te creëren: de hydraulische functie. Dit wordt multifunctionaliteit van bouwwerken genoemd. Aangelegde groenstroken blijven groenstroken, maar worden, licht uitgegraven, structuren voor opslag en infiltratie. Wegen blijven in de eerste plaats wegen, maar kunnen in sommige gevallen wegen met reservoirs worden wanneer hun structuur bestaat uit drainagegrind.

Voordelen

Geïntegreerd regenwaterbeheer heeft dus vele voordelen :



Rechtstreekse economische voordelen: de ingevoerde systemen maken het mogelijk los te komen van de conventionele regenwaternetten en de bijhorende bouwwerken, wat een aanzienlijke besparing betekent op het gebied van ontwerp en ontwikkeling. Bovendien is er geen enkele ruimte die specifiek bestemd is voor het regenwaterbeheer, wat een grote meerwaarde betekent in termen van grondinname. Er wordt ook bespaard op het onderhoud, aangezien de vertragings- en infiltratiestructuren alleen voor hun primaire functie (groene ruimte, wegen, enz.) zullen worden onderhouden.



Landschappelijke voordelen: dit concept maakt het mogelijk wegen, voetpaden en parkeerterreinen veel minder verhard, minder dichtbebouwd en dus veel kwalitatiever te maken. Water wordt niet langer naar ondergrondse leidingen gejaagd, maar wordt een natuurlijk onderdeel van het landschap. Zo kunnen natuurlijke open ruimtes worden gecreëerd waarin water, landschap en milieu hand in hand gaan.



Filosofisch/educatieve voordelen: het eenvoudige, plaatselijke en zichtbare karakter van de werken draagt bij tot het milieubewustzijn en de milieueducatie van de burgers. Zij kunnen actoren van het waterbeheer zijn, vooral wanneer de werken zich op hun terrein bevinden. De aanwezigheid van water herinnert ons aan het reële risico van overstromingen.



Voordelen op het vlak van gezondheid en welzijn: Veel van de inrichtingen voor geïntegreerd beheer doen een beroep op vergroening. Zij helpen dus ook het stedelijk hitte-eilandeffect te bestrijden. De begroende gebieden maken het dus mogelijk een deel van de invallende zonne-energie, in de orde van 30 %, om te zetten.



Milieuvoordelen: door het regenwater zo dicht mogelijk bij de plaats van neerslag op te vangen, wordt de afvloeiing en daardoor de vervuulende belasting beperkt. Bovendien maken de vertragingsstructuren een natuurlijke zuivering (*bioretentie*) mogelijk door bezinking, mechanische bodemfiltratie of zelfs fytozuivering. De vertraging aan de oppervlakte, in groenzones die beplant zijn met aangepaste soorten zorgt voor tijdelijke wateromgevingen die rijk zijn aan biodiversiteit, wat bijzonder interessant is in stedelijke gebieden om de natuur terug te brengen en de stad veerkrachtiger te maken. Bovendien zal dit toelaten de bestaande rioolnetten te ontlasten in geval van hevige regenval en de natuurlijke watercyclus te respecteren door de infiltratie van water te bevorderen en zo de aanvulling van de grondwaterlagen te garanderen.

Al deze landschappelijke, educatieve, gezondheids- en milieuvoordelen zijn indirecte economische voordelen, die



Het programma van het Blauwe Netwerk omvat dus:

- De herontwikkeling van het bestaande en vroegere hydrografisch netwerk;
- En de ontwikkeling van het Regennetwerk.

Hydrografisch netwerk

De bestaande waterlopen en vijvers opgenomen in de Atlas van de waterlopen. Ze hebben een bron/permanente toevoer - behalve extreme situaties in de zomer. Vaak verkeerdelijk "Blauw Netwerk" in het Brussels Gewest genoemd door assimilatie met het beheerprogramma.

moeilijk nauwkeurig te becijferen zijn. Aangezien het belangrijkste milieuvoordeel voor het hele Brussels Hoofdstedelijk Gewest voortvloeit uit de vermindering van de kosten voor de zuivering van het afvalwater, kan dit voordeel op basis van de bedragen voor inzameling en zuivering worden geraamd op € 1,9 per m3 water dat aan het afvalwaternet wordt onttrokken.

Aanpassing aan de Brusselse context: het Blauwe Netwerk

Onder "Blauw Netwerk" wordt een programma verstaan, dat met name in het Waterbeheerplan 2016-2021 is gedefinieerd en dat onder meer tot doel heeft de natuurlijke watercyclus in stedelijke gebieden te herstellen, niet alleen in de nabijheid van rivieren en vijvers, maar ook stroomopwaarts van het hydrografische netwerk, op de schaal van een stroomgebied en dus in het hele Gewest. Deze interventies "stroomopwaarts" worden vermeld onder de term "Regennetwerk".

Regennetwerk

Alle inrichtingen en bouwwerken die bijdragen tot een duurzaam regenwaterbeheer, in private of openbare ruimtes. Het Regennetwerk omvat de voorzieningen voor hergebruik, de valorisatie van het regenwater (waterspelen, scenografie, zichtbaarheid), de inrichtingen voor de opvang en afvoer naar het hydrografisch netwerk en ten slotte het **Geïntegreerd Regenwaterbeheer** dat de meeste ecosystemendiensten biedt door de regen te infiltreren en te verdampen waar hij valt.

6. DE SLEUTELS VOOR EEN GESLAAGDE INRICHTING

In dit deel bespreken we de lokale instrumenten / specifieke voorschriften / aandachtspunten die gekend moeten zijn en/of gebruikt moeten worden om tot een duurzaam geïntegreerd beheer van het afvloeiingswater op de Brusselse wegen te komen.

6.1. Een diagnose opstellen, de directe omgeving van de site bestuderen

Om een ontwerp te kunnen maken met een geïntegreerd regenwaterbeheer moet de directe omgeving van de bestudeerde site worden onderzocht om er zeker van te zijn dat deze compatibel is met een dergelijk regenwaterbeheer. Er bestaan veel lokale instrumenten om deze diagnose uit te voeren:

Topografie

Het is belangrijk om de hoogtemeting van de onderzochte site en van de directe omgeving te bestuderen, **om de lage punten te lokaliseren, die bij voorkeur zullen worden gebruikt om de toekomstige bouwwerken voor het beheer van het regenwater te plaatsen, maar ook om de mogelijke beperkingen van de opslag te evalueren (steile hellingen, hydraulische doodlopende stukken, ...).**

Voorlopige gegevens zijn beschikbaar via de volgende lokale tools:

<https://gis.urban.brussels/brugis/#/>

<https://en-gb.topographic-map.com/maps/d9l/Belgium/>

Een topografische studie, een onderzoek dat bestaat uit het verzamelen van gegevens op het terrein om hiervan dan een topografisch plan in de gewenste schaal op te stellen, uitgevoerd door een landmeter-expert, zal het mogelijk maken de voorlopige gegevens te verfijnen en de belangrijkste topografische kenmerken van het terrein vast te stellen.

Geologie

Een overzicht van de geologie in de omgeving van het project kan worden verkregen via de volgende link: <https://geodata.leefmilieu.brussels/client/view/96aaae8b-a839-4c85-bbb1-286485f1afa5>

In het algemeen bedekken quartaire aanvullingen en sedimenten in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest de tertiaire zand- en kleifformaties, in hoekige tegenstelling met de primaire sokkel.

Als via deze weg de betreffende geologische horizon ter hoogte van het project verkregen wordt, zal deze echter slechts een adviserende waarde hebben, aangezien **de meest oppervlakkige lagen, die bestaan uit quartaire anaardingen en sedimenten, niet op deze kaart voorkomen. Een nauwkeurige geologische log kan enkel worden verkregen door boringen uit te voeren of sleuven te graven op het perceel van het project.**

Infiltratiecapaciteit

Alleen aan de hand van proeven in de nabijheid van de toekomstige beheer- bouwwerken en op voldoende diepte kunnen objectieve doorlatendheids- waarden worden verkregen.

Deze infiltratieproeven moeten zo vroeg mogelijk worden uitgevoerd: in het stadium van de schets of het voorontwerp, tijdens de karakteriseringsstudie van de site, om de optimale locatie of methode voor de infiltratie van het regenwater te bepalen

In het BHG worden verschillende methodes voor infiltratieproeven aanbevolen, elk met hun voor- en nadelen. Al deze methoden worden beschreven op de website van Leefmilieu Brussel op de volgende link:

<https://leefmilieu.brussels/themas/water/professionelen-actie/tools-en-begeleiding/faqs>

Vraag: Welke infiltratieproeven moeten worden gebruikt voor het regenwaterbeheer?

Elk van de aanbevolen methoden wordt beschreven in een downloadbaar bestand met een spreadsheet waarin de nodige gegevens ingevoerd kunnen worden.

Om een voldoende representativiteit te waarborgen, moeten verschillende proeven in de volledige bestudeerde perimeter worden gepland. Er moeten **minimaal 3 bodemproeven worden uitgevoerd**, maar het optimale aantal hangt af van de omvang van het project en de mogelijke heterogeniteit van de bodem ter plaatse.

We beschrijven hieronder **Porchet-methode en de Matsuo-methode (of "puttest"), die in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest worden aanbevolen met het oog op normalisering en harmonisering.**

Porchet-proef

Opgelet: om voldoende representativiteit te garanderen, moeten meerdere tests worden gepland over het gehele bestudeerde gebied. Er moeten minimaal 3 bodemproeven worden uitgevoerd, maar het optimale aantal zal afhangen van de omvang van het project en de eventuele heterogeniteit van de bodem ter plaatse.



- 1. Graaf met de grondboor een verticaal boorgat van 15 cm doorsnee en met een diepte die aangepast is aan die van de beoogde toekomstige beheersstructuren (ideaaliter 0,5 m diep). Opgelet: de bodem niet aanstampen.
- 2. Maak het gat schoon om eventuele boorresten te verwijderen en verticuteer de wanden lichtjes om de door de boor veroorzaakte afvlakking te verwijderen.



- 3. Plaats de regelcel onderin het gat. Die maakt het mogelijk het waterniveau op een constante hoogte van 15 cm te regelen.
- 4. Vul het gat tot aan het toevoersysteem met water. Laat gedurende 1 uur verzadigen, voeg water toe als het gedurende die tijd wegsijpelt.



- 5. Pas zodra de verzadiging is bereikt het waterpeil in het gat aan tot aan het toevoersysteem.
- 6. De test begint wanneer het toevoersysteem het waterniveau in het gat begint te voeden. Start dan de chronometer.



- 7. Is de test eenmaal begonnen, registreer dan gedurende de 5 eerste minuten elke minuut de variatie van het waterniveau in de recipiënt met maatverdeling, en vervolgens om de 5 minuten. De test stopt na een half uur (30 minuten) of wanneer de recipiënt leeg is.
- 8. Vul het gat weer op als de test voorbij is (zelfs als er nog water in staat).

Matsuo-proef (of "puttest")

Met deze proef kan men in situ de doorlatendheidscoëfficiënt (hydraulisch geleidingsvermogen K) van een bodem en dus zijn infiltratiecapaciteit bepalen door een variabele (afnemende) hydraulische belasting toe te passen in een rechthoekige put die met een graafmachine is gegraven, na zwakke verzadiging (15-30 minuten).



- 1. Maak met de graafmachine een put van 0,4 tot 0,5 m breed en 1 tot 1,5 m lang (verlengde van de graafarm) en met een diepte die aangepast is aan die van de beoogde toekomstige beheersstructuren (ideaaliter 0,5 m diep). Opgelet: de bodem niet aanstampen. Het is ook belangrijk ervoor te zorgen dat de motor van de graafmachine is uitgeschakeld of dat de graafmachine zich niet op de plaats van de proef bevindt, aangezien het effect van de veroorzaakte trillingen de doorlatendheidsresultaten kan vertekenen.



- 2. Maak het gat schoon met een spade of schop om eventuele resten in de hoeken te verwijderen en de vorm van de wanden te corrigeren.
- 3. Leg de (meet)lat op de grond dwars over de put. Meet de gemiddelde afmetingen van de put. De hoogte wordt gemeten tussen het waterpeil en het referentiepunt op de lat, dus dit meetpunt moet bij elke meting steeds hetzelfde zijn. Het is belangrijk het hulpmiddel gedurende de gehele testperiode niet aan te raken, aangezien dit de waarden kan verstoren.



- 4. Vul de put tot ca. 5 cm onder de lat.
- 5. Laat 15 tot 30 minuten verzadigen.
- 6. Pas het waterpeil weer aan, meet en noteer de hoogte tussen het waterpeil en de markering op de lat. Start de chronometer.
- 7. Registreer de variatie in het waterpeil (steeds verwijzend naar de markering op de lat) en noteer op de fiche op bladzijde 4 van dit document om de 5 minuten gedurende het eerste half uur, vervolgens om de 15 minuten tot 120 minuten. Indien het niveau in 5 min. meer dan 2 cm daalt, moet om de 2 min. worden gemeten en na 30 min. worden vertraagd.
- 8. Vul de put na afloop van de test met behulp van de gladde graafbak (ook als er nog water in zit). In kwetsbare gebieden moet bij voorkeur de bovenste kruidachtige vegetatielaag worden teruggeplaatst voor wortelherstel.

Alternatieven?

Er is in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest geen betrouwbare kaart die kan worden gebruikt om de doorlatendheid van een bodem te beoordelen. Zo zal het verkrijgen van de betreffen geologische horizon voor de site van het project slechts een adviserende waarde hebben met betrekking tot de doorlatendheidswaarde die ter plaatse zal kunnen worden aangetroffen.

De meest oppervlakkige lagen, die het belangrijkste zijn voor het waterbeheer en bestaan uit verplaatste quartaire aanaardingen en sedimenten waarvan de fysische eigenschappen door opeenvolgende menselijke activiteiten zijn gewijzigd, staan immers niet op deze kaart. Anderzijds is het belangrijk zich bewust te blijven van de beperkingen en veronderstellingen die aan cartografische benaderingen ten grondslag liggen. Cartografische methoden blijven dus tools die de besluitvorming ondersteunen, maar zij kunnen in situ proeven niet vervangen.

Ten slotte moet de infiltratiecapaciteit van een bodem altijd worden bestudeerd in relatie met de beschikbare ruimte, aangezien een geringe infiltratiecapaciteit kan worden gecompenseerd door een vergroting van het infiltratieoppervlak (contactoppervlak).

Hydrogeologie: Piëzometrisch niveau

In het algemeen varieert het piëzometrische niveau ruimtelijk en in de tijd binnen eenzelfde watervoerende laag. Wat het freatisch systeem betreft: de piëzometrische variaties zijn over het algemeen zwakker in de nabijheid van de stroomafwaartse grenzen van de grondwaterlaag die worden gekenmerkt door de aanwezigheid van drainerende elementen (zoals waterlopen, bijvoorbeeld de Zenne) en worden de variaties daarentegen groter naarmate men zich van deze grenzen verwijderd, hogerop in de richting van de Brusselse plateau. Als eerste stap, en om de pre-haikbaarheid van natuurlijke infiltratie van regenwater te beoordelen, dienen de volgende kaarten te worden geraadpleegd:

- Grondwater: piëzometrische en kwaliteitsgegevens beschikbaar op de website van Leefmilieu Brussel op de volgende link: <https://geodata.leefmilieu.brussels/client/view/b4231044-be68-4a1a-bf98-9e5397bb5324>.
- Hydrogeologie beschikbaar op de website van Leefmilieu Brussel op de volgende link: <https://geodata.leefmilieu.brussels/client/view/82645188-dd20-430c-b1d1-df-829c94dc1d>;

Dit zijn de uitbreidingen en piëzometrische niveaus van de belangrijkste Hydrogeologische Eenheden die in Brussel aanwezig zijn (HE/BHG). De piëzometrische niveaus, berekend voor de referentieperiode "mei 2013", zijn gebaseerd op door Leefmilieu Brussel ontwikkelde modellen.

In een eerste benadering, gebaseerd op de kaart, zijn er twee mogelijkheden:

- Diepte van de grondwaterspiegel geraamd door modellen > 4 meter: het project wordt niet beïnvloed door een grondwaterlaag die zich net onder de oppervlakte bevindt. De pre-haikbaarheid van natuurlijke infiltratie van regenwater kan positief worden beschouwd;
- Diepte van de grondwaterspiegel geraamd door modellen < 4 meter: het project wordt beïnvloed door of is gelegen in een zone waar het freatisch niveau net onder de oppervlakte ligt. De pre-haikbaarheid van natuurlijke infiltratie van regenwater moet geverifieerd worden; Aangezien er nog twijfels bestaan over de diepte van de grondwaterlaag, zou een plaatselijke hydrogeologische studie het niettemin mogelijk kunnen maken deze analyse te verfijnen op basis van de gegevens afkomstig van een piëzometrische monitoring in situ. Zo vroeg mogelijk in de ontwerpfase moeten piëzometers worden geïnstalleerd (niet-geëxploiteerde boorgaten waarmee het grondwaterpeil op een bepaald punt in de grondwaterlaag kan worden gemeten met behulp van een meetapparaat (manuele sonde, digitale recorder, al dan niet met teletransmissie, enz.) en moet ten minste in de maanden maart tot mei een piëzometrisch onderzoek worden uitgevoerd om het peil van de hoogste stand van de grondwaterlaag (na de winteraanvulling) te schatten.

Om een efficiënte infiltratie mogelijk te maken en ook maar het kleinste risico op bodem- en grondwaterverontreiniging te voorkomen, moet de bodem van elk bouwwerk voor regenwaterbeheer dat infiltratie van het regenwater mogelijk maakt, minstens 1 meter boven de hoogste stand van de grondwaterlaag worden geplaatst.

Grondwaterwingebieden: piëzometrie en kwaliteitsgegevens

Voor de grondwaterkwaliteit is informatie beschikbaar op de volgende kaart: <https://geodata.environment.brussels/client/view/bae6fa81-1f21-4121-96d0-b33fb98ac2db>

Op deze kaart wordt een onderscheid gemaakt tussen opgegeven, permanente of tijdelijke (verlaging, proefpompen) stroomgebieden en ook stroomgebieden die "in bedrijf" zijn of "voorbij" zijn (aangemelde stopzetting van de activiteit).

De weergegeven gegevens (data, toegestaan debiet, diepte, watergebruik, enz.) komen overeen met de in situ gemeten parameters en met de parameters met een milieukwaliteitsnorm voor grondwater, andere parameters worden regelmatig geanalyseerd en zijn op aanvraag verkrijgbaar op het volgende adres "eau_water@environment.brussels".

Op deze kaart is ook de perimeter van het drinkwaterwinningsgebied van de openbare beheerder VIVAQUA aangegeven.

Bescherming van waterwinnings

In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is er slechts één aangesloten drinkwaterwinningsgebied op basis van grondwater bestemd voor het openbare distributienet. Dit is het gebied dat de productiesites in het Ter Kamerenbos en het Zoniënwoud omvat. Binnen dit gebied zijn bij besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 19 september 2002 3 beschermingsperimeters afgebakend en wordt geregeld welke activiteiten er zijn toegestaan.

De afbakening van deze perimeters (beschermingszones) is toegankelijk via:

<https://geodata.environment.brussels/client/view/bae6fa81-1f21-4121-96d0-b33fb98ac2db>

De infiltratie van regenwater in beschermingszones I en II is verboden (Ter Kamerenbos en Zoniënwoud). De infiltratie van regenwater in zone III (gelegen ten oosten van de gemeente Ukkel) kan ook onderworpen worden aan voorschriften van beheerder Vivaqua. In deze zone is elke aanvraag voor een stedenbouwkundige of milieuvergunning inderdaad onderworpen aan het advies van de beheerder, die erop zal toezien dat de kwalitatieve en kwantitatieve aspecten van het grondwater behouden blijven.

Overstromingsgevaar

Er bestaan nu twee verschillende overstromingsgevaarkaarten in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, ontwikkeld en bijgewerkt door Leefmilieu Brussel. Het gaat om de Kaart van het "pluviale" overstromingsgevaar (belangrijkste oorzaak van overstromingen in Brussel) en de Kaart van het "fluviale" overstromingsgevaar (beperkt tot bepaalde stroomgebieden, met name de Woluwe en het stroomopwaarts gelegen deel van de Molenbeek).

Aangezien de ontwikkeling van de stad en het klimaat kunnen leiden tot een wijziging van de perimeters van de gevarenzones, de waarden ervan en de betreffende uitdagingen, worden deze twee kaarten periodiek bijgewerkt.

Deze kaarten zijn in zoverre informatief dat voor elk project moet worden nagegaan of het weggedeelte of de openbare ruimte zich in een overstromingsgevoelig gebied bevindt en of rekening moet worden gehouden met het water dat uit naburige gebieden komt, teneinde de omvang van de voorzieningen voor regenwaterbeheer te bepalen.

• Kaart van het "pluviale" overstromingsgevaar

In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest wordt de term "overstromingsgevaarkaart" traditioneel gebruikt om te verwijzen naar de zogenaamde kaart van het "pluviale" overstromingsgevaar, die de gebieden aangeeft waar overstromingen (van lage, gemiddelde of hoge omvang en frequentie) kunnen voorkomen bij hevige regenval (zogenaamde "pluviale" overstromingen) en verzadiging van de rioleringsnetwerken (terugstroming van het water in kelders), zelfs op plaatsen waar tot op heden geen overstromingen werden geregistreerd. In deze gevaarkaart wordt rekening gehouden met het beschermende effect van collectieve stormbekkens.

Als een gebied geen risicogebied is op deze kaart is dit geen garantie dat zich daar nooit overstromingen zullen voordoen, aangezien met sommige oorzaken van overstromingen geen rekening wordt gehouden, zoals een plaatselijk defect aan het afwateringssysteem, een accidentele verstopping ervan of een defect van het pompsysteem.

Deze kaart heeft geen regelgevende waarde en is slechts indicatief; zij is ook beperkt tot raadpleging op een schaal van maximaal 1/10.000.

Deze kaart bestaat als sinds 2013, maar is in 2020 bijgewerkt. Ze is toegankelijk via het cartografisch portaal van de Leefmilieu Brussel of door op de rechtstreekse link te klikken:

<https://geodata.leefmilieu.brussels/client/view/1a3cae6b-dd04-4b28-a3e2-c432dc83e24f>

Er zijn geen beperkingen voor infiltratie in een gebied dat risico loopt op pluviale overstromingen.

• Kaart van het "fluviale" overstromingsgevaar

Naast de klassieke kaart voor het neerslaggevaar (hierboven) is er nu ook een kaart van het "fluviale" overstromingsgevaar.

Dit geeft de gebieden aan die door overstromende rivieren kunnen worden overstroomd. Deze kaart toont de perimeters die van nature door wassende rivieren worden overstroomd (behalve voor de Woluwe, die te veel wordt beïnvloed door riooloverstorten en afvloeiingswater van de wegen) en geeft ook de overstromingshoogte aan die door modellering is bepaald voor verschillende scenario's van terugkerende overstromingen (10 jaar, 100 jaar en extreem scenario).

Ze kan geraadpleegd worden via het cartografisch portaal van de Leefmilieu Brussel of door op de rechtstreekse link te klikken:

<https://geodata.leefmilieu.brussels/client/view/7bbf42dd-1042-482a-958d-e40981592507>

In deze gebieden met risico op "fluviale" overstroming moet met de volgende aanbevelingen rekening worden gehouden:

- Eerst en vooral mag de weg geen belemmering vormen voor de afvloeiing;
- Er kan een infiltratiesysteem worden aangelegd, maar aangezien we ons op de bodem van de vallei bevinden, zal de grondwaterlaag zich vaak onder de oppervlakte bevinden, waardoor de mogelijkheden beperkt zijn (zie deel 2); Deze gebieden liggen ook in de buurt van waterlopen, dus idealiter moet de overloop van de voorziening in verbinding staan met de waterloop of de oevers: pas op, **in deze gebieden met risico op fluviale overstroming is er geen behoefte aan debietregeling, integendeel**, het is beter dat het water zo snel mogelijk wordt afgevoerd voor de komst van het stijgend rivierwater afkomstig van het stroomopwaarts gelegen stroomgebied.

NATURA 2000-gebied

Brussel liggen de Natura 2000-gebieden in 3 verschillende zones⁴ (zone 1 = Zoniënwood met bosrand, aangrenzende bosgebieden en Woluwevallei; zone 2 = bossen en open gebieden in het zuiden van het gewest; zone 3 = bossen en vochtige gebieden van de Molenbeekvallei in het noordwesten van het gewest).

Deze zones kunnen online bekeken worden op het adres: <https://geodata.leefmilieu.brussels/client/view/5f80ba-ca-0f9b-40e4-90d9-f64b03c0da7f>

In deze gebieden moeten bepaalde voorzorgsmaatregelen worden genomen om de habitats van beschermde soorten te respecteren en te beschermen, bijvoorbeeld: de drainage van bestaande vochtige zones is verboden, bestaande aanplantingen die de ontwikkeling van fauna ondersteunen moeten behouden blijven, de infiltratie van water wordt gereguleerd. Geïntegreerde beheerssystemen die een diepe omwoeling van de bodem vereisen, zoals greppels, massieven, sloten, zijn dus niet toegestaan. In deze gebieden zal de voorkeur worden gegeven aan technieken die weinig ingrijpend zijn, zoals wadi's of droge bekkens met uitgestelde afvoer naar het oppervlaktewater, die deze gebieden dus niet draineren. Het is ook mogelijk gebruik te maken van het bestaande reliëf om het regenwater te beheren (natuurlijke droge bekkens). In deze gebieden is het ook raadzaam om vooraf advies in te winnen bij de afdeling Natura 2000 van Leefmilieu Brussel: natura2000@environnement.brussels;

⁴ <https://leefmilieu.brussels/themas/groene-ruimten-en-biodiversiteit/acties-van-het-gewest/natura-2000/welke-zijn-de-brusselse-5>

Wanneer een ontwikkeling een significant effect kan hebben op de Natura 2000-doelstellingen, voorziet de wetgeving in een passende beoordeling van het effect⁵ van het project op deze natuurdoelstellingen. Deze evaluatie moet worden uitgevoerd door een erkende deskundige, waarvan de lijst online beschikbaar is op https://app.bruxellesenvironnement.be/listes/?nr_list=BET0003

Bodemverontreiniging

De regelgeving voor verontreinigde bodems in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest wordt beheerd door Leefmilieu Brussel. Deze materie wordt geregeld door de ordonnantie van 5 maart 2009 van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest betreffende het beheer en de sanering van verontreinigde bodems (OBodem), gewijzigd door de ordonnantie van 23 juni 2017 (B.S. van 13 juli 2017) en verschillende uitvoeringsbesluiten en codes van goede praktijk.

Deze wetgeving omvat onder meer de volgende bepalingen:

- Een kaart van de bodemtoestand die alle goedgekeurde kadastrale percelen en degene waarvoor Leefmilieu Brussel over gecontroleerde informatie over de bodemkwaliteit beschikt, omvat. Opgelet: deze kaart bevat geen niet-geregistreerde gronden zoals wegen;
- De verplichting (eventuele vrijstellingen zijn mogelijk) om een verkennend bodemrapport (VB) uit te voeren in het kader van bepaalde gebeurtenissen, zoals een aanvraag voor een stedenbouwkundige vergunning (SV) / milieuvergunning (MV) voor handelingen of werken in contact met de bodem op meer dan 20 m² op een terrein dat in de inventaris van de bodemtoestand in categorie 0 of een categorie gecombineerd met 0 is opgenomen en waarop deze aanvraag betrekking heeft, of de ontdekking van een bodemverontreiniging.
- De behandeling van bodemverontreiniging, met inbegrip van het afgraven van verontreinigde grond of het oppompen van verontreinigd grondwater, moet het voorwerp uitmaken van een saneringsproject (SP) of risicobeheersproject (RBP) dat door LB conform is verklaard, of van een kennisgeving aan LB van een behandeling van beperkte duur (BBD).
- De bodemonderzoeken moeten uitgevoerd worden door deskundigen in bodemverontreinigingen de behandeling van verontreinigingen gebeurt door aannemers voor bodemsanering.

Daarnaast is ook de ordonnantie van 14 juni 2012 betreffende afvalstoffen (B.S. 27/06/2012) van kracht, met name wat afgegraven grond en gerecycleerde granulaten betreft. Meer informatie in de Code van goede praktijk inzake het gebruik van uitgegraven gronden en granulaten in of op de bodem.

Is infiltratie verboden op vervuilde grond? Dit zal afhangen van het soort verontreiniging (al dan niet uitloogbaar), de omvang en diepte van de verontreinigingsvlek, de concentratie, de aanwezigheid van verontreiniging stroomafwaarts, enz. In een aantal situaties kunnen oplossingen worden gevonden om infiltratie toch mogelijk te maken, bijvoorbeeld in geval PAK's en/of zware metalen afkomstig van aanaarding van slechte

⁵ <https://leefmilieu.brussels/themas/groene-ruimten-en-biodiversiteit/acties-van-het-gewest/natura-2000/werken-en-inrichtingen>

kwaliteit, bieden beplantesystemen voor geïntegreerd beheer garanties; ook kan worden gedacht aan insluitingsbarrières om plaatselijke verontreiniging te isoleren, ...

Om te garanderen dat een infiltratieproject geïmplementeerd kan worden indien er sprake is van bodemverontreiniging, kan voorafgaandelijk contact worden gelegd met de bodemfacilitator van Leefmilieu Brussel om na te gaan of bijkomende stappen (bv. een beoordeling van de verspreidingsrisico's door een bodemverontreinigingsdeskundige) nodig zijn om de haalbaarheid van het project te evalueren.

Infrastructuren in de ondergrond (metro, vroegere funderingen, nutsvoorzieningen, ...)

Alvorens de locatie van de voorzieningen voor waterbeheer te plannen, is het onder meer noodzakelijk om:

- Te weten in welke mate de ondergrond is ingenomen: aanwezigheid van diverse leidingen en nutsvoorzieningen, funderingen, ondergrondse constructies, enz.
- Rekening te houden met de aanwezigheid van bestaande of toekomstige bomen (de wortels niet beschadigen bij de plaatsing van de voorzieningen en/of ervoor zorgen dat de voorzieningen niet beschadigd worden als de bomen groeien).

Daarom moet worden geanticipeerd op toekomstige ingrepen, zodat deze de werking van de voorzieningen niet zullen verstoren en de continuïteit van de afvloeiing steeds gewaarborgd blijft.

Maar ook als er geen nutsvoorzieningen zijn, kunnen er oplossingen worden gevonden om deze infrastructuur te combineren met een geïntegreerd regenwaterbeheer. Infiltratie op het niveau van de greppels van het net blijft dus mogelijk, en de aanleg van een wadi boven een nutsvoorziening biedt het voordeel dat in geval van nood gemakkelijker toegang kan worden verkregen (wegopbreking wordt vermeden).

6.2. Inlichtingen in te winnen over of zich te inspireren op bestaande bouwwerken

Catalogus van voorbeeldwerken

Deze catalogus, gepubliceerd in 2014 en eveneens getiteld: "Regenwater, een troef voor de openbare ruimte - Studie naar vernieuwende projecten op het vlak van regenwaterbeheer in de openbare ruimte en op wegen", illustreert 60 werken en inrichtingen die in België en in de buurlanden werden uitgevoerd voor een geïntegreerd regenwaterbeheer. Elk bouwwerk, ingedeeld naar thema (openbare ruimten/wegen; pleinen/groene ruimten/voetgangerspaden, ontsluitingswegen, stadslanen, enz.) gaat vergezeld van twee beschrijvende fiches met bijzonderheden over uitvoering en onderhoud, en met de gegevens van de contactpersonen.

De catalogus is toegankelijk via het Documentatiecentrum van Leefmilieu Brussel:

http://document.environment.brussels/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=8507

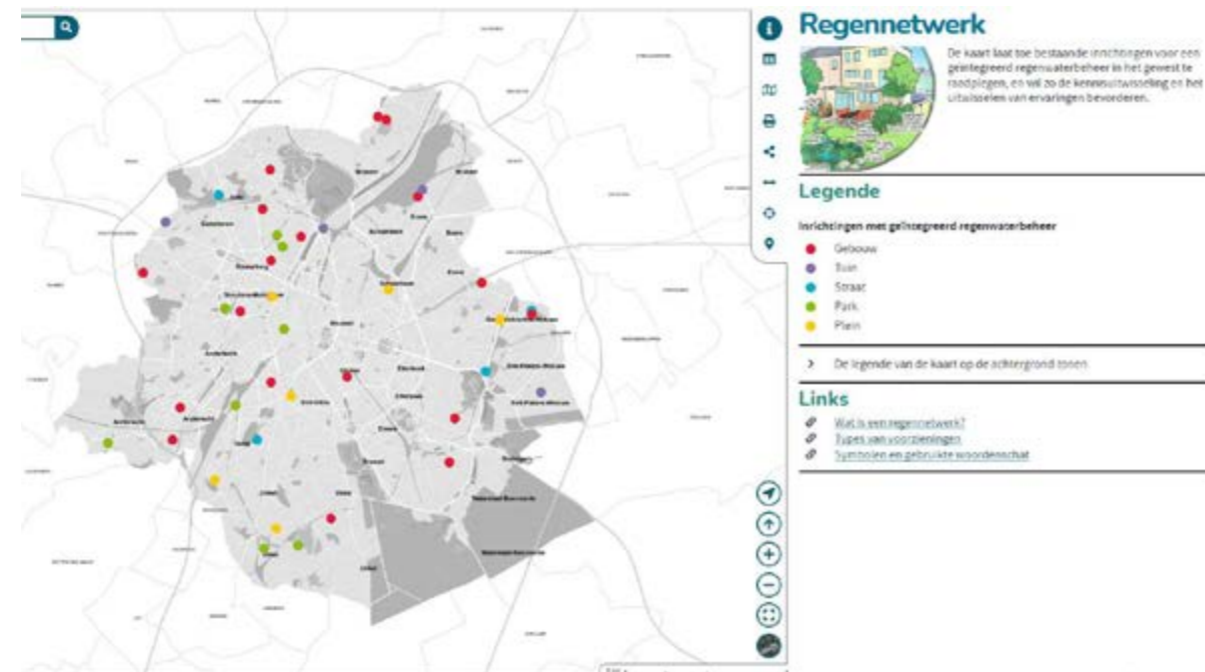
Portaal van de Gids duurzame gebouwen

Dit is een website die wordt beheerd door Leefmilieu Brussel om het ontwerp van duurzame gebouwen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest te ondersteunen en te stimuleren. Ze bevat praktische illustraties van de behandelde concepten en oplossingen aan de hand van casestudy's, de beschrijving van technische fiches betreffende meerdere inrichtingen, toegankelijk via de rubriek (inhoudstype) "Regenwater" op het portaal <https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/>

Daarnaast worden nieuwe voorzieningen periodiek online gezet; om op de hoogte te blijven, is het raadzaam u in te schrijven voor de nieuwsbrief.

De Regennetwerkkarta

Deze kaart, die door Leefmilieu Brussel ontwikkeld werd in samenwerking met de gemeenten, bevat een reeks voorbeelden van inrichtingen voor geïntegreerd regenwaterbeheer in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Bij elke inrichting worden, naast een locatie, illustraties en details gegeven over het project, de toegepaste soorten voorzieningen (wadi, droog bekken, filterstroken, ...), de bestaande hydraulische functie (infiltratie, buffering, evapo-transpiratie, enz.) en de andere functies die worden vervuld (kwaliteit, leefomgeving, natuur, enz.):



Illustratie van een zoekopdracht op de Regennetwerkkarta. Bron: geodata.environnement.brussels

Meer details op <https://leefmilieu.brussels/themas/water/professionelen-actie/inspirerende-projecten/de-regennetwerk-kaart>
Of directe toegang via <https://geodata.environnement.brussels/client/view/f82998f4-95d6-40dc-aa5d-25e25a399d3f>

Veelgestelde vragen (FAQ) over het onderwerp water

Deze tool, die in 2019 wordt gelanceerd, is bedoeld om de nadruk te leggen op bepaalde aspecten van waterbeheer, met name geïntegreerd beheer ("Wat is "geïntegreerd regenwaterbeheer van regenwater (GRB)?" of om specifieke vragen te beantwoorden ("Hoe kan ik geïntegreerd beheer in de praktijk brengen zonder of met weinig beschikbare groene ruimtes?")

De FAQ zijn te vinden op de pagina Water van de website van Leefmilieu Brussel of via de link <https://leefmilieu.brussels/themas/water/professionelen-actie/tools-en-begeleiding/faqs>

6.3. Een intelligent en duurzaam geïntegreerd regenwaterbeheer ontwerpen

Voornaamste inrichtingsprincipes

Om een intelligent en duurzaam geïntegreerd regenwaterbeheer te ontwerpen, moet men een aantal basisprincipes kennen/toepassen:

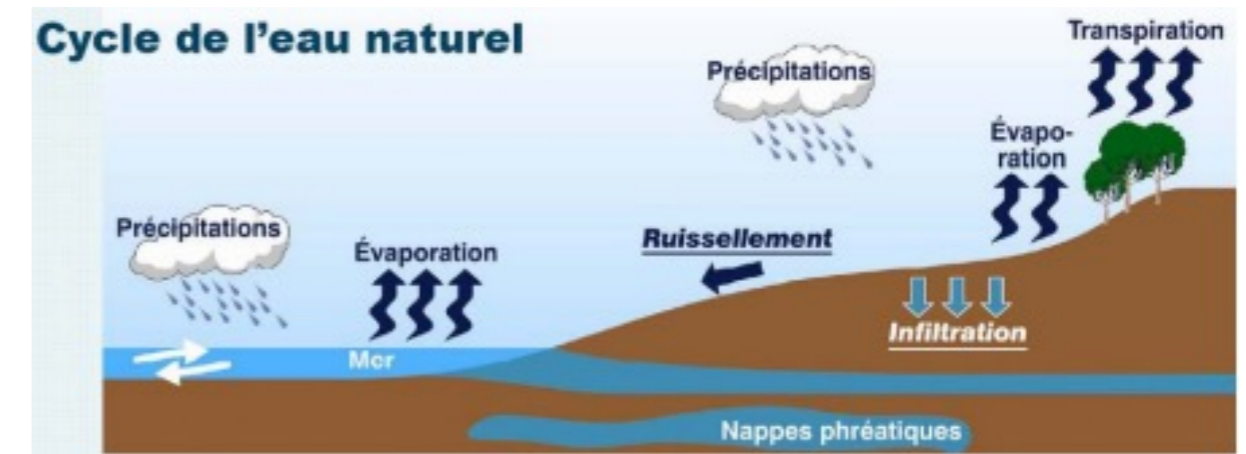
1. Streven naar nulozing en de hiërarchie van de afvoerkanalen respecteren

Onder een doelstelling van "nulozing" wordt verstaan dat elke lozing van regenwater in de riolering wordt vermeden. Behalve in bijzondere gevallen zal een geïntegreerd regenwaterbeheer er daarom op gericht zijn het water op te vangen, op te slaan, te infiltreren en te laten verdampen op de plaats waar het valt. In de praktijk komt deze doelstelling neer op het dimensioneren van de bouwwerken om een grote regenval te kunnen opvangen (zie punt 0). Dit "niet-aangesloten" beheer vereenvoudigt het project aanzienlijk, zowel tijdens de inrichting ervan (minder interacties vereist) als voor het onderhoud (geen leidingen en moeilijk toegankelijke ondergrondse aansluitingen). Op deze manier wordt ook vermeden

dat de hydraulische situatie stroomafwaarts van het project verslechtert en worden de gevolgen voor het natuurlijke milieu aanzienlijk beperkt (vermindering van de overstorten in waterlopen, enz.).

Indien om gegronde redenen niet al het water dat op het perceel (met inbegrip van de openbare ruimte waarop het project betrekking heeft) wordt opgevangen daar kan worden beheerd, moet de voorkeur worden gegeven aan het lozen van de overloop in een oppervlaktewater (waterloop, vijver, kanaal, enz.), indien dit zich in de buurt bevindt. Zo niet, dan wordt geloosd in een eventuele collectieve beheervoorziening (stroomafwaarts aanwezig en in staat om extra volume op te vangen).

Door het regenwater zo dicht mogelijk bij de plaats waar het valt te laten infiltreren of het in oppervlaktewater te lozen, kan de natuurlijke watercyclus worden gerespecteerd, de aanvulling van de grondwaterlagen worden verzekerd en kunnen aanzienlijke kosten voor het beheer van dit water stroomafwaarts van uw project worden vermeden.



Schema van de natuurlijke watercyclus. Bron: V. MAHAUT, Aperçu des techniques et procédés de gestion du cycle de l'eau, presentatie seminarie facilitator duurzame wijken, BIM, 8 december 2008.

Afvoer naar de riolering kan alleen als laatste redmiddel worden overwogen.

In alle gevallen is voor lozingen buiten het perceel (hier opgevat als de openbare ruimte waarop het project betrekking heeft, of het nu gaat om een weg, een plein, een park, enz.) het advies nodig van de netbeheerder (waterloop, kanaal, riool, enz.), die onder meer een gereguleerd lozingsdebiet kan vastleggen.

2. Zoeken naar de meest verspreide oppervlakte-infiltratie die een besproeiingscyclus het dichtst benadert

De beoordeling van de doorlatendheid is slechts een kwestie van oppervlakte.

Als de doorlatendheid, berekend in meter/seconde, vermenigvuldigd wordt met een oppervlakte, geeft dit een lekdebiët als resultaat. Het opslagvolume gedeeld door het lekdebiët maakt het mogelijk de ledigingstijd te bepalen.

$$\text{LEKDEBIËT} = \text{OPPERVLAKKE} \times \text{HYDRAULISCHE GELEIDBAARHEID}$$

(variabel) (gemeten)

$$\text{DUUR VAN DE LEDIGING} = \frac{\text{BUFFERVOLUME}}{\text{LEKDEBIËT}}$$

Hier hebben we de twee vergelijkingen die bepalend zijn voor het ontwerp van een project, maar in tegenstelling tot de traditionele oplossingen stellen wij voor de prioriteiten om te keren door eerst de ledigingstijden te bepalen, gelet op het gebruik van het terrein, en vervolgens op basis van deze ledigingstijden en de doorlatendheid de noodzakelijke oppervlakte te bepalen.

3. De grond zo veel mogelijk ontharden

Alvorens oplossingen voor te stellen om regenwater te vertragen en te laten verdampen en infiltreren aan de bron, moet eerst worden overwogen de bodem zoveel mogelijk te ontharden om de hoeveelheid (volumes en debieten) van het te beheren water te beperken.

Door de doorlatendheid van de bodem zal een deel van het afvloeiingswater immers direct op de plaats waar het valt kunnen worden geïnfiltreerd (neerslag met geringe intensiteit), op een wijze die vergelijkbaar is met die in een natuurlijk gebied. Dit wordt ook wel "ontharding" genoemd, met als doel ondoorlatende oppervlakken tot een strikt minimum te beperken.

Type verharding*	Asfalt	Open asfalt	Beton	Draineerbeton	Klinkers met cementvoegen	Klinkers met poreuze voegen
Prijs per m ² (in euro)	12	13/14	45	47	42	42

Vergelijking van doorlatende en ondoorlatende types verharding met dezelfde dikte. Bron: INFRA Services 2017.

Bij het vaststellen van de ledigingstijd moet ook rekening worden gehouden met het feit dat de watervolumes die voor de dimensionering in aanmerking worden genomen, overeenkomen met extreme regenval, die zich niet vaak voordoet (TR100, TR20, ...); het gaat er dus om deze ledigingstijd vast te stellen in samenhang met het gebruik van de plaats en de zeer occasionele aanwezigheid van een tijdelijk wateroppervlak (zie hieronder).

Meestal varieert de doorlatendheid van de bodem van 10-6 m/s tot 10-7 m/s, hetgeen grote zorgvuldigheid vereist bij het ontwerp en een duidelijke benadering van de infiltratieoppervlakken. Wij bevelen aan (behalve in bijzondere gevallen) dat de infiltratieoppervlakken die overeenkomen met elk impluvium (gedraineerd bijdragend gebied) worden geregistreerd met een waarde onder de 10 (d.w.z. een minimaal infiltratiegebied van ten minste 10% van de totale oppervlakte):

$$\text{GEDRAINEERD OPPERVLAKKEN} = \text{INFILTRATIEOPPERVLAKKEN}$$

Er bestaan momenteel veel doorlatende en poreuze wegverhardingen die ondoorlatende verhardingen efficiënt kunnen vervangen (poreus beton en asfalt, grind, klinkers met poreuze voegen (zand, begroeid, enz.) of klinkers zonder voegen, enz.) Deze verhardingen zijn momenteel niet duurder meer dan soortgelijke ondoorlatende verhardingen:

Onderstaande foto's tonen enkele voorbeelden van de aanleg van een drainerende verharding in betonklinkers:



Voorbeeld van de aanleg van een drainerende verharding in betonklinkers met verbrede voegen (Vrijheidslaan) © Brussel Mobiliteit.



Voorbeeld van een drainerende verharding in betonklinkers met verbrede voegen, opgevuld met grind (Luik) © Ecorce.



Voorbeeld van een drainerende verharding in grasklinkers © Ibram Nobels.



Voorbeeld van een drainerende bestrating in betonklinkers met een drainageopening © Ecorce.

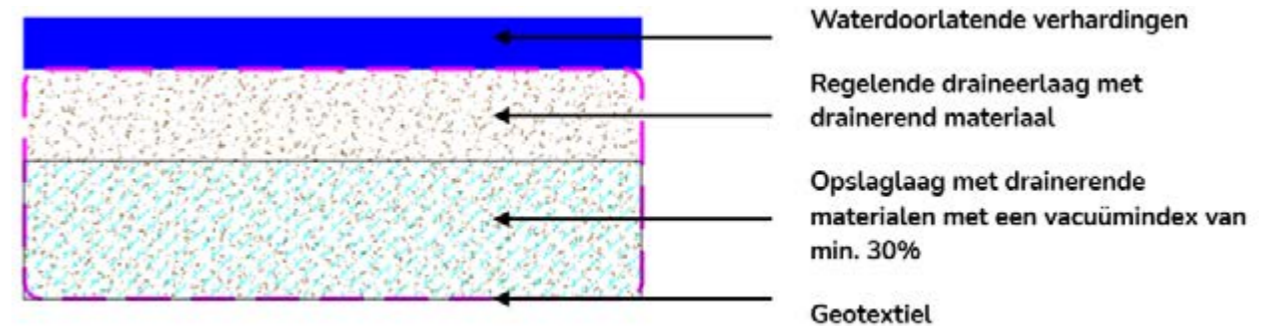
Meer voorbeelden en details over afmetingen en plaatsing zijn te vinden in "Dossier 05 - Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen" van het OCW (beschikbaar op: <https://brrc.be/nl/expertise/expertise-overzicht/waterdoorlatende-bestratingen>).

Als dergelijke doorlatende verhardingen zonder vertragsinrichtingen worden gebruikt, dient hun nut bij hevige regenval wel bekeken te worden. Dit type verharding blijft namelijk zeer doeltreffend bij lichte tot gemiddelde regenval, maar minder bij zwaardere regenval. Deze verhardingen laten immers toe het afvloeiingswater te infiltreren en/of te laten verdampen en zullen het dus mogelijk maken lichte tot matige regenval op te vangen. Bij zeer hevige regenval, wanneer de onderste fundering zelf niet voldoende waterdoorlatend is, raken deze voorzieningen echter verzadigd en kunnen zij hydraulisch transparant worden (tijdelijk "ondoorlatend" voor afvloeiing), waardoor het risico op overstromingen en overlopen van de riolering toeneemt.

Idealiter zouden deze doorlatende verhardingen dan ook gecombineerd moeten worden met vertrags- en infiltratievoorzieningen:

Zo zal het bij de aanleg van een doorlatende verharding ter hoogte van parkeerplaatsen of rijwegen bijvoorbeeld veel interessanter zijn deze te koppelen aan een draineerbed, waardoor het afvloeiingswater na lozing via de poreuze verharding kan worden vertraagd en kan infiltreren (waardoor het grootste deel van de rioolkolken en lozingsmonden overbodig zou worden).

Door de bodem te ontharden en de ondoorlatendheid te beperken, kan de afvloeiing aan de bron en de hoeveelheid te beheren regenwater worden verminderd. In de eerste plaats moet bij alle inrichtings- en herkwalificatieprojecten rekening worden gehouden met het behoud van zones in volle grond, of zelfs met ontharding. Waar dit niet mogelijk is, kan de aanleg van doorlatende bestrating de effecten van de bodemverharding afzwakken. Het is echter van belang rekening te houden met het probleem van de vertraging van het afvloeiingswater bij hevige regenval. Voor een maximale efficiëntie moeten doorlatende verhardingen dan ook worden gecombineerd met vertrags- en infiltratievoorzieningen.



Principe van opvang door middel van een poreuze verharding. Bron: INFRA Services.

4. Het water niet bewegen door de voorkeur te geven aan een beheer zo dicht mogelijk bij de plaats van de neerslag

Door het regenwater zo dicht mogelijk bij de plaats van neerslag op te vangen, wordt de snelheid van het water sterk vertraagd en hierdoor worden de afvloeiing en daardoor ook de vervuilende belasting maximaal. Dit staat bekend als beheer "op het perceel." In de kaderordonnantie Water worden alle particuliere en publieke eigenaars herinnerd aan dit beheer "op het perceel" (artikel 18). Dit zal het ook mogelijk maken om het water een plaats te geven in de samenstelling van het project. In de huidige context wordt onder het perceel verstaan de openbare ruimte waarop het project betrekking heeft, of het nu gaat om een weg, een plein, een park, enz.

5. Voorzieningen voor waterbeheer niet "ingraven" en zoeken naar een opslag zo dicht mogelijk tegen de oppervlakte

De opvang van regenwater "aan de oppervlakte" zal altijd efficiënter zijn.

Het opvangen van regenwater via kolken en mangaten vereist namelijk de installatie van leidingen die moeten voldoen aan precieze technische regels, zoals minimale bedekkingen om te voorkomen dat zij verbrijzelen. Ook moeten de nutsvoorzieningen en andere bouwwerken aan de oppervlakken, zoals elektriciteit, gas, drinkwater, verlichting, enz. gekruist worden.

Wanneer het regenwater dus in deze structuren terechtkomt, is het dus reeds 0,6 tot 1,5 m diep "ingegraven", geconcentreerd, en zullen er dus diepliggende structuren nodig zijn voor de infiltratie, meestal (behoudens plaatselijke bijzonderheden) in minder doorlatende bodems, hetgeen moeilijkheden zal opleveren op het vlak van controle en de virtuele onmogelijkheid om deze infiltratieoppervlakken uit te breiden zoals dit aan de oppervlakte mogelijk zou zijn geweest.

In deze omstandigheden is "nullozing" bijna onmogelijk te bereiken en lijkt debietregulering de enige mogelijkheid.

Dit leidt dus tot de noodzaak te zoeken naar een zo ondiep mogelijk beheer (opslag, mogelijke paden, enz.).

Merk ook op dat de concentratie van water ernstig afbreuk doet aan de kwaliteit ervan en soms zelfs een behandeling vereist of kostbare voorzieningen, in termen van investering en onderhoud, voor filtratie vóór lozing in retentiewerken, bezinking, filters, enz. Dit is niet het geval bij **oppervlaktebeheer, omdat daarmee een voldoende grote verhouding tussen actieve en bijdragende oppervlakken kan worden gehandhaafd om kwalitatief waterbeheer mogelijk te maken** (cf. Hoofdstuk Verontreinigende stoffen afkomstig van afvloeiing behandelen en tot een minimum beperken).

6. Eenvoudige en duurzame bouwwerken verwezenlijken

Geïntegreerd beheer van het regenwater moet gepaard gaan met een vereenvoudiging van de bouwwerken die voor hun primaire functie zijn ontworpen en met een vermindering van de onderhoudskosten.

Een geïntegreerd beheer maakt het mogelijk eenvoudige structuren te ontwerpen en aldus complexe bouwwerken waarvoor grote grondwerken, netwerken voor het vervoer van het water, filters en meestal debietregelaars nodig zijn overbodig te maken.

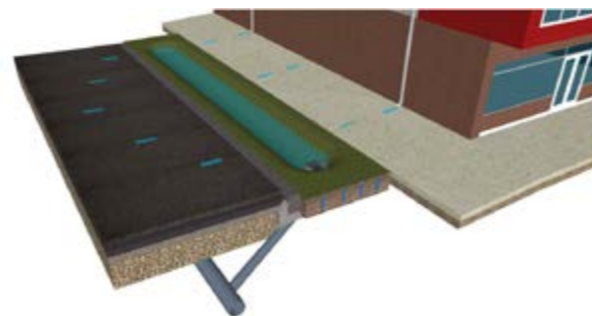
Deze complexe bouwwerken zijn kwetsbaar, moeilijk te installeren, vaak op een niet-standaardmanier uitgevoerd met mondstukken die moeilijk te kalibreren zijn, vooral voor kleine debieten, en moeilijk te onderhouden. Bovendien vragen ze veel onderhoud en behandeling.

7. Een plaats of een bouwwerk dat reeds een primaire functie heeft, gebruiken om er een aanvullende hydraulische functie aan te geven

Hier gaat het er niet meer om specifieke structuren voor water te creëren, maar om een andere structuur, een andere plaats te gebruiken om er een tweede functie voor te creëren: de hydraulische functie.

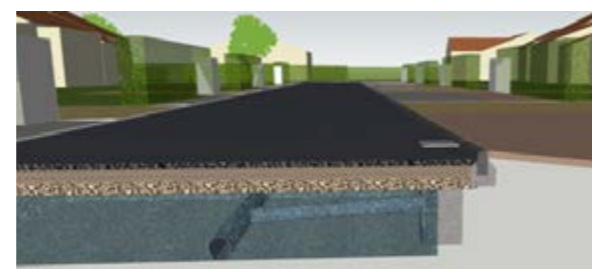
Er wordt niet meer ruimte in beslag genomen dan het project kan bieden: men spreekt dan van de multifunctionaliteit van de bouwwerken genoemd.

Aangelegde groenstroken blijven groenstroken, maar worden, licht uitgegraven, voorzieningen voor vertraging en infiltratie.



Voorbeelden van de aanleg van een wadi. Bron: INFRA Services.

Wegen blijven in de eerste plaats wegen, maar kunnen in sommige gevallen wegen met reservoirs worden wanneer hun structuur bestaat uit drainagegrind.



Voorbeelden van de aanleg van een weg met reservoir. Bron: INFRA Services.

Deze multifunctionaliteit betekent ook dat het niet nodig is te voorzien in specifiek onderhoud voor het regenwaterbeheer, maar wel om de structuren te beheren en te onderhouden voor hun primaire functie, met aandacht voor het water (bv. groene ruimtes, weg, enz.).

8. Prioriteit geven aan het beheer van groene ruimten

Het is belangrijk op te merken dat het altijd interessanter zal zijn om het regenwater aan de oppervlakte en in beplante groene ruimten te beheren, en wel om verschillende redenen:

- Het beheer van regenwater aan de oppervlakte is altijd economischer dan het beheer ervan in de diepte;
- Het is interessant gebruik te maken van de buffercapaciteit van de bodem en de filtratie- en evapo-transpiratiecapaciteit van het complex water/bodem/planten;
- De doorlatendheid zal in de meeste gevallen beter zijn aan de oppervlakte, en er zal worden gestreefd naar een maximale infiltratie in de teelaarde om het afvloeiingswater los te koppelen;
- De groene ruimten van het type beplante wadi zullen de verontreinigingen die zich in het afvloeiingswater kunnen bevinden extra kunnen zuiveren;
- Het creëren van een ecosysteem van water-bodem-planten in een stedelijke omgeving is zeer interessant vanwege de mogelijkheid tot ontwikkeling van de biodiversiteit, ecologische continuïteit, het creëren van koelte-eilanden en de verbetering van de leefomgeving/stedelijke veerkracht;
- Visuele controle, interventies en onderhoud zijn gemakkelijker bij voorzieningen aan de oppervlakte.



Voorbeelden van wegaanleg met aangrenzende beplante wadi's. Bron: fotobank INFRA Services.

Enkele cijfers om te onthouden:

- 1 m³ in de open lucht (groene ruimte) behandeld water kost € 20 tot 50/m³, afhankelijk van de aard van de bodem en de kwaliteit van de beplanting.
- 1 m³ water behandeld in een drainagesleuf of een weg met reservoir kost € 120 tot 160/m³ opgeslagen water, afhankelijk van de multifunctionaliteit van de werken, de aard van het drainagegrind en de bijbehorende werken.
- 1 m³ water opgeslagen in een overgedimensioneerde leiding, een ultralichte alveolaire structuur (SAUL), kost € 300 tot 400/m³ opgeslagen water, afhankelijk van de methode om het water naar deze speciale structuren te transporteren, de extra uitrusting (filtratie, debietregeling, enz.).
- 1 m³ water opgeslagen in een structureel bekken kost 1000 tot 1500 €/m³.

9. Geen water van de ene structuur naar de andere overbrengen

De kwaliteit van het regenwater wordt sterk beïnvloed door troebelheid en afvloeiing. Het water zo dicht mogelijk bij de plaats houden waar het valt, en het water niet van de ene structuur naar de andere verplaatsen, heeft als doel:

- het water in de daarvoor bestemde bouwwerken te laten bezinken;
- niet te investeren in (over)gedimensioneerde doorgangswerken als zodanig, d.w.z. meestal leidingen;
- de structuren niet te vermenigvuldigen, d.w.z. een doorgangsstructuur ("alibiwadi" - zie hieronder) en dan nog een opslagstructuur, en de doorgangs- en opslagfuncties in één enkele structuur onder te brengen.

De gevolgen, in termen van waterkwaliteit, profielen van de bouwwerken, en dus van investerings- en onderhoudskosten, zijn vrij aanzienlijk voor een onbevredigend landschappelijk resultaat.



Voorbeelden van slechte en goede realisaties. Bron: INFRA Services.

10. Ervoor zorgen dat rekening wordt gehouden met periodes van uitzonderlijke regenval of dagelijkse regenval

Als basis voor de dimensionering moet uitgegaan worden van conservatieve hypothesen worden gehanteerd, vooral voor wat die van een periode met zware regenval betreft. Aldus, waar de situatie het toelaat (aanwezigheid van voldoende infiltratieoppervlak, ...), een neerslag met een terugkeertijd van 100 jaar voor de meest schadelijke regenduur (gedefinieerd volgens de statistische neerslagwaarden).

Deze aanpak van de regen zal niet leiden tot een grote toename van de omvang (en dus van de kosten) van de werken, maar zal het mogelijk maken een veiligheidsmarge in de installatie in te bouwen. De extra kosten voortvloeiend uit een hogere veiligheidsnorm (bv. TR100 in plaats van TR20), waarmee rekening moet worden gehouden bij de dimensionering van hetzelfde bouwwerk zullen immers gering zijn in vergelijking met de milieuwinst. Deze noodzaak om bij de dimensionering van de bouwwerken rekening te houden met periodes met hevige regenval heeft tot doel de kans op herhaling van deze periodes te verminderen, te anticiperen op recente klimaatveranderingen maar ook minder kwetsbaar te zijn voor realisatierisico's (zie kader hieronder).

Bij wijze van voorbeeld van een realisatierisico: het verdient de voorkeur bij de dimensionering van de structuren niet systematisch uit te gaan van optimistische hypothesen, zoals draineergrind met een caviteitsindex van 40 tot 45 %, maar uit te gaan van grind met een caviteitsindex van 30 %, in aanmerking nemend dat het mogelijke overschot een realisatierisico vertegenwoordigt. Aanbevolen wordt de op de plannen vermelde volumes met 10-15% te verhogen om rekening te houden met realisatierisico's en de vermindering van volumes door in de werken geïnstalleerde specifieke inrichtingen.

11. Een ledigingstijd bepalen in functie van de neerslagperiode, de bestemming en het ontwerp van het bouwwerk, en niet op een empirische basis

Meestal zijn de ledigingstijden gebaseerd op aanbevelingen of praktijken die, om historische redenen, de neiging vertonen de ledigingstijden te verkorten, vaak met bijna 24 uur.

Als argument wordt dan ingeroepen dat de operatie op deze manier niet kwetsbaar is als de periode van regenval zich herhaalt. Dat klopt, maar ze is wel kwetsbaar bij heviger en steeds frequenter wordende regenval.

Bij geïntegreerd regenwaterbeheer wordt een andere aanpak gehanteerd, waarbij rekening wordt gehouden met periodes van zware regenval (zie 0) en dus een veel kleinere kans op herhaling. Langere ledigingstijden worden dan een mogelijkheid.

Voor elk project moet dus rekening worden gehouden met het gebruik van het terrein en de verenigbaarheid van de verharding en de beplanting (hoe dichter de beplanting, hoe beter het bouwwerk bestand is tegen een occasionele overstroming) met een korte (1 dag onder een wateroppervlak) of een lange (4 à 5 dagen onder een wateroppervlak) ledigingstijd.



Voorbeelden van aanpassing van de ledigingstijden. Bron: INFRA Services.

Specifieke technische voorschriften

Te respecteren (verticale) afstand tot de grondwaterlaag

In het algemeen varieert het piëzometrische niveau ruimtelijk en in de tijd binnen eenzelfde watervoerende laag. Wat het freatisch systeem betreft: de piëzometrische variaties zijn over het algemeen zwakker in de nabijheid van de stroomafwaartse grenzen van de grondwaterlaag die worden gekenmerkt door de aanwezigheid van drainerende elementen (zoals waterlopen, bijvoorbeeld de Zenne) en worden de variaties daarentegen groter naarmate men zich van deze grenzen verwijderd, hogerop in de richting van de Brusselse plateaus.

Als eerste stap, en om de pre-haikbaarheid van natuurlijke infiltratie van regenwater te beoordelen, dienen de volgende kaarten te worden geraadpleegd:

- Grondwater: piëzometrische en kwaliteitsgegevens beschikbaar op de website van Leefmilieu Brussel op de volgende link: <https://geodata.leefmilieu.brussels/client/view/b4231044-be68-4a1a-bf98-9e5397bb5324>.
- Hydrogeologie beschikbaar op de website van Leefmilieu Brussel op de volgende link: <https://geodata.leefmilieu.brussels/client/view/82645188-dd20-430c-b1d1-df-829c94dc1d>;

Dit zijn de uitbreidingen en piëzometrische niveaus van de belangrijkste Hydrogeologische Eenheden die in Brussel aanwezig zijn (HE/BHG). De piëzometrische niveaus, berekend voor de referentieperiode "mei 2013", zijn gebaseerd op door Leefmilieu Brussel ontwikkelde modellen.

In een eerste benadering, gebaseerd op de kaart, zijn er twee mogelijkheden:

- Diepte van de grondwaterspiegel geraamd door modellen > 4 meter: het project wordt niet beïnvloed door een grondwaterlaag die zich net onder de oppervlakte bevindt. De pre-haikbaarheid van natuurlijke infiltratie van regenwater kan als positief worden beschouwd, er dienen geen bijzondere maatregelen te worden overwogen.
- Diepte van de grondwaterlaag geschat met modellen < 4 meter: het project betreft een gebied of bevindt zich in een gebied waar de grondwaterlaag zich onder de oppervlakte kan bevinden en er zal aanvullende informatie moeten worden verzameld (aard van de betrokken bodemlagen, piëzometers in het gebied, ...).



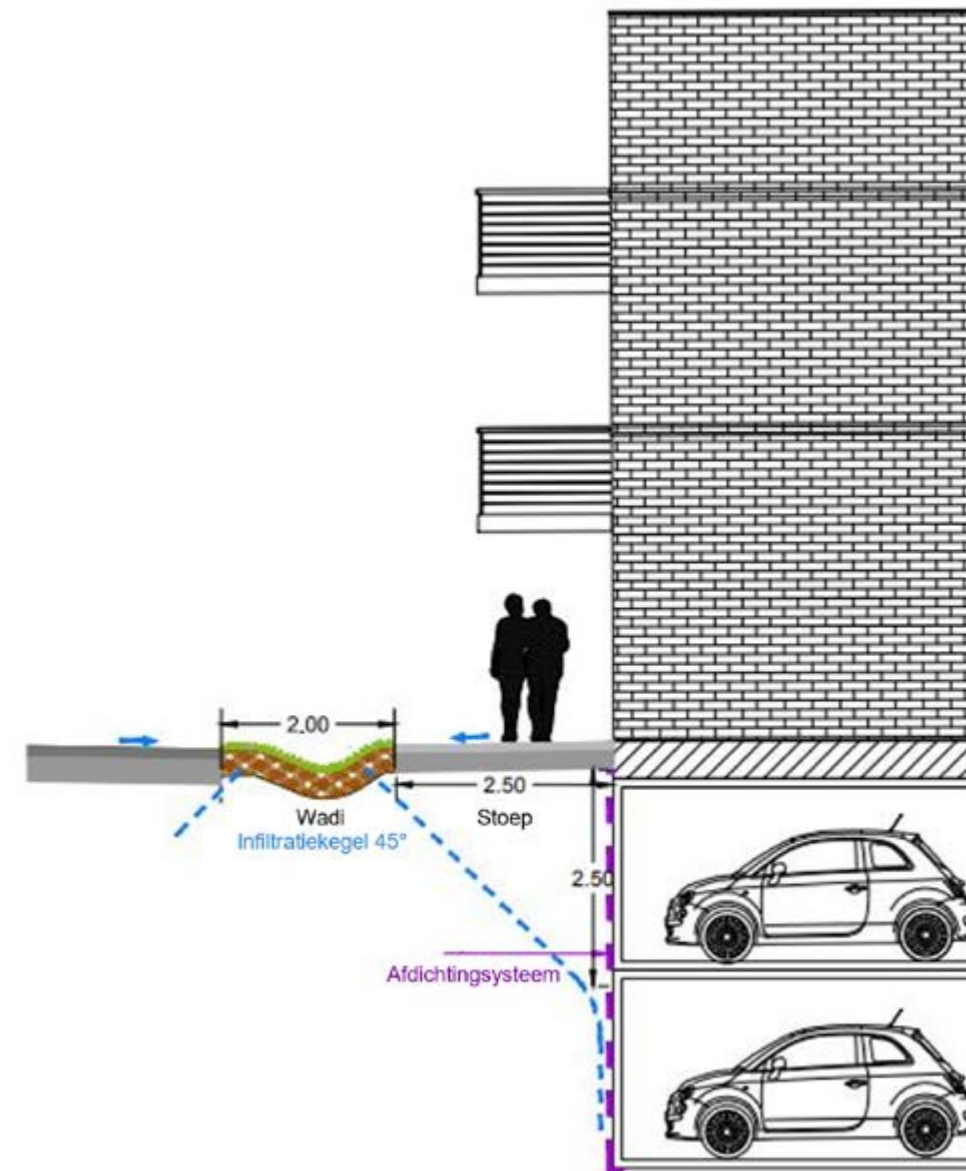
Voorbeeld van een piëzometer waarbij het piëzometrisch niveau wordt gemeten met een manuele sonde. Bron: Leefmilieu Brussel.

Om een efficiënte infiltratie mogelijk te maken en ook maar het kleinste risico op bodem- en grondwaterverontreiniging te voorkomen, moet de bodem van elk bouwwerk voor regenwaterbeheer dat infiltratie van het regenwater mogelijk maakt, minstens 1 meter boven de hoogste stand van de grondwaterlaag worden geplaatst.

Te respecteren (horizontale) afstand tot gebouwen (bestaand of gepland)

Nieuwe gebouwen:

Nieuwe gebouwen vormen geen probleem voor infiltratievoorzieningen, maar het muurniveau moet in ieder geval tegen overmatige bevochtiging worden beschermd door een doeltreffende muurbekleding die voorkomt dat regenwater langs de bovenkant van de muur insijpelt.



Principeddoorsnede - waterdichtingsmembraan langs een kelderverdieping. Bron: INFRA Services.

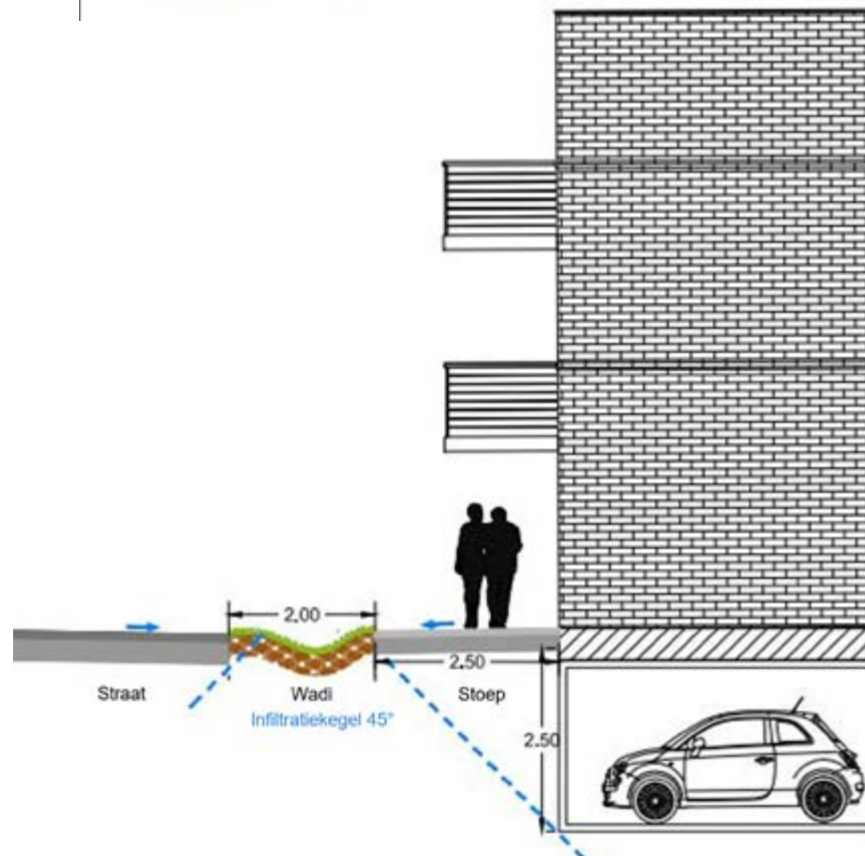
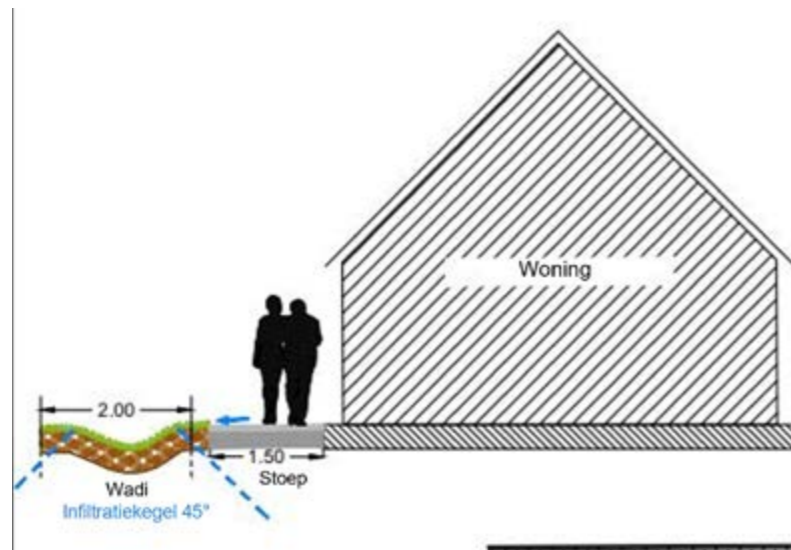
Oude gebouwen:

Het Brusselse Gewest telt talrijke gebouwen van uiteenlopende ouderdom waarmee rekening moet worden gehouden bij de heraanleg van de wegen die deze gebouwen bedienen, met name wanneer het project het beheer van regenwater door middel van geconcentreerde infiltratie omvat.

Oudere gebouwen hebben geen enkele bescherming tegen afvloeiing van het grondwater (bv; niet afgedichte kelders, enz.), zodat kelders en kelder verdiepingen kunnen overstromen, wat ongewenst is.

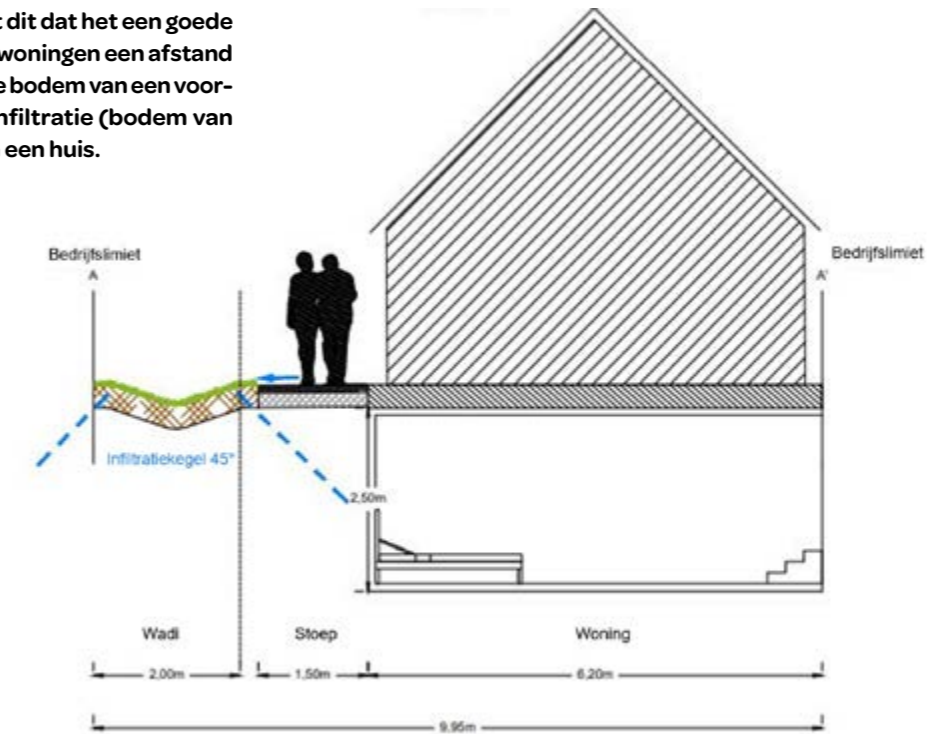
In de eerste plaats moet bij de analyse van het dossier onderscheid worden gemaakt tussen geconcentreerde infiltratie, waarvoor een structuur met een opslagfunctie nodig is (wadi, regentuin, bergingskrat), en verspreide infiltratie (plaatsing van doorlaatbare verharding om het afvloeien te beperken), waarbij het risico voor het gebouw uiteraard niet hetzelfde is.

Om elk risico op infiltratie in de funderingen van oude gebouwen te voorkomen, moet de voorziening voor geconcentreerde infiltratie op een afstand worden geplaatst, onder een hoek van ten minste 45°:



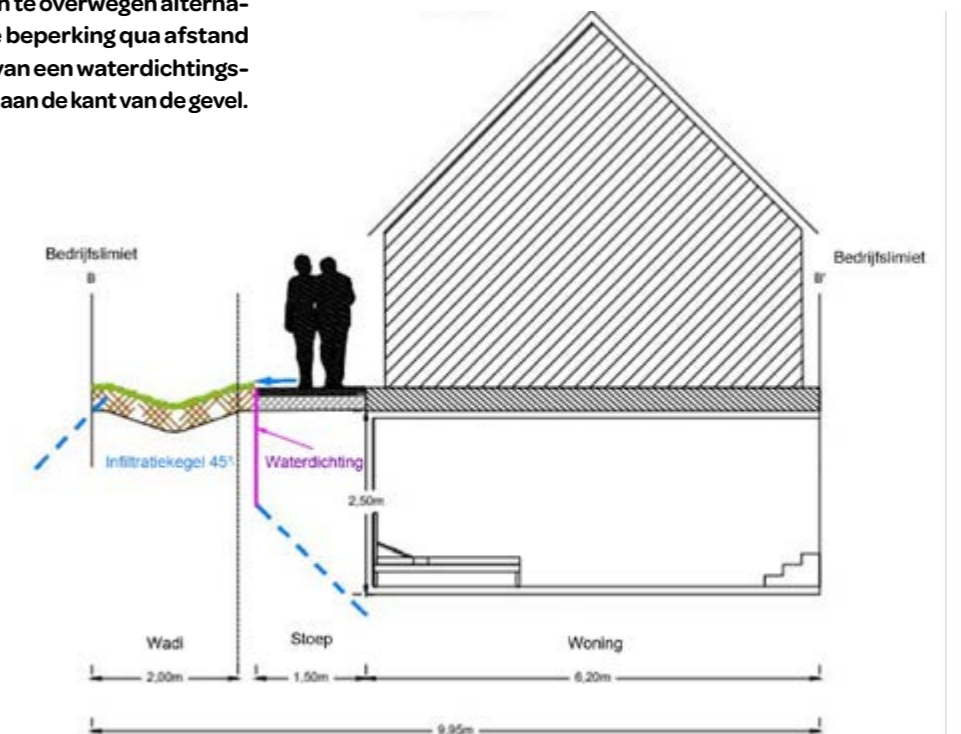
Minimale veiligheidsafstanden tussen gebouwen en structuren voor regenwaterbeheer - gebouw met parking (INFRA Services).

In de Brusselse context betekent dit dat het een goede praktijk is om bij oude eengezinswoningen een afstand van 1,5m aan te houden tussen de bodem van een voorziening voor geconcentreerde infiltratie (bodem van een wadi) en de funderingen van een huis.



Minimale veiligheidsafstand tussen gebouwen en structuren voor regenwaterbeheer (INFRA Services).

Een iets duurder maar technisch te overwegen alternatief voor de beheerder om deze beperking qua afstand te omzeilen, is het aanbrengen van een waterdichtingsmembraan langs de voorziening, aan de kant van de gevel.



Alternatieve oplossing - waterdichting ter hoogte van structuur voor waterbeheer (INFRA Service).

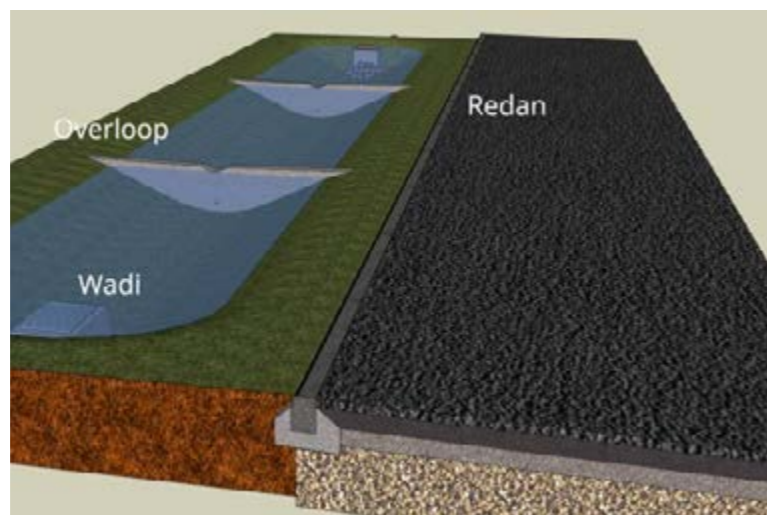
Rechtstreekse lozing in oppervlaktewater

Om de voorwaarden voor rechtstreekse lozing van regenwater in oppervlaktewater te bepalen, moet altijd vooraf advies worden ingewonnen bij de beheerder, onder meer:

- de haven van Brussel voor lozingen in het Kanaal;
- de waterloopbeheerder voor lozingen in waterlopen en vijvers (Leefmilieu Brussel, gemeente of eigenaar/beheerder naargelang de ligging van de waterloop of de vijver);
- enz.

Deze zal beoordelen of het al dan niet noodzakelijk is te voorzien in een lozing met gereguleerd debiet.

Bijzonder geval van gebieden met risico op fluviale overstrooming (zie deel 1): **er is in deze zones a priori geen behoefte aan debietregeling**, integendeel, het is beter dat het water zo snel mogelijk afgevoerd wordt voor het water begint te stijgen ten gevolge van het stroomgebied stroomopwaarts.



Voorbeelden van wadi's met schotten. Bron: INFRA Services.

Beheerstructuren inrichten op een hellend terrein

Zelfs op een hellend terrein kan de invoering van een vertraging van het regenwater volgens het principe van geïntegreerd beheer worden overwogen.

Een groene ruimte aan de rand van een hellende weg kan bijvoorbeeld heel goed een landschapswadi (een lichte uitholling in een strook in het landschap) van enkele centimeters hoog bevatten om gewone regenbuien op te vangen, te vertragen en vervolgens af te voeren.

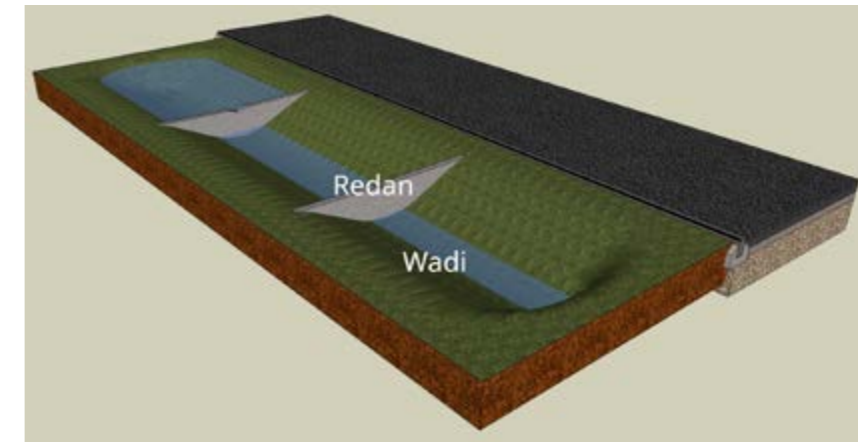
Om zich zoveel mogelijk te bevrijden van de bestaande helling en om de vertraging en bezinking van het regenwater over de gehele lengte van de wadi zo groot mogelijk te maken, moeten in de wadi schotten aangebracht worden.

Deze schotten kunnen, afhankelijk van de verwachte esthetische en economische resultaten, worden gemaakt van beton, takkenbundels (hout), teelaarde of een ander materiaal dat wordt gebruikt om water vast te houden.

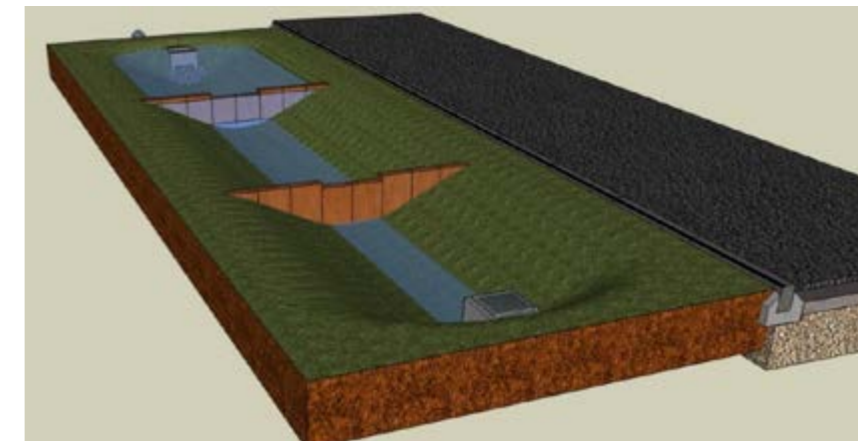
Geraamde kosten voor de plaatsing van dit type structuur*:

Type uitsprong	Beton	Takkenbundel	Teelaarde
Prijs per strekkende meter (in euro)	100-250	100-200	50-100

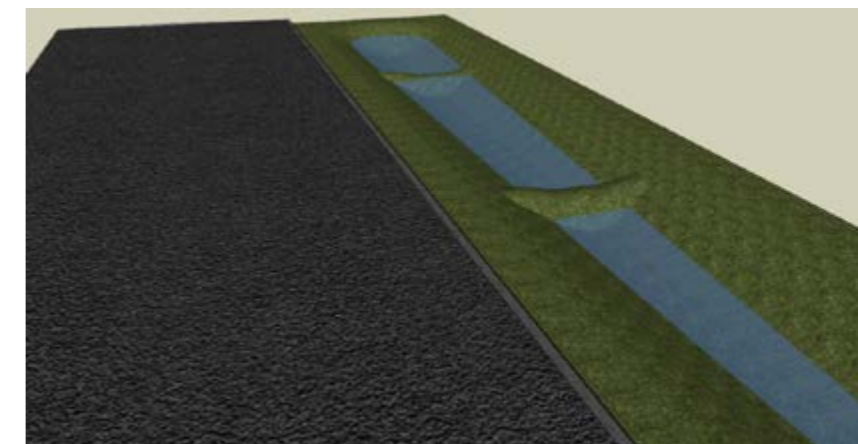
*elk van de in deze tabel vermelde kosten wordt gegeven ter informatie, geldt voor een standaardwadi van 40 cm nuttige hoogte en is gebaseerd op de ervaring van het projectmanagement van Infra Services.



3D-weergave van een wadi met betonnen schotten. Bron: INFRA Services.

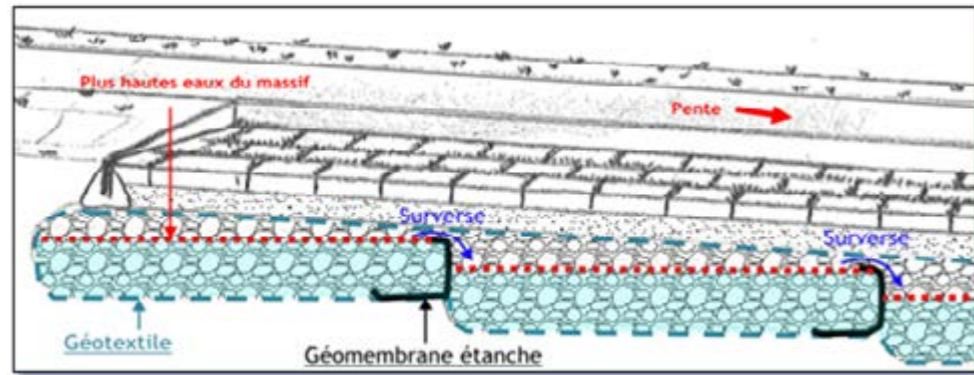


3D-weergave van een wadi met houten schotten. Bron: INFRA Services.

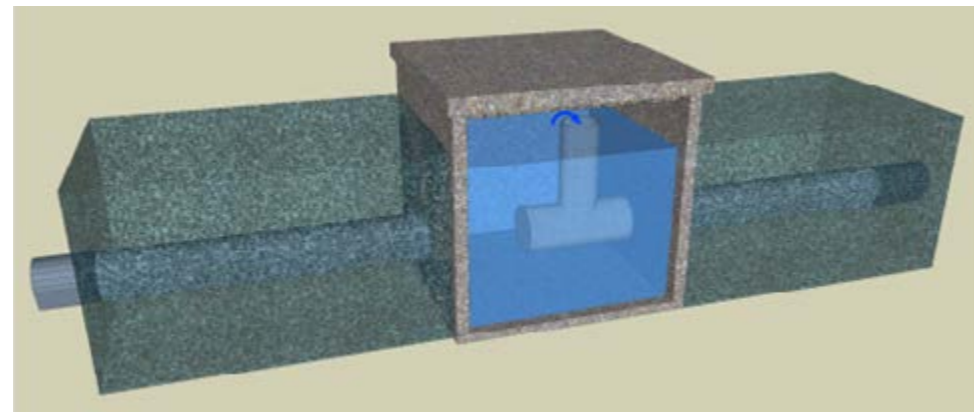


3D-weergave van een wadi met schotten uit aarde. Bron: INFRA Services.

Net als bij wadi's is het noodzakelijk om drainerende massieven op te delen in de helling voor zo groot mogelijke vertragsvolumes, als de helling niet toelaat heel de structuur "op een vlak" te plaatsen. Dit kan worden bereikt door het installeren van waterdichte geomembranen en mangaten met overlooppipen.



Principe van schotten in een drainerend massief via een waterdicht geomembraan. Bron: INFRA Services.



Principe van schotten in een drainerend massief via een mangat met overloopschoorsteen. Bron: INFRA Services.

De drainerende massieven worden dan getrapt geplaatst en de waterdichte geomembranen of mangaten met overlooppipen zorgen voor een progressieve belasting van elk van de constructies tot aan de overloop.

Geraamde kosten voor de plaatsing van dit type structuur*:

Soort opdeling	Waterdicht geomembraan	Mangat 80x80 met overlooppijp (Ø200)
Prijs (in euro)	20-30 (1e m²)	700-800 (unité)

*elk van de in deze tabel vermelde kosten wordt slechts ter informatie gegeven en is gebaseerd op de ervaring van het projectmanagement van Infra Services

Aanwezigheid van tramsporen

De beginselen van geïntegreerd beheer zijn ook van toepassing op wegen met een of meer tramsporen, en dit zowel tijdens de heraanleg of verbouwing ervan. In vele grote Europese steden (Lyon, Parijs, Bordeaux, Rotterdam, Freiburg, Brest, enz.) zijn er voorbeelden van realisaties.



Bovenal, en zoals bij elk project, is het raadzaam de bodem zo veel mogelijk te ontharden, wat reeds kan gebeuren door de aanleg van groene ruimten en/of ballast ter hoogte van de sporen voorrang te geven op ondoorlaatbare ruimten (zie illustraties hieronder).



Voorbeelden van ontharding door de aanleg van gras en ballast. Bron: fotobank INFRA Services.

In de Brusselse context moet een onderscheid worden gemaakt tussen twee zones van de gewestweg:

- de eigen bedding van de tram (gelegen tussen sporen 1 en 4), die beheerd wordt door de MIVB; het water wordt traditioneel tussen de sporen 1 en 4 afgevoerd via de rails, die een grote hoeveelheid water opvangen, dat a priori naar het net wordt afgevoerd via dwarse kolken om de 75 m. **Het afvloeingswater tussen de buitenste rails en de stoepanden kan dan door directe afvloeiing worden opgevangen in voorzieningen voor regenwaterbeheer** (bv. bergingskrat of wadi's in de berm). Zelfs bij een "normale" regenbui geraken de rails echter snel verzadigd met water (aanwezigheid van zand in de rails) en stromen ze op natuurlijke wijze over naar de zijkanten van de rijbaan. Het lijkt dus noodzakelijk dat de beheersystemen zodanig gedimensioneerd zijn dat ze ook een deel van het water kunnen opvangen dat op de rails valt en dat in feite buiten hun gebied overstroomt.

- de rest van de rijweg, van de stoepand/watergoot tot de gevels, wordt beheerd door Brussel Mobiliteit. Voor de dimensionering is het dus interessant rekening te houden met een bijkomend percentage (bv. 80-90 % van het water dat op de tramsporen valt) om rekening te houden met het water dat afkomstig is van het MIVB-domein (exclusief recht van overpad) en dat overstroomt. Als de situatie het toelaat, moet worden overwogen de kolken tussen de rails te verwijderen in goede coördinatie tussen de actoren, zodat dit water niet in de riolering terecht komt.

Een bijzondere beperking met betrekking tot de tramsporen is vaak de aanwezigheid van een trillingswerend tapijt. Het is absoluut noodzakelijk te voorkomen dat water hierin doordringt, maar dit is niet onvermijdbaar met een beheer via infiltratie langs de sporen; zo kan bijvoorbeeld een oplossing worden toegepast waarbij de fundering van een eenvoudige stoepand in de betonnen fundering wordt geïntegreerd om te voorkomen dat het water naar het tapijt stroomt.

6.4. Verontreinigende stoffen afkomstig van afvloeiing behandelen en tot een minimum beperken

In deze paragraaf worden de belangrijkste aandachtspunten samengevat die in gedachten moeten worden gehouden. Voor een volledig overzicht van het onderwerp kan de projectleider het door OPUR (onderzoeksprogramma) gepubliceerde Franse boek raadplegen, getiteld "Infiltrer LES EAUX PLUVIALES c'est aussi maîtriser les flux polluants".⁶

De voorkeur geven aan inerte materialen

Synthetische materialen zijn zelden inert en het risico op verontreiniging van het in de beheerswerken geïnfiltreerd water is niet onbestaande. Zo zijn er berichten over vervuiling (emissie van akylfenol) door de waterdichtingsmembranen zelf. De materialen die in de structuren voor geïntegreerd beheer worden gebruikt, moeten dus met zorg worden gekozen:

- De afscheidingen (membranen, vuilwerend geotextiel, enz.) moeten worden gemaakt van emissiearme materialen en deze moeten niet noodzakelijkerwijs systematisch worden gebruikt (bijvoorbeeld: niet noodzakelijkerwijs nodig voor aanplantingen in volle grond);
- Om dezelfde reden moeten de drainagematerialen van de bedden en de aanaarding en elk risico op verontreiniging vermijden. Zo is bijvoorbeeld het gebruik van bandengranulaat voor het vullen van structuren voor regenwaterbeheer verboden in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Het hergebruik van licht verontreinigde bouwmaterialen ("bouwstof") in funderingen kan ook contra-indicatief zijn gelet op de infiltratie.

Kwantitatieve behandeling

In tegenstelling tot de conventionele waterzuiveringstechnieken zijn de technieken voor een geïntegreerd beheer gericht op de verspreiding in plaats van op de concentratie van het water. Bovendien maken zij het mogelijk al het water op het betrokken terrein te vertragen en naar de bodem terug te voeren, waardoor de afvloeiingsstromen worden vermindert en vertraagd. Zij worden dus stroomopwaarts van de afvoer beheerd om de stroom van verontreinigende stoffen naar het natuurlijke milieu tot een minimum te beperken. **De vermindering van de afvloeiingsvolumes (beplante structuren, enz.) zal dus ook een gunstig effect hebben op de waterkwaliteit, doordat de hoeveelheid verontreinigende stoffen die van de verharde oppervlakken afstroomt, zal afnemen.**

Vervolgens is het raadzaam erover te waken dat de toevoer van water naar de structuren zo verspreid mogelijk gebeurt en om in alle gevallen te voorkomen dat de stroom van afvloeiend water wordt geconcentreerd om de structuur te voeden (vermijd afvoerbuizen, ingegraven leidingen, enz.). Zie ook het belang om rekening te houden met een verhouding impluvium/infiltratieoppervlak in het sleutelprincipe hierboven).

⁶ https://www.leesu.fr/opus/IMG/pdf/guide_infiltration_d_tedoldi-2.pdf

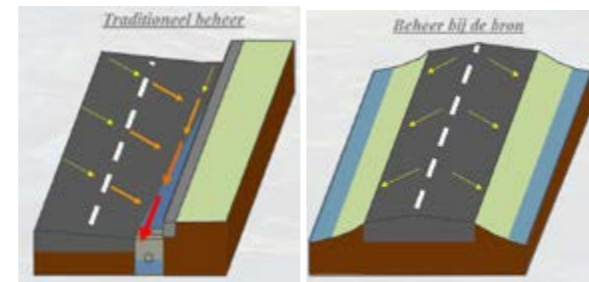
Verticale bouwwerken die diep in de grond infiltreren (zinkputten) worden niet aanbevolen.

Het gebruik van deze systemen kan worden overwogen op voorwaarde dat alle volgende criteria worden geanalyseerd en nageleefd: de kwaliteit van het geïnfiltreerde water is zeer goed (a priori dus niet voor water van de weg); er is filtering van voldoende dikte in de onverzadigde zone, vóór de grondwaterlaag; er is geen gevoelig gebruik van de hulpbron in de omgeving (bv. privéwaterwinning voor landbouwirrigatie, enz. - zie deel 2, hoofdstuk I, Grondwaterwingebieden: piëzometrie en kwaliteitsgegevens).

Kwalitatieve behandeling

Bij conventioneel regenwaterbeheer vergroot de passage van het afvloeiingswater door doorgangsstructuren, zoals ondergrondse leidingen, de vervuilende belasting ervan als gevolg van hun afvloeiingstraject.

De parameter van de "doorlooptijd" (gelijk aan de lengte van het traject) van het water door afvloeiing op potentieel verontreinigde verharde oppervlakken en ondergrondse leidingen is immers overheersend. Hoe langer het afvloeiingstraject, hoe meer verontreinigende stoffen van het oppervlak worden meegeslept door mechanische afslijting en oplossen in het water, en vice versa.

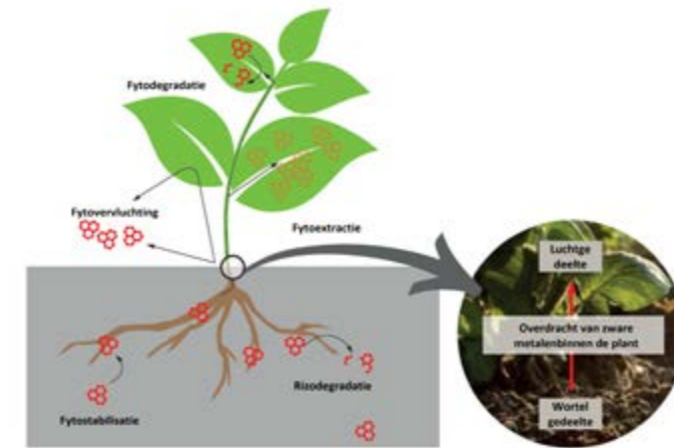


Vergelijking van de beginselen voor conventioneel en geïntegreerd regenwaterbeheer. Bron: INFRA Services.

In die zin is door bemonstering en laboratoriumproeven bewezen dat wanneer alternatieve technieken op geïntegreerde wijze worden gebruikt, de in het opgevangen regenwater aanwezige verontreiniging (totaal koolwaterstoffen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen en zware metalen) bijna uitsluitend afkomstig is van atmosferische verontreiniging en niet van de wegen.

Deze gegevens zijn afkomstig van het proefschrift dat werd opgestart en gevalideerd door INFRA Services, in samenwerking met de Universiteit van Rouen, het INSA van Rouen en het ESITPA van Mont-Saint-Aignan, getiteld "Etude intégrée de l'abattement et contaminant dans un système eau/sol/plantes, problématique des aménagements de voirie urbaine".

Deze studie, die gedurende twee jaar door INFRA Services werd uitgevoerd in een handelsgebied (gemiddeld verkeer: 2260 voertuigen/dag/rijrichting), werd gecombineerd met grootschalige tests op mesokosmossen die kunstmatig werden verontreinigd met zes verontreinigende stoffen (zware metalen en PAK's) die toxisch en/of carcinogeen en mutageen zijn en recalcitrant zijn in het leefmilieu, om het saneringsvermogen te testen van vier plantensoorten die gewoonlijk in onze structuren worden aangeplant. De opname van zware metalen in de wortels van planten en de opname van deze elementen in de bovengrondse delen van planten (stengels, bladeren en wortels), maar ook de verhoogde afbraak van organische verontreinigende stoffen zoals PAK's via micro-organismen werden bestudeerd.



Belangrijkste mechanismen van fyto-remediëring van verontreinigende stoffen. Bron: INFRA Services.

De werkzaamheden toonden in het bijzonder aan dat:

- leemachtige kleigronden houden een groot deel van de hydrofobe en slecht in water oplosbare verontreinigende stoffen (PAK's) vast;
- de afbraak van PAK's wordt bevorderd rond de wortels van bepaalde planten;
- planten kunnen in hun wortels kleine hoeveelheden metalen stabiliseren en via hun bladeren en stengels kleine hoeveelheden metalen afvoeren;
- er is een betere zuivering wanneer het systeem leeft, beplant is en gunstig is voor de ontwikkeling van micro-organismen.

Het is inderdaad de samenwerking tussen de plant en de micro-organismen in de bodem die in sommige gevallen een synergetisch effect zal hebben en de behandeling van verontreinigende stoffen zal bevorderen. Om slechts enkele voorbeelden van deze synergie te geven: planten zijn in staat de toxiciteit van bepaalde verontreinigende stoffen te verminderen door stoffen aan de bodem af te geven, of wortels in hun geheel creëren een habitat die gunstig is voor de ontwikkeling van micro-organismen, die dan doeltreffender zijn in het afbreken van organische verontreinigende stoffen, ...

Het beheer van regenwater in groene ruimten zal dus zeer gunstig zijn voor zuivering, vooral in vergelijking met een conventioneel systeem.

Door het regenwater zo dicht mogelijk bij de plaats van neerslag op te vangen, wordt de afvloeiing en daardoor de concentratie van de vervuilende belasting maximaal beperkt. Voorzieningen om het regenwater te vertragen in open lucht verminderen ook de snelheid van het water en bevorderen de bezinking. Bovendien zorgen de aangelegde beplantingen voor een extra natuurlijke biologische zuivering.

De filtratie- en zuiveringscapaciteit kan ook worden gemaximaliseerd door de aanleg van beplante zandbedden op een drainagelaag in begroeide structuren, zoals de zogenaamde filtratiewadi's, die bestaan uit een bed van aarde/zand-substraat (uniforme korrelgrootte van 500 tot 1000 micrometer met 10 % fijne korrels) van minimaal 50 cm en beplant zijn met bijvoorbeeld Carex, om de kwaliteitsdoelstelling aanzienlijk te verhogen.

7. BEHEER VAN DE BOUWPLAATSEN

De onderneming die voor de uitvoering van de hydraulische is uitgekozen, moet onder meer voorafgaand aan de werkzaamheden een uitvoeringsplan voorleggen dat in overeenstemming is met het plan in het raadgeingsdossier voor ondernemingen. Dit zal worden goedgekeurd door de opdrachtgever (eventueel vertegenwoordigd door zijn projectleider of vergezeld van specifieke bijstand inzake) teneinde de uitvoeringsmodaliteiten van de hydraulische werken te controleren voor de uitvoering.

Bovendien moet er gedurende de werf ook aandacht worden besteed aan goed gedrag, vooral met betrekking tot de volgende aspecten van het waterbeheer:

- Tijdens de fasering van de werf moeten de voor het regenwaterbeheer gebruikte gebieden gevrijwaard blijven van verkeer om hun infiltratiepotentieel te behouden;
- De aannemer moet ook de nodige voorzorgsmaatregelen treffen om ervoor te zorgen dat de grond niet onnodig wordt samengedrukt, wederom met hetzelfde doel voor ogen.

Na afloop van de werkzaamheden zal aan de hand van een vergelijkingsplan worden gecontroleerd of de werkzaamheden correct zijn uitgevoerd en of de geplande volumes in de hydraulische bouwwerken werden nageleefd.

Bovendien zal een verslag worden opgesteld zodra de bouwwerken voor hydraulisch beheer zijn voltooid en dit zal worden overgemaakt aan alle ondernemingen die op het terrein werkzaam zijn. In geval van beschadiging van een bouwwerk, moet de overtredende onderneming dit onmiddellijk herstellen.

8. TOEZICHT OP EN ONDERHOUD VAN DE SYSTEMEN VOOR REGENWATERBEHEER

Het regenwaterbeheer van elk nieuw project moet bij voorkeur worden uitgevoerd met behulp van zogenaamde "geïntegreerde" structuren voor regenwaterbeheer (Zie hoofdstuk 3).

Naast deze innoverende bouwwerken zijn er de bijbehorende werken die tot de "klassieke" engineering behoren (opvangstructuren, doorgangsstructuren, enz.).

Wij zullen dus afzonderlijk aangeven wat onder het onderhoud van de beplante ruimtes valt (wadi's, verlaagde groene inrichtingen, enz.) en wat onder het onderhoud van de "klassieke" hydraulische bouwwerken valt.

Opmerking: De aangegeven frequentie is een minimum. De werken moeten zo vaak als nodig worden onderhouden. Het lijkt relevant om na een aanzienlijke regenval van minstens 10 jaar (TR10) een controlebezoek aan alle bouwwerken in het gebied te plannen.

Toezicht

Het toezicht garandeert een permanent visueel alarm en laat toe duidelijke anomalieën of vervuiling te identificeren, zoals de kenmerkende irisatie van koolwaterstoffen of lozingen bij droog weer als gevolg van slechte afvalwateraansluitingen.

Dit visuele aspect blijkt des te belangrijker te zijn omdat het de mogelijkheid biedt de omwonenden te betrekken en te sensibiliseren, aangezien elke ongewenste lozing gemakkelijk kan worden opgemerkt.

Onderhoud

Wadi's en verlaagde groene inrichtingen

- wadi's en verlaagde groene inrichtingen moeten 5 tot 6 keer per jaar mechanisch worden gemaaid;
- de breuksteenbestorting van de wateraanvoer en de verhoging van de bijbehorende werken (kasten, ...) ten opzichte van de bodem moeten regelmatig onderhouden worden met een grastrimmer (zelfde frequentie);
- asproeien, bladeren verzamelen en afval verwijderen moet zo vaak als nodig worden uitgevoerd, afhankelijk van het seizoen;
- onkruidbestrijding met chemische middelen is verboden, omdat daarbij grote hoeveelheden verontreinigende stoffen in het oppervlaktewater, het grondwater en het natuurlijke milieu terecht kunnen komen;
- wadi's en verlaagde groene inrichtingen die met moerasplanten zijn beplant, zullen minstens eenmaal per jaar moeten worden gemaaid om de plantenformaties in stand te houden;
- elk jaar moet er een interventie aan de beplanting zelf worden gepland. Enerzijds moeten de afgestorven plantendelen worden weggeknipt om het dichtslibben van de wadi's aan het begin van de zomer te beperken, en anderzijds moeten invasieve planten worden verwijderd;
- de bijbehorende werken (roosters, enz.) moeten zo vaak als nodig worden schoongemaakt (ruiming van de structuren zodra ze voor 20 % vol zitten);
- de grenzen van de structuren afbakenen met tijdelijke barrières (houten latten, takkenbundels, enz.) kan soms gerechtvaardigd zijn met het oog op conflicterend gebruik, zoals in de nabijheid van berijdbare uitgangen.

In dergelijke gevallen is de beste oplossing nog steeds om de voorzieningen voldoende te beplanten, aangezien vegetatie zorgt voor een duidelijke afbakening tussen ruimten met een verschillend gebruik. De tijdelijke barrières moeten zo worden geplaatst dat deze vegetatie kan groeien en zich kan duurzaam kan inplanten.



Figuur 1. Takkenbundel die de ruimte tussen de weg en de voorziening voor regenwaterbeheer afbakt om deze laatste te beschermen tegen de manoeuvres van de voertuigen (Bron: Leefmilieu Brussel).

Reservoirstructuren en bijbehorende werken

Het onderhoud moet eenvoudig zijn en de gebruikelijke technische vaardigheden vereisen, vergelijkbaar met die welke worden toegepast bij conventionele ondergrondse regenwaterafvoer. De voor het onderhoud gebruikte apparatuur en machines zijn identiek aan degene die door de netbeheerder worden gebruikt en vereisen geen aankoop van specifieke uitrusting.

Voor de lozingsstructuren zijn 2 soorten prestaties nodig: enerzijds regelmatige bezoeken waarbij de voorziening zorgvuldig wordt geobserveerd, zeker in de maanden na de eerste grote regenval, en anderzijds onderhoudswerkzaamheden die noodzakelijk zijn voor de duurzaamheid en de goede werking van de voorziening.

Het routineonderhoud van lozingsstructuren omvat:

- verwijdering van drijvende en grove elementen uit kol-kroosters;
- leegmaken van de lozingsmonden;
- wegpompen van het bezinksel in de bezinkputten voordat dit de basis van de afwateringsbuizen bereikt;
- ledigingen van de sifons en van de mangaten.

De frequentie van het onderhoud hangt af van de regenval en de site. Een tweejaarlijkse interventie is op zijn minst wenselijk.

Wat de specifieke lozingsstructuren betreft, worden 2 soorten prestaties aanbevolen voor de afwateringsbuizen: in de eerste plaats kan een camera-inspectie worden overwogen en vergeleken met de inspectie die bij de oplevering van de werken heeft plaatsgevonden. De afwateringsbuizen moeten jaarlijks worden gereinigd door middel van hydroreiniging.

"Conventionele" hydraulische bouwwerken

Worden beschouwd als "conventionele" bouwwerken: traditionele saneringsbouwwerken die tot de conventionele bouwkunde behoren, zoals kolken, mangaten, leidingen, enz. Deze bouwwerken moeten zo vaak als nodig worden schoongemaakt. Het is in het bijzonder zeer belangrijk om:

- de aanvoer- en afvoeropeningen van het water te inspecteren bij het maaien en na hevige regenval;
- indien nodig schoon te maken door drijfhout en grondophopingen te verwijderen;
- de vertakkingsdozen en mangaten elke zes maanden te inspecteren;
- indien nodig schoon te maken door de bezinktanks van deze bouwwerken leeg te maken;
- te controleren op slechte aansluitingen.

Een te frequente reiniging van de bezinktanks impliceert dat er stroomopwaarts een storing is. Een diagnose gericht op het opsporen van tekenen van erosie is dan noodzakelijk.

Doorlatende verhardingen

Regelmatige reiniging van het oppervlak in kwestie met een hogedrukreinigingsvoertuig zal de afzetting van fijne deeltjes en verstoppingen helpen beperken (cf. hoofdstuk VI op de volgende bladzijde voor meer informatie).

9. MISVATTINGEN

Doorlatende verhardingen en verstoppingen

De ophoping van materiaal ten gevolge van natuurlijke aanvoer (door de wind aangewaaid stof, plantenresten zoals dode bladeren, enz.) of door de mens veroorzaakte aanvoer (remzand, afval, enz.), slijtage van het oppervlak, mosontwikkeling, enz. kan geleidelijk aan leiden tot het dichtslibben van een poreuze bestrating. En zo vermindert ook de doorlatendheid geleidelijk aan.

Dit risico moet echter niet worden overschat, en wel om twee belangrijke redenen:

- De aanvankelijke doorlatendheid van nieuw poreus asfalt (of beton) ligt in de orde van 1 tot 3 centimeter per seconde (d.w.z. 36.000 tot 108.000 mm/uur). Een dergelijke nieuwe verharding kan dus de gemiddelde jaarlijkse neerslag in Brussel in enkele minuten opvangen!

Zelfs als de verharding voor 99 % verstopt zou raken, zou de resterende infiltratiecapaciteit nog steeds 360 mm/uur (1x10⁻⁴m/s) bedragen, wat nog steeds een zeer uitzonderlijke doorlatendheid is. Om de verstopping echt hinderlijk te maken (stagnatie van het water gedurende enkele minuten/uren), zou men vele jaren moeten wachten zonder in te grijpen, totdat de verstopping zeer ernstig wordt.

- Er bestaan momenteel doeltreffende en betrekkelijk goedkope reinigingsmethoden (hogedrukreinigingsvoertuigen), die met name zijn ontwikkeld voor poreuze wegbedekkingen gebruikt op van wegen en autosnelwegen. Hoewel de reinigingskosten op het eerste gezicht hoog lijken, zijn ze in feite vrij laag in vergelijking met de kosten voor het reinigen van een saneringsnet. Bovendien kan de frequentie van het schoonmaken worden verminderd door het oppervlak regelmatig te reinigen.

Bij conclusie kunnen we dus stellen dat het geleidelijk dichtslibben van drainerende wegbedekkingen weliswaar een realiteit is, maar dat dit verschijnsel zelden tot echte problemen leidt. Bovendien kan het onder controle worden gehouden door regelmatig onderhoud en specifieke interventies indien nodig.

Bovendien, volgens het OWB: "Uit de opvolging van voltooide projecten is gebleken dat de doorlatendheid van straatstenen in de loop van de tijd behouden blijft. Eventuele door vuil veroorzaakte verstoppingen blijven hoofdzakelijk beperkt tot het oppervlak en kunnen derhalve door reiniging worden verwijderd."

Andere studies, met name die van de GRAIE, bevestigen deze stelling: zie http://www.graie.org/graie/graiedoc/reseaux/pluvial/TA_FreinsAvantages/EauxPluviales-outil-techniques-alternatives-revetementporeux-juin2014.pdf

Boompotten en chronische vervuiling (strooizout, ...)

Voor de filterende beplante inrichtingen die in het kader van een geïntegreerd regenwaterbeheer worden aangeraden, zoals wadi's en "regenbomen", is het grootste risico op vervuiling een risico op chronische vervuiling door strooizout, dat deze systemen schade kan berokkenen door de bodem ondoorlatend en daardoor minder infiltrerend te maken, wat een verstikkend effect heeft op het wortelstelsel dat niet meer kan gaan zoeken naar de nodige middelen.

Er kunnen verschillende chemische smeltmiddelen worden gebruikt (vast NaCl, pekelslurry, CaCl₂, kaliumformiaat,...), elk met zijn voor- en nadelen. Het meest gebruikte product is echter nog steeds strooizout, natriumchloride (NaCl), vooral vanwege de lage kostprijs.

Het probleem van de gevolgen van strooizout (NaCl) beperkt zich echter niet tot een geïntegreerd regenwaterbeheer, aangezien zout ook schade toebrengt aan het wegdek, voertuigen, de beplanting en water- en bodemverontreiniging veroorzaakt, met zowel een milieukost als een economische kost. Onnodig strooien moet daarom worden vermeden. In het Brussels Gewest wordt gemiddeld een dertigtal dagen per jaar gestrooid op gewestwegen, na een vorstwaarschuwing (meteorologisch criterium) maar ook naar aanleiding van diverse bevelen (vrees voor risico op ijzel, enz.).



Voorbeeld van een weg die is losgekoppeld van het rioolstelsel (Vorst, 2021) Bron: Leefmilieu Brussel.

Bij het ontwerp van een project voor een geïntegreerd regenwaterbeheer moet in alle gevallen rekening worden gehouden met de plaatselijke omstandigheden van het project, met inbegrip van het potentiële risico voor de bomen en de bodem.

Het afvloeiingswater concentreren in bestaande boomputten is niet noodzakelijkerwijs wenselijk en moet geval per geval worden bekeken, afhankelijk van de grootte van de put, de kwaliteit van de aanwezige bodem, het soort boom, de sanitaire omstandigheden, het gebruik van de weg, enz.

In het kader van een volledige heraanleg van de weg kan het waterbeheer van bij het begin worden geïntegreerd en verdient het inderdaad de voorkeur om, met het oog op de duurzaamheid van de bomen, het regenwater te zuiveren. Dit kan worden bereikt door in beplante inrichtingen bomen op te nemen met soorten die zijn aangepast aan de schommelingen van het waterpeil. In feite kunnen planten in samenwerking met bacteriën en micro-organismen in de bodem verontreiniging afbreken, vooral die welke door koolwaterstoffen wordt veroorzaakt. Dit type inrichting heeft enkele bijzondere kenmerken in vergelijking met een klassieke aanplanting van een boom (vergroting van het plantgat, afvoer onder het plantgat en overloop naar een afvoer, enz.).

Onder deze omstandigheden is het probleem van het strooizout minder groot, maar bestaat er nog steeds gevaar voor schade aan de gezondheid van de bomen. Het effect van strooizout in infiltratiestructuren is minder goed gecontroleerd dan het risico veroorzaakt door koolwaterstoffen. Het effect van het zout op bomen kan echter worden gनुanceerd:

- Het effect houdt in de eerste plaats verband met de algemene gezondheidstoestand van de boom. De juiste dimensionering van de put, de goede kwaliteit van het substraat, met een drainage-/verluchtingssysteem en de regelmatige aanvoer van organisch materiaal (compost) dat natriumionen kan vasthouden, maken het mogelijk de impact te verminderen; het feit dat het afvloeiingswater naar de bomen wordt geleid, maakt het mogelijk om, buiten de strooiperiodes, het zout te verdunnen en water aan te voeren in een hoeveelheid die nuttig is voor de groei, hetgeen gunstig is in vergelijking met een traditionele boomaanplanting, ...;

- Het risico op waterlood voor bomen is veel groter en reëler dan het risico gevormd door strooizout;
- De risico's zijn waarschijnlijk hoog voor prestigieuze bomenrijen en lager voor kleinere bomen. Dit risico moet worden geïnterpreteerd als een financieel verlies en de tijd die nodig is om een nieuwe gelijkwaardige bomenrij te verkrijgen.

Ten slotte is het ook mogelijk ter hoogte van de regenwater-toevoer een prefilter te plaatsen. Hetzij in de vorm van een greppel gevuld met grind of via de goten.

Wat de plantensoorten betreft, moet een onderscheid worden gemaakt tussen planten die zout nodig hebben om te groeien (verplichte halofyten) en planten die de aanwezigheid van zout verdragen. Voor stadsbomen is het belangrijk om soorten te kiezen die zout verdragen, aangezien verplichte halofyten het hele jaar door voortdurend grote hoeveelheden zout nodig hebben om te kunnen groeien. In de stad wordt echter slechts enkele dagen per jaar gestrooid, en bovendien buiten het groeiseizoen, zodat het noodzakelijk is om soorten te kiezen die zout verdragen in plaats van strikte halofyten.

De groepen van soorten⁷ die als tolerant voor deze zoutstress worden vermeld, verschillen echter van bron tot bron en bovendien is zouttolerantie geen criterium dat bijzonder moet worden benadrukt bij de selectie van soorten voor wegbepanting, aangezien dit de plantendiversiteit ernstig kan beperken, daar zouttolerante soorten niet gebruikelijk zijn, en vele andere criteria belangrijk zijn voor wegbepanting, zoals vorm, grootte, esthetiek, resistentie tegen plagen, aanpassing aan de plaatselijke omstandigheden, en belang voor de biodiversiteit, met inbegrip van melliferae.

⁷ Bij wijze van voorbeeld een lijst van 150 soorten die strooizout verdragen op de website van Floriscope (Frankrijk - gratis toegang na registratie): <https://www.floriscope.io/listes/inspiration-150-arbres-tolerant-les-sels-de-deneigement/4a583ec3-b2a6-46fa-b1b9-6dc50e5e7a78/>



Criteria die moeten worden geïntegreerd voor het succes van voorzieningen voor regenwaterbeheer (Uit R. Dagois, Webinaire sur le choix des végétaux pour la gestion des eaux pluviales, Plante et Cité, 09 april 2020).

Een gezonde boom is bestand tegen regelmatig contact met strooizout dat door regenwater worden meegevoerd. Om het effect van strooizout te beperken, is het dus van essentieel belang ervoor te zorgen dat de boom onder de juiste omstandigheden kan groeien. De tolerantiedrempel kan overigens ook gegarandeerd worden door de boom slechts bloot te stellen aan een hoeveelheid zout die hem niet schaadt.

Blijft het nodig de riolering te spoelen (zelfreiniging)?

Het is waar dat de riolen een bepaalde hoeveelheid helder water nodig hebben om een minimaal zelfreinigend vermogen van de leidingen te behouden, maar dit hangt ook af van de helling van de leidingen; zolang er een minimumhelling bestaat, blijft de zelfreiniging bestaan: in Brussel is het rioleringsnet hellend, wat deze permanente zelfreiniging mogelijk maakt. Bovendien dringt helder water (bronwater, daling van het grondwater, enz.) permanent in dit rioleringsnet door (directe lozing van grondwater in de riolen, porositeit van de collectoren, enz.), waardoor een continue minimale stroom ontstaat die sedimenten en verontreinigende stoffen naar het waterzuiveringsstation voert.

10. BEGELEIDING

Hydrologische studie

De logica van het waterbeheer is vaak niet gebaseerd op bestuurlijke indelingen, maar op het stroomgebied. Bij grote wegenwerken kan het nuttig zijn eerst een hydrologische studie uit te voeren om inzicht te krijgen in de dynamiek van het regenwater en om een hydraulische strategie uit te stippelen. Meer informatie op <https://leefmilieu.brussels/themas/water/professionelen-actie/inspirerende-projecten/hydrologische-studies>.

Het netwerk van facilitatoren

Aarzel ook niet om contact op te nemen met het netwerk van facilitatoren en in het bijzonder met de Facilitator Water als er nog vragen zijn.

Voor eventuele vragen heeft Leefmilieu Brussel een netwerk van deskundigen opgericht om professionals uit de bouwsector en de openbare ruimte (wegen, pleinen, parken, enz.) bij te staan.

Dit netwerk bestaat uit twee lijnen: een algemene lijn, en een tweede lijn, gespecialiseerd per thema. De Facilitator Water vult deze tweede lijn aan.

Dit is een gratis dienst, bedoeld om expertise te leveren voor een project in elk stadium van zijn ontwikkeling, van ontwerp (technische aanbevelingen, advies over een project, enz.) tot uitvoering (onafhankelijk standpunt om u te helpen de juiste beslissingen te nemen, maar ook om goede praktijken en ervaring te delen). De begeleiding gebeurt op gepersonaliseerde wijze, via telefoon, e-mail of ter plaatse.

De Facilitator Water vervult evenwel niet de rol van een studiebureau of een aannemer, want zij zijn als enigen bevoegd om te beslissen over de manier waarop de studies en de werkzaamheden worden uitgevoerd in overeenstemming met de geldende wetgeving.

De Facilitator Water kan op verzoek ook overheidsdiensten coachen rond een bepaald thema, bijvoorbeeld door een thematische workshop te organiseren.

Bovendien werkt hij ook in een netwerk met de andere facilitatoren van het Gewest (facilitator Duurzame gebouwen, Stadslandbouw, Energie, Bodem, ...)

Contact: facilitator Water -Tel.: 0800 85 775- facilitateur.eau@environnement.brussels

<https://leefmilieu.brussels/themas/water/professionelen-actie/tools-en-begeleiding/de-facilitator-water>

Ondersteuner van het Bouwheerschap (OBH)

De OBH is een onafhankelijke professionele deskundige op het gebied van (her)bouw die, door zijn kennis van de dynamiek van projecten, in staat is een situatie te beoordelen en de problemen te analyseren en te synthetiseren, zowel op technisch als op juridisch, administratief en financieel gebied. Zijn opdracht bestaat er dus in de opdrachtgever te helpen bij het definiëren, sturen en exploiteren van het project. De OBH is in staat de belangen van de opdrachtgever doeltreffend te behartigen en de betrokken actoren te coördineren door advies en/of bijstand te verlenen en voorstellen te doen, terwijl de opdrachtgever wel de beslissingen blijft nemen. De vaardigheden van de OBH stellen de opdrachtgever in staat zijn onderhandelingen beter voor te bereiden en zijn besluitvorming te verfijnen. De OBH wordt niet vergoed op basis van een geïnvesteerd bedrag, maar op basis van een forfaitair bedrag.

Bij bouwwerkzaamheden kan van hem worden verlangd dat hij optreedt als interface tussen de opdrachtgever en de projectleider.

Het verschil tussen de OBH en de Facilitator kan in de volgende tabel worden samengevat.

	Ondersteuner van het Bouwheerschap (OBH)	Facilitator Water en/of Natuur	Andere nuttige opdrachten
Globale rol	De opdrachtgever tijdens het hele proces de opvolging en de sterke positionering van een deskundige op het vlak van water en/of natuur bieden. Vanaf de voorbereidende studies, tijdens de werffase, tot de uitvoering van het onderhoud.	Antwoorden op ad hoc vragen	Voorbeelden: - Een hydrologische en ecologische studie uitvoeren (aspecten m.b.t. natuur en biodiversiteit) - Een studie naar de mogelijkheden voor afkoppeling (op schaal van de straat of de wijk)
WIE? Doet een beroep op	Opdracht van diensten ten laste van de opdrachtgever (gemeente, BM, MIVB, enz.). LB kan helpen met het bestek en de stuurgroep.	Dienst die momenteel wordt aangeboden door LB	Opdracht van diensten ten laste van de opdrachtgever
Fasen van het project			
Ontwerp - pre-project: ideeën - programmering	Prioritaire actie WATER-Natuur - Ervoor zorgen dat het geïntegreerd regenwaterbeheer een plaats krijgt in elke programmering. Ambitie 0 lozing van in de riolering. - Voldoende oppervlakte in volle grond overhouden voor beplanting-land-schap-water. - Rekening houden met de aanwezigheid van een bestaand hydrografisch element (bronnen, waterloop, grondwatertafel, ...), met landschappelijke en topografische beperkingen, ...	Type nuttige interventie Bewustmaking, opleiding van projectleiders en medewerkers (van de andere fasen) met betrekking tot GRB, klimaatkwesies, ...	Prioritaire actie WATER-Natuur - hydrologische en ecologische studie (aspecten m.b.t. natuur en biodiversiteit) Voordelen: - verbindt alle fysieke beperkingen/mogelijkheden met de ambities op het vlak van water en natuur; - verkent mogelijke oplossingen; - kan inzicht geven in de pre-haikbaarheid.
Gedetailleerde studie: uitvoeringsplannen	Prioritaire actie WATER-Natuur - De aanbevelingen van een hydrologische studie integreren; - De voorzieningen voor GRB en de beplanting om de doelstellingen op het vlak van water en natuur te bereiken ontwerpen/goedkeuren; - Het bestaande waternetwerk, het landschap, ... verbeteren; - De belemmeringen voortvloeiend uit het gebrek aan kennis over water en natuurpraktijken wegwerken. Voordelen: - erop letten dat de aanbevelingen van de hydro-ecologische studie worden geïntegreerd - erop letten dat de voorgestelde voorzieningen in overeenstemming zijn met de doelstellingen - het kostenefficiënt gebruik van de middelen, het gebruik van Batneec controleren	Type nuttige interventie - Antwoorden op ad hoc vragen; - Garanderen dat rekening wordt gehouden met water en natuur - De levensvatbaarheid van de voorstellen controleren	

	Ondersteuner van het Bouwheerschap (OBH)	Facilitator Water en/of Natuur	Andere nuttige opdrachten
Fasen van het project			
	- Coördinatie met de stakeholders om te zorgen voor een goede aanvaarding/begrip van het project (met name in het kader van het verkrijgen van de vergunningen)		
De werf	Prioritaire actie WATER-Natuur - Ervoor zorgen dat de plannen naar behoren worden uitgevoerd, dat de materialen worden gekozen, dat goede praktijken worden gevolgd (beperking van de verdichting op kwetsbare plekken, enz.) en dat de bijzonderheden van de uitvoering de doeltreffendheid van de voorzieningen garanderen; - Extra kosten en vertragingen vermijden die te wijten zijn aan "verrassingen tijdens de werf" of aan een gebrek aan kennis van de technieken bij een inschrijver. Voordelen: de OBH voert de twee acties hiernaast uit (goede uitvoering op de werf en extra kosten en vertragingen vermijden)	Type nuttige interventie - Antwoorden op ad hoc vragen	
Onderhoud	Action Prioritaire EAU-Nature = Disposer d'un AMO - Estimer les coûts de la maintenance - Assurer de l'inscription des dispositifs dans un système de traçage, d'identification (communal, régional) - S'assurer de l'existence d'un « manuel d'entretien » et de la prise en gestion de l'entretien par un service identifié (convention,...) Avantages: - Assurer la pérennité du dispositif : - vérifier la pertinence du « manuel d'entretien » - assure la bonne prise en charge de celui-ci. - Anticipe les coûts et contraintes liées	Type nuttige interventie - Antwoorden op ad hoc vragen	

Woordenlijst

Mondstuk: systeem (opening of uitrusting) dat toelaat het debiet van het regenwater te regelen bij het verlaten van een vertragingsvoorziening.

Aquifer: geologische formatie, al dan niet doorlopend, die het beweegbaar water tijdelijk of permanent opslaat, bestaande uit doorlatende rotsen (poreuze of gebarsten formaties) en in staat is het op natuurlijke wijze of door exploitatie af te geven (drainage, oppompen, ...).

Stormbekken: een stormbekken is een kunstmatig retentiebekken dat aangelegd wordt om regen- of smeltwater op te vangen dat door het rioleringsnet afgevoerd wordt.

Stroomgebied (ook impluvium genoemd): het geheel van de oppervlakten waarvan het water naar een inrichting voor regenwaterbeheer afgevoerd wordt. Elke druppel regenwater die op dit gebied valt, zal dezelfde inrichting bereiken.

Uitlaatdebiet: maximaal lozingsdebiet van het regenwater dat geloosd wordt in de afvoer.

Overstort: dit is een bouwwerk dat toelaat een deel van het in het riool aanwezige gemengde water rechtstreeks in de natuurlijke omgeving (voornamelijk de Zenne) te lozen, wanneer het debiet stroomopwaarts een bepaalde waarde overschrijdt. Overstorten worden in het algemeen op regelmatige afstanden in gemengde rioleringsnetten geplaatst om de watertoevoer naar het stroomafwaartse net en in het bijzonder naar de waterzuiveringsstations te beperken bij regen.

Afvoer: systeem waarlangs het regenwater afgevoerd wordt. De afvoer is in de eerste plaats de bodem via natuurlijke infiltratie, een andere voorziening voor regenwaterbeheer (cascadesystemen) of het oppervlaktewater wanneer infiltratie niet mogelijk is, en in laatste instantie het openbare rioleringsnet.

Geïntegreerd regenwaterbeheer: Zie p.7.

Stedelijke hitte-eilanden: Indien aan een aantal specifieke voorwaarden voldaan is, kan de luchttemperatuur tijdens de nacht tot 10°C hoger zijn in steden dan in landelijke of beboste aangrenzende zones. Dit fenomeen valt te verklaren door de vervanging van begroeide en waterdoorlatende bodems door gebouwen en niet-waterdoorlatende verhardingen alsook door drukker menselijke activiteiten in de stad en soorten gebouwen die de luchtcirculatie blokkeren. De cartografie van deze gebieden is toegankelijk via de website van Leefmilieu Brussel: <https://leefmilieu.brussels/themas/lucht-klimaat/ozon-en-hitteplan/cartografie-van-de-koelte-eilanden-brussel>

Impluvium (ook stroomgebied genoemd): het geheel van de oppervlakten waarvan het water naar een inrichting voor regenwaterbeheer afgevoerd wordt. Elke druppel regenwater die op dit gebied valt, zal dezelfde inrichting bereiken. Ook wel actieve oppervlakte genoemd.

Blauw Netwerk: zie hoofdstuk III p. 15

Piëzometer: niet-geëxploiteerd boorgat waarmee het grondwaterpeil op een bepaald punt van de grondwaterlaag kan worden gemeten met behulp van een meetapparaat (manuele sonde, digitale recorder, al dan niet via teletransmissie, enz.) Dit peil, dat naargelang de exploitatie verschilt, geeft ons informatie over de productiecapaciteit van de aquifer.

Doorlatende verhardingen: verharding die regenwater doorlaat en aangelegd wordt op een fundering en (eventueel) een onderfundering die eveneens doorlatend zijn.

Vertraging: tijdelijke opslag van het regenwater, waardoor het uitgaand debiet lager is dan het inkomend debiet. De vertragingsstructuur is ontworpen om leeg te lopen met een afgesteld gebied.

Overloop: een overloop is een systeem dat toelaat om het peil van het regenwater van een beheerbouwwerk te regelen door overstrooming als dit verzadigd is. Zo wordt vermeden dat dit bouwwerk te vol zou geraden wat grotere schade zou kunnen veroorzaken dan de eventuele door een gecontroleerde overstrooming veroorzaakte schade. De aanwezigheid ervan kan in geen geval een ondermaatse capaciteit van het betrokken beheerbouwwerk compenseren.



02 775 75 75 · LEEFMILIEU.BRUSSELS



Verantwoordelijke uitgever: Bruxelles Environnement – Avenue du Port 86C/3000 - B 1000
Bruxelles
papier recyclé - encre végétale

Coördinatie van de publicatie: Leefmilieu Brussel en Brussel Mobiliteit
Redactie: François Mayer, Anne-Claire Dewez (Leefmilieu Brussel), Bernard Galand, Pierre Obsomer et Laurent Antoine (Brussel Mobiliteit). Met de medewerking van Benoît Gentil, Stéphane Truong, Pascal Fostiez, Ilse Wuyts, Davide Pinto, Eric Monami et Valérie Stoop
Lay-out: www.4sales.be
Foto's: BE, BM, Ecorce, Infra Services
Jaar van verschijning: 2023
Beschikbaar in het Nederlands: D/2022/5762/11.

Deze brochure kan gedownload worden op:
www.mobilite-mobiliteit.brussels/nl et <https://leefmilieu.brussels/>