



Vlaanderen
is materiaalbewust



NATUURGEBASEERDE OPLOSSINGEN VOOR BEHEER VAN BODEMVERONTREINIGING IN GROENE ZONES

HANDLEIDING

SAMEN MAKEN WE
MORGEN MOOIER

OVAM

OVAM.VLAANDEREN.BE



NATUURGEBASEERDE
OPLOSSINGEN VOOR BEHEER
VAN BODEMVERONTREINIGING
IN GROENE ZONES

publicatiedatum / 15.05.2022



DOCUMENTBESCHRIJVING

- 1 *Titel van publicatie:*
Natuurgebaseerde oplossingen voor beheer van bodemverontreiniging in groene zones
- 2 *Verantwoordelijke Uitgever:*
OVAM
- 3 *Wettelijk Depot nummer:* D/2022/5024/06
- 4 *Trefwoorden:*
Natuurgebaseerde oplossingen
Nature based solutions
Ontharding
Bodemzorg
Ecosysteemdiensten
Bodembeheer
Restverontreiniging
Diffuse verontreiniging
- 5 *Samenvatting:*
Deze handleiding beschrijft of en hoe natuurgebaseerde oplossingen kunnen ingezet worden voor het beheer van bodemverontreiniging in groene zones.
- 6 *Aantal bladzijden:* 75
- 7 *Aantal tabellen en figuren:* 23/11
- 8 *Datum publicatie:* 2022
- 9 *Prijs*:* /
- 10 *Begeleidingsgroep en/of auteur:*
Nele Bal – OVAM
Annelies Van Gucht – OVAM
Froukje Kuijk – OVAM
Kris Van Looy – OVAM
Dorien Gorteman – Arcadis
Karen Van Geert - Arcadis
- 11 *Contactpersonen:*
Nele Bal - OVAM
- 12 *Andere titels over dit onderwerp:*
Studie diffuse verontreiniging – Code van goede praktijk
Fytoremediatie

U hebt het recht deze brochure te downloaden, te printen en digitaal te verspreiden. U hebt niet het recht deze aan te passen of voor commerciële doeleinden te gebruiken.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website:

<http://www.ovam.be>

* Prijswijzigingen voorbehouden.

INHOUD

Lijst van afkortingen	7
1 Inleiding	8
1.1 Natuur, bodemzorg en ecosysteemdiensten	8
1.2 Wat zijn natuurgebaseerde oplossingen?	10
1.3 Natuurgebaseerde oplossingen en het beheer van bodems	11
1.4 Co-baten van natuurgebaseerde oplossingen voor bodems	13
1.4.1 Sociale voordelen	13
1.4.2 Economische voordelen	14
1.4.3 Milieuvoordelen	14
2 Praktische handleiding natuurgebaseerde oplossingen voor beheer van bodem(verontreiniging)	16
2.1 Stroomschema	17
2.2 Selectiematrix mogelijke natuurgebaseerde oplossingen	18
2.3 Inspirerende voorbeelden	20
2.3.1 Wegberm	20
2.3.2 Voorbeeld speelterrein	22
3 Overzicht van mogelijke natuurgebaseerde oplossingen voor bodems	24
3.1 Herbeplanting	24
3.1.1 Omschrijving	24
3.1.2 Schaalgrootte	25
3.1.3 Cobaten	25
3.1.4 Kostprijs	25
3.1.5 Specifieke toepassingscriteria	26
3.1.6 Voorbeeld	26
3.1.7 Bronnenlijst	27
3.2 Stabilisatie	27
3.2.1 Omschrijving	27
3.2.2 Schaalgrootte	28
3.2.3 Cobaten	28
3.2.4 Specifieke toepassingscriteria	28
3.2.5 Bronnenlijst	29
3.3 Fytoremediatie	29
3.3.1 Omschrijving	29
3.3.2 Schaalgrootte	31
3.3.3 Cobaten	31
3.3.4 Kostprijs	31
3.3.5 Specifieke toepassingscriteria	32
3.3.6 Voorbeelden	32
3.3.7 Bronnenlijst	34

3.4	Helofytenfilters (of constructed wetlands)	34
3.4.1	Omschrijving	34
3.4.2	Schaalgrootte	36
3.4.3	Cobaten	36
3.4.4	Specifieke toepassingscriteria	36
3.4.5	Voorbeelden	37
3.4.6	Bronnenlijst	38
3.5	Bioremediatie	38
3.5.1	Omschrijving	38
3.5.2	Toepassingsgebied	39
3.5.3	Schaalgrootte	40
3.5.4	Cobaten	40
3.5.5	Kostprijs	40
3.5.6	Specifieke toepassingscriteria	40
3.5.7	Voorbeelden	41
3.5.8	Bronnenlijst	42
3.6	Reactieve organokleimatten	42
3.6.1	Omschrijving	42
3.6.2	Schaalgrootte	42
3.6.3	Cobaten	42
3.6.4	Kostprijs	43
3.6.5	Specifieke toepassingscriteria	43
3.6.6	Voorbeelden	43
3.6.7	Bronnenlijst	44
3.7	Oleofiele bio-barrière	44
3.7.1	Omschrijving	44
3.7.2	Schaalgrootte	44
3.7.3	Cobaten	45
3.7.4	Kostprijs	45
3.7.5	Specifieke toepassingscriteria	45
3.7.6	Bronnenlijst	45
3.8	Permeabele reactieve wanden	45
3.8.1	Omschrijving	45
3.8.2	Schaalgrootte	47
3.8.3	Cobaten	47
3.8.4	Kostprijs	47
3.8.5	Specifieke toepassingscriteria	47
3.8.6	Bronnenlijst	47
3.9	Groene nanontechnologie – nanoremediatie	47
3.9.1	Omschrijving	47
3.9.2	Schaalgrootte	49

3.9.3	Cobaten	49
3.9.4	Kostprijs	49
3.9.5	Specifieke toepassingscriteria	50
3.9.6	Bronnenlijst	50
3.10	Grondwaterrecirculatie	50
3.10.1	Omschrijving	50
3.10.2	Schaalgrootte	51
3.10.3	Cobaten	52
3.10.4	Kostprijs	52
3.10.5	Specifieke toepassingscriteria	52
3.10.6	Voorbeeld	52
3.10.7	Bronnenlijst	53
4	Bijlagen.....	54
4.1	Fiches uitleg stroomschema	54
4.1.1	Fiche 1: Zijn er aanwijzingen voor diffuse bodemverontreiniging?	54
4.1.2	Fiche 2: Is het nodig om een bodemonderzoek uit te voeren? Werd reeds een bodemonderzoek of een technisch verslag uitgevoerd?	58
4.1.3	Fiche 3: Is er restverontreiniging (na sanering) aanwezig?	62
4.1.4	Fiche 4: Zijn er aanwijzingen van asbest in of op de bodem?	66
4.1.5	Bronnenlijst	70
4.1.6	Bron	71
4.1.7	Beschikbare informatie	71
4.1.8	Niet beschikbare informatie	71
4.1.9	Kosten	71

LIJST VAN AFKORTINGEN

BTEX	Benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylene
CN	Cyaniden
CVGP	Code van Goede Praktijk
EBS	Erkend BodemSaneringsDeskundige
MTBE	Methyl-tert-butylether
PAK	Polyaromatische koolwaterstoffen
PCB	Polychloorbifenylen
PCDD/PCDF	Polychloordibenzodioxinen en polychloordebenzofuranen
VOCL	Vluchtige chloorkoolwaterstoffen (gechloreerde solventen)
WADI	Water Afvoer Drainage en Infiltratie
WKO	Warmte-Koude Opslag
ZM	Zware metalen

1 INLEIDING

1.1 NATUUR, BODEMZORG EN ECOSYSTEEMDIENSTEN

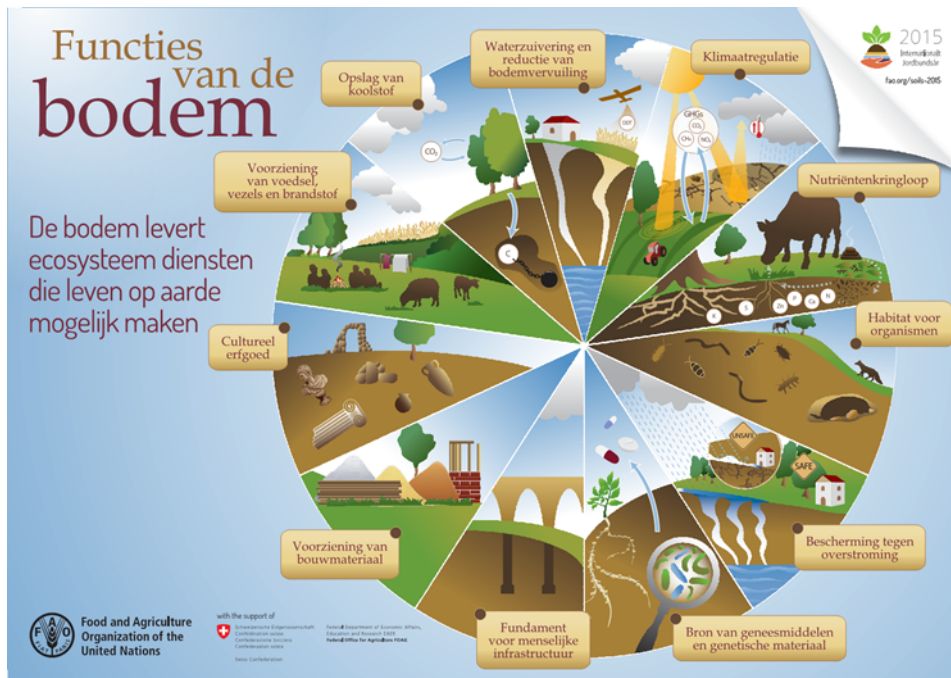
De natuur is niet alleen mooi en waardevol, ze doet ook veel voor de mens en zijn omgeving. Al die zaken die de natuur voor ons doet, noemen we ecosysteemdiensten of natuurvoordelen. We kunnen niet zonder voedsel, water, kleding of warmte. Natuurvoordelen helpen ook allerlei problemen mee oplossen, van vervuiling tot de opwarming van de aarde, tot zelfs stress.

De bodem neemt als leverancier van ecosysteemdiensten een bijzondere plaats in de natuur in. Bodems zijn essentieel voor goed functionerende kringlopen van water en voedingstoffen, een aangename leefomgeving en een gezonde voeding. Deze rol is cruciaal voor onze maatschappij, maar gebeurt 'ondergronds' en blijft dus vaak onzichtbaar. Een vruchtbare bodem zorgt voor voedsel op ons bord en brengt grondstoffen zoals vezels en hout voort. Die gebruiken we voor allerlei toepassingen zoals textiel, meubels en medicijnen, en als energiebron. Bodems zuiveren vervuild grondwater en hebben een zelfreinigend vermogen. De bodem kan water vasthouden, waardoor we minder wateroverlast ervaren en er genoeg water beschikbaar is als we dat nodig hebben. Een goede bodemkwaliteit beperkt erosie, waardoor we overlast en schade door modder in straten en woningen vermijden.

De bodem herbergt een groot deel van de biodiversiteit en de genetische diversiteit op aarde en vormt een habitat voor vele organismen. Een gezonde bodem met een divers bodemleven betekent een gunstige leefomgeving voor andere planten en dieren. Bodemorganismen leveren bovendien een cruciale bijdrage aan heel wat bodemfuncties en -processen, bijvoorbeeld het vrijmaken van voedingsstoffen voor gewassen. Als onderdeel van de koolstofcyclus is de opslag van koolstof in de bodem daarnaast een belangrijk onderdeel van klimaatmaatregelen. Ten slotte herbergt de bodem ook heel wat culturele en spirituele rijkdom voor de mens, denk maar aan onze begraafplaatsen of ons archeologisch erfgoed.

De diensten die de bodem voor mens en omgeving opneemt, verdienen onze aandacht en de zorg is best wederzijds. Verschillende toekomstige uitdagingen, zoals de klimaatverandering en wijzigingen in landgebruik, maken die aandacht en zorg bovendien urgent. Een gezonde en veerkrachtige bodem kan onder meer bescherming bieden tegen de gevolgen van nattere winters en drogere zomers en zorgt ook voor de regulering van broeikasgassen.

Beschadigde bodem leidt tot een tekort aan land. We moeten slimmer omgaan met onze grondstoffen, met aandacht voor de bodem als grondstof en als ruimte. Via bodemzorg zorgen we voor het duurzame gebruik en beheer van bodem, sediment en grondwater. Zo blijven ze beschikbaar voor de volgende generaties, voor hun leefomgeving en voor het hele planetaire ecosysteem. (website OVAM)



Figuur 1: Functies van de bodem (bron: FAO)

Vele bodems zijn helaas reeds in meer of mindere mate verontreinigd. Het bodembeleid in Vlaanderen treedt op tegen gekende lokale verontreinigingen. Deze worden onderzocht en indien nodig gesaneerd. Het Bodemdecreet spitst zich echt toe op gronden met risico-activiteiten. Dit betekent echter niet dat de overige gronden niet verontreinigd kunnen zijn. Vaak kan er diffuse verontreiniging aanwezig zijn. Dat zijn verontreinigingen met lagere concentraties, waarvoor er geen duidelijk aanwijsbare bron is. Het kan dan gaan om bodemverontreiniging veroorzaakt door allerlei kleinschalige activiteiten in een ver verleden, waarvan de gegevens over de bron of oorzaak verloren zijn gegaan. Zo kan een drukke weg of een spoorweg plaatselijk voor vervuiling zorgen, zowel door uitlaatgassen als door slijtage van banden, remmen, rails... De bodem kan ook verontreinigd zijn op plaatsen waar afval werd verbrand, waar olie, verf of smeermiddelen werden geloosd of op plekken waar overmatig pesticiden werden gebruikt. Daarnaast blijven na sanering vaak “restverontreinigingen” achter. Deze verontreinigingen vormen geen direct risico meer voor mens en milieu, maar kunnen bij veranderende omstandigheden opnieuw een probleem vormen.

Het beleidsplan Ruimte Vlaanderen stelt als doel dat bijkomend ruimtebeslag in Vlaanderen zoveel mogelijk vermeden moet worden. Daarnaast dient groen en natuur ook volop aanwezig te zijn in de bebouwde omgeving en moet men beginnen met ontharding in de stad. Dit brengt onvermijdelijk met zich mee dat men bij de aanleg van groenzones meer en meer geconfronteerd zal worden met dergelijke verontreinigingen.

Het zijn deze situaties waarin bodembeheer en bodemzorg een grote rol kunnen spelen om de mogelijke impact te beperken en risico's voor mens en ecosysteem te vermijden. Natuurgebaseerde oplossingen kunnen hieraan een bijdrage leveren.

1.2 WAT ZIJN NATUURGEBASEERDE OPLOSSINGEN?

De afgelopen jaren lanceerde de Europese Commissie het concept van natuurgebaseerde oplossingen, of *nature-based solutions (NBS)*, als een manier om ecosystemen en natuur deel te laten uitmaken van duurzame ontwikkeling. Natuurgebaseerde oplossingen worden gedefinieerd als levende oplossingen die geïnspireerd zijn op, ondersteund worden door en gebruik maken van natuur. Ze zijn ontworpen om verschillende maatschappelijke uitdagingen in een efficiënte en adaptieve manier aan te gaan en bieden zowel economische, sociale als milieuvoordelen (cobaten).

De internationale unie voor natuurbescherming IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) definieert natuurgebaseerde oplossingen als acties

- om natuurlijke of aangepaste ecosystemen te beschermen, duurzaam te beheren en te herstellen,;
- die ook maatschappelijke uitdagingen effectief en adaptief aanpakken;
- en tegelijkertijd het menselijke welzijn en de biodiversiteit bevorderen.¹

Het overkoepelende doel van natuurgebaseerde oplossingen is helpen bij het bereiken van maatschappelijke ontwikkelingsdoelen en het beschermen van het menselijk welzijn op manieren die

- culturele en maatschappelijke waarden reflecteren;
- de veerkracht van ecosystemen en hun mogelijkheden voor vernieuwing en het leveren van ecosystemendiensten versterken.

Natuurgebaseerde oplossingen werken samen met de natuur ten voordele van zowel de natuurlijke ecosystemen als ten voordele van de mensen die afhangen van deze ecosystemen. De term "natuurgebaseerde oplossingen" vormt een kader voor een gamma aan concepten zoals groeninfrastructuur, klimaat adaptatie, ecologisch ontwerp... Al deze concepten stellen voorop dat gezonde ecosystemen meerdere voordelen en diensten opleveren voor het menselijk welzijn en het behalen van economische, sociale en milieu-doelen, zoals aanpassingen aan klimaatverandering, mitigatie, bewaren en herstellen van de biodiversiteit... (Future brief: The solution is in nature, feb 2021²)

Natuurgebaseerde oplossingen worden ontworpen om grote maatschappelijke uitdagingen aan te pakken zoals voedselvoorziening, klimaatverandering, watervoorziening, gezondheid, risico's op natuurrampen en sociale en economische ontwikkeling³.

¹ <https://www.iucn.org/commissions/commission-ecosystem-management/our-work/nature-based-solutions>

² <https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/issue-24-2021-02-the-solution-is-in-nature.pdf>

³ European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, *The vital role of nature-based solutions in a nature positive economy*, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/307761>

Mensen zullen overtuigd worden van natuurgebaseerde oplossingen als ze goedkoop, aantrekkelijk en efficiënt zijn. De oplossingen moeten uitgaan van een systemische aanpak, met meerdere doelen en stakeholders. Wetenschappelijk onderzoek moet zorgen voor de nodige bewijzen en ondersteuning van de oplossingen (Debrief Renaturing (EC)⁴).



Figuur 2: Nature-based solutions (bron: IUCN)

1.3 NATUURGEBASEERDE OPLOSSINGEN EN HET BEHEER VAN BODEMS

In deze studie gaat de OVAM de mogelijkheden na voor het inzetten van natuurgebaseerde oplossingen voor het beheer van bodemverontreiniging in groenzones. Dit deden we naar aanleiding van een vraag van een gemeenteambtenaar die ons vroeg hoe gemeenteparken ingericht kunnen worden om de impact van bodemverontreiniging te verminderen.

Bodems hebben een groot zelfreinigend vermogen. Een goed zelfreinigend vermogen indiceert het vermogen van de bodem om hoge concentraties gebiedseigen en gebiedsvreemde stoffen te verwerken tot normale concentraties, via afbraakprocessen, transportprocessen of adsorptieprocessen⁵. Door het slim inzetten van natuurgebaseerde oplossingen kunnen we dit vermogen herstellen en ondersteunen om bestaande bodemverontreiniging te beheren. Een gezonde levende bodem is hierbij het einddoel.

In sommige gevallen kunnen natuurgebaseerde oplossingen dienen als saneringstechniek op terreinen waar sanering decretaal verplicht is. De natuurgebaseerde oplossing kan gecombineerd worden met klassieke technieken. Zo kan het uitgraven van de kernzone van de verontreiniging met de hoogste concentraties gecombineerd worden met fyto-remediatie voor de pluimzone met lagere concentraties. In deze gevallen zal

⁴ Front. Sustain. Cities, 27 November 2020 | <https://doi.org/10.3389/frsc.2020.572527>

⁵ <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/>

het ontwerp vaak complex zijn en de nodige opvolging vereisen, omwille van wettelijk verplichte procedures en doelstellingen bij de uitvoering van een bodemsanering.

Natuurgebaseerde oplossingen kunnen ook dienen als beheerstechniek, waarbij de effecten van een verontreiniging die niet noodzakelijk hoeft gesaneerd te worden (bv een diffuse verontreiniging of restverontreiniging), kunnen worden gemilderd.

De keuze tussen een saneringstechniek en een beheerstechniek hangt af van het type pollutant, de aangetroffen concentraties, het beoogde gebruik en de hieraan gerelateerde risico's.

- Als er een humaan risico uitgaat van de verontreiniging, opteert men beter voor een saneringstechniek die de aanwezige risico's wegneemt/reduceert. Hiervoor is technische expertise en de tussenkomst van een bodemsaneringsdeskundige nodig.
- Als er geen humaan risico aanwezig is (bijvoorbeeld bij diffuse verontreinigingen en restverontreinigingen), kan er gekozen worden voor een beheerstechniek.

De evaluatie van het risico gebeurt gewoonlijk in een beschrijvend bodemonderzoek, of in geval van restverontreiniging in het eindevaluatierapport van de sanering. Bij deze risico-evaluatie gaat men telkens uit van het verwachte toekomstige gebruik van de grond. De plannen voor het toekomstig gebruik van een terrein kunnen echter nog wijzigen na afronding van de sanering. Bij herontwikkeling van groenzones op terreinen waar sanering of onderzoek is uitgevoerd, kijkt men daarom best na of de uitgevoerde risico-evaluatie reeds correct rekening hield met het nieuwe gebruik. Indien nodig voert men best een nieuwe risico-evaluatie uit die rekening houdt met het nieuwe gebruik van de locatie. (*bron*: Nature based solutions for contaminated land remediation and brownfield redevelopment in cities: A review⁶)

De beheerstechnieken kunnen ook worden ingezet op gronden waar een gebruiksadvies van toepassing is. Voor sommige gronden is dergelijke advies opgenomen op het bodemattest. Als bijvoorbeeld wordt aangeraden om geen groenten te verbouwen of kippen te kweken op een bepaald terrein, kan het terrein met behulp van een natuurgebaseerde oplossing, zoals het beplanten met een goedgekozen plantensoort, beheerd worden. Op die manier zal de verontreiniging na verloop van tijd in die mate verminderd worden, waarbij een ander gebruik terug mogelijk wordt.

Sommige oplossingen kunnen zowel voor sanering als voor beheer dienen. De praktische handleiding (hoofdstuk 2) focust op de beheerstechnieken. Hoofdstuk 3 beschrijft verschillende natuurgebaseerde oplossingen voor bodems. Hierin zitten zowel saneringstechnieken als beheerstechnieken vervat.

⁶ <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.347>

1.4 CO-BATEN VAN NATUURGEBASEERDE OPLOSSINGEN VOOR BODEMS

Natuurgebaseerde oplossingen voor bodem streven naar een verbetering van de bodemkwaliteit en de bodemfuncties, waardoor lokale ecosysteemdiensten onderhouden en hersteld worden. (Keesstra et al. (2017⁷)).

Klassieke saneringstechnologieën steunen vaak sterk op chemische reagentia, warmte en elektriciteit en hebben grote sociale, economische en milieukosten. Als deze middelen niet voorhanden zijn, blijven sommige sites jarenlang ongebruikt. Hier kunnen natuurgebaseerde oplossingen een antwoord bieden.

Natuurgebaseerde oplossingen streven er immers naar om sociaal inclusief en economisch interessant te zijn en gewaardeerd te worden door het publiek (*bron*: Nature based solutions for contaminated land remediation and brownfield redevelopment in cities: A review⁸).

Natuurgebaseerde oplossingen kunnen een grote waaier aan voordelen bieden: van een lager energieverbruik t.o.v. 'klassieke' technieken tot een grotere veerkracht in het kader van klimaatverandering. Dit noemen we de co-baten.

Desondanks worden deze technologieën vaak enkel gebruikt als ze kostenbesparend werken. De bredere socio-economische en milieu-impact wordt niet steeds gewaardeerd. De focus ligt dikwijls enkel op de efficiëntie waarmee een verontreiniging wordt verwijderd en niet op een overkoepelende visie waarin de totale voordelen op sociaal, economisch en milieuvlak worden gemaximaliseerd. Deze bijkomende voordelen dienen tastbaarder gemaakt te worden. Hieronder lichten we enkele voorbeelden van socio-economische en milieu cobaten toe.

1.4.1 Sociale voordelen

Natuurgebaseerde oplossingen kunnen ruimte creëren voor spel en recreatie. Ze dragen bij aan het vergroenen van de stedelijke omgeving, wat zorgt voor een algemeen gevoel van welzijn en kan aanzetten tot sociaal contact.

Natuurgebaseerde oplossingen hebben ook voordelen voor de gezondheid gezien ze bijdragen aan een betere luchtkwaliteit. Groen in de stad stimuleert tot meer beweging. Daarnaast blijkt uit onderzoek dat contact met de natuur zorgt voor meer geluk en minder stress.

Meer groen in de stad heeft ook een koelend effect. Natuurgebaseerde oplossingen kunnen hierdoor bijdragen aan het voorkomen van hittestress tijdens hittegolven

⁷ DOI: [10.1016/j.scitotenv.2017.08.077](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.077)

⁸ <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.347>

1.4.2 Economische voordelen

Het beheer van gronden met natuurgebaseerde oplossingen heeft ook economische voordelen. Deze technieken vragen vaak relatief weinig energie en zijn kostenefficiënt, waardoor ze toelaten om gronden die anders niet gebruikt worden, op te waarderen.

Daarnaast kunnen deze oplossingen kostenbesparend werken in geval van grondverzet. Ze kunnen toelaten om licht verontreinigde gronden binnen de groenzone te hergebruiken in plaats van ze af te voeren voor verwerking.

1.4.3 Milieuvoordelen

Natuurgebaseerde oplossingen voor het beheer van bodems kunnen bijdragen aan het klimaatbestendiger maken van de stedelijke omgeving. De aanwezigheid van onverharde bodem vergroot bijvoorbeeld het waterbergend vermogen van het gebied en kan daarmee wateroverlast tegengaan.

Ze kunnen ook fungeren als filter. Water dat afstroomt over verharde oppervlakken zoals wegen en daken neemt daarop aanwezige verontreinigingen (neergeslagen roet, fijnstof, zware metalen, organische verontreinigingen ...) mee. Dit kan leiden tot een verslechtering van de waterkwaliteit als het afstromende water in het oppervlaktewater terecht komt. Boomwortels, strooisel en vegetatie werken als een filter dat verontreinigingen, sediment en meststoffen uit het afstromende water kan verwijderen voordat dit in het oppervlakte- of grondwater of op de bodem terecht komt. (*Bron: Groen in de stad – Waterhuishouding*⁹)

Natuurgebaseerde oplossingen zorgen voor een herstel van het bodemleven. Een rijk bodemleven bevordert de omzetting van organisch materiaal, waardoor weer voedingsstoffen vrijkomen voor de plantenwortels. Dat is nodig voor een duurzame, goede groei van het groen en met name de bomen in de stad. De groei van planten gaat vaak gepaard met de aanwezigheid of het aantrekken van specifieke micro-organismen die op en om de wortels leven. Vele boomsoorten leven bijvoorbeeld samen met specifieke schimmelsoorten in zogenaamde mycorrhiza's (Lang 2011). Deze vorm van samenwerking maakt bomen, zeker op arme of droge gronden, vitaler en beter bestand tegen droogte (Fini 2011). (*Bron: Groen in de stad – Biodiversiteit*¹⁰)

Beschaduwning door boomkronen beperkt de opwarming van waterlopen in stedelijk gebied en draagt daarmee bij aan de verhoging van de hoeveelheid zuurstof in het water en de beperking van ongewenste algengroei.

Natuurgebaseerde oplossingen creëren habitat voor planten en dieren en dragen zo bij aan een grotere biodiversiteit.

Onderstaande tabel vat de co-baten van enkele natuurgebaseerde oplossingen samen.

⁹ <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/544270>

¹⁰ <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/544257>

Table 1

Social, economic, and environmental benefits of using nature based remediation technologies and nature based brownfield redevelopment methods.

Nature based remediation technologies	Advantages			Disadvantages
	Social benefits	Economic benefits	Environmental and ecological benefits	
Constructed wetland	Improve aesthetics; create meeting/socializing space	Enhance flood control; ease drainage system burden;	Create a healthy ecosystem; low life cycle environmental footprint; reduce flood risk	Challenges in operation; Slow time period for remediation; require space
Phytoremediation	Improve aesthetics; bring in health benefit;	Enhance flood control;	Create a healthy ecosystem; improve air quality; low life cycle environmental footprint;	Slow contaminant removal or sequestration
In-situ bioremediation	Fast removal of contaminants;	Lower capital expenditure;	Low life cycle environmental footprint;	Potential toxic byproducts;
Green synthesis for nanoremediation	Reduce use of toxic chemicals; fast removal of contaminants;	Lower operating expenditure;	Low life cycle environmental footprint;	Difficulty in large-scale manufacturing;
Stabilization with biochar, green mulch and compost	Eliminate waste; improve aesthetics;	Lower operating expenditure; enhance flood control; dust suppression;	Low life cycle environmental footprint; improve air quality;	Risks in contaminants release with time goes and soil condition change

Tabel 1:Co-baten van natuurgebaseerde oplossingen (*Bron: Nature based solutions for contaminated land remediation and brownfield redevelopment in cities: A review (Song Y. et al, 2019¹¹)*)

¹¹ <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.347>

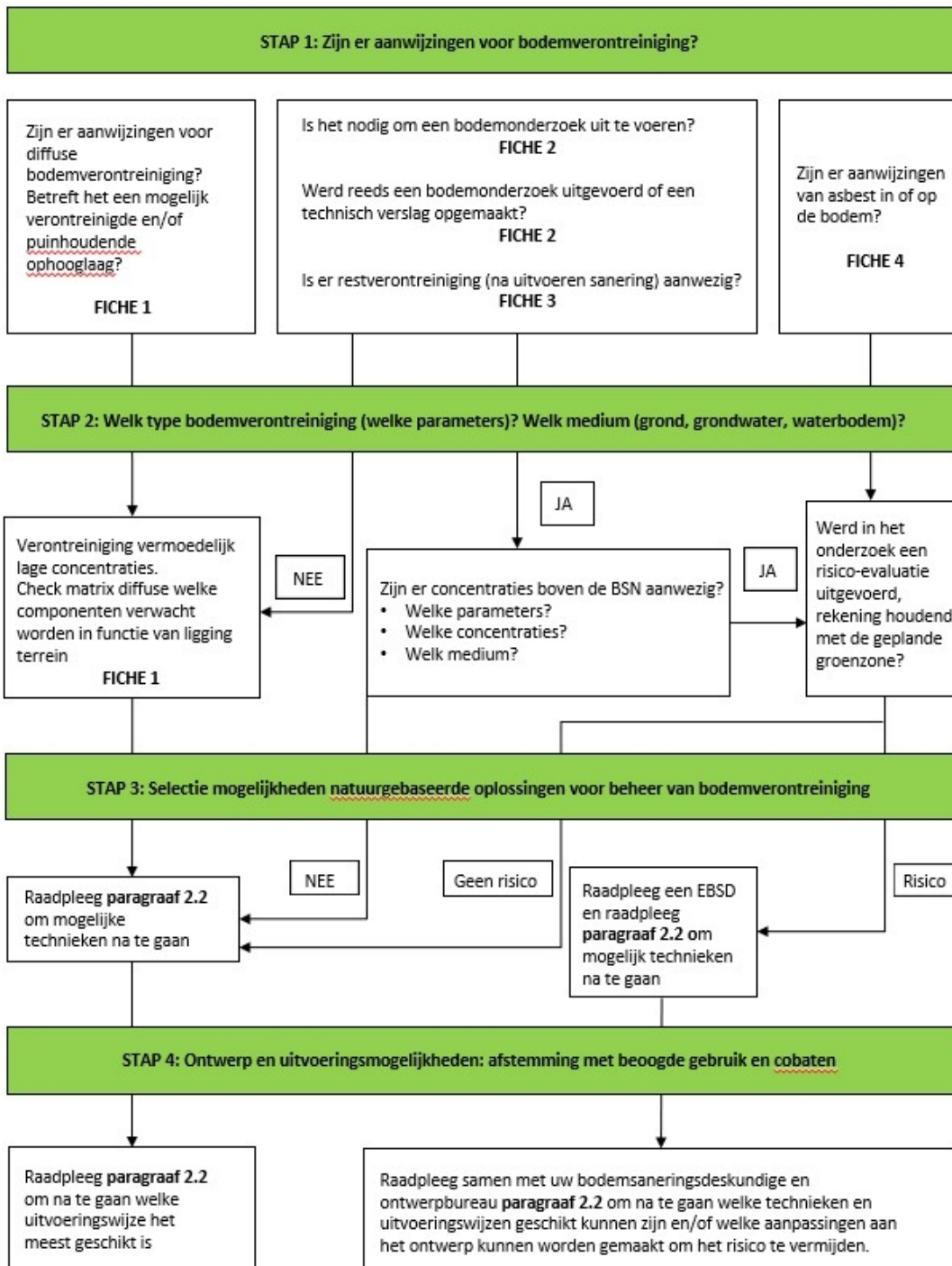
2 PRAKTISCHE HANDLEIDING NATUURGEBASEERDE OPLOSSINGEN VOOR BEHEER VAN BODEM(VERONTREINIGING)

Dit hoofdstuk beschrijft hoe u aan de slag kunt gaan met natuurgebaseerde oplossingen voor het beheer van groenzones. De uiteindelijke keuze voor een bepaalde techniek en/of uitvoeringswijze hangt af van de concrete situatie: type verontreiniging, concentraties, gebruik van het terrein, doelstelling/ambitieniveau van het lokale bestuur, omringende landschap, bodemtype, hoeveelheid beschikbare ruimte, andere lopende projecten en belangen op de locatie.

Deze handleiding biedt antwoorden op de belangrijkste vragen die opduiken als u een natuurgebaseerde oplossing voor het beheer van bodemverontreiniging overweegt. Voor een gedetailleerd ontwerp, een kostprijsraming of uitvoeringsmogelijkheden dient, afhankelijk van de ernst van de situatie en complexiteit, steeds bijkomend studiewerk te gebeuren. Waar mogelijk geven we in dit hoofdstuk aan waar u terecht kunt voor verdere informatie of begeleiding.

Paragraaf 2.1 bevat een stroomschema met enkele vragen. Welke gegevens u kunt raadplegen om de vragen te beantwoorden, vindt u in bijlage 4.1. De fiches in deze bijlage verwijzen vaak naar verdere informatiebronnen. Een overzicht en bijkomende uitleg over deze informatiebronnen vindt u in de bronnenlijst. Paragraaf 2.3 licht enkele praktische voorbeelden toe.

2.1 STROOMSCHEMA



2.2 SELECTIEMATRIX MOGELIJKE NATUURGEBASEERDE OPLOSSINGEN

In onderstaande tabel kunt u nagaan welke natuurgebaseerde techniek mogelijk geschikt is voor het aanpakken van verontreiniging. Kijk na welke parameters en welke matrix voor u van toepassing kunnen zijn. Wanneer u de technieken die in staat zijn om met het aanwezige type verontreiniging om te gaan, bepaald hebt, kunt u bekijken welke van deze technieken het best geïntegreerd kan worden in de groenzone die u op het oog hebt (uitvoeringswijze).

U moet verschillende aspecten in overweging nemen:

- Wat wilt u bereiken met de groenzone? Gaat het bijvoorbeeld om een speelterrein, een park of enkel een wegberm?
- Zijn er verplichtingen of wensen in het kader van andere regelgeving? Moet u bijvoorbeeld infiltratiemogelijkheden voorzien? Of waterbuffering?
- Welke andere landschapselementen zijn er aanwezig?
- Wat voor type terrein is het van nature (oorspronkelijk bebost, of weide of moerasgebied?)
- Welk bodemtype is aanwezig (textuur, vochtgehalte, pH, humusgehalte ...)?
- Welke cobaten zijn in uw situatie het meest belangrijk? Moet de groenzone vooral functioneel zijn (bijvoorbeeld een onthard voetpad) of is een esthetische meerwaarde belangrijk?
- Dient de biodiversiteit te worden gemaximaliseerd?
- Hoeveel ruimte is er beschikbaar?
- Kan de oppervlakte van de verontreiniging eenvoudig worden verkleind? Bijvoorbeeld door de verontreinigde grond samen te brengen en er een berm/landschapselement mee aan te leggen. Dat noemen we slim grondverzet.
- Wat is het ambitieniveau? Dit kunt u na verloop van tijd ook bijstellen. Er kan gestart worden met eenvoudige kleine ingrepen die later worden uitgebreid. U kunt bijvoorbeeld starten met de beplanting van een beperkte zone en als dit goed gaat de zone uitbreiden met bijvoorbeeld een rietveld.

Onderstaande tabel beschrijft per techniek enkele uitvoeringswijzen en links naar praktische informatie. Deze tabel kan dienen als leidraad, maar omdat praktische uitvoering en randvoorwaarden steeds situatie specifiek zijn, is maatwerk nodig. Waar mogelijk staan links naar deskundigen die u kunt contacteren. Betrek ook uw landschapsarchitect of ontwerp bureau reeds in een vroeg stadium bij deze oefening, indien nodig.

U kunt ook verschillende technieken combineren en aan slim grondverzet doen. Een verontreinigde toplaag kunt u eventueel afgraven en er een berm mee aanleggen als er in de groenzone ruimte voor is. Deze berm beplant u dan met soorten die geschikt voor fyto-remediatie. Of u kunt de grond behandelen met schimmels via mycoremediatie. Dient u eveneens waterbuffering te voorzien? Dan kunt u dat combineren met een helofytenfilter. In het volgende hoofdstuk werken we enkele praktische voorbeelden uit.

Techniek	Matrix	Parameters	Effect	Cobaten	Uitvoeringsmogelijkheden	Aandachtspunten	Meer informatie/ dimensionering	Link naar hoofdstuk met meer informatie en voorbeelden
Beplanten	Grond	Brede range organische en anorganische parameters, afhankelijk van tolerantie plant: zie ook bijlage 4 van CVGP fyto remediatie*	Verminderde opwaaiing, uitloging en uitdamping	Minder verdichting, esthetische verbetering, creatie van een ecosysteem	Bloemperken, weg- en spoorwegbermen, groenstroken in parkings, eventueel in combinatie met slim grondverzet..	Keuze plant: inheemse soorten, die passen bij de lokale fauna. Meer info vindt u op online plantzoekers zoals https://beweegt.velt.be/plantenzoeker of ook in bijlage 4 van CVGP fyto remediatie*	https://www.ecopedia.be/pagina/landschapsbeheer en https://www.ecopedia.be/pagina/groenbeheer CVGP fyto remediatie* Bijlage 4: plantenlijst Online database met verzameling van alle fyto remediatieprojecten: https://cluin.org/products/phyto/search/phyto_search.cfm	3.1
Stabilisatie	Grond	ZM en organische pollutanten	Adsorptie, complexatie, precipitatie, redoxreacties		Bloemperken, weg- en spoorwegbermen, groenstroken in parkings, eventueel in combinatie met slim grondverzet.	Opletten met het type pollutant: organisch koolstofgehalte doen verhogen heeft effect op de oplosbaarheid/mobiliteit		3.2
Fyto remediatie	Grond, grondwater en waterbodem	Brede range organische en anorganische parameters, afhankelijk van tolerantie plant: zie ook bijlage 4 van CVGP fyto remediatie*	Vermindert direct contact, breekt af, vermindert uitloging, vermindert opwaai	Esthetische verbetering, gezondheidsvoordelen, verbeterd overstromingsbeheer/ reductie run-off, productie van biomassa voor energieopwekking, creatie van een ecosysteem, verbetering	Bloemperken, weg- en spoorwegbermen, groenstroken in parkings, bomenrijen in straten ... Ook geschikt voor grotere terreinen zoals parken, herbebossingsproject ... Eventueel in combinatie met slim grondverzet.	Toepasbaarheid afhankelijk van concentraties in de bodem en diepte verontreiniging. Afhankelijk van component en bodemtype: zie CVGP fyto remediatie*	CVGP fyto remediatie*	3.3
Helofytenfilters	Grond-, afval en oppervlaktewater, waterbodem	VOCl, ZM, BTEX, NH3, NO3, PO4, fenolen, chloorbenzenen, MTBE	Afbraak of stabilisatie verontreiniging	luchtkwaliteit, minder verdichting, minder stof, koolstofopslag, creatie ontmoetingsplaats, (verbeterde vruchtbaarheid/structuur bodem, ontlasten rioleringsstelsel).	Grotere groenzones, zoals parken, brede wegbermen. Combineren met een WADI, infiltratiegracht...	Mogelijke geurhinder, nodig om regelmatig nutriënten bij te voegen, te monitoren, afhankelijk van component en bodemtype: zie CVGP fyto remediatie*	Verschillende bedrijven zijn gespecialiseerd in het aanleggen van rietvelden. Contacteer hen voor meer informatie. Zie ook CVGP fyto remediatie* plantkeuze: p118	3.4
Bioremediatie	Grond, grondwater	VOCl, PAK's, PCB's, pesticiden, ZM, MO	Afbraak, stabilisatie of accumulatie van verontreiniging	Relatief snelle verwijdering van contaminanten.	Toepasbaar op vele types van terreinen eventueel in combinatie met slim grondverzet..	Toepasbaarheid afhankelijk van concentraties in de bodem, afbraakproducten, omstandigheden in de bodem. Onderscheid tussen micro-, vermi- en mycoremediatie . Situatie afhankelijk, labotesten nodig bij twijfel	Contacteer een EBSD of gespecialiseerde bedrijven rond vermi- of mycoremediatie	3.5
Reactieve (organoklei)matten	Grond- en oppervlaktewater, grond, waterbodem	PAK's, PCB's, methylkwik, ZM, MO	Adsorptie en/of afbraak van de verontreiniging	/	In waterlopen Als afdekking: bloemperken, weg- en spoorwegbermen, groenstroken in parkings...	/	Contacteer een EBSD	3.6

*CVGP (code van goede praktijk) fyto remediatie: <https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/0/Code+van+goede+praktijk+-+Fyto+remediatie.pdf/>

2.3 INSPIRERENDE VOORBEELDEN

2.3.1 Wegberm

De gemeente wenst een wegberm tussen een spoorweg en een drukke gewestweg te ontharden, om enerzijds regenwater beter te laten infiltreren en anderzijds de biodiversiteit te vergroten. Momenteel is er enkel een laagje steenslag aanwezig.

Het stroomschema wordt als volgt doorlopen:

Stap 1: “Zijn er aanwijzingen voor bodemverontreiniging?”:

- Zijn er aanwijzingen voor een diffuse bodemverontreiniging? Uit fiche 1 blijken er aanwijzingen voor diffuse bodemverontreiniging, gezien de ligging tussen een weg en een spoorweg.
- Fiche 2 wordt geraadpleegd. Het betreft geen risico-grond. Het geoloket wordt geraadpleegd. Er zijn geen bodemonderzoeken uitgevoerd op deze locatie, maar het terrein is wel toegevoegd aan het dossier van een bedrijf aan de overkant. De gemeente heeft geen gegevens over de opmaak van een technisch verslag in het kader van grondverzet.
- Fiche 3: het geoloket leert dat een verontreinigingspluim van VOCl's in het grondwater (restverontreiniging) afkomstig van het bedrijf aan de overkant zich mogelijk uitstrekt tot onder de berm. Het grondwater bevindt zich op ca. 2 m-mv.
- Visueel is er geen asbest aanwezig op de bodem. Er is ook geen puin aanwezig in de ondergrond.

Stap 2: Welk type bodemverontreiniging (welke parameters)? Welk medium (grond, grondwater, waterbodem)?

- Uit fiche 2 blijkt dat de verdachte parameters gerelateerd aan de diffuse verontreiniging zware metalen, PAK's, minerale olie, asbest, pesticiden en PCB's zijn. De weg is niet gelegen in de Kempen of een gekende asbestregio.
- Het eindevaluatieonderzoek van de sanering van de verontreiniging die aan de oorsprong ligt van de restverontreiniging werd opgevraagd bij de OVAM. Hieruit blijkt dat de bodemsaneringsnorm in het grondwater met maximaal een factor 2 wordt overschreden. Er gaat geen risico uit van de restverontreiniging.

Stap 3: Selectie mogelijkheden natuurgebaseerde oplossingen voor beheer van bodemverontreiniging

- Uit paragraaf 3.2 blijkt dat volgende technieken weerhouden kunnen worden voor dit type van verontreiniging in de grond:

Voor de toplaag:

- beplanten/fytoremediatie: uit bijlage 4 van de CVGP blijkt dat bijvoorbeeld margrietten, wilde peen, zwenkgras, engels raaigras en luzerne interessante planten voor deze parameters zijn;
- stabilisatie;
- bioremediatie.

Voor de verontreiniging in het grondwater:

- fyto-remediatie: uit bijlage 4 van de CVGP fyto-remediatie blijkt dat voor gechloreerde solventen in het grondwater de inheemse soorten ruwe berk, populier en wilg interessant zijn;
- helofytenfilters en bioremediatie.

Stap 4: ontwerp en uitvoeringsmogelijkheden: afstemming met beoogde gebruik en cobaten

In paragraaf 3.2 wordt bekeken hoe deze technieken het best op deze locatie toegepast kunnen worden. De voornaamste doelen van de gemeente zijn de ontharding van de zone en de vergroting van de biodiversiteit. Verregaande waterzuivering of sanering (helofytenfilter en bioremediatie) zijn niet aan de orde gezien er geen risico's uitgaan van de aanwezige verontreiniging.

De bronnen van de verontreiniging van de toplaag (de wegberm en spoorweg) zijn nog steeds aanwezig. Actief weggraven van de toplaag heeft daarom geen meerwaarde.

Gezien de berm voldoende breed is, kan gekozen worden voor een combinatie van beplanting door een mix van grassen en ondiep wortelende planten en stabilisatie met compost voor de verontreinigde toplaag. Anderzijds is er voldoende ruimte voor enkele bomen die kunnen helpen om de restverontreiniging met VOC's af te breken. Dit draagt bij aan de biodiversiteit en betreft slechts een beperkte meerkost. Snoeisels hiervan wordt bij voorkeur afgevoerd naar een erkende composteringsinstallatie. Meer informatie over het analyseren van verontreinigde stoffen in maai- en snoeiafval en mogelijk hergebruik hiervan leest u in 3.1.5.



Figuur 3: Voorbeelden van wegbermen

2.3.2 Voorbeeld speelterrein

Op een speelterrein werden in de toplaag van de bodem verhoogde concentraties aan zware metalen en PAK's gemeten. Het speelterrein is beplant met gras. De gemeente wenst de speelomgeving zo veilig mogelijk te maken en de concentraties tot onder de bodemsaneringsnormen te brengen.

Het stroomschema wordt als volgt doorlopen:

Stap 1: "Zijn er aanwijzingen voor bodemverontreiniging?":

- Er is een bodemonderzoek beschikbaar. Hieruit blijkt dat de toplaag van het terrein puinhoudend is.
- Deze wordt aangewezen als de vermoedelijke oorzaak van de verontreiniging.
- Er zijn geen andere aanwijzingen voor diffuse verontreiniging (geen drukke wegen, spoorwegen, industrie, bebouwing ... in de buurt)
- Er werd nog geen sanering uitgevoerd.
- In het bodemonderzoek werd geen asbest aangetroffen.

Stap 2: Welk type bodemverontreiniging (welke parameters)? Welk medium (grond, grondwater, waterbodem)?

- Uit het bodemonderzoek blijken beperkte overschrijdingen van de bodemsaneringsnorm voor zware metalen en PAK. Een sanering wordt niet noodzakelijk geacht gezien er geen risico uitgaat van de verontreiniging.

Stap 3: Selectie mogelijkheden natuurgebaseerde oplossingen voor beheer van bodemverontreiniging

- Uit paragraaf **Error! Reference source not found.** blijkt dat volgende technieken weerhouden kunnen worden voor dit type van verontreiniging:
 - beplanten/fytoremediatie;
 - stabilisatie;
 - bioremediatie;
 - organokleimatten (als afdekking).

Stap 4: ontwerp en uitvoeringsmogelijkheden: afstemming met beoogde gebruik en cobaten

In paragraaf 3.2 wordt nagegaan hoe deze technieken best op deze locatie toegepast kunnen worden. Het voornaamste doel van de gemeente is de volledige veiligheid van de spelende kinderen.

Gezien de oorzaak van de verontreiniging gelinkt is aan het puin in de toplaag en er geen nieuwe verontreiniging bijkomt door diffuse bronnen in de omgeving, ligt het voor de hand om de toplaag te ontgraven. Dit brengt echter aanzienlijke kosten met zich mee om de afgevoerde grond te laten reinigen.

Een andere optie is om de ontgraven grond te integreren in het speelterrein. Zo kan er met deze grond een berm worden aangelegd, die vervolgens wordt afgedekt met 0,5 m propere teelaarde.¹² Deze berm kan bijvoorbeeld beplant worden met planten geschikt voor fyto-remediatie van deze componenten. Op korte termijn is hiermee het risico voor de spelende kinderen volledig weggenomen, wordt een bijkomend spelelement gecreëerd en is er een meerwaarde voor biodiversiteit en op esthetisch vlak. De kosten voor de afvoer van de verontreinigde grond worden bovendien vermeden.

Op lange termijn zorgt deze natuurgebaseerde oplossing met de juiste plantenkeuze ervoor dat de concentraties aan verontreinigende stoffen dalen of dat de stoffen worden gestabiliseerd.

¹² Als hiervoor meer dan 250 m³ grond wordt ontgraven is een technisch verslag nodig.

3 OVERZICHT VAN MOGELIJKE NATUURGEBASEERDE OPLOSSINGEN VOOR BODEMS

Onderstaande paragrafen lichten enkele natuurgebaseerde oplossingen voor bodems toe. Deze technische oplossingen kunnen vervolgens fungeren bij verschillende uitvoeringsmogelijkheden zoals de heraanleg van een parkzone, een berm, een wadi ...

Gezonde bodems hebben een groot zelfreinigend vermogen. Bij het ontwerpen van natuurgebaseerde oplossingen moet u steeds vanuit deze gedachte vertrekken. Hou bij de keuze van techniek, materiaal, plantgoed en beheer rekening met het specifieke bodemtype op de locatie. Vaak is het de beste oplossing om de natuur of de bodem ruimte geven om zichzelf te herstellen.

Het zwaartepunt van een natuurgebaseerde bodemsanering of beheer van bodemverontreiniging ligt vaak niet zozeer bij de werken zelf (bijvoorbeeld aanplant), maar wel in de voorbereiding en voornamelijk in de monitoring, het beheer en de nazorg. Vooral als er risico's aan de bodemverontreiniging verbonden zijn, kan de sanering pas worden beëindigd als de vooropgestelde doelstellingen bereikt zijn. Een gepast monitoringsplan moet worden opgesteld en opgevolgd na de civieltechnische werken. Het eindevaluatieonderzoek moet nagaan of de doelstellingen behaald werden of volgens het vooropgestelde beheer behaald zullen worden. Mogelijk worden er dan nog adviezen of beperkingen, bijvoorbeeld wat betreft gebruik of beheer van het terrein, opgelegd. Het is aangewezen om hiervoor beroep te doen op een EBSD.

3.1 HERBEPLANTING

3.1.1 Omschrijving

Herbeplanting is het proces waarbij de vegetatie en de bodem van verstoord land (door ontginningsactiviteiten, brand, overstroming ...) worden hersteld. Dit kan op natuurlijke wijze gebeuren, door spontane kolonisatie door planten die aangepast zijn aan de lokale omgeving. Het is de goedkoopste optie, ook al bestaat de kans dat er invasieve soorten opduiken.

Een tweede manier bestaat uit gecreëerde verwilderingsprojecten waarbij men actief gaat zaaien en/of aanplanten. Dit is vaak een beter alternatief aangezien bij spontane kolonisatie de kans op nadelige effecten bestaat. Zo kan door te dichte begroeiing een rivierbedding droog komen te staan door de grote vraag naar water van de omliggende vegetatie.

Herbeplanting streeft naar een beheersing van de verontreiniging door verminderde blootstelling van receptoren aan pollutanten. Opwaaiing, uitloging en uitdamping van verontreinigende stoffen worden verminderd door het herbeplanten van de verstoorde grond. Ook kan het beplanten van bijvoorbeeld een *constructed wetland* helpen om verontreiniging (verontreinigd slib) fysisch vast te houden en zo het verspreidingsrisico te reduceren. Op lange termijn moet dit een zelfvoorzienend ecosysteem worden zodat er geen verdere sanering en slechts minimaal onderhoud nodig is.



Figuur 4: Beplanten van een steile helling naast een autoweg.

3.1.2 Schaalgrootte

Deze techniek is zeer breed inzetbaar. Zowel kleine als zeer grote percelen en alles daartussen leent zich hiertoe.

3.1.3 Cobaten

Cobaten	Sociale voordelen	Economische voordelen	Milieu- en ecologische voordelen
	Esthetisch	Lagere kost dan klassieke sanering/ontgraving Minder stof	Creatie van een stabiel ecosysteem Minder verdichting, uitloging van verontreiniging en uitdamping
Opmerkingen	Groenonderhoud nodig		

Tabel 2: Cobaten herbeplanting

3.1.4 Kostprijs

De kostprijs van het volledige project (plannen, materiaal, monitoring ...) verschilt naargelang het type site, de grootte van het project, de gebruikte materialen ... De belangrijkste kosten zijn de aankoop van planten of zaad en de werkuren voor de aanplantingen. In functie van de keuze van de planten, kan maaien/snoeien een bijkomende onderhoudskost zijn.

3.1.5 Specifieke toepassingscriteria

Bij herbepanting is de tolerantie van planten ten opzichte van sommige pollutanten belangrijk. Als er gekozen wordt voor een plant die niet tolerant is of er te veel pollutant aanwezig is, dan kan dit toxisch zijn voor het organisme. Bij voorkeur kiest u voor inheemse soorten die aangepast zijn aan het bodemtype en de standplaats. Raadpleeg hiervoor bijlage 4 de CVGP voor fyto-remediatie, of plantenwijzers zoals bijvoorbeeld <https://beweegt.velt.be/plantenzoeker>.

Het maaisel en snoeisel en de afgevallen bladeren worden bij voorkeur niet ter plaatse gecomposteerd of gebruikt in een moestuin maar afgevoerd naar een professionele composteringsinstallatie. Dit materiaal dient steeds te voldoen aan de voorwaarden opgenomen in het VLAREMA (bijlage 2.3.1).

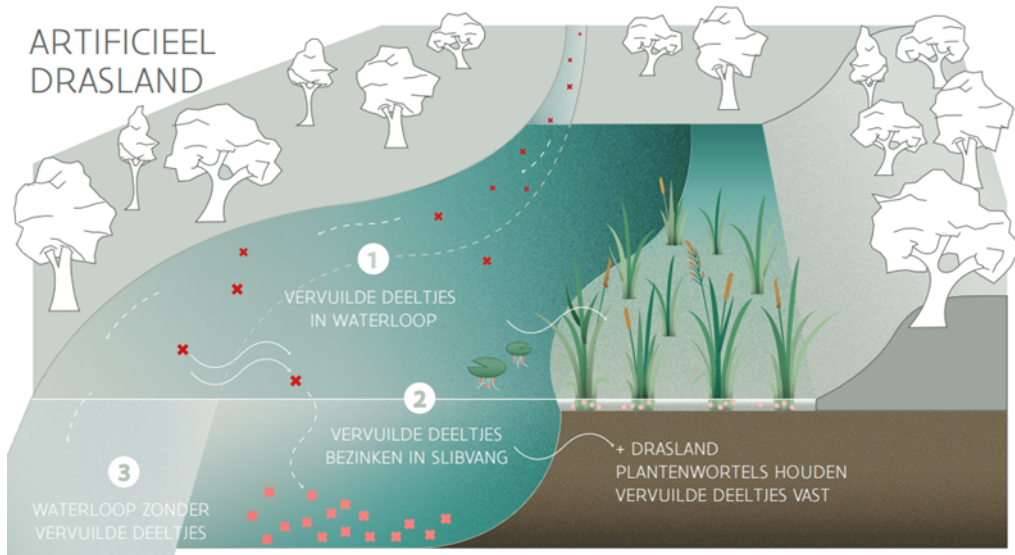
U laat best enkele stalen van het maai- of snoeiafval nemen om na te gaan voor welke toepassing ze hergebruikt kunnen worden. Labo's die dergelijke analyses kunnen uitvoeren vind je hier: <https://services.ovam.be/LijstenVerwerkersEnLabos/s/lijsten?soort=LABO>.

3.1.6 Voorbeeld

Slovenië kende als gevolg van socio-economische veranderingen in de jaren '50 grote volksverhuizingen van het platteland naar de stad. Voormalige landbouwgronden in grote delen van het land kenden daardoor een natuurlijke herbepanting. Dat had positieve effecten op bodem en landschap. Zo verbeterde het koolstofgehalte, de totale stikstof, de bulkdichtheid en de stabiliteit. Deze verbeterde bodemeigenschappen hadden ook positieve gevolgen voor de bodemdiversiteit, de koolstofconcentraties en de capaciteit om water vast te houden. Daarnaast verminderde ook overstromingsrisico's, erosie en afspoeling.

In de Duitse stad Freiburg werd sinds 1990 een nieuwe ecowijk aangelegd. Eén van de maatregelen was het inzaaien van de trambeddingen met gras. De verdamping van vocht door het gras gaat het hitte-eiland-effect tegen. Bovendien is gras doorlatend waardoor regenwater in de ondergrond kan doordringen. Zo worden overstromingen tegengegaan maar wordt ook de grondwatertafel aangevuld (bosplus.be).

Eén van de proefprojecten van het LIFE Narmena project omvat een constructed wetland als winterbedding van de Grote Calie in Turnhout. De waterbodem daar is verontreinigd met chroom door lozingen door een voormalige leerlooierij. De verontreiniging bevindt zich voornamelijk stroomopwaarts in de beek. Een slibvang - een lokale verbreding en verdieping van de beek - bevindt zich ter hoogte van het constructed wetland. In deze slibvang remt het oppervlaktewater af. Daardoor bezinken de slibpartikels waaraan de verontreiniging gehecht zit, in de slibvang en het constructed wetland. Op die manier verspreidt de verontreiniging zich stroomafwaarts veel minder. Daarenboven wordt het constructed wetland beplant. De wortels van de planten houden de slibpartikels vast, waardoor deze nog minder opwarrelen. In dit voorbeeld zorgt beplanting dus voor een vermindering van het verspreidingsrisico van verontreiniging. Meer informatie over dit proefproject leest u op www.narmena.be.



Figuur 5: Voorstelling van het beplanten van een constructed wetland om het verspreidingsrisico van verontreinigd slib tegen te gaan. (bron:LIFE Narmena)

3.1.7 Bronnenlijst

Arienzo M., Adamo P., Cozzolino V. (2004) The potential of *Lolium perenne* for revegetation of contaminated soil from a metallurgical site. *Science of the Total Environment* 319, 13 - 25

3.2 STABILISATIE

3.2.1 Omschrijving

Stabilisatie is een proces dat polluenten immobiliseert door stabilisatoren toe te voegen. Doordat hun mobiliteit verlaagt, vormen de polluenten minder gezondheids- en ecologische risico's. Enkele stabilisatoren zijn *biochar*, *biosolids*, groene bodembedekking (*green mulch*), compost en houtsnippers. Er kan adsorptie, complexatie, precipitatie of een redoxreactie optreden door de aanwezigheid van deze stoffen. Stabilisatoren kunnen gebruikt worden op verontreinigingen met zware metalen en organische polluenten in de grond.

Biochar is een houtskoolachtige stabilisator die ontstaat door de thermochemische conversie (bij 350 °C) van biomassa in een zuurstofarme omgeving (pyrolyse). In tegenstelling tot houtskool kan *biochar* afkomstig zijn van verschillende organische grondstoffen zoals hout, mest, gewasresten, residuen van afvalwater ... *Biochar* heeft een grote specifieke oppervlakte¹³ en een grote capaciteit voor de adsorptie van zware metalen en organische polluenten. *Biosolids* is een product van afvalwaterbehandelingsprocessen: tijdens de behandeling wordt vloeistof van vaste stof gescheiden. De overblijvende vaste stof kan dienen als stabilisator.

¹³ https://nl.wikipedia.org/wiki/Specifiek_oppervlak



Figuur 6: Houtsnippers dienen als stabilisator.

3.2.2 Schaalgrootte

Deze techniek is toepasbaar bij zowel kleine als grote verontreinigingen, al is er over het algemeen een grote hoeveelheid stabilisator nodig voor een gunstig resultaat.

3.2.3 Cobaten

Cobaten	Sociale voordelen	Economische voordelen	Milieu- en ecologische voordelen
	Minder afval dan klassieke sanering/ontgraving Esthetische verbetering	Lagere operationele kost dan klassieke sanering/ontgraving Beter overstromingsbeheer Stofvermindering Hergebruik, circulariteit	Lage ecologische voetafdruk Reduceren van run off Verhogen van koolstofgehalte, structuur en indirect bodemleven in de bodem
Opmerkingen	Contaminanten blijven aanwezig in de bodem. Risico op het opnieuw vrijkomen van de contaminanten op lage termijn wanneer de omstandigheden in de bodem wijzigen.		

Tabel 3: Cobaten stabilisatie

3.2.4 Specifieke toepassingscriteria

Een stabilisator kan zorgen voor fysicochemische condities die organismen in de bodem op zowel negatieve als positieve wijze beïnvloeden. Door gunstige omstandigheden voor de groei van micro-organismen te creëren, ontstaan naast de voordelen van *biochar* als stabilisator ook voordelen van bioremediatie. Enkele eigenschappen van *biochar*, zoals hoge porositeit en een groot specifiek oppervlakte, zorgen voor een goede habitat voor bodemorganismen. De grootte van de poriën hangt af van de productietemperatuur en het materiaal dat verbrand werd. *Biochar* kan de originele organische stof in de bodem langdurig beïnvloeden, zowel negatief als positief. Opnieuw is dit sterk afhankelijk van het materiaal dat verbrand werd en de

temperatuur waarop de pyrolyse uitgevoerd werd. Dit zijn twee elementen waarmee u rekening moet houden als u het type en de hoeveelheid *biochar*, en naar analogie andere stabilisatoren, moet kiezen. In sommige gevallen is een combinatie van bioremediatie en *biochar* aangewezen. Een voorbeeld hiervan is de *immobilized microorganism technique (IMT)*.

Arseen is een veelvoorkomende pollutant in de bodem. In tegenstelling tot kationische metalen (Cu, Zn, Pb, Cd, ...) komt het voor als een oxy-anion in oplossing. In tegenstelling tot bij de kationische metalen kan de toevoeging van stabilisatoren zorgen voor een verhoogde mobiliteit door een stijging van de pH. Uit onderzoek bleek dat de toevoeging van ijzerrijke materialen dit probleem kan verhelpen, al verhoogt dit natuurlijk wel de kostprijs. Naast arseen kunnen ook andere componenten beïnvloed worden door de aanwezigheid van stabilisatoren. Ga daarom de samenstelling van de bodem na en hoe een specifieke stabilisator daarop invloed kan hebben. Stabilisatoren kunnen ook de oplosbaarheid van metalen verhogen door co-mobilisatie met opgeloste organische koolstof (DOC).

3.2.5 Bronnenlijst

Beesley L., Moreno-Jiménez E., Gomez-Eyles J. L., Harris E., Robinson B., Sizmur T. (2011) A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. *Environmental Pollution* Volume 159, Issue 12, December 2011, Pages 3269-3282

Zhang X., Wang H., He L, Lu K. (2013) Using biochar for remediation of soils contaminated with heavy metals and organic pollutants. *Environmental Science and Pollution Research* April 2013

Palansooriya K. N., Wong J. T. F., Hashimoto Y., Huang L., Rinklebe J., Chang S. X., Bolan N., Wang H., Ok Y. S. (2019) Response of microbial communities to biochar-amended soils: a critical review. *Biochar* volume 1: 3–22(2019)

Grobbel L., Wang Z. (2013) Stabilization / Solidification (S/S). [Webpagina]. Geraadpleegd van <https://www.geoengineer.org/education/web-class-projects/cee-549-geoenvironmental-engineering-winter-2013/assignments/stabilization-solidification#:~:text=Recommended%20Reading-Overview,or%20encapsulated%20into%20a%20matrix.>

3.3 FYTOREMEDIATIE

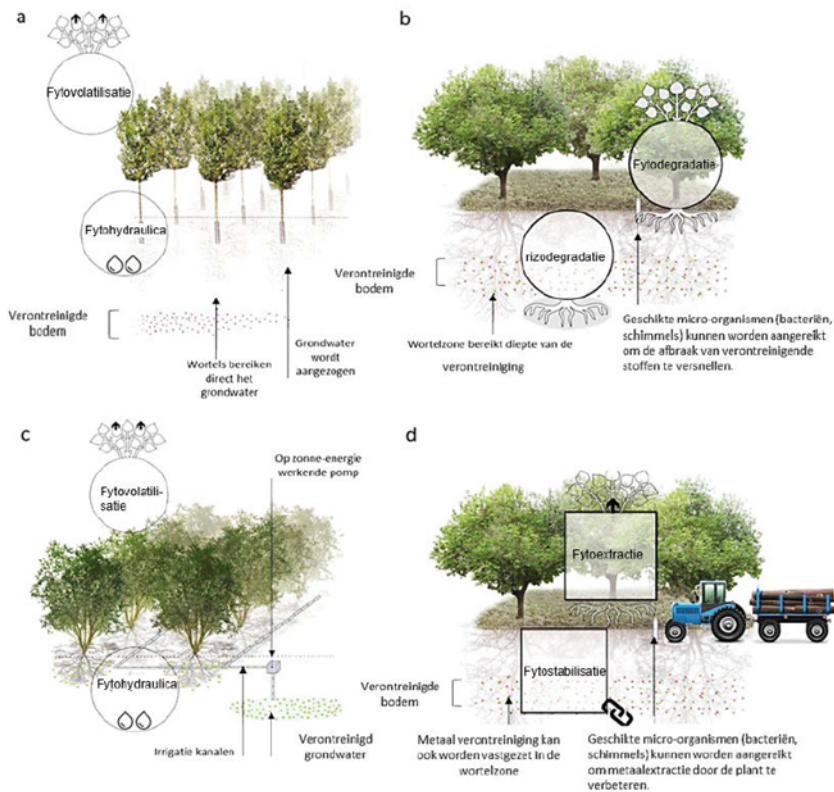
3.3.1 Omschrijving

Fytoremediatie is een duurzame saneringstechniek waarbij planten en hun daarmee geassocieerde micro-organismen zorgen voor het verwijderen, afbreken of stabiliseren van verontreinigde stoffen in zowel bodem als grondwater.

Fytoremediatie omvat verschillende vormen:

- *Fytoextractie*: opname en opslag van pollutanten in (oogstbare) delen van de plant.
- *Fytodegradatie*: opname en afbraak van pollutanten door metabole processen of enzymatische activiteit.
- *Fytovolatilatie*: opname, transport en volatilatie van pollutanten.
- *Fytohydraulica*: opname en evaporatie van water waardoor de richting en snelheid van grondwaterstroming beïnvloedt worden.

- *Fytostabilisatie*: stabilisatie en/of immobilisatie van polluenten in de bodem.



Figuur 7: Verschillende types fyto remediatie. (bron: CVGP fyto remediatie)

De verontreinigende stof wordt voornamelijk opgenomen via de wortels, waarna de stoffen getransporteerd kunnen worden naar de bovengrondse delen van de plant. Afhankelijk van het mechanisme zal er afbraak of opslag van de verontreinigde stof gebeuren. Daarnaast kan fyto remediatie ook de infiltratie van verontreinigende stoffen in grondwater of de uitloging van meststoffen en pesticiden in waterlopen tegengaan.

Afhankelijk van de verontreiniging en het project kan er gekozen worden voor klassieke fyto remediatie of micro-organismen geassisteerde fyto remediatie. Bij de eerste vorm worden planten en hun van nature aanwezige geassocieerde micro-organismen gebruikt, bij de tweede vorm kan er aangerijkt worden met een selectie micro-organismen in de rhizosfeer en/of binnenin de plant.

Deze techniek kan dienen voor verontreinigingen van een groot aantal stoffen, zoals gechloroerde solventen, zware metalen, BTEX, minerale oliën, PAK's en cyaniden. Ze kan gebruikt worden voor verschillende concentraties aan zowel organische als anorganische diffuse verontreinigingen. Hou echter wel rekening met

de toxiciteit van de stof voor de gebruikte plant. Om de fytotoxiciteit na te gaan, voert u best een test uit waarbij zaden kiemen en planten groeien in aanwezigheid van verschillende concentraties aan pollutant.

De hoeveelheid pollutant die opgenomen kan worden, kunt u voor organische verontreinigingen schatten door de hydrofobiciteit die weergegeven wordt door $\log K_{ow}$ (tussen 0.5 en 3.5 betekent een goede opname door planten).

De OVAM publiceerde reeds een Code van Goede Praktijk voor fyto-remediatie. Deze code omvat een gedetailleerde beschrijving van de techniek en licht de verschillende vormen van fyto-remediatie toe: fytostabilisatie, fyto-extractie, fyto-volatilisatie, fyto-degradatie, fyto-hydraulica, rhizodegradatie.

Ook bevat ze procedures voor het haalbaarheidsonderzoek, voor het ontwerp, de inrichting, het beheer en de monitoring en voor de stopzetting en de nazorg van een project. U vindt de code op de website van de OVAM <https://ovam.vlaanderen.be/code-van-goede-praktijk>

3.3.2 Schaalgrootte

Deze techniek is op zowel kleine als op grote schaal goed inzetbaar.

3.3.3 Cobaten

Cobaten	Sociale voordelen	Economische voordelen	Milieu- en ecologische voordelen
	Esthetisch Gezondheidsvoordelen	Verbeterd overstromingsbeheer Mogelijkheid tot produceren van biomassa voor energieopwekking Opwaardering site Minder stof Minimale onderhouds- en werkingskost	Creëren van een gezond ecosysteem, verbeteren luchtkwaliteit, lage ecologische voetafdruk, verbeteren koolstofgehalte, bodemstructuur en bodemleven
Opmerkingen	Trage verwijdering of vastlegging van verontreiniging. Voldoende ruimte nodig. Hoeveelheid groenonderhoud afhankelijk van plantkeuze, toepasbaarheid afhankelijk van concentraties aan verontreiniging in de bodem (zie ook CVGP fyto-remediatie).		

Tabel 4: Cobaten fyto-remediatie

3.3.4 Kostprijs

De kostprijs van een sanering of beheersing door middel van fyto-remediatie hangt af van factoren als ontwerp, inrichting, beheer en eventuele opvolging. De prijs kan sterk verschillen naargelang het gebruikte mechanisme en is ook sterk projectafhankelijk.

3.3.5 Specifieke toepassingscriteria

Het is uitermate belangrijk om een plantensoort te kiezen die past binnen het project. Hou rekening met de geschiktheid voor het terrein (klimaat, bodem, groeisnelheid ...) en met het type verontreiniging. Hiervoor kunt u resultaten uit labostudies en kennis uit eerdere projecten gebruiken. De CVGP fyto remediatie bevat verschillende beslisbomen om het juiste mechanisme en de juiste plant te selecteren.

Als de verontreiniging aanwezig is in de toplaag van de bodem, kunt u opteren voor stabilisatie door planten met vezelachtige wortels die minder diep groeien. Denk aan grassen, kruidachtigen en waterrijke soorten. Voor remediëring van de toplaag kunt u planten gebruiken met minder diepe wortel (werken tussen 30 – 60cm). Voor fyto remediatie van verontreinigingen die dieper liggen of aanwezig zijn in het grondwater, plant u diepwortelende planten en bomen aan.

In Vlaanderen worden vooral populier, wilg, esdoorn, grassen, vlinderbloemachtigen, land- en tuinbouwgewassen, metaalhyperaccumulatoren en waterplanten gebruikt en onderzocht. Inheemse soorten vergroten de ecologische waarde van de beplanting. Een lijst met mogelijk plantensoorten vindt u in bijlage 4 van de CVGP fyto remediatie. Online plantzoekers (zoals beweegt.velt.be/plantzoeker) informeren u voor een groot aantal planten over de geschikte omstandigheden zoals bodemtype, belichting

Het maaisel, het snoeisel en de afgevalen bladeren worden bij voorkeur niet ter plaatse gecomposteerd of gebruikt in een moestuin maar afgevoerd naar een professionele composteringsinstallatie. Dit materiaal dient te voldoen aan de voorwaarden opgenomen in het VLAREMA (bijlage 2.3.1).

U laat best enkele stalen van het maai- of snoeiafval nemen om na te gaan voor welke toepassing ze hergebruikt kan worden. Labo's die dergelijke analyses kunnen uitvoeren vindt u hier:

<https://services.ovam.be/LijstenVerwerkersEnLabos/s/lijsten?soort=LABO>

3.3.6 Voorbeelden

De CVGP fyto remediatie bevat enkele praktijkvoorbeelden.

In Genk werd een BTEX-verontreiniging gesaneerd door een combinatie van grondwatersanering (pump and treat) en bodemluchtextractie in de kernzone en fyto remediatie in de pluimzone. De aanplant van een populierenveld gebeurde in 1999. Vier jaar later was de pluim al sterk gereduceerd en na zeven jaar waren de concentraties BTEX onder het populierenveld onder de detectielimiet gedaald.

De Ceuvel is een gewezen scheepswerf in Amsterdam-Noord die werd herontwikkeld. Door ophoging met vervuilde bagger en door voormalige activiteiten was hier bodemverontreiniging met PAK's en zware metalen ontstaan. Er werd geopteerd voor fyto remediatie als goedkope en duurzame oplossing. Grassen, vaste planten, korte omloophouten en volwassen bomen werden geplant en zorgden voor de opname en afbraak van de verontreiniging.

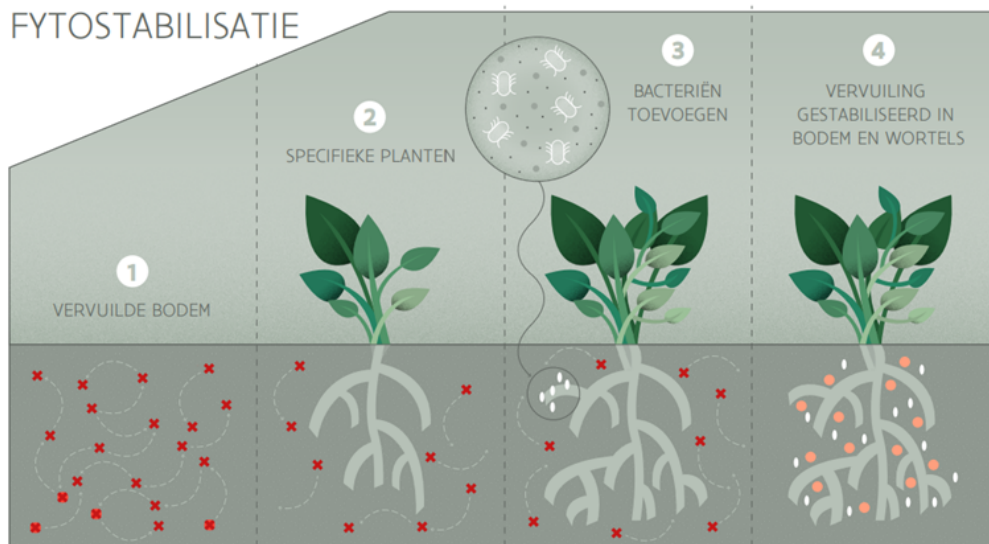


Figuur 8: Herontwikkelingsproject de Ceuveel met fyto-remediatie in Amsterdam-Noord

In Zeebrugge wordt de organische restverontreiniging ter hoogte van het voormalige Carcoke aangepakt via bacterie-geassisteerde fyto-remediatie. Er wordt gewerkt met onder meer grassen, lisdodde, riet en populieren. Waar nodig worden nuttige bacteriën geïnjecteerd (bioremediatie). Die zorgen voor versnelde biologische afbraak van bepaalde polluenten. (www.ovam.vlaanderen.be/resanat)

Het LIFE Narmena project voert een proefproject met bacterie-geassisteerde fyto-stabilisatie uit op de oevers van de Grote Calie in Turnhout. Er worden alleen planten geselecteerd die in de omgeving waar ze worden aangebracht niet invasief zijn en geen negatieve invloed hebben op de inheemse flora en fauna. Indien nodig worden er plantgeassocieerde bacteriën toegevoegd met gepaste fixatiemechanismen. Zo helpen we de planten te overleven in een milieu met hoge gehalten aan chroom. Er wordt fyto-stabilisatie toegepast, omdat het niet mogelijk is om chroom af te breken in de plant. De planten en hun micro-organismen gaan chroom VI - de meest toxische variant van chroom- in de bodem, de rizosfeer of de wortels stabiliseren en omzetten naar het minder toxische en minder mobiele chroom III. Op deze manier neemt de biobeschikbaarheid van chroom in de bodem af. Er zal een fyto-remediatieveld worden aangelegd op landbouwgrond en in natuurgebied. Beide zones hebben specifieke vereisten die de selectie van de planten en de bacteriën kunnen beïnvloeden.

www.narmena.be



Figuur 9: Voorstelling van bacterie geassisteerde fytostabilisatie (bron: LIFE Narmena)

Een ander *urban*-project is het Shanghai EXPO Cultural Park. Historisch gezien bestaat de site uit wetlands maar over de jaren heen kwam er meer zware industrie. Deze activiteiten zorgden voor verontreinigingen van de bodem en het grondwater met zware metalen en organische solventen. De meest verontreinigde zones werden afgegraven en voor de minder verontreinigde zones werd fytoremediatie toegepast. Deze techniek paste ook perfect bij het uitzicht en de functie van het project.

3.3.7 Bronnenlijst

Vangronsveld J., Weyens N., Thijs S., Dubin D., Clemmens M., Van Geert K., Van Den Eeckhaut M., Van den bossche P., Van Gestel G., Bruneel N., Van Gestel G., Crauwels L., Lemmens C. (Januari 2019) Fytoremediatie – Code van Goede Praktijk.

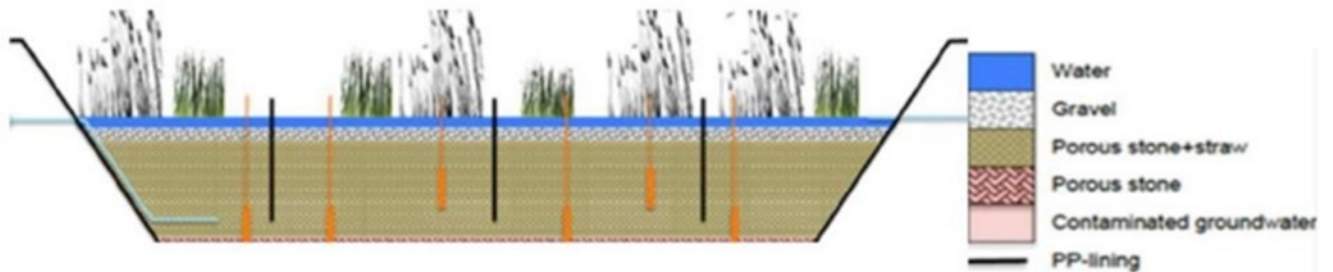
Bastin O., Thomas Y., Machinet G. (2019) Phytoremediation and mycoremediation of contaminated land at industrial scale: a complete toolkit for nature-based solutions. AquaConSoil 2019 proceedings

Greipsson, S. (2011) Phytoremediation. Nature Education Knowledge 3(10): 7

3.4 HELOFYTENFILTERS (OF CONSTRUCTED WETLANDS)

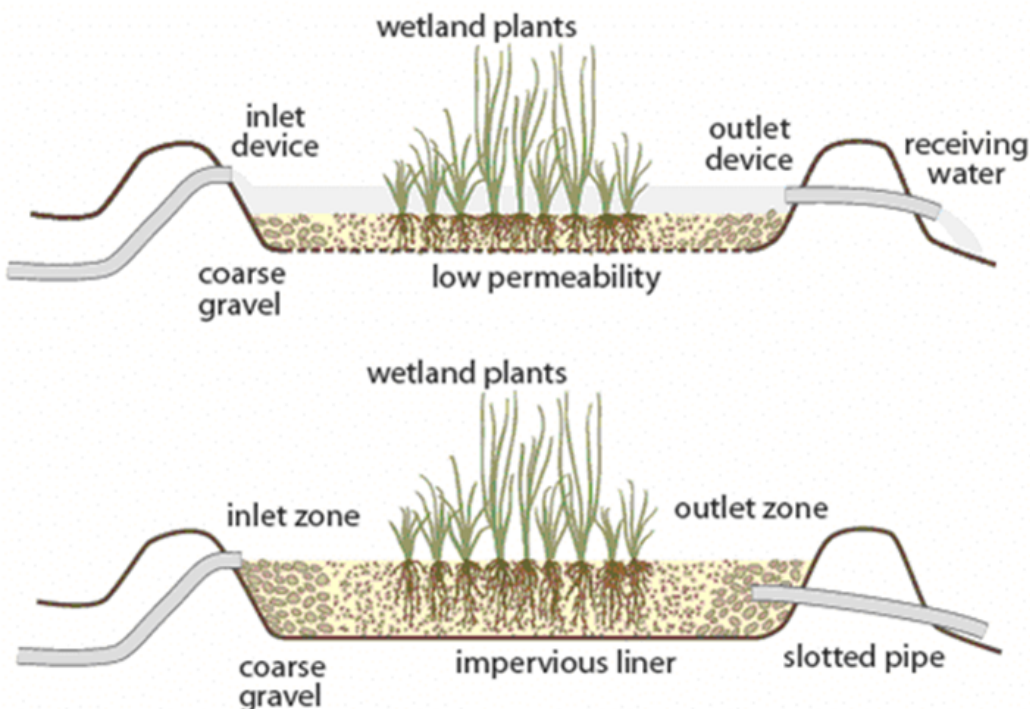
3.4.1 Omschrijving

Bij helofytenfilters ontstaat er een ecosysteem waarbij verschillende afbraak- of fixatieprocessen optreden. Op deze manier kunnen biologische, chemische en fysische processen verontreinigingen omzetten en/of verwijderen. De zuivering van het water of zwevende deeltjes die in de wetlands terechtkomen, gebeurt door de aanwezigheid van planten (riet, lisdodde...), micro-organismen en substraat. Vooral de bacteriën en fungi die in de bodem en rondom de wortels voorkomen zorgen hiervoor. Dit type zuivering kan gebruikt worden voor zowel grond- als afvalwater.



Figuur 10: Voorstelling van één type helofytenfilter. (bron: HMVT)

De verontreinigende stoffen die afgebroken kunnen worden met deze methode zijn gechloreerde solventen, zware metalen, BTEX, ammoniak, nitraten, fosfaten, fenolen, chloorbenzenen en MTBE. Helofytenfilters bieden de mogelijkheid om verschillende verontreinigingen tegelijkertijd aan te pakken. Een mogelijke configuratie is de subsurface flow, waarbij het verontreinigde water zowel horizontaal als verticaal door het hoog permeabel substraat (gravel, steen of grond) stroomt. De tweede configuratie is surface flow waarbij water horizontaal over het substraat stroomt. Deze tweede configuratie maakt meestal geen gebruik van drainageleidingen en pompen en is daardoor makkelijker in gebruik.



Figuur 11a: surface flow en 11b: subsurface flow constructed wetland (bron: Md Saat, Siti Kamariah. (2020)

3.4.2 Schaalgrootte

De schaal waarop helofytenfilters gebruikt kunnen worden is zeer variabel. Zo kunnen er kleine constructies van enkele tientallen vierkante meters gebouwd worden, maar is het ook mogelijk om meerdere wetlands aan elkaar te koppelen of een wetland van duizenden vierkante meters te construeren. De grootte van een wetland dat nodig is om zuivering te verkrijgen wordt beïnvloed door het toevoerdebiet aan water, het seizoen, het type en de hoeveelheid verontreiniging.

3.4.3 Cobaten

Cobaten	Sociale voordelen	Economische voordelen	Milieu- en ecologische voordelen
	Esthetische verbetering Creëert ontmoetingsplaats	Verbeterd overstromingsbeheer, ontlasten van rioleringsstelsel	Creëert een gezond ecosysteem, lage ecologische voetafdruk, verminderd overstromingsrisico Absorbeert CO ₂
Opmerkingen	Voldoende ruimte nodig, in geval van sanering: trage techniek. Onderhoud nodig: toevoegen van nutriënten. Als het toevoerdebiet en/of de toevoerconcentratie/belasting niet geregeld kan worden, is dit een sterke restrictie op de efficiëntie van het systeem.		

Tabel 5: Cobaten constructed wetlands

3.4.4 Specifieke toepassingscriteria

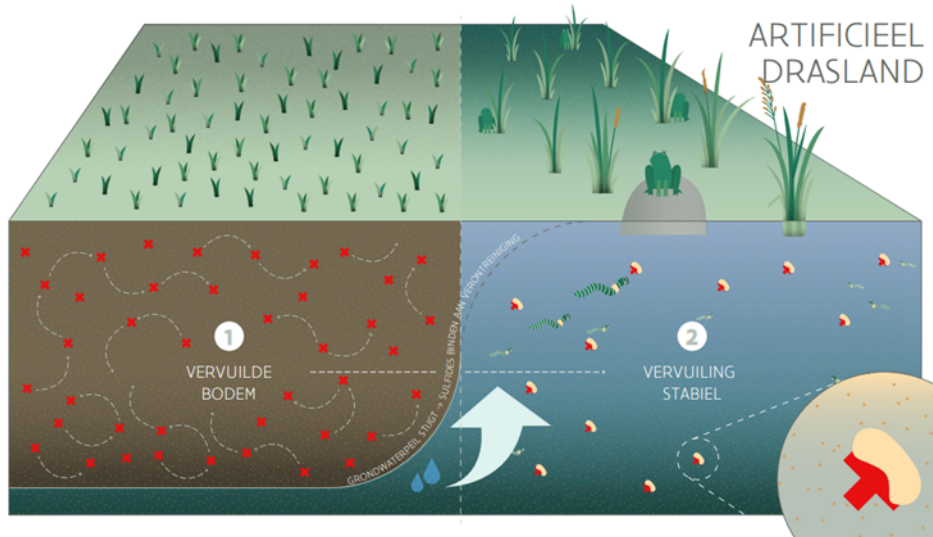
Enkele aandachtspunten bij het ontwerpen van een helofytenfilter zijn klimaat, topografie, geotechnische stabiliteit, beschikbaarheid van een oppervlakte dat groot genoeg is om het gewenste saneringsresultaat te bekomen, concentratie aan verontreiniging ...

Afhankelijk van het type verontreiniging en de concentratie van de verontreiniging kan het interessant zijn om het aeroob degradatieproces te stimuleren, bijvoorbeeld door het wetland niet continu te voeden. Nutriënt deficiënties kunnen de groei van de planten sterk verhinderen en daardoor ook het degradatieproces negatief beïnvloeden. Ook kunnen andere omgevingsparameters zoals pH, redox, temperatuur, zuurstofgehalte of concentratie aan ijzer- en mangaanoxides de efficiëntie beïnvloeden en neveneffecten creëren. Vandaar is monitoring sterk aangeraden.

Voor grotere projecten waarbij een specifieke verontreiniging verwijderd moet worden, roept u best de hulp van een expert in om ervoor te zorgen dat de opstelling voldoet aan de doelstellingen die u voor ogen heeft.

3.4.5 Voorbeelden

In het LIFE Narmena project worden er twee constructed wetlands aangelegd in de mondingsgebieden van de Winterbeek en de Grote Laak. De waterbodem in beide beken is verontreinigd met zware metalen zoals cadmium. Deze verontreiniging heeft zich in de loop der jaren door overstromingen verspreid in het mondingsgebied. De sterk vervuilde zones worden permanent onder water gezet, zodat er door anoxische omstandigheden reductieprocessen optreden en sulfides zich gaan binden aan de zware metalen. De mobiliteit en de biologische beschikbaarheid verminderen hierdoor sterk, waardoor de verontreiniging zich niet meer kan verspreiden en minder kan worden opgenomen door organismen. De permanente vernatting komt tot stand door ingrepen zoals de aanleg van bressen en drempels. Deze worden voldoende gemodelleerd om de effectiviteit te verzekeren. Een mogelijk neveneffect van deze techniek is de ongewenste mobilisatie van sommige andere chemische elementen, zoals fosfor, in anaerobe omstandigheden. Dit wordt gemonitord in de jaren na de aanleg van het wetland. Belangrijke cobaten van deze saneringstechniek zijn biodiversiteit, landschappelijke waarde, koolstofopslag en waterberging.



Figuur 12: Voorstelling van de werking van een constructed wetland ter stabilisatie van zware metalen. (bron: LIFE Narmena)

Bij het ontwerp voor de Erasmusgracht in Amsterdam koos men voor helofytenfilters voor het zuiveren van regenwater. Er werden twee ovale helofytenfilters en een bezinkbassin aangelegd. Die halen voornamelijk organische voedingsstoffen, stikstof en fosfaat uit het water voordat het geloosd wordt. Deze opstelling bleek financieel aantrekkelijker dan een gescheiden stelsel, bovendien voorkwam het dat de straten opengebrouwen moesten worden. Het systeem neemt meer ruimte in beslag maar aangezien de voorziening mooi geïntegreerd kon worden in de omgeving, vormde dit geen probleem.



Figuur 13: Helofytenfilter in Erasmusgracht, Amsterdam.

3.4.6 Bronnenlijst

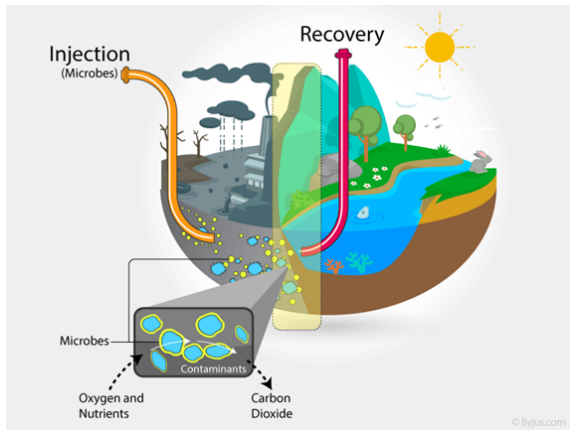
Horst J., Drane S., Gattenby J. (2020) Nature-Based Remediation: Growing Opportunities in the Harnessing of Natural Systems. *Groundwater Monitoring & Remediation* 40, no. 1/ Winter 2020: 14–23

Braeckvelt M., Mirschel G., Wiessner A., Rueckert M., Reiche N., Vogtd C., Schultze A., Paschke H., Kuschka P., Kaestner M. (2018) Treatment of chlorobenzene-contaminated groundwater in a pilot-scale constructed wetland. *ecological engineering* 33 (2008): 45–53

3.5 BIOREMEDIATIE

3.5.1 Omschrijving

Bioremediatie maakt gebruik van levende organismen om verontreinigende stoffen in de grond of het water te verwijderen of onschadelijk te maken. Afhankelijk van het gebruikte organisme kunnen we drie vormen onderscheiden: microbiële bioremediatie/microremediatie (bacteriën), mycoremediatie (fungi) en vermiremediatie (wormen). Er zijn drie mogelijkheden om bioremediatie uit te voeren. De eerste is: bio-augmentatie waarbij gespecialiseerde (micro-)organismen worden toegevoegd aan de bodem. Bij bio-stimulatie worden nutriënten en enzymen die de (micro-)organismen zullen stimuleren aan de bodem toegevoegd. Bij natuurlijke attenuatie monitort men voortdurend de toestand in de bodem of het grondwater. Onder bio-stimulatie maken we een onderscheid tussen bioventing (het toevoegen van zuurstof in de bodem via injecties of extractie putten) en biosparging (het toevoegen van zuurstof aan het grondwater).



Figuur 14: Voorbeeld van bioremediatie. (bron: byjus.com)

Microbiële remediatie is nuttig als het gaat om de afbraak van organische contaminanten zoals PAK's, PCB's en pesticiden. Er zijn slechts enkele metalo-tolerante bacteriën die zware metalen onschadelijk kunnen maken. Vele bacteriën hebben mechanismen om in de aanwezigheid van zware metalen te kunnen overleven, maar als dit soort bacteriën gebruikt worden, blijft de verontreiniging wel aanwezig (stabilisatie).

Mycoremediatie kan gebruikt worden bij het verwijderen van nitrotolueen en PAKs door de aanwezigheid van bepaalde enzymen (peroxidases, ligninase, cellulases en oxidases). Als zware metalen aanwezig zijn in de bodem, kan er adsorptie en bio-accumulatie optreden in het mycelium van fungi. Mycoremediatie wordt meestal gebruikt op zwaar verontreinigde gronden en is minder geschikt voor lage concentraties. Gewoonlijk wordt de grond eerst uitgegraven waarna de gestapelde grond behandeld wordt (biopiles).

Vermi-remediatie kan gebruikt worden om PAK's, pesticiden, ruwe oliën en zware metalen te verwijderen. Organische stoffen kunnen verwijderd worden door mechanismen zoals biodegradatie en biotransformatie, terwijl metaalverwijdering meestal gebeurt door bio-accumulatie. Voor vermi-remediatie bestaan er vier mogelijke strategieën: toevoeging van wormen aan de bodem, toevoeging van wormen in combinatie met organisch medium, gecontamineerde bodem voederen aan wormen of toevoeging van vermicompost.

3.5.2 Toepassingsgebied

Deze techniek is toepasbaar voor verontreinigingen in grond en grondwater. Hierbij kan de grond of het water gemonitord worden, er kunnen microbiële stammen toegevoegd worden of ideale omstandigheden gecreëerd voor de groei van specifieke micro-organismen. Dit laatste gebeurt door nutriënten en, in het geval van aerobe afbraak, zuurstof toe te voegen.

3.5.3 Schaalgrootte

Deze techniek is toepasbaar op zowel kleine als grote schaal. Al moet u bij de overgang van een laboratoriumsituatie naar grote schaal wel rekening houden met factoren als:

- de ongelijkmatige verspreiding van de verontreiniging (ruimtelijke heterogeniteit);
- massatransport beperkingen: die treden op als de interactie tussen de verontreiniging en het oppervlak sneller is dan wat er toegevoerd wordt via massatransport (diffusie en convectie);
- de aanwezigheid van meerdere fasen, meerdere contaminanten en concurrerende micro-organismen;
- factoren die microbiële groei afremmen (pH, nutriënten, redox condities).

Deze factoren kunnen namelijk sterk verschillen tussen een test in het laboratorium en de omstandigheden op de site. Zo kan een strategie zeer goed werken op kleine schaal maar niet toepasbaar zijn op grote schaal.

3.5.4 Cobaten

Cobaten	Sociale voordelen	Economische voordelen	Milieu- en ecologische voordelen
	Snelle verwijdering van polluenten	Lagere kost dan klassieke sanering	Lage ecologische voetafdruk
Opmerkingen	Toepasbaarheid afhankelijk van concentraties in de bodem. Potentieel toxische bijproducten (bijvoorbeeld.: reductieve dechlorering van TCE → DCE en VC)		

Tabel 6: Cobaten bioremediatie

3.5.5 Kostprijs

Factoren die de kost beïnvloeden zijn het bodemtype, de hoeveelheid materiaal dat nodig is en het type verontreiniging. Hier kunnen nog kosten van monitoring bijkomen, afhankelijk van de duur van het project. Anaerobe bioremediëring is over het algemeen iets goedkoper dan aerobe bioremediëring.

3.5.6 Specifieke toepassingscriteria

Bij bioremediatie moet u rekening houden met een aantal belangrijke factoren. Zo moet u nagaan of het eindproduct van biodegradatie niet toxischer of persistenter is dan de originele stof. Ook moet u de tolerantie voor bepaalde stoffen onderzoeken. Als de limiet bereikt wordt, bestaat de kans dat het micro-organisme zijn werking verliest of afsterft.

Sommige biologische processen zijn zeer specifiek en om tot een goed resultaat te komen moet de correcte microbiële populatie aanwezig zijn in een optimale groeiomstandigheid met voldoende nutriënten.. Met een batchtest voor aerobe of anaerobe biodegradatie kunt u relatief eenvoudig de haalbaarheid van biologische bodemsanering nagaan en de optimale procescondities op voorhand bepalen. Als het gaat om grotere of meer complexe verontreinigingen kunnen ook laboratoriumtesten en veldtesten uitgevoerd worden.

Vragen die u zich zeker moet stellen :

- Wat is de activiteit van micro-organismen die al aanwezig zijn op de site?
- Zal biodegradatie en -transformatie zorgen voor voldoende reducering van de verontreiniging?
- Welke factoren en (concentraties aan) chemische stoffen zullen afbraak en transformatie verhinderen?
- Wat is de kinetiek van de afbraak en de transformatie?

3.5.7 Voorbeelden

Op een site van een voormalige verffabriek in Vilvoorde was een verontreiniging aanwezig met hoofdzakelijk vluchtige aromaten. Bij dit project werden eerst ontgravingswerken uitgevoerd en nadien biosparging toegepast. Deze laatste fase duurde ongeveer 2 jaar. Pas dan werden de saneringsdoelstellingen bereikt.

Het Interreg-project Resanat voerde een proefproject biostimulatie uit op een restverontreiniging van creosoot in het grondwater. Op de locatie van een voormalige houtbewerkingsbedrijf in 's Gravenmoer, ook wel CEBECO-terrein genoemd, stond vroeger een fabriek waar houten palen met creosoot werden geïmpregneerd om houtrot tegen te gaan. De bodem werd destijds gesaneerd door de bovenlaag af te graven en een leeflaag aan te brengen. Nadien kwam er een woonwijk. Nu is het een privéterrein. Een grote waterzuiveringsinstallatie saneert sinds enkele jaren de verontreiniging. De installatie wordt aangedreven door duurzaam opgewekte energie (zon en wind). De sanering wordt nu versneld met biostimulatie: micro-organismen in de bodem zullen de biologische afbraak versnellen. De omstandigheden in de bodem bepalen welke types bacteriën in welke hoeveelheden zullen worden gebruikt en op welke wijze ze worden ingebracht in de bodem. De waterzuivering zal tijdens de loop van het project gewoon verder blijven werken.

De effectiviteit van dit proefproject wordt gemeten via de periodieke analyses van het grondwater. Deze analyses doen we voor, tijdens en na het toedienen van de bacteriën. Meer info: <https://ovam.vlaanderen.be/resanat>



Figuur 15: Veldwerk bioremediatieproject 's Gravenmoer. (bron: Resanat)

3.5.8 Bronnenlijst

- Tahri Joutey N., Bahafid W, Sayel H., El Ghachtouli N. (2012) Biodegradation: Involved Microorganisms and Genetically Engineered Microorganisms. Biodegradation.
- Sturman P.J., Stewart P.S., Cunningham A.B., Bouwer E.J., Wolfram J.H. (1994) Engineering scale-up of in situ bioremediation processes: a review. Journal of Contaminant Hydrology 19 (1995) 171-203
- Anderson C., Juday G. (2016) Mycoremediation of Petroleum: A Literature Review. Journal of Environmental Science and Engineering A 5 (2016) 397-405
- Dada E. O., Njoku K. I., Osuntoki A. A., Akinola M. O. (2015) A review of current techniques of *in situ* physico-chemical and biological remediation of heavy metals polluted soil. Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management 8(5): 606 – 615, 2015

3.6 REACTIEVE ORGANOKLEIMATTEN

3.6.1 Omschrijving

Reactieve organokleimatten zijn matten die een reactief materiaal, in dit geval organokleien, bevatten. Het is een vorm van *active capping*, waarbij naast het isoleren/inkapselen van de verontreiniging ook de mobiliteit, toxiciteit en biobeschikbaarheid van polluenten veranderd worden. Organokleien worden geproduceerd door het introduceren van organische moleculen in een kleistruktuur. De werking van de matten is gebaseerd op enerzijds de fysische en chemische isolatie van de verontreiniging. Anderzijds zorgt de aanwezigheid van organoklei voor het adsorberen en afbreken van verontreinigingen en voor het verhinderen van de flux van opgeloste polluenten in het oppervlakte- en grondwater. Deze techniek kan dienen voor het vormen van sleuven waar het water doorheen kan stromen, maar ook op de bodem of op de oever van oppervlaktewaters.

De techniek kan gebruikt worden bij verontreinigingen van grondwater, waterbodem (sediment) en oppervlaktewater met PAK's, PCB's, methyylkwik, zware metalen en olie.

3.6.2 Schaalgrootte

Deze techniek kan makkelijk aangepast worden aan de schaal van het project.

3.6.3 Cobaten

Cobaten	Sociale voordelen	Economische voordelen	Milieu- en ecologische voordelen
	/	Passief systeem, geen operationele kosten, lage energie- en materiaalbehoefte	In-situ techniek: minder ingrijpend voor de omgeving, lagere koolstof emissie
Opmerkingen	Oppassen voor scheuren in de matten		

Tabel 7: Cobaten reactieve organokleimatten

3.6.4 Kostprijs

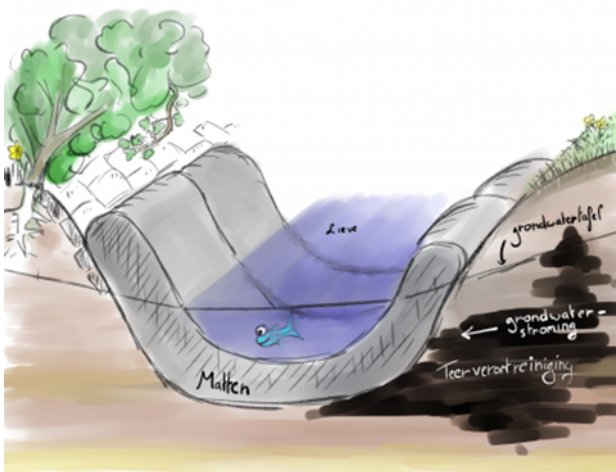
De kostprijs wordt voornamelijk bepaald door de kostprijs van de organokleimatten en de installatiekost.

3.6.5 Specifieke toepassingscriteria

De mogelijkheid bestaat om matten te gebruiken met een ander type reactief materiaal, zoals geactiveerd koolstof, apatiet ...

3.6.6 Voorbeelden

De Lieve is van oorsprong een middeleeuws kanaal dat door de jaren in ongebruik raakte. De stad Gent wil de waterloop nu herwaarderen en een rol laten spelen in het groenblauwe netwerk. Net ten noorden van Gent produceerde een fabriek sinds 1872 tot in de jaren '90 van vorige eeuw onder meer teerproducten, asfalt en roofing. De jarenlange industriële activiteiten zorgden voor bodem- en grondwaterverontreiniging. Bij waterbodemonderzoek werd in bodem van De Lieve een sterke verontreiniging met minerale olie en PAK-componenten vastgesteld. Vermoedelijk was er teer in de waterloop terecht gekomen door lozingen en calamiteiten. Het sediment dat accumuleerde in de Lieve isoleerde de teer en veroorzaakte een toestroom van verontreinigd grondwater naar het oppervlaktewater. De Lieve werd geruimd om overstromingen te voorkomen. Om de verontreiniging op te vangen werden reactieve matten geplaatst. Deze zijn doorlaatbare constructies van geotextiel, waarbij er in vakken een vulmateriaal is aangebracht dat verontreiniging vasthoudt of helpt afbreken. De matten vervangen de oude, verontreinigde sliblaag en schermen het oppervlaktewater af van de verontreiniging in afwachting van de volledige sanering van de terreinen. De matten zijn geplaatst in het najaar van 2020 en werden daaropvolgend verschillende jaren gemonitord. De matten blijven liggen tot verdere sanering van het vroegere fabrieksterrein de impact van de verontreiniging op De Lieve wegneemt. Meer info: <https://ovam.vlaanderen.be/resanat>



Figuur 16a: schematische voorstelling en 16b: plaatsing reactieve matten in de Lieve, Gent (bron: Resanat)

3.6.7 Bronnenlijst

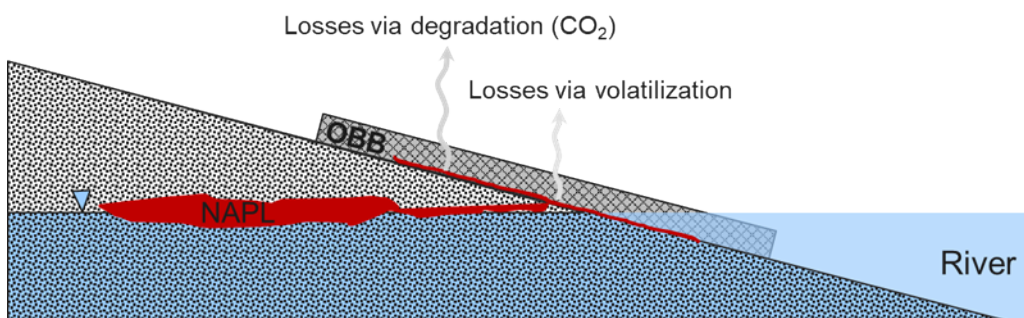
De Gis S., Todaro F., Notarnicola M. (2017) effect of reactive mats on in-situ remediation of contaminated marine sediment. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, 4 (2017) (1) 17-22

3.7 OLEOFIELE BIO-BARRIÈRE

3.7.1 Omschrijving

Een oleofiele bio-barrière is een lipofiel textiel bestaande uit geocomposiet dat puur product (bijvoorbeeld drijfslag van minerale olie) afvangt en adsorbeert. In het geval van een lek of laag met puur product kan een oleofiele bio-barrière op het contactoppervlak tussen lucht en oppervlaktewater of grondwater de verontreiniging onttrekken aan het water. Het textiel is de ideale plek voor micro-organismen om zich te nestelen. Ze zorgen voor de aerobe afbraak van het pure product dat eerder opgenomen werd door de oleofiele bio-barrière. De structuur hiervan is langs de binnenkant open om voldoende zuurstof te voorzien. Vaak wordt gebruik van de getijden: hoogtij voor de aanvoer van nieuwe verontreiniging en laagtij voor de aanvoer van zuurstof. Het getijdensysteem dient dan als passief pompsysteem.

Oleophilic bio-barrières kunnen gebruikt worden bij verontreinigingen van grond- of oppervlaktewater met olie.



Figuur 17: Voorstelling oleofiele bio-barrière (bron: Arcadis US)

3.7.2 Schaalgrootte

Deze techniek vindt toepassing op zowel kleinere (enkele vierkante meters) als grotere schaal.

3.7.3 Cobaten

Cobaten	Sociale voordelen	Economische voordelen	Milieu- en ecologische voordelen
	/	Passieve techniek, lagere kosten dan klassieke sanering, lage energie- en materiaalbehoefte	In-situ techniek: minder ingrijpend voor de omgeving, lagere koolstof emissie
Opmerkingen	Nog niet gebruikt in Vlaanderen, minder geschikt voor beheer.		

Tabel 8: Cobaten oleofiele oliebarrières

3.7.4 Kostprijs

De kostprijs beperkt zich tot de kost van het textiel. Er is een beperkte kost omwille van eenvoudige inrichtingswerken.

3.7.5 Specifieke toepassingscriteria

De oleofiele bio-barrières worden meestal beschermd door stenen of planten. Idealiter wordt het toegepast op plaatsen waar dagelijks getijden zijn die als passief pompsysteem fungeren.

3.7.6 Bronnenlijst

Tochko L. (2018) Thesis: processes governing the performance of oleophilic bio-barriers (OBBs) – laboratory and field studies

3.8 PERMEABELE REACTIEVE WANDEN

3.8.1 Omschrijving

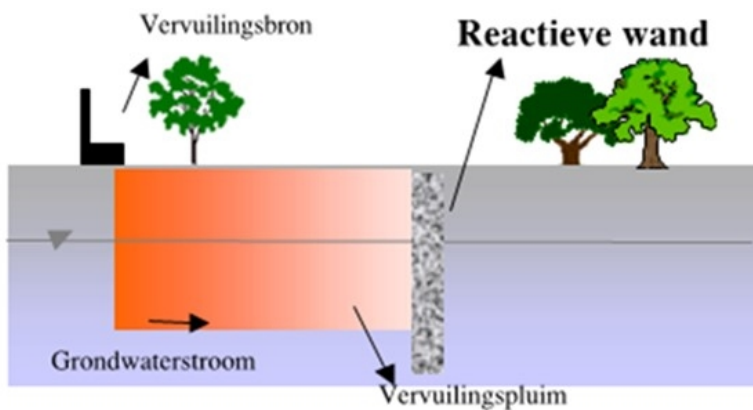
Permeabele reactieve wanden zijn een *in situ* saneringstechniek waarbij verontreinigd grondwater door een ondergrondse reactieve wand passeert. Deze barrière bestaat uit een permeabele wand van een reactief medium (organisch materiaal, organoklei ...) dat de natuurlijke transformatie, afbraak of verwijdering van de verontreiniging stimuleert. Het water wordt niet opgepompt maar stroomt op natuurlijke wijze door de wand. Het gaat dus om een passief behandelingssysteem. De verwijdering van de verontreiniging kan optreden door adsorptie en precipitatie, chemische reacties en reacties van biologische mechanismen.

Permeabele reactieve wanden kunnen gebruikt worden voor verontreinigingen met gechloreerde solventen, zware metalen, PAK's en olie.

Mogelijke reactieve materialen die voldoen, zijn:

- een mengsel van compost, zand, grind en organisch materiaal dat samen een biologische wand vormt;
- organoklei;
- geactiveerde koolstof;
- zeolieten;
- kalk;
- micro-organismen kunnen toegevoegd worden en hebben dezelfde werking en voordelen als bij bioremediatie.

Hieronder bespreken we enkel natuurgebaseerde oplossingen, al zijn er naast deze categorie ook andere varianten met reactieve materialen zoals zero valent ijzer (ZVI).



Figuur 18: Schematische voorstelling reactieve wand (bron: CVGP reactieve wanden)



Figuur 19: Permealabele reactieve wand met organoklei (bron: AquaBlok Ltd.)

3.8.2 Schaalgrootte

De lengte, diepte en breedte van de permeabele reactieve wand hangen af van de verontreiniging.

3.8.3 Cobaten

Cobaten	Sociale voordelen	Economische voordelen	Milieu- en ecologische voordelen
	/	Passief systeem, lage operationele kosten	/
Opmerkingen	Voldoende ruimte nodig. Investeringskosten voor installatie (uitgraving).		

Tabel 9: Cobaten permeabele reactieve wanden

3.8.4 Kostprijs

De kostprijs voor deze techniek is voornamelijk gerelateerd aan de installatie en de aanleg van de wand: het ontgraven en heraanvullen met reactief materiaal. De kost wordt dus bepaald door de omvang en diepte van de verontreiniging.

3.8.5 Specifieke toepassingscriteria

De diepte waarop de wand op een kosteneffectieve manier geplaatst kan worden is 9 à 10 meter. Verder moet er rekening gehouden worden met de geologie en hydrogeologie van de site. Voor een goede werking moet de wand beter doorlaatbaar zijn dan de grond. Anders zal het water niet door de wand stromen.

Om te voorkomen dat er bij een *biowall* een overgang is naar anaerobe processen, maakt u best de sleuf breed genoeg of voorziet u injectieputten om zuurstof toe te dienen.

3.8.6 Bronnenlijst

Van der Hauwaert L. (2019) The use of biowalls at a site contaminated by heavy metals.

Thiruvengkatachari R., Vigneswaran S., Naidu R. (2006) Permeable reactive barrier for groundwater remediation. Journal of Industrial and Engineering Chemistry 14 (2008) 145–156

The Interstate Technology & Regulatory, Council PRB: Technology Update Team (juni 2011) Permeable reactive barrier: Technology update

3.9 GROENE NANONTECHNOLOGIE – NANOREMEDIATIE

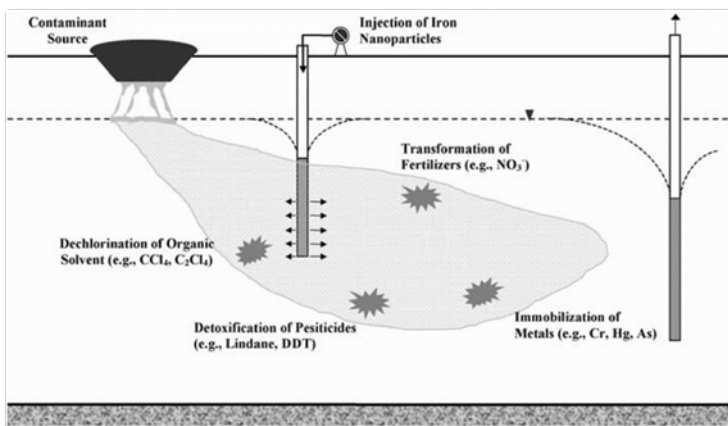
3.9.1 Omschrijving

Nanoremediatie is het gebruik van nanopartikels voor de transformatie of detoxificatie van polluenten in bodem, grondwater, afvalwater en sediment. Dit is eerder een saneringstechniek en dus minder geschikt voor beheer van verontreiniging.

Nanopartikels zijn structuren kleiner dan 100 nm. Een sanering met nanopartikels gebruikt de adsorptie-eigenschappen van deze materialen zoals bij koolstof nanotubes, grafeen, metaal en metaaloxide adsorbanten, magnetische adsorbanten. Andere materialen zoals titaniumdioxide of zinkoxide zorgen voor oxidatie in water. ... Metalen nanomaterialen en ijzersulfide zorgen voor reductie. Er zijn drie grote categorieën nanomaterialen die gebruikt worden bij saneringen: anorganische, koolstof gebaseerde en polymeer gebaseerde nanomaterialen. De onderstaande figuur toont de verschillende mechanismen van deze materialen.

Deze techniek wordt momenteel nog niet standaard gebruikt maar zou vanwege het grote specifieke oppervlakte, de hoge reactiviteit, de oppervlakte modificatie-mogelijkheden en de aanpassing van fysieke eigenschappen een interessant alternatief kunnen bieden voor conventionele saneringsmethoden zoals extractie, pump and treat, solidificatie, bioremediatie ...

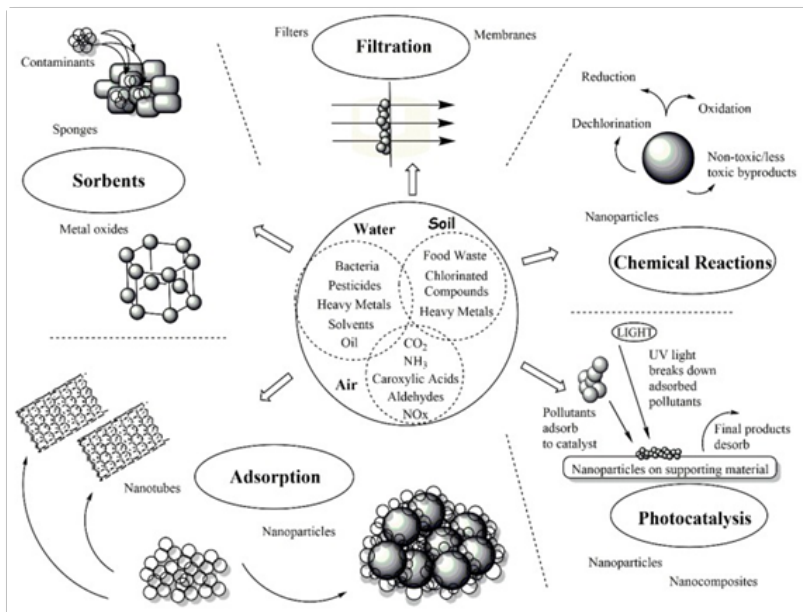
Er moet echter nog veel onderzoek gebeuren in verband met effectiviteit, veiligheid ... Nanopartikels worden *top down* (mechanisch kleiner maken van materialen) of *bottom up* (chemische processen om deeltjes op te bouwen) geproduceerd. De productieprocessen vergen veel grondstof en energie waardoor er gezocht werd naar een duurzamer alternatief.



Figuur 20: Toepassing van nanoremediatie

Groene nanopartikels worden geproduceerd aan de hand van plantenextracten, bacteriën en schimmels volgens technieken die het gebruik van gevaarlijke stoffen verminderen of overbodig maken. Gezien de strengere (veiligheids-)regels is er steeds meer aandacht voor een groener productieproces. Plantextracten dienen bij de synthese van nanopartikels als stabiliserende (capping) en reducerende agentia door de antioxidant-eigenschappen van aanwezige polyfenol en cafeïne moleculen.

De polluenten die afgebroken kunnen worden zijn gechloreerde solventen, zware metalen, pesticiden, ammoniak, nitraten, fosfaten, pesticiden en herbiciden. Het gaat om een hele brede waaier aan polluenten door de grote verscheidenheid aan verschillende nanopartikels die geproduceerd kunnen worden.



Figuur 21: Verschillende types nanoremediatie (Guerra et al., 2018)

3.9.2 Schaalgrootte

Deze techniek kan zowel op grote als op kleine schaal gebruikt worden, al zijn er momenteel nog problemen met de grootschalige productie van groene nanomaterialen.

3.9.3 Cobaten

Cobaten	Sociale voordelen	Economische voordelen	Milieu- en ecologische voordelen
	Snelle sanering	Goedkoper dan klassieke nanotechnologie	Minder toxisch productieproces t.o.v. klassieke nanotechnologie
Opmerkingen	Experimentele techniek		

Tabel 10: Cobaten groene nanotechnologie

3.9.4 Kostprijs

De kostprijs hangt af van het materiaal, het productieproces en de site die gesaneerd moet worden. Op dit moment is nanotechnologie vaak niet de goedkoopste optie maar door meer onderzoek zou het op langere termijn wel een interessant alternatief kunnen worden. De hoge kostprijs maakt deze techniek minder geschikt voor beheer van verontreiniging.

3.9.5 Specifieke toepassingscriteria

Een grote uitdaging bij het synthetiseren van nanopartikels voor saneringen is de controle over de grootte en de morfologie van de partikels. Bij groene synthese worden deze karakteristieken beïnvloed door temperatuur, reactie- en incubatietijd, pH en verschillende stabilisatoren.

Het gebruiken van hybride of composieten met twee of meer types nanomaterialen, kan voordeel opleveren door verschillende eigenschappen samen te brengen. Zo kan er een meer efficiënt, selectief en stabiel alternatief ontstaan. Een voorbeeld is het gebruik van scaffolds, een soort basis waarop nanopartikels die zorgen voor een verhoging van de stabiliteit van het materiaal, aangebracht worden.

3.9.6 Bronnenlijst

Song Y., Kirkwood N., Maksimović C., Zheng X., O'Connor D., Jin Y., Hou D. (2019) Nature based solutions for contaminated land remediation and brownfield redevelopment in cities: A review. *Science of The Total Environment* Volume 663, 1 May 2019, Pages 568-579

Guerra F. D., Attia M. F., Whitehead D. C., Alexis F. (2018) Nanotechnology for Environmental Remediation: Materials and Applications. *Molecules*. 2018 Jul; 23(7): 1760 doi: 10.3390/molecules23071760

Romeha A. A., Saber R. A. I. (2020) Green nano-phytoremediation and solubility improving agents for the remediation of chlorfenapyr contaminated soil and water. *Journal of Environmental Management* Volume 260, 15 April 2020, 110104

Karavasilis M., Tsakiroglou C. D. (2019) Advances in nanoremediation technologies: developing zero-valent iron nanoparticles (nZVI) suspensions from plant extracts and assessing their reactivity to hexavalent chromium. *AquaConSoil 2019 Proceedings*

3.10 GRONDWATERRECIRCULATIE

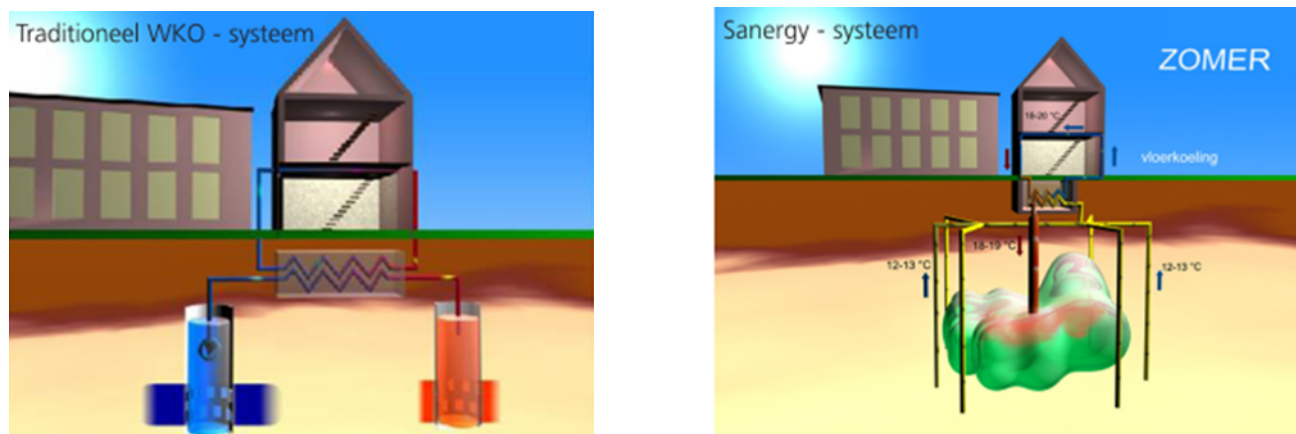
3.10.1 Omschrijving

Bij een dynamische grondwaterrecirculatie wordt verontreinigd grondwater opgepompt door middel van grondwateronttrekkingsputten, waarna dit water geherinjecteerd wordt. Als er toeslagstoffen/reagens worden toegevoegd aan het geherinjecteerde water om de natuurlijke afbraak van de verontreiniging te stimuleren, spreekt men van een gestimuleerde dynamische grondwaterrecirculatie.

Dynamische grondwaterrecirculatie (DGR) is een techniek die op vele terreinen haalbaar is. Door het gecontroleerd onttrekken en terug infiltreren van water (zonder voorafgaande zuivering) ontstaat in de bodem een recirculatiecel die onder meer kan dienen als bioreactor voor de aanwezige grondwaterverontreiniging. Door optimaal gebruik te maken van de bodem als natuurlijke bioreactor, is minder energie vereist en worden minder afvalstromen gecreëerd. Bovendien wordt geen waterzuivering voorzien. De locaties van het oppompen en herinjecteren hangen af van de verontreinigingssituatie, en worden gekozen om een optimale doorspoeling van de bodem te krijgen.

Aangezien het niet de bedoeling is om verontreiniging te verdunnen, is deze optie enkel mogelijk in zones waar reeds natuurlijke afbraak aantoonbaar aan de gang is en waar de capaciteit van de bodem optimaal als bioreactor benut kan worden door een gestuurde grondwateronttrekking/injectie.

Grondwaterrecirculatie in een bodemsanering kunnen we beschouwen als een natuurgebaseerde oplossing, aangezien de bioremediatiecapaciteit van de bodem zelf optimaal benut of gestimuleerd wordt met deze techniek.



Figuur 22a: traditioneel WKO systeem en 22b: sanergy systeem (bron: Arcadis NL)

Deze techniek laat zich combineren met warmte/koude opslag (WKO). WKO is een systeem om op duurzame wijze gebouwen af te koelen en te verwarmen. Watervoerende lagen in de bodem zijn energieopslagsystemen voor thermische energie. Traditionele WKO-systemen pompen grote hoeveelheden grondwater van een koude naar een warme zone, waarbij de stromingsrichting omgedraaid kan worden naargelang de warmte- of koude-vraag. Door de combinatie met een grondwaterrecirculatie ontstaat een systeem waarbij grondwater van vaste onttrekkingsbronnen naar vaste infiltratiebronnen wordt gepompt. Tegelijkertijd wordt er warmte of koude aan het grondwater onttrokken.

3.10.2 Schaalgrootte

De geohydrologische karakteristieken (permeabiliteit, porositeit, grondwaterstroming, anisotropie ...) van de aquifer waarin de verontreiniging zich bevindt, moet eerst gedetailleerd in kaart worden gebracht. De locatie en het aantal onttrekkings- en injectieputten hangt immers in de eerste plaats af van de realiseerbare debieten en invloedsstralen, en dus van de hydrogeologische eigenschappen van de bodem. Beperkte haalbare invloedsstralen en debieten resulteren in een dens netwerk van onttrekkings- en injectieputten. Dat zal de kostprijs de hoogte in drijvende techniek. Voor een gedetailleerd ontwerp van het DGR-systeem is een pomptest noodzakelijk om de invloedsstralen van het systeem te testen.

3.10.3 Cobaten

Cobaten	Sociale voordelen	Economische voordelen	Milieu- en ecologische voordelen
	/	Goedkoper dan klassieke grondwateronttrekking, gezien geen zuivering nodig	Minder energieverbruik dan klassieke onttrekking
Opmerkingen		/	

Tabel 11: Cobaten grondwaterrecirculatie

3.10.4 Kostprijs

De kostprijs voor de installatie van een recirculatie systeem varieert sterk. Het hangt onder meer af van de grootte van de site en van de vraag of het wordt opgenomen in een bestaand project.

3.10.5 Specifieke toepassingscriteria

Er is steeds een risico op verspreiding van de verontreiniging waardoor er bepaalde criteria zijn om nabije drinkwaterbronnen te beschermen.

De plaats waar de installatie van een WKO mogelijk is, hangt sterk af van de geologie. Zo moet er grondwater beschikbaar zijn op economisch haalbare dieptes. Ook moet de bodem voldoende doorlaatbaar zijn zodat er voldoende grote debieten te halen zijn voor langere periodes.

3.10.6 Voorbeeld

Momenteel wordt het Strijp-S-complex in Eindhoven, een voormalig industrieterrein van Philips met een oppervlakte van 28 hectare, herontwikkeld tot woon-werk-winkel gebied. Voor temperatuurregulering van de gebouwen is gekozen voor een duurzame manier van koelen en verwarmen door bodemenergie als energiebron. Als gevolg van de aanwezige grondwaterverontreiniging is een traditionele WKO minder geschikt, omdat een dergelijk systeem zou leiden tot verspreiding van de aanwezige grondwaterverontreiniging. Als alternatief voor een WKO-systeem is het Sanergy15-concept ontwikkeld: de onttrekkingsbronnen zijn gesitueerd buiten de contouren van de (sterke) grondwaterverontreiniging, de infiltratiebronnen zijn gesitueerd midden in de bron van de verontreiniging.

3.10.7 Bronnenlijst

Slenders H. L. A., Dols P., Verburg R., de Vries A. J. (december 2010) Sustainable remediation panel: Sustainable synergies for the subsurface: Combining groundwater energy with remediation. *Remediation Journal* 20(2): 143 - 153

Buiter R. (6 oktober 2016) Technologie uit de bodem. [website] Geraadpleegd van <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/technologie-uit-de-bodem/>

de Albergaria J. T. V. S., Nouws H. P. S. (2016) Aquifer Thermal Energy Storage or Heat Cold Storage. *Soil Remediation: Applications and New Technologies*: 128 – 134

Verburg R., Slenders H., Hoekstra N., van Nieuwkerk E., Guijt R., van der Mark B., Mimpfen J. (6 april 2010) Handleiding boeg bodemenergie en grondwaterverontreiniging het ijs gebroken.

4 BIJLAGEN

4.1 FICHES UITLEG STROOMSCHEMA

4.1.1 Fiche 1: Zijn er aanwijzingen voor diffuse bodemverontreiniging?

4.1.1.1 Algemeen

Diffuse bodemverontreiniging is verontreiniging waarvoor er **geen duidelijke aanwijsbare bron** is.

Zo kan een drukke weg of een spoorweg plaatselijk voor vervuiling zorgen, zowel door uitlaatgassen als door slijtage van banden, remmen, rails ...

Ook kan de bodem verontreinigd zijn op plaatsen waar afval werd verbrand of as van een hout- of kolenkachel werd uitgestrooid, waar olie, verf of smeermiddelen werden geloosd of waar overmatig pesticiden werden gebruikt.

Ook gebouwen en infrastructuur kunnen diffuse verontreiniging veroorzaken door bijvoorbeeld verwerking van asbesthoudend materiaal of het gebruik van zinkassen onder de wegverharding.

Daarnaast is er ook bezorgdheid over de zogenaamde ‘opkomende stoffen’, of ‘emerging contaminants’. Dat zijn frequent gebruikte chemische stoffen die in het milieu zijn terecht gekomen en waarvan pas recent werd aangetoond dat ze schadelijk zijn voor mens en milieu. Voorbeelden zijn perfluorverbindingen (of PFAS) – onder meer gebruikt om materialen water- en vetafstotend te maken –, vlamvertragers, medicijnresten, bestanddelen van verzorgingsproducten, bestrijdingsmiddelen, microplastics Ook deze stoffen kunnen in de bodem aanwezig zijn als diffuse bodemverontreiniging.

Bronnen van dergelijke diffuse bodemverontreiniging kan men moeilijk identificeren. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de die diffuus verontreinigd kunnen zijn. We adviseren om na te gaan of de betrokken groenzone tot een van deze categorieën behoort. U kunt ook raadplegen welke stoffen u hier kunt aantreffen. Merk op dat een zone onder meerdere gebieden kan vallen. Een park kan bijvoorbeeld naast een drukke weg of zware industrie liggen en de ondergrond kan puin bevatten.

De mogelijke bronnen en effecten van diffuse verontreiniging zijn zo divers dat een volledige inventarisatie en gericht onderzoek onmogelijk is. Het concept van ‘diffuse bodemverontreiniging’ is ook relatief nieuw en nog volop in ontwikkeling. Deze infofiche is dus niet volledig en kan later aangepast of uitgebreid worden .

De OVAM voerde reeds een uitgebreide verkennende studie uit over diffuse bodemverontreiniging:

https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/310282/WEB_Diffuse_bodemverontreiniging_Inventarisatie_en_voorstel_van_aanpak210422.pdf

Locatie/activiteit - verdachte parameters	ZM	PAK	PCDD/PCDF	MO/BTEX	CN	Pesticiden	Asbest	PCB
Transport								
Wegbermen	X	x		x		x	x	x
Wegen in zinkassenregio's*	X							
Gebieden gelegen nabij drukke wegen/snelwegen	X	x						
Spoorwegbermen	X	x		x		x	x	x
Gronden grenzend aan spoorwegen								
Havengebied	X	x				x		
Bouwmaterialen en infrastructuur								
Puinhoudende grond onder verharding***	X	x					x	
Puinhoudende gronden***	X	x					x	
Gronden nabij gebouwen met asbesthoudende dak- en gevelbekleding							x	
Asbestregio Londerzeel**							x	
Onmiddellijke omgeving hoogspanningspyloon	X							
Huishoudens en diensten								
(Voormalige) tuinen van oudere huizen	X	x	X			x		
Parken						x		
Voormalige gemeentelijke stortplaatsen	X	x		x	x	x	x	
Omgeving synthetische sportvelden	X	x						
(Voormalige) begraafplaatsen						x		
Omgeving crematoria	X	x	X					
Industrie								
Omgeving afvalverbrandingsovens	X	x	X					
Omgeving zware industrie	X	x	X	x		x	x	
Omgeving voormalige gasfabrieken	X	x		x	x			
Voormalige mijngebieden en mijnterrils	X							
Voormalige steenkoolcentrales	X		X					
Landbouw en veeteelt								
(Voormalig) landbouwgebied	X			x		x		
Overige								
Voormalige oorlogzones****	X							
Bos/natuurbranden		x	X					
Overstromingsgebieden	X	x	X	x	x	x	x	x
Waterbodems en oevers	X	x	X	x	x	x	x	x

*Zie § 4.1.1.2 ** Zie fiche 4 *** Zie § 4.1.1.3 **** Zie § 4.1.1.4 Afkortingen: zie lijst van afkortingen

4.1.1.2 Zinkassen

Op het einde van de 19de eeuw vestigde de non-ferro industrie zich in de Kempen. Verschillende bedrijven verwerkten er ertsen tot zuivere non-ferro metalen door ze te verhitten. De productie van zink uit zinkhoudende ertsen was veruit het belangrijkste. Bij dit proces ontstonden er echter ook reststoffen die het milieu nadelig hebben beïnvloed: de assen en slakken afkomstig van de zinksmelters, ook zinkassen genoemd.

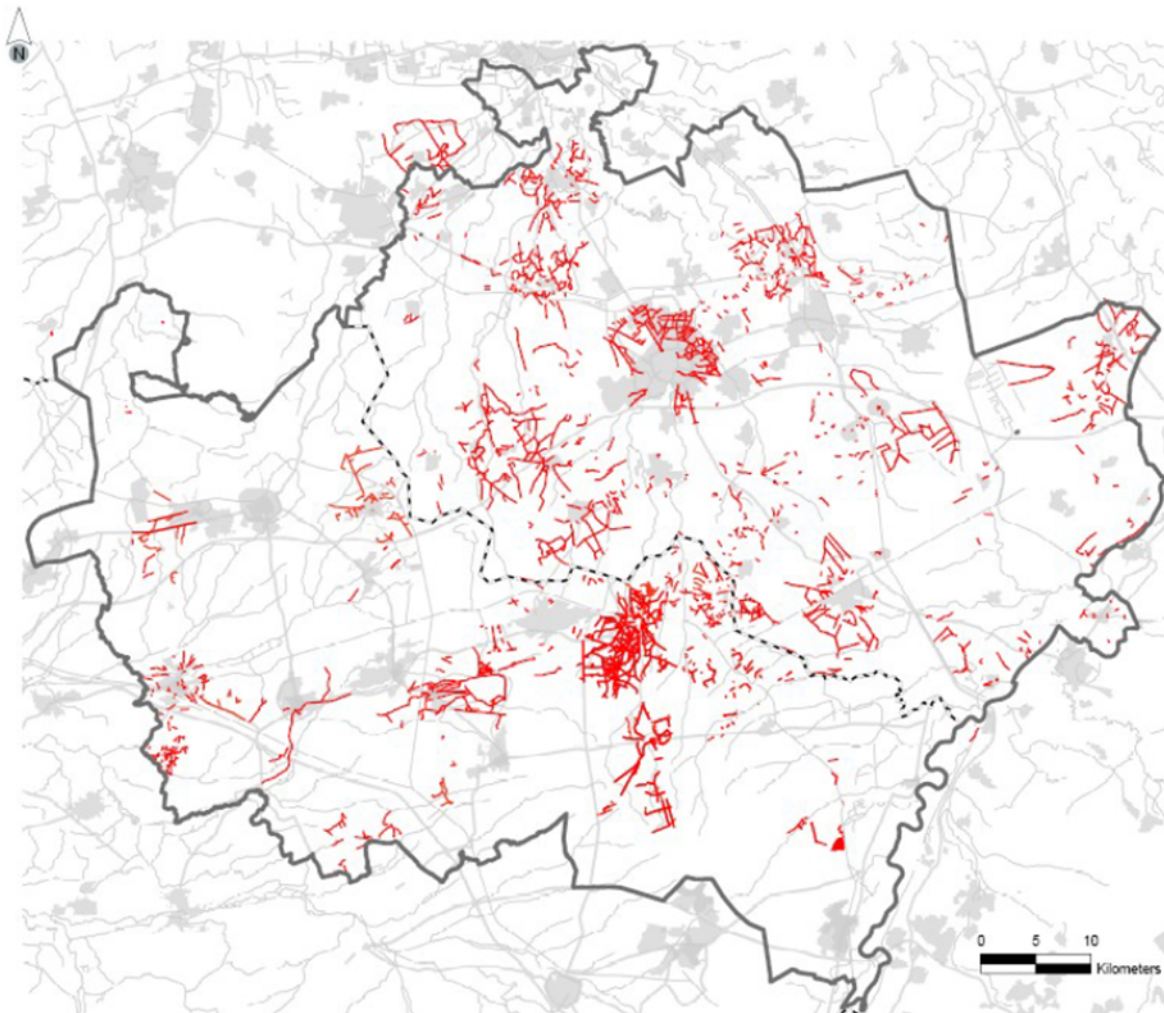
Deze zinkassen werden gebruikt door gemeentes en particulieren in de Kempen om wegen te verbeteren en om erven en opritten te verharderen. Deze zinkassen bevatten echter nog altijd veel zware metalen die geleidelijk in het milieu vrijkomen door stofvorming en uitloging. De aanwezigheid van zinkassen is dan ook een knelpunt bij overdracht van gronden, bij bouw en verbouwingen van woningen en bedrijven en bij infrastructuurwerken.

Een volledige inventarisatie van de aanwezigheid van zinkassen in de Kempen ontbreekt. Er werd echter wel een regio afgebakend, de zogenoemde 'BeNeKempen-regio', waarbinnen het gebruik van zinkassen voor het verharderen van wegen, erven en opritten gekend is of vermoed wordt:

- Voor de verharding van wegen:
 - Het materiaal dat voor de verharding van wegen werd gebruikt in de regio in en rond Olen, Westerlo, Geel en Herentals is mogelijk afkomstig van de non-ferro industrie.
 - In Overpelt, Balen, Lommel, Neerpelt, Hamont-Achel en Mol moet men er van uitgaan dat alle oude wegen potentieel zinkassen kunnen bevatten.
 - In Hechtel-Eksel, Geel, Herentals en Dilsen-Stokkem is het een aandachtspunt.
- Voor de verharding van erven en opritten bij particulieren:
 - Hierover zijn geen verspreidingsgegevens gekend, maar er zijn wel zinkassen teruggevonden in Hoogstraten, Beringen en Maasmechelen..
 - Zinkassen werden gebruikt als fundering van opritten in de provincies Antwerpen en Limburg.

Daarnaast is de beschikbare informatie over de aanwezigheid van zinkassenwegen in enkele regio's in Vlaanderen en Nederland geïnventariseerd. De resultaten ziet u op onderstaande kaart. Denk er aan dat deze kaart geen volledig overzicht geeft van de locatie van zinkassen in Vlaanderen en Nederland.

Meer informatie over zinkassen vindt u op de volgende website: <https://ovam.vlaanderen.be/zinkassen>.



Figuur 23: Interregionale inventarisatie zinkassen (Vlaanderen-Nederland)

4.1.1.3 Puinhoudende lagen

Bodemonderzoeken

Raadpleeg de bronnenlijst voor meer info.

De bijlagen van de beschikbare rapporten van uitgevoerde bodemonderzoeken bevatten de geologische beschrijvingen van de uitgevoerde boringen. Deze boorprofielen geven de verticale opeenvolging van de verschillende bodemlagen ter hoogte van de boorpunten weer. Zo kunt u nagaan of er puinhoudende lagen op of in de bodem aanwezig zijn.

Technische verslagen van grondverzetswerken

Raadpleeg de bronnenlijst voor meer info.

In een technisch verslag kunt u nagaan of er puinhoudende lagen op of in de bodem aanwezig zijn.

4.1.1.4 Oorlogszones

In de regio rond Ieper werd over enkele honderden vierkante kilometers een aanrijking aan voornamelijk Cu Zn en lood in de bovengrond (0 tot 30 cm) vastgesteld. Deze regionale aanrijking is een erfenis van de Eerste Wereldoorlog (WO I). In de voormalige frontzone werd jarenlang intens slag geleverd en de oorlogvoerende partijen vuurden er miljoenen granaten af. Meer dan 90 jaar na het einde van WO I bevat de bodem rond Ieper nog steeds grote hoeveelheden niet-ontplofte granaten, metaalfragmenten en ander militair afval. Corrosie van de metaalfragmenten is de bron voor de vastgestelde aanrijking. Een verdere, grondige inventarisatie van zware metalen en gifgassen in de bodem rond Ieper drong zich op. Daarom startte de OVAM in het najaar van 2008 een project op om de impact van WO I op de bodemkwaliteit in de Westhoek na te gaan. Het rapport van deze studie vindt u op de website van de OVAM en bevat kaarten met mogelijk verhoogde concentraties.

<https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/0/Studie+naar+de+aanwezigheid+van+zware+metalen+in+de+bodem+rond+Ieper+als+gevolg+van+de+Eerste+Wereldoorlog.pdf/>

4.1.2 Fiche 2: Is het nodig om een bodemonderzoek uit te voeren? Werd reeds een bodemonderzoek of een technisch verslag uitgevoerd?

4.1.2.1 Bodemonderzoek

Een bodemonderzoek moet uitgevoerd worden als er op het perceel een risico-inrichting gevestigd is of was. Risico-inrichtingen zijn fabrieken, werkplaatsen, opslagplaatsen, machines, installaties, toestellen en handelingen die een verhoogd risico op bodemverontreiniging kunnen inhouden.

Om na te gaan of een grond een risicogrond is, kunt u één van volgende infobronnen raadplegen:

- gemeentelijke inventaris;
- bodemattest;
- website De Grote Grondvraag;
- milieu- en omgevingsvergunningen
- oude luchtfoto's - Geopunt.

Een grond kan ook ten onrechte als risicogrond geklasseerd zijn. Dit kan bijvoorbeeld komen doordat meerdere percelen gekoppeld waren aan éénzelfde vergunning met risico-inrichtingen. Daardoor zijn alle percelen als risicogrond geïnventariseerd, terwijl de risicohoudende activiteiten in werkelijkheid niet op al deze percelen plaatsvonden. Raadpleeg daarom steeds de infobron 'Oude luchtfoto's' om inzicht te krijgen in de historiek van de grond.

Om na te gaan of er reeds een bodemonderzoek werd uitgevoerd, kunt u een van volgende infobronnen raadplegen:

- geoloket;
- bodemattest;
- oude luchtfoto's.

4.1.2.2 Gemeentelijke inventaris

Elke gemeente beheert een inventaris van risicogronden en gronden met hinderlijke inrichtingen die op haar grondgebied gelegen zijn: de gemeentelijke inventaris. Als de gemeente een grond als risicogrond opneemt in of verwijdt uit de gemeentelijke inventaris, bezorgt zij deze informatie via het webloket aan de OVAM. Deze informatie wordt toegevoegd aan het grondeninformatieregister van de OVAM (GIR) en vormt de basis voor het afleveren van correcte bodemattesten. Via de uitwisseling met de gemeentelijke inventarissen weet de OVAM sinds 2018 perfect waar in Vlaanderen er eventueel nog een bodemonderzoek moet gebeuren. Omgekeerd zorgt deze data-uitwisseling ervoor dat de gemeenten zelf een beter overzicht hebben van mogelijk verontreinigde gronden op hun grondgebied.

De gemeente verleent en beheert milieu- en omgevingsvergunningen, beschikt over gegevens uit inventarisatiestudies of oudere archiefgegevens en beschikt over terreinkennis van (eventueel ook illegale) bodembedreigende activiteiten. In de praktijk worden deze verschillende administratieve databanken gekoppeld om tot de inventaris van risicogronden te komen. Het is voor de gemeente echter niet altijd eenvoudig te achterhalen of er daadwerkelijk risico-activiteiten aanwezig waren. Enkel de werkelijk uitgevoerde activiteiten bepalen of een perceel een risicogrond is of niet.

De gemeente kan u op basis van de milieu- en omgevingsvergunningen informeren over de juiste categorie van activiteiten die op uw perceel plaatsvinden of hebben plaatsgevonden. Contacteer dus de milieudienst van uw gemeente om te weten of een perceel een risicogrond of een grond met inventarisatieplicht is of niet, of om een opsomming van de risico-activiteiten te krijgen.

Meer informatie over de gemeentelijke inventaris vindt u op de volgende website:

<https://ovam.vlaanderen.be/gemeentelijke-inventaris>

4.1.2.3 De Grote Grondvraag

De Grote Grondvraag is een project van de OVAM dat in kaart brengt welke gronden gezond zijn en welke niet. Met de Grote Grondvraag ondersteunen de OVAM en de Vlaamse steden en gemeenten alle grondeigenaars in Vlaanderen bij de controle en, waar nodig, sanering van hun grond. Via www.degrotegrondvraag.be komt u te weten of er informatie over de bodemkwaliteit beschikbaar is voor uw perceel.

De Grote Grondvraag is een gefaseerd project, wat betekent dat momenteel nog niet alle gegevens van alle gemeenten en steden beschikbaar zijn. Zijn de gegevens van uw gemeente nog niet toegevoegd, dan krijgt u hiervan een melding en dan kunt u ervoor kiezen om gecontacteerd te worden van zodra dat wel het geval is.

Op de website vult u uw adres in en ziet u meteen, aan de hand van de tot nu toe beschikbare informatie van Vlaamse steden en gemeenten, of uw grond een risicogrond is of niet. Naargelang de situatie zijn volgende resultaten mogelijk:

- **Groen**
Er zijn geen aanwijzingen dat uw grond een risicogrond is. U hoeft geen verdere actie te ondernemen.
- **Geel**
Er is informatie gekend over de bodemkwaliteit van uw grond. Die informatie kunt u opvragen op de website en bij klantenbeheer van de OVAM.
- **Oranje**
Uw grond staat gekend als risicogrond. De OVAM neemt het onderzoek op zich omdat u in aanmerking komt voor een vrijstelling van onderzoeksplicht.
- **Rood**
Uw grond staat gekend als risicogrond. Dat wil natuurlijk niet zeggen dat er effectief een probleem is met de bodemkwaliteit. Een oriënterend bodemonderzoek moet daarover uitsluitsel geven. Aan de hand van enkele korte vraagjes komt u te weten welke stappen u moet ondernemen.

Heeft uw grond een groene kleur op de kaart, dan is het geen risicogrond. In de andere gevallen is de grond wel een risicogrond. Meer informatie vindt u op <https://www.degrotegrondvraag.be/veelgestelde-vragen>

4.1.2.4 Milieu- en omgevingsvergunningen

Een omgevingsvergunning voor exploitatie van ingedeelde inrichtingen of activiteiten (vroeger milieuvergunning) is een toelating om een activiteit te exploiteren die één of meerdere ingedeelde inrichtingen omvat, dit wil zeggen inrichtingen die riskeren een effect te hebben op het milieu of op de buurt. Sommige van deze inrichtingen kunnen een verhoogd risico op bodemverontreiniging inhouden. Deze risico-inrichtingen zijn juridisch vastgelegd in volgende indelingslijsten:

- Activiteiten gestart voor 1 juni 2008: lijst van het VLAREBO tussen 1995 en 2008.
- Activiteiten gestart voor 1 juni 2015: Bijlage I van het VLAREBO.
- Activiteiten gestart vanaf 1 juni 2015: Kolom 8 van Bijlage 1 van titel I van het VLAREM II.

U vindt de indelingslijsten op de volgende website: <https://ovam.vlaanderen.be/risicogronde> en <https://ovam.vlaanderen.be/periodieke-onderzoeksplicht>. Een aantal handelingen worden in het kader van het Bodemdecreet toch niet beschouwd als risico-inrichting. Deze zijn opgesomd in artikel 21 van het VLAREBO.

Van zodra er een risico-inrichting vergund is of was op uw grond heeft u te maken met een risicogrond. In dat geval dient u 'ja' te antwoorden op de hoofdvraag 'Is de grond een risicogrond?'

Met de handige toepassing 'Risico-inrichtingen-tool' (RIT) kunt u zelf nagaan of een bepaalde activiteit of een bepaalde vergunde rubriek uit uw omgevingsvergunning als risico-inrichting wordt beschouwd. U kunt de tool raadplegen via de volgende website: <http://toep.ovam.be/jahia/Jahia/pid/2571>

4.1.2.5 Oude luchtfoto's

Raadpleeg de bronnenlijst voor meer info. Hieronder leest u hoe oude luchtfoto's <https://services.ovam.be/ovam-geoloketten/#/> u kunnen helpen een antwoord te vinden op de vraag 'Is deze grond een risicoground?'

Op basis van oude luchtfoto's kunt u nagaan of er in het verleden activiteiten hebben plaatsgevonden op uw grond. De aanwezigheid van bepaalde gebouwen (bijvoorbeeld een fabrieksgebouw, loods ...) kan een indicatie zijn van eventuele eerdere activiteiten op uw grond en van mogelijke risico's op bodem- of grondwaterverontreiniging. In het specifieke geval van stortplaatsen of opgevlude grachten kunt u aan de hand van oude luchtfoto's afleiden of het bodemprofiel op uw grond gewijzigd is doorheen de jaren of dat er grondhandelingen (grondaanvulling, ophoging ...) hebben plaatsgevonden.

Als u op basis van oude luchtfoto's vaststelt dat er in het verleden geen activiteiten hebben plaatsgevonden op uw grond, maar er uit (één van) de overige infobronnen blijkt dat uw grond wel een risicoground is, dan is het mogelijk dat uw perceel onterecht als risicoperceel werd ingedeeld (zie eerder). Het is dus belangrijk dat u afgaat op de werkelijk uitgevoerde activiteiten om te bepalen of een grond een risicoground is of niet.

Bij twijfel raadpleegt u best een erkend bodemsaneringsdeskundige. Als u uw grond wil laten schrappen als risicoground uit de gemeentelijke inventaris omdat hij ten onrechte werd geklasseerd als risicoground, dan moet u sowieso beroep doen op een erkend bodemsaneringsdeskundige.

4.1.2.6 Geoloket

Raadpleeg de bronnenlijst voor meer info. Hieronder leest u hoe het geoloket u kan helpen een antwoord te vinden op de vraag 'Werd er reeds een bodemonderzoek uitgevoerd of een technisch verslag opgemaakt?'

Ga naar het geoloket via de website <https://services.ovam.be/ovam-geoloketten/#/>.

Via de zoekbalk 'Zoek naar adressen of percelen' geeft u het adres of het perceelnummer in van de gewenste locatie.



Als de OVAM informatie heeft over de opgezochte locatie, dan zal het dossiergebied in het kaartvenster ingekleurd zijn. In dat geval dient u 'ja' te antwoorden op de hoofdvraag 'Werd er reeds een bodemonderzoek uitgevoerd of een technisch verslag opgemaakt?'

Als het kaartgebied ter hoogte van uw zoekpunt niet is ingekleurd, controleer dan nog even of volgende kaartlagen aangevinkt zijn:

- Bodemonderzoeken en sanering: bevat de kaartlaag 'Dossiergebied-hoogste opdrachttype'.
- Schadegevallen en meldingen: bevat de kaartlaag 'Dossiergebied schade hoogste opdrachttype'.

Kaartlagen

Legende

- OVAM bodemdossierinformatie
 - Bodemonderzoeken en sanering
 - Dossiergebied-hoogste opdrachttype
 - Schadegevallen en meldingen
 - Dossiergebied schade_hoogste opdrachttype
- Luchtfoto
- NGI overlay topokaart
- GRB grijs

De zichtbaarheid van deze kaartlagen kunt u aan- of afzetten door te klikken op het vinkvakje. Als bovenvermelde kaartlagen aangevinkt en dus zichtbaar zijn, en het kaartgebied ter hoogte van de opgezochte locatie nog steeds niet is ingekleurd, dan betekent dit dat de OVAM geen dossierinformatie betreffende bodemverontreiniging over deze locatie heeft.

4.1.2.7 **Bodemattest**

Raadpleeg de bronnenlijst voor meer info. In het onderdeel 'informatie uit de gemeentelijke inventaris' vermeldt de OVAM op het bodemattest of zij over informatie uit de gemeentelijke inventaris beschikt. Hier kunt u dus nagaan op het perceel een risicoground of een grond met inventarisatieplicht is of niet. Op <https://ovam.vlaanderen.be/welke-gegevens-staan-op-het-bodemattest> vindt u toelichting over de betekenis van de inhoud van een bodemattest.

4.1.2.8 **Technisch verslag**

Raadpleeg de bronnenlijst voor meer info. Om na te gaan of er reeds een technisch verslag werd opgemaakt, bestaan er geen specifieke instrumenten. De bronnenlijst licht toe hoe u hiervoor het beste te werk gaat.

4.1.2.9 **Inzage**

Wenst u één of meerdere documenten van een bodemdossier in te kijken, dan kunt u die opvragen en digitaal of op het OVAM-kantoor inkijken. Op de volgende website leest u hoe u dat doet:

<https://ovam.vlaanderen.be/inzage>

4.1.3 **Fiche 3: Is er restverontreiniging (na sanering) aanwezig?**

Om na te gaan of er een bodem(rest)verontreiniging aanwezig is, kunt u één van volgende infobronnen raadplegen:

- geoloket ;
- bodemattest;
- bodemonderzoeken.

Het volstaat meestal om één van deze bronnen te raadplegen. In bepaalde gevallen zal er echter naast het geoloket ook nog een bijkomende infobron nodig zijn om definitief uitsluitel te geven over de aan- of afwezigheid van bodem(rest)verontreiniging.


4.1.3.1 Geoloket

Raadpleeg de bronnenlijst voor meer info.

Het geoloket geeft geen informatie over de aan- of afwezigheid van verontreiniging binnen het dossiergebied. Op basis van de beschikbare dossierinformatie kunt u echter in bepaalde gevallen wel afleiden of er ooit een bodemverontreiniging werd waargenomen op de locatie. Hieronder vindt u de mogelijke interpretaties van de informatie uit het geoloket. In bepaalde scenario's zal het nodig zijn dat u bijkomende infobronnen raadpleegt om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden.

Navigeer via de zoekbalk naar de gewenste locatie in het geoloket. Als de OVAM informatie heeft over de opgezochte locatie, dan zal het dossiergebied in het kaartvenster ingekleurd zijn. De kleur van het dossiergebied geeft de fase in het onderzoeks- en saneringstraject weer.

De mogelijke interpretaties van de informatie uit de kaartlaag 'Dossiergebied-hoogste opdrachttype' staan hieronder.

Informatie	Interpretatie
 Sitebesluit	Dossiergebieden waarvoor enkel een sitebesluit werd gepubliceerd in het Belgisch Staatsblad. De aanwezigheid van dit type onderzoek geeft geen enkele indicatie over de verontreinigingsgraad van de bodem. Raadpleeg daarom een bijkomende infobron.
 Oriënterend bodemonderzoek	Dossiergebieden waarvoor enkel een conform oriënterend bodemonderzoek gekend is. Een oriënterend bodemonderzoek kan uitgevoerd zijn in het kader van een decretale verplichting opgelegd in het Bodemdecreet. De aanwezigheid van dit type onderzoek geeft geen enkele indicatie over de verontreinigingsgraad van de bodem. Raadpleeg daarom een bijkomende infobron.

	<p>Dossiergebieden waarvoor een conform beschrijvend bodemonderzoek gekend is. Meestal bevatten deze dossiergebieden ook een conform oriënterend bodemonderzoek. Tijdens het oriënterend bodemonderzoek werd een ernstige verontreiniging vastgesteld. De aanwezigheid van dit type onderzoek geeft geen indicatie over de saneringsnoodzaak.</p>
	<p>Dossiergebieden waarvoor een conform verklaard bodemsaneringsproject opgesteld is. Meestal bevatten deze dossiers ook een conform verklaard oriënterend bodemonderzoek en beschrijvend bodemonderzoek. Er is hier een ernstige verontreiniging vastgesteld waarvoor saneringsnoodzaak is. Mogelijk zijn reeds saneringswerken opgestart. Er is nog geen sanering afgerond.</p>
	<p>Dossiergebieden waarvoor een eindverklaring van een bodemsanering afgeleverd is. Deze dossiers hebben voor de verontreiniging of een deel van de verontreiniging alle stappen van de bodemsanering doorlopen. Opgelet: het is mogelijk dat de eindverklaring slechts geldt voor een deel van de verontreiniging. De aanwezigheid van deze informatie op de kaartlaag geeft geen enkele informatie over de huidige verontreinigingsgraad binnen dit gebied. Raadpleeg daarom een bijkomende infobron.</p>

De mogelijke interpretaties van de informatie uit de kaartlaag 'Dossiergebied schade-hoogste opdrachttype' staan in onderstaande tabel.

Informatie	Interpretatie
Evaluatierapport schadegeval	Dossiergebieden waarvoor een evaluatierapport van een schadegeval gekend is. Dergelijk evaluatierapport volgt na een vaststelling of een melding van een schadegeval of na een melding van een bodemverontreiniging. De aanwezigheid van deze informatie op de kaartlaag geeft geen enkele informatie over de huidige verontreinigingsgraad binnen dit gebied. Raadpleeg daarom een bijkomende infobron.
Vaststelling schadegeval Melding schadegeval Melding bodemverontreiniging	Dossiergebieden waarvoor een vaststelling van een schadegeval, een melding van een schadegeval of een melding van een bodemverontreiniging gebeurd is. De OVAM beschouwt een schadegeval als 'een onvoorziene gebeurtenis die aanleiding geeft tot bodemverontreiniging', bijvoorbeeld een lek in een mazouttank, een overvulling van een tank, het vrijkomen van diesel na een incident met een voertuig, een breuk in een leiding...

4.1.3.2 Bodemattest

Raadpleeg de bronnenlijst voor meer info.

In het onderdeel 'uitspraak over de bodemkwaliteit' van het attest kunt u nagaan of er op de grond verontreinigingen zijn vastgesteld. Als de grond niet in het grondeninformatieregister is opgenomen, dan vermeldt het bodemattest dat er geen aanwijzingen zijn bij de OVAM dat op de grond een bodemverontreiniging voorkomt.

4.1.3.3 Bodemonderzoeken

Raadpleeg de bronnenlijst voor meer info.

Het hoofdstuk 'Niet-technische samenvatting' van een bodemonderzoeksrapport geeft per perceel een samenvatting van onder meer de aanwezige (rest)verontreinigingen. Aan de hand van deze informatie kunt u de hoofdvraag 'Is er een bodem(rest)verontreiniging aanwezig?' beantwoorden.

Raadpleeg ook het hoofdstuk 'Kaartbijlagen' of de bijlagen waarin de plannen met aanduiding van de verontreiniging zijn opgenomen om inzicht te krijgen in de locatie en de eventuele omvang van een aanwezige bodem(rest)verontreiniging. Hieronder volgt per type rapport een overzicht van de mogelijke interpretatie van de informatie:

- In het geval van een oriënterend bodemonderzoek wordt op de kaarten een samenvatting gegeven van de analyseresultaten. Hieruit kunt u de locatie afleiden van eventuele boorlocaties waar verontreiniging is vastgesteld en waarvoor verdere maatregelen nodig zijn.
- In het geval van een beschrijvend bodemonderzoek of een oriënterend en beschrijvend bodemonderzoek wordt op de kaarten een samenvatting gegeven van de analyseresultaten, verontreinigingscontouren en eventuele gebruiksadviezen. Op basis van de verontreinigingscontouren kunt u afleiden waar er verontreiniging is vastgesteld.
- In het geval van een tussentijds saneringsrapport of een eindevaluatieonderzoek wordt op de kaarten een samenvatting gegeven van de analyseresultaten, de mogelijke verontreinigingscontouren en eventuele gebruiksadviezen met betrekking tot een restverontreiniging.

Bij twijfel over de interpretatie van de analyseresultaten en/of de verontreinigingscontouren, neemt u best contact op met een erkend bodemsaneringsdeskundige.

4.1.3.4 Inzage

Wenst u één of meerdere documenten van een bodemdossier in te kijken, dan kunt u deze opvragen en digitaal of op het OVAM-kantoor inkijken. Op de volgende website leest u hoe u dat doet:

<https://ovam.vlaanderen.be/inzage>

4.1.4 **Fiche 4: Zijn er aanwijzingen van asbest in of op de bodem?**

Tussen 1945 en 2001 werd asbest veelvuldig gebruikt in de bouwsector. Denk maar aan constructietoepassingen zoals dakbedekking, isolatiematerialen en plaatconstructies bij particuliere, commerciële en industriële bouwwerken. Doordat gebouwen en constructies daterend uit deze periode onzorgvuldig werden gesloopt en doordat wegen en verhardingen werden opengebrouwen, kwam en komt asbest nog dikwijls niet-reglementair in de bodem terecht. Als gevolg hiervan raakt grond diffuus verontreinigd met asbest. Ook de ophooglagen met asbestproductieafval zorgt bij onzorgvuldige grondwerken voor een verdere diffuse verspreiding van asbesthoudend materiaal.

Om na te gaan of er aanwijzingen zijn voor asbest in of op de bodem, kunt u volgende infobronnen raadplegen:

- asbestinventaris;
- sloopopvolgingsplan;
- bodemonderzoeken;
- technische verslagen van grondverzetswerken;
- oude luchtfoto's;
- overzicht van de voormalige asbestverwerkende bedrijven;
- overige bronnen: attesten met betrekking tot de herkomst en samenstelling van materiaal gebruikt in aanvul- of ophooglagen op het terrein, uitvoeringsdossier bij (ver)bouwen (technische beschrijving) ...

Verderop worden de verschillende instrumenten toegelicht. Tracht aan de hand van deze bronnen volgende vragenlijst te beantwoorden. Deze is niet limitatief en kan nooit volledig uitsluitend geeft over de mogelijke aanwezigheid van asbest in of op de bodem. Hij dient enkel om het asbestverdachte karakter van een terrein te bepalen.

	Ja	Nee
<p>Betreft het een grond van een voormalig asbestverwerkend bedrijf? (zie overzicht van de voormalige asbestverwerkende bedrijven verder in dit document).</p> <p><i>Terreinen van voormalige asbestverwerkende bedrijven worden 'de facto' als asbestverdacht beschouwd.</i></p>		
<p>Is de grond gelegen in de asbestregio Kapelle-op-den-Bos en Willebroek? Dat zijn Aartselaar, Bonheiden, Boom, Boortmeerbeek, Bornem, Buggenhout, Grimbergen, Kapelle-op-den-Bos, Kontich, Londerzeel, Mechelen, Meise, Merchtem, Opwijk, Puurs, Sint-Amands, Sint-Katelijne-Waver, Willebroek en Zemst.</p> <p><i>In deze regio werd asbestproductieafval van de voormalige asbestverwerkende bedrijven veelvuldig gebruikt als aanvul-, ophogings- of verhardingsmateriaal. Asbestproductieafval zoals asbestcementdraailingen en asbestcementplaatjes worden er dan ook wijdverspreid aangetroffen in homogene lagen ter hoogte van opritten, bermen, nutsleidingentracés, putten, dijken, waterbodems en veldwegen.</i></p>		
<p>Is of was er asbesthoudende dak- of gevelbekleding aanwezig op de locatie? Dat zijn asbestcementgolfplaten, asbestcementleien, vlakke asbestcementplaten.</p> <p><i>Dak- en gevelbekleding uit asbestcement is onderhevig aan vertering waardoor asbestvezels vrijkomen en met het regenwater afstromen. Dit kan voor verhoogde asbestconcentraties zorgen ter hoogte van de afdruiptzone als het regenwater niet opgevangen wordt door een dakgoot maar rechtstreeks afdruipt op de bodem of ter hoogte van de locaties waar het hemelwater in de bodem dringt (afvoer- of lozingspunten). Als de asbestbekleding zeer sterk verweerd is, kunnen asbestfragmenten afbreken en op het aangrenzende bodemoppervlakte terechtkomen, de zogenaamde grenszone.</i></p> <p><i>Het afsputten van dak- of gevelbekleding uit asbestcement onder hoge druk (voor bijvoorbeeld ontmossing of voorbehandeling met coating) kan verhoogde asbestconcentraties in de toplaag van de bodem tot gevolg hebben. Ook het afborstelen en afschuren veroorzaakt dezelfde risico's.</i></p> <p><i>Eventuele calamiteiten met dak- en gevelbekleding uit asbestcement, zoals brand- of stormschade, kunnen tot slot een verspreiding van asbestvezels- of fragmenten naar de omgeving veroorzaakt hebben.</i></p>		
<p>Hebben er in het verleden onzorgvuldige sloop-, afbraak- of (ver)bouwwerken plaatsgevonden van gebouwen of constructies met asbesthoudende materialen óf daterend uit de periode 1945-2001?</p> <p><i>De kans is groot dat gebouwen of constructies daterend uit de periode 1945-2001 asbesthoudende materialen bevatten. Bij onzorgvuldige sloop kan er asbestverdacht puin op of in de bodem zijn terechtgekomen.</i></p>		
<p>Hebben er in het verleden onzorgvuldige opbraakwerken plaatsgevonden van wegen of verhardingen?</p> <p><i>Hierbij kan er asbestverdacht puin op of in de bodem zijn terechtgekomen.</i></p>		

Zijn er puinhoudende lagen waarvan de oorsprong ongekend is aanwezig op de locatie,? (verhardingsmateriaal, aanvul- of ophooglagen, gedempte grachten of putten ...) <i>Alle puinhoudende lagen, belast met bouwpuin of sloopafval, worden 'de facto' als asbestverdacht beschouwd als de oorsprong ongekend is.</i>		
Vindt of vond er onzorgvuldige opslag van asbesthoudend bouw materiaal of sloopafval plaats op de locatie? (beperkte stapel golfplaten, leien, buizen ...) <i>De vermenging van afgebroken fragmenten van deze materialen kunnen aanleiding geven tot bodemverontreiniging met asbest.</i>		
Hebben er in het verleden industriële activiteiten met een gekende asbestproblematiek plaatsgevonden? (stortplaatsen, brekers, handelszaken waar asbesthoudende materialen op maat werden versneden) <i>Dergelijke terrein worden 'de facto' als asbestverdacht beschouwd.</i>		

Antwoorde u één of meerdere keren 'ja', dan betekent dit dat er aanwijzingen zijn voor de aanwezigheid van asbest in of op de bodem op uw grond.

4.1.4.1 Asbestinventaris

Een asbestinventaris is een document dat alle asbesthoudende materialen in een gebouw of werkzone beschrijft. Het wordt opgemaakt na een terreinbezoek en een inspectie van alle materialen en gebouwonderdelen die mogelijk asbest bevatten. Voor elk materiaal of gebouwonderdeel waarin asbest zit, geeft de asbestinventaris advies om het asbest veilig te verwijderen.

Bij huidige en vroegere eigenaars of gebruikers kunt u navragen of er een asbestinventaris beschikbaar is. In een asbestinventaris kunt u nagaan:

- of er asbesthoudende dak- en gevelbekleding aanwezig is of was;
- of er asbesthoudende materialen aanwezig waren in gebouwen die intussen gesloopt zijn;
- of er asbesthoudend bouw materiaal of sloopafval wordt of werd opgeslagen.

Voor meer informatie over de asbestinventaris kunt u terecht op de volgende website:

<https://ovam.vlaanderen.be/de-asbestinventaris>

4.1.4.2 Sloopopvolgingsplan

Een sloopopvolgingsplan (vroeger sloopinventaris) heeft als doel een lijst te geven van alle te verwachten vrijkomende afvalstoffen bij geplande sloopwerken. Daarnaast formuleert het aanbevelingen voor selectieve sloop. Het sloopopvolgingsplan geeft ten eerste per afvalstof aan welke materialen er zullen vrijkomen. Ten tweede bevat het informatie over de verwachte hoeveelheden en de plaats waar deze worden aangetroffen. Ten derde beschrijft het algemene en werfspecifieke aandachtspunten met betrekking tot de selectieve sloop. Tenslotte adviseert het over de mogelijkheden van hun hergebruik of verwerking.

Het sloopopvolgingsplan wordt opgesteld door een architect of deskundige in opdracht van de aanvrager van een omgevingsvergunning voor stedenbouwkundige handeling voor afbraak-, ontmantelings- of renovatiewerken van bepaalde gebouwen, infrastructuur of wegen.

Bij huidige en vroegere eigenaars of gebruikers en bij gemeente- of provinciediensten kunt u navragen of er een sloopopvolgingsplan beschikbaar is. In een sloopopvolgingsplan kunt u voor gesloopte gebouwen of opgebroken verhardingen op het terrein nagaan:

- of er asbesthoudende dak- en gevelbekleding aanwezig was;
- of er asbesthoudende materialen aanwezig waren in de gebouwen;
- of er asbesthoudend puin aanwezig was in of onder de verhardingen.

Voor meer informatie over het sloopopvolgingsplan en de selectieve sloop kunt u terecht op de volgende website: <https://ovam.vlaanderen.be/bouw-en-sloopafval>

4.1.4.3 Bodemonderzoeken

Raadpleeg de bronnenlijst voor meer info .

De bijlage van de rapporten van uitgevoerde bodemonderzoeken bevatten de geologische beschrijvingen van de uitgevoerde boringen. Deze boorprofielen geven de verticale opeenvolging van de verschillende bodemlagen ter hoogte van de boorpunten weer. In de boorprofielen kunt u nagaan of er puinhoudende lagen op of in de bodem aanwezig zijn. Dat kan wijzen op de aanwezigheid van asbest.

4.1.4.4 Technische verslagen van grondverzetswerken

Raadpleeg de bronnenlijst voor meer info.

In een technisch verslag kunt u nagaan of er puinhoudende lagen op of in de bodem aanwezig zijn.

4.1.4.5 Oude luchtfoto's

Raadpleeg de bronnenlijst voor meer info.

Op basis van oude luchtfoto's kunt u nagaan:

- uit welke periode bepaalde gebouwen dateren;
- of er gebouwen aanwezig waren die intussen gesloopt of verbouwd zijn;
- of er verhardingen aanwezig waren die intussen opgebroken zijn.

4.1.4.6 Overzicht van de voormalige asbestverwerkende bedrijven

Een overzicht van gekende voormalige asbestbedrijven in België (1945-2001) vindt u in de studie 'The asbestos industry in Belgium (1945-2001)' uitgevoerd door de VUB. We nemen het hier over.

Name of the company	Location	Period of asbestos use
A1 Alfit	Tisselt (Willebroek)	1933 → 1971
A2 Coverit	Harmignies (Mons)	1924 → 1987
A3 Eternit	Tisselt (Willebroek)	1929 → 1998
A3, B1 & C3 Eternit	Kapelle-op-den-Bos	1924 → 1996
A4 JM Balmatt	Mol	1923 → 1997
A4 JM Balmatt	Ghent	1962 → 1997**
A5 Modernite	Hofstade (Aalst)	1965 → 1984
A6 Scheerders- Van Kerchove (SVK)	Sint-Niklaas	1923 → 1998
A7 Asbestile	Schoonaarde (Dendermonde)	1913 → 1951
B2 Fadamac	Schoonaarde (Dendermonde)	* → 1967 → 1969**
C1 Aeroplast	Zele	1967 → 1969**
C2 Etablissements Ernest Lenders	Ixelles (Brussels)	1945 → 1955
C4 Fourisol	Wilrijk (Antwerpen)	* → 1950 → 1974**
C5 Société Belge Isolex	Ixelles (Brussels)	1950 → 1974**
D1 Charles Delvoye	Kortrijk	1946 → 1970**
D2 Douha Dor	Jemeppe-sur-Meuse (Seraing)	1939 → **
D3 La Filature des feutres et amiantes d'Auvelais	Auvelais	1905 → 1977
D4 Belgische Asbest- en rubberfabriek	Deurne (Antwerpen)	1905 → **
E1 Don International	Manage	1922 → 1966 → ** → 1998**
F1 Vynckier	Ghent	1922 → 1966 → ** → 1998**
G1 Von Asten	Eupen	1885 → 1998
H1 Usines Pol Madou	Ghent	1897 → 1975

*No information available; **Approximation of time period based on available information

Bron: Van den Borre, L., & Deboosere, P. (2016). The asbestos industry in Belgium (1945-2001): version 29 January 2016. Interface Demography Working Paper 2016-2, Vakgroep SOCI, Vrije Universiteit Brussel (VUB)

In dit overzicht kunt u nagaan of uw grond gelegen is ter hoogte van een voormalig asbestverwerkend bedrijf.

4.1.5 Bronnenlijst

Deze bronnenlijst licht de frequent te raadplegen infobronnen en instrumenten toe. Hoe u deze instrumenten raadpleegt en interpreteert in functie van een bepaalde vraagstelling, leest u in de infofiche die hoort bij de betreffende vraag.

4.1.6 Bron	4.1.7 Beschikbare informatie	4.1.8 Niet beschikbare informatie	4.1.9 Kosten
Geoloket	<ul style="list-style-type: none"> – Vermelding van uitgevoerde bodemonderzoeken en saneringen – Meldingen van calamiteiten en hieraan gerelateerde rapporten 	Gedetailleerde informatie van de verontreiniging (zoals de stoffen en de grootte van de verontreiniging)	Gratis website
Bodemattest	<ul style="list-style-type: none"> – Vermelding van uitgevoerde bodemonderzoeken en saneringen en eventuele aanwezigheid verontreiniging – Informatie over asbest indien gekend Informatie gekend uit de gemeentelijk inventaris – Eventuele gebruiksadviezen 	<p>Gedetailleerde informatie over de verontreiniging (zoals de stoffen en de grootte en locatie van de verontreiniging)</p> <p>Locatie van eventuele aanwezige asbestmaterialen</p> <p>Informatie over de activiteiten uit de gemeentelijk inventaris</p>	Betalend: 54 euro per attest
Bodemonderzoeken	<p>Afhankelijk van het soort onderzoek:</p> <ul style="list-style-type: none"> – gedetailleerde informatie over de aanwezige verontreiniging, zoals de stoffen en de locatie van de aangetroffen verontreiniging indien aanwezig; – informatie betreffende aanwijzingen voor de aanwezigheid van asbest; – eventuele gebruiksadviezen. 		<p>Betalend bij digitaal aanleveren:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 50 euro per onderzoek digitaal beschikbaar – 100 euro per onderzoek niet digitaal beschikbaar <p>Gratis bij raadpleging in de kantoren van de OVAM</p>
Gemeentelijk inventaris	Risicogrond of grond met inventarisatieplicht (aanwezigheid van bodembedreigende vergunde activiteiten, illegale bodembedreigende activiteiten)	Geen informatie over bodemonderzoeken, verontreinigingen, aanwezigheid asbest en gebruiksadviezen	Gratis Bijkomende informatie betreffende de afgeleverde vergunning kan betalend zijn (afhankelijk van de gemeente)
Technische verslagen grondverzetswerken	<p>Aanwijzingen voor:</p> <ul style="list-style-type: none"> – de aanwezigheid van verontreiniging – aanwezigheid van asbest 		Niet openbaar beschikbaar, op te vragen bij de huidige of voormalige eigenaar/gebruiker
Oude luchtfoto's	Aanwezigheid van voormalige industriële activiteiten, oude gebouwen, mogelijke grondverzetswerken	Geen informatie over bodemonderzoeken, verontreinigingen, aanwezigheid asbest en gebruiksadviezen	Gratis via website Geopunt (zie verder) Betalend via NGI (zie verder)

4.1.9.1 Geoloket

Het geoloket van de OVAM is een gratis website, die u kunt raadplegen via volgende link:

<http://services.ovam.be/geoloket/>

Het geoloket toont waar in Vlaanderen:

- meldingen en calamiteiten gerapporteerd zijn,
- bodemonderzoeken en saneringen plaatsvinden en -vonden.

Via het geoloket kunt u nagaan of de OVAM voor een opgegeven locatie dossierinformatie betreffende bodemverontreiniging kent. Deze informatie bestaat uit:

- gepubliceerde sitebesluiten;
- uitgevoerde oriënterende bodemonderzoeken;
- uitgevoerde beschrijvende bodemonderzoeken;
- opgestelde bodemsaneringsprojecten;
- uitgevoerde eindevaluatieonderzoeken;
- meldingen van bodemverontreiniging en schadegevallen;
- uitgevoerde evaluatierapporten van schadegevallen.

Technische verslagen voor grondverzet zitten niet vervat in de dossierinformatie bij de OVAM betreffende bodemverontreiniging. Het geoloket bevat hierover dus geen informatie.

Als er voor een opgegeven locatie bodemdossierinformatie gekend is, dan toont het geoloket het dossiergebied. Per dossiergebied wordt volgende info getoond:

- dossiernummer;
- conforme opdrachttypen aanwezig in het dossiergebied;
- type, opdrachtnummer en rapportdatum van de laatste conforme opdracht.

De legendes van de beschikbare kaartlagen duiden aan wat de verschillende soorten inkleuring betekenen.

Bodemonderzoeken en sanering	Schadegevallen en meldingen
<p>➤ Dossiergebied-hoogste opdrachttype</p> <ul style="list-style-type: none">SitebesluitOriënterend bodemonderzoekBeschrijvend bodemonderzoekBodemsaneringsprojectEindevaluatieonderzoek	<p>➤ Dossiergebied schade_hoogste opdrachttype</p> <ul style="list-style-type: none">Evaluatierapport schadegevalVaststelling schadegevalMelding schadegevalMelding bodemverontreiniging

Bodemonderzoeken en sanering

De volgorde van de inkleuring in de kaartlaag 'Dossiergebied-hoogste opdrachttype' steunt op de normale opeenvolging van procedures nodig voor een bodemsanering zoals bepaald in het Bodemdecreet.

- In een oriënterend bodemonderzoek wordt de bodemkwaliteit op een gans perceel onderzocht.
- Als blijkt dat er een verontreiniging aanwezig is volgt een beschrijvend bodemonderzoek. Daarin wordt de verontreiniging driedimensionaal in kaart gebracht en wordt nagegaan of sanering noodzakelijk is.
- In het bodemsaneringsproject worden verschillende saneringstechnieken met elkaar vergeleken. Daarbij wordt rekening gehouden met criteria als efficiëntie, kostprijs en technische mogelijkheden op de site. Op basis van alle criteria wordt dan een techniek geselecteerd volgens het BATNEEC-principe. Dit is de best beschikbare techniek tegen een redelijke kostprijs. Met behulp van deze techniek worden dan de bodemsaneringswerken opgestart.
- Als de bodemsaneringswerken zijn afgerond en een stabiele eindtoestand werd bereikt, doet de bodemsaneringsdeskundige een eindevaluatieonderzoek. Als de OVAM dit gunstig beoordeelt, wordt een eindverklaring afgeleverd.
- Als laagste in rang voor wat betreft de inkleuring, staat het sitebesluit. Een sitebesluit is een lijst van gronden die gepubliceerd wordt in het Belgisch Staatsblad. In een site groepeerde de OVAM gronden om één globaal bodemonderzoek uit te voeren. Het siteonderzoek zelf is ingekleurd als een beschrijvend bodemonderzoek.

Opgelet: een dossiergebied omvat steeds alle gebieden van de opdrachten in het dossier. De inkleuring wijst dus enkel op de aanwezigheid van een bepaald type opdracht. Er kunnen binnen het dossier één of meerdere opdrachten van dit type aanwezig zijn. De afbakening van de type opdrachten overeenstemmend met de inkleuring vallen binnen het dossiergebied maar zijn in de meeste gevallen slechts een deel van het dossiergebied.

Schadegevallen en meldingen

De volgorde van de inkleuring in de kaartlaag 'Dossiergebied schade-hoogste opdrachttype' steunt op de volgende principes.

- Een evaluatierapport van een schadegeval volgt na een vaststelling/melding van een schadegeval of melding van bodemverontreiniging. Het evaluatierapport wordt derhalve beschouwd als hoogste opdrachttype. Het dossiergebied met schade wordt ingekleurd als een evaluatierapport schadegeval.
- Een vaststelling van een schadegeval, melding van een schadegeval en melding van een bodemverontreiniging krijgen eenzelfde rang toebedeeld. Als er geen evaluatierapport van een schadegeval aanwezig is, wordt het dossiergebied schade ingekleurd volgens het opdrachttype met de meest recente rapportdatum.

Heeft u extra hulp nodig bij het raadplegen van het geoloket, dan kunt u terecht op de volgende helppagina:

<https://ovam.vlaanderen.be/geoloket-bodemdossierinformatie1>

4.1.9.2 **Bodemattest**

Een bodemattest vermeldt alle relevante gegevens die de OVAM over een bepaalde grond kent. Het attest is een uittreksel van het grondeninformatieregister. Het grondeninformatieregister verzamelt alle informatie over de bodemkwaliteit uit dossiers van bodemonderzoeken en -saneringen. Het bodemattest vermeldt de gegevens die in het grondeninformatieregister opgenomen zijn over die grond. Als er voor een grond geen gegevens beschikbaar zijn in het grondeninformatieregister, dan wordt dit ook vermeld op het bodemattest. Op een bodemattest vindt u volgende onderdelen terug:

- kadastrale gegevens over de grond;
- inhoud van het bodemattest:
 - informatie uit de gemeentelijke inventaris
 - uitspraak over de bodemkwaliteit
 - bijkomende adviezen en/of bepalingen (indien van toepassing)
 - asbestgerelateerde bodeminformatie (indien van toepassing)
 - documenten over de bodemkwaliteit
- opmerkingen.

U kunt een bodemattest tegen betaling opvragen bij de OVAM. Op de volgende website staat uitgelegd hoe u dit doet: <https://ovam.vlaanderen.be/hoe-vraag-ik-een-bodemattest-aan>

Als u al een bodemattest hebt, dan kunt u best nagaan aan de hand van het geoloket of er sinds het afleveren van het bodemattest nog extra bodemonderzoeken uitgevoerd zijn. De meest recente en actuele informatie vindt u immers op het geoloket.

Voor meer informatie over het bodemattest kunt u terecht op de volgende website:

<https://ovam.vlaanderen.be/wat-is-een-bodemattest-en-waarvoor-dient-het>

4.1.9.3 **Bodemonderzoeken**

Als er reeds een bodemonderzoek werd uitgevoerd, dan kunt u het rapport gratis inkijken in de kantoren van de OVAM of tegen betaling opvragen bij de OVAM. Op de volgende website vindt u hoe u dit doet:

<https://ovam.vlaanderen.be/inzage>

4.1.9.4 **Technische verslagen van grondverzetswerken**

Een technisch verslag is een bodemonderzoek dat wordt opgesteld onder leiding van een erkend bodemsaneringsdeskundige. Een dergelijk verslag moet worden opgesteld voordat uitgegraven bodemmaterialen worden gebruikt.

Een technisch verslag bepaalt de milieuhygiënische kwaliteit(en) en hergebruiksmogelijkheden van de (nog) uit te graven of (nog) te baggeren/ruimen bodemmaterialen. Verder legt het eventuele bijkomende voorwaarden en uitvoeringsbepalingen vast aangaande de uitgraving en het hergebruik van de bodemmaterialen. De hergebruiksmogelijkheden worden vastgelegd in een driedelige code.

Na de opmaak moet een conformverklaring worden aangevraagd bij een erkende bodembeheerorganisatie.

Bij huidige en vroegere eigenaars of gebruikers kunt u navragen of er technische verslagen van grondverzetswerken beschikbaar zijn. U kunt ook te rade gaan bij een erkende bodembeheerorganisatie. Op de volgende website vindt u een overzichtslijst van erkende bodembeheerorganisaties:

<https://ovam.vlaanderen.be/lijt-erkende-bodembeheerorganisaties>

4.1.9.5 Oude luchtfoto's

Op de website www.geopunt.be kunt u gratis luchtfoto's van Vlaanderen raadplegen aan de hand van de kaarttoepassing 'Reis door de tijd'.



In volgende handleiding leest u hoe u dit kan doen:

<http://www.geopunt.be/~media/geopunt/over%20geopunt/documenten/handleiding%20reis%20door%20de%20tijd%20v32.pdf>

Daarnaast kunt u ook terecht bij het Nationaal Geografisch Instituut (NGI). Het NGI verkoopt luchtfoto's. Meer informatie vindt u op hun website: <https://www.ngi.be/website/aanbod/>.