

Handelingsperspectieven ecologische risico's

Contents

1	Inleiding	2
2	Ecologische risico's in de Wet Bodembescherming	2
2.1	Algemeen	2
2.2	Stap 2: standaard beoordeling ecologische risico's	3
2.3	Stap 3: locatiespecifieke risicobeoordeling	3
3	Van probleemgestuurde naar oplossingsgerichte risicobeoordeling	3
3.1	Risico's: de bron-pad-receptor-benadering	3
3.2	Gebruiksfunctie, Ecosysteemdiensten en multistress	4
3.3	Conceptual Site Model en Oplossingsgerichte risicobeoordeling.....	6
3.3.1	Conceptual Site Model - wat weet ik van mijn locatie?.....	6
3.3.2	Oplossingsgerichte risicobeoordeling - wat is er mogelijk op mijn locatie?.....	8
4	Risicoreducerende maatregelen	8
4.1	Geschiktheid van maatregelen per situatie.....	11
5	Toepassen van sanerings- en beheer(s)maatregelen in de praktijk	12
5.1	Casus Broekpolder, Vlaardingen.....	13
6	Referenties.....	15
	Bijlage 1 Uitleg factsheets en beslistabellen Sanerings- en beheer(s)opties.....	16
	Naam maatregel.....	16
	Korte beschrijving techniek.....	16
	Toepasbaarheid in verschillende situaties.....	16
	Gebruiksfunctie en bodemtype	16
	Neveneffecten en risico's en invloed op betrokkenen.....	20
	Tijdschaal en schaal ruimtelijke impact maatregel	20
	Nazorg, monitoring en instandhouding.....	21
	Duurzaamheid ingreep	21
	Beslistabellen	21

1 Inleiding

De aanwezigheid van bodemverontreiniging kan risico's voor het ecosysteem met zich meebrengen. Als deze risico's als onaanvaardbaar worden beoordeeld, zal actie ondernomen moeten worden. In het geval van ecologische risico's zijn er vaak meerdere mogelijkheden om de risico's weg te nemen of te reduceren. In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de verschillende mogelijkheden die beschikbaar zijn om de risico's te verminderen. De sanerings- en beheer(s)opties en hun toepasbaarheid in verschillende situaties worden in summier factsheets en beslistabellen beschreven. Aan de hand van dit overzicht wordt het eenvoudiger om voor een locatie de juiste optie(s) te selecteren. Hierbij wordt – waar mogelijk – ook rekening gehouden met het concept van ecosysteemdiensten (ESD) en met multistress – het feit dat op een locatie vaak meer dan één verstorende factor aanwezig is die een effect heeft op het functioneren van het (bodem)ecosysteem, zoals betreding door mensen, geluidsoverlast, lichtvervuiling en nutriëntenproblematiek.

2 Ecologische risico's in de Wet Bodembescherming

2.1 Algemeen

Als het vermoeden bestaat of bekend is dat er op een locatie bodemverontreiniging aanwezig is die vóór 1987 is ontstaan (een zogenaamd historisch geval van verontreiniging) dient conform de Wet bodembescherming (Wbb) te worden vastgesteld of sprake is van een geval van ernstige verontreiniging¹. In de Circulaire bodemsanering staat de uitwerking van het saneringscriterium centraal waarmee wordt vastgesteld of een spoedige sanering noodzakelijk is (versie geldend vanaf 1 juli 2013, zoals gepubliceerd in Staatscourant Nr. 16675, 27 juni 2013).

Voor elk geval van ernstige verontreiniging dient te worden vastgesteld of er al dan niet sprake is van onaanvaardbare risico's. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in risico's voor de mens, voor het ecosysteem en voor verspreiding. Als is vastgesteld dat er sprake is van onaanvaardbare risico's voor de mens en/of het ecosysteem en/of verspreiding dient met **spoed** te worden gesaneerd. Saneren houdt in dat er maatregelen dienen te worden getroffen die er primair op zijn gericht de onaanvaardbare risico's weg te nemen. Met 'spoed saneren' betekent dat de sanering binnen vier jaar na het afgeven van de beschikking 'ernst en spoed' moet zijn begonnen.

Bepalen of er al dan niet sprake is van spoed gebeurt in drie stappen:

- Stap 1: vaststellen dat er sprake is van een geval van ernstige verontreiniging;
- Stap 2: standaard risicobeoordeling;
- Stap 3: locatiespecifieke risicobeoordeling.

Hierbij zijn stap 1 en stap 2 verplicht en is stap 3 facultatief. Stap 3 wordt alleen uitgevoerd voor die onderdelen waarover onvoldoende zekerheid bestaat over het resultaat van stap 2. Is stap 3 uitgevoerd, dan is het resultaat bindend. De webapplicatie [Sanscrit](#) is beschikbaar om de spoedbepaling te faciliteren. In de volgende paragrafen wordt de invulling van de

¹ Er is sprake van een geval van ernstige verontreiniging indien voor ten minste één stof de gemiddeld gemeten concentratie in de grond binnen een bodemvolume van minimaal 25 m³ en/of in het grondwater binnen een bodemvolume van minimaal 100 m³ de interventiewaarde overschrijdt.

standaard- en locatiespecifieke beoordeling van risico's voor het ecosysteem (stap 2 en stap 3) nader toegelicht.

2.2 *Stap 2: standaard beoordeling ecologische risico's*

De standaard beoordeling van risico's voor het ecosysteem is gebaseerd op drie aspecten:

- de mate van verontreiniging uitgedrukt als Toxische Druk. De Toxische Druk wordt berekend uit de totaalconcentraties aan verschillende stoffen gemeten in de bodem;
- de gevoeligheid van het ecosysteem. Er zijn drie categorieën van gevoeligheid van gebruikstype onderscheiden waarbij natuur het meest gevoelig is en het ecosysteem ter plaatse van industriegebieden of infrastructuur het minst gevoelig;
- het oppervlak waarover de verontreiniging aanwezig is. Hierbij wordt alleen het oppervlak van de onbedekte bodem meegenomen.

Afhankelijk van de Toxische Druk (>0,25 of > 0,65) zijn er oppervlaktecriteria afgeleid voor elke categorie gebruikstypen. Als verontreiniging ter plaatse van de onbedekte bodem het betreffende oppervlaktecriterium overschrijdt is er conform de standaardbeoordeling sprake van onaanvaardbare risico's voor het ecosysteem. Als de standaard risicobeoordeling is uitgevoerd kan worden gekozen om op basis van het resultaat de beschikking 'ernst en spoed' te nemen of om een locatiespecifieke beoordeling uit te voeren.

2.3 *Stap 3: locatiespecifieke risicobeoordeling*

Aan het begin van stap 3 wordt direct een keuze gemaakt voor:

- Stap 3a - een gestructureerde maatschappelijke afweging bedoeld om af te wegen of het zinvol is om vervolgonderzoek uit te voeren en de keuze tussen al dan niet met spoed te gaan saneren te baseren op dit vervolgonderzoek of om de keuze tussen al dan niet met spoed te gaan saneren te baseren op de gegevens van de locatie en omgeving die op dat moment voorhanden zijn;
- Stap 3b - uitvoeren van een locatiespecifiek onderzoek bestaande uit bijvoorbeeld een Triade-onderzoek. Met een Triade-onderzoek worden gegevens van de locatie verzameld betreffende de aanwezige verontreinigingen, de beschikbaarheid van de verontreinigingen voor het ecosysteem, de effecten op organismen die in het veld te zien zijn en de effecten op organismen die de verontreinigingen onder standaard laboratoriumomstandigheden laten zien. Een Triade-onderzoek geeft veel informatie over de daadwerkelijke risico's voor het ecosysteem. Tevens is deze informatie waardevol bij het ontwikkelen van saneringsopties.

3 **Van probleemgestuurde naar oplossingsgerichte risicobeoordeling**

3.1 *Risico's: de bron-pad-receptor-benadering*

Een risico is het product van de kans dat een gebeurtenis zich voordoet en het gevolg van die gebeurtenis. Het reduceren van risico's kan dus gebeuren door de kans op een gebeurtenis te verkleinen, het gevolg van de gebeurtenis te beperken of door beide te verkleinen.

Bij bodemverontreiniging is de Bron-Pad-Receptor-benadering een geschikte manier om de verontreinigingssituatie te beschouwen en te beoordelen (Posthuma et al., 2008). Deze benadering beschouwt de volgende elementen:

- Bron - dit is de verontreiniging zelf: waar komt de verontreiniging vandaan, uit welke stoffen bestaat de verontreiniging en wat zijn de gehalten van deze stoffen?

- Pad – dit is de route van blootstelling aan de verontreiniging (de bron): op welke manier(en) en via welke routes komen de receptoren in contact met de verontreiniging?
- Receptor – dit is het organisme of proces dat in contact komt met de verontreiniging: welke soorten en processen kunnen via het pad in contact komen met de verontreiniging en wat is hun gevoeligheid?

De receptoren zijn degenen die effect kunnen ondervinden van de verontreiniging. Wanneer bron, paden en receptoren duidelijk in beeld zijn, kan een afweging gemaakt worden of de combinatie van bron en pad op een verontreinigde locatie voor risico's op gewenste en/of aanwezige soorten kan leiden. De hoogte van deze risico's bepaalt de onaanvaardbaarheid. Vanuit de bron-pad-receptor-benadering kan dan naar oplossingsrichtingen gekeken worden: door de bron (gedeeltelijk) weg te nemen, het pad (gedeeltelijk) af te sluiten en/of de (wenselijkheid van) aanwezigheid van gevoelige receptoren te bepalen, kunnen risico's gereduceerd worden.

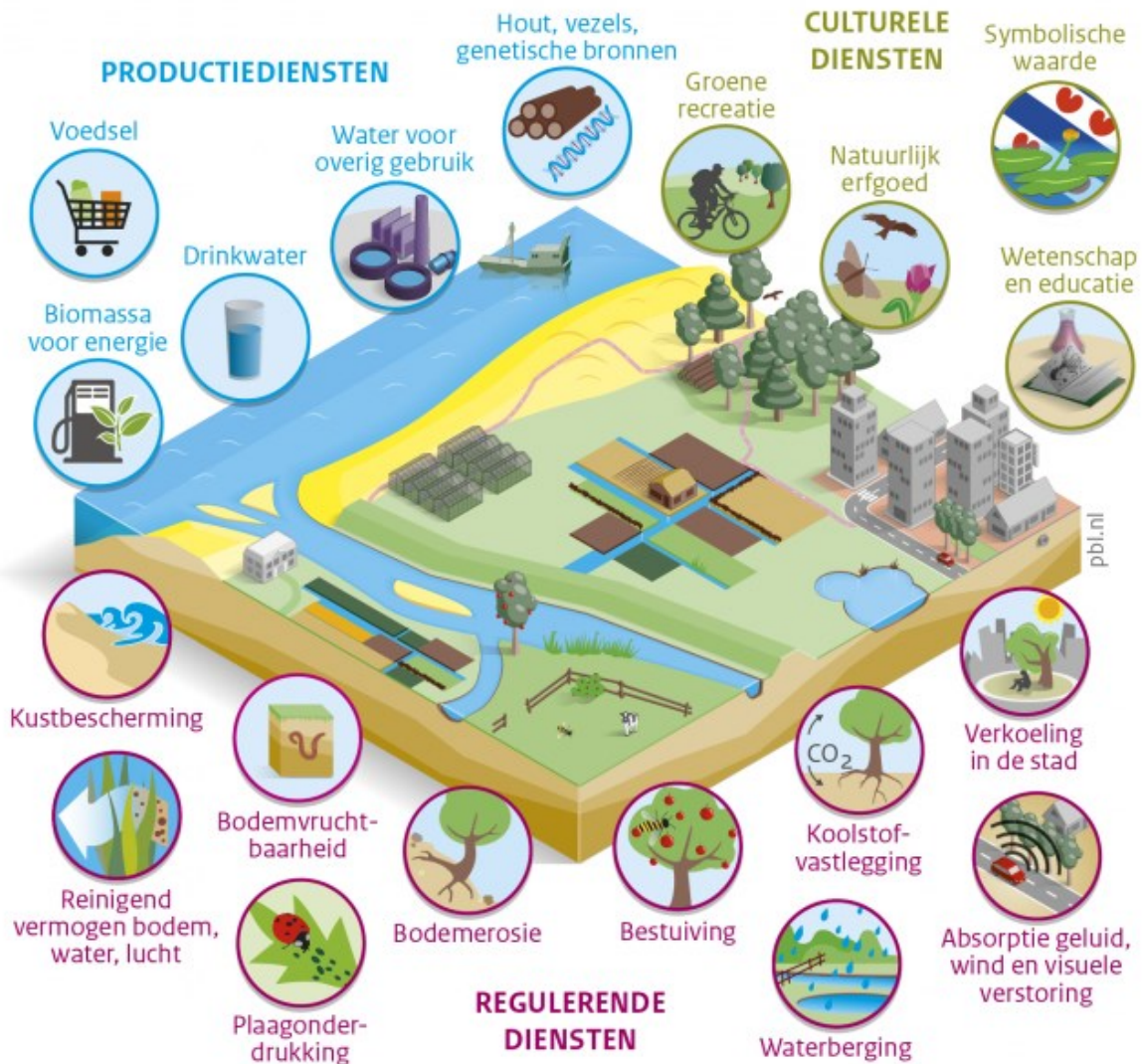
3.2 *Gebruiksfunctie, Ecosysteemdiensten en multistress*

Een verontreinigde locatie heeft altijd een gebruiksfunctie. De gevoeligheid van deze gebruiksfuncties in combinatie met het verontreinigde oppervlak en de verontreinigingsgehalten bepaalt het risico volgens de Wbb. Vanuit de gebruiksfunctie levert de bodem echter ook diensten aan de mens. Dit zijn de zogenaamde ecosysteemdiensten. Ecosysteemdiensten worden ingedeeld in een aantal categorieën (UNEP, 2003: TCB, 2012):

- Toeleverende of productiediensten: dit zijn producten die door de mens uit het ecosysteem worden betrokken, zoals voedsel en vezels, brandstoffen (biomassa), biochemicalïën en medicijnen en zoetwater.
- Regulerende diensten: dit zijn de voordelen die de mens heeft uit de regulering van processen in een ecosysteem, zoals klimaat- en warmteregulatie, plaagbestendigheid, bodemvruchtbaarheid, zaadbankfunctie, waterberging, waterzuivering en bestuiving.
- Culturele diensten: dit zijn de immateriële zaken die de mens uit het ecosysteem verkrijgt, zoals natuurbeleving, recreatie, geestelijke en intellectuele ontwikkeling, cultureel erfgoed, inspiratie en spiritualiteit.
- Ondersteunde diensten: dit zijn de diensten die nodig zijn voor de productie van bovenstaande categorieën en betreffen o.a. primaire productie, vorming en behoud van de bodem, kringloopprocessen (water, nutriënten) en de natuurlijke leefomgeving.

In onderstaande figuur is een aantal ecosysteemdiensten visueel weergegeven.

Voorbeelden van ecosysteemdiensten in Nederland



Bron: PBL, WUR, CICES 2014

www.pbl.nl

Figuur 1. Voorbeelden van ecosysteemdiensten in Nederland, (Bron: [PBL](http://pbl.nl), WUR, CICES, 2014).

Naast effecten op het functioneren van het ecosysteem zoals bedoeld in de Wbb heeft bodemverontreiniging ook een invloed op ecosysteemdiensten. Bij het bepalen van de handelingsperspectieven in geval van bodemverontreiniging is het daarom zinvol om ook rekening te houden met de ecosysteemdiensten die een locatie levert. Zo zullen de culturele diensten van een braakliggend terrein in een industriegebied beperkt zijn in vergelijking met een recreatiegebied, maar kan een regulerende dienst als waterberging cruciaal zijn. Bij de afweging van de optimale (combinatie van) risicoreducerende maatregelen voor het ecosysteem is het daarom ook zinvol om aandacht te besteden aan de ecosysteemdiensten op een locatie. Daarbij dient rekening gehouden te worden met het gegeven dat niet alleen de bodemverontreiniging, maar ook de maatregelen zelf effect op de ecosysteemdiensten kunnen hebben. Zo is het verharden van een groot oppervlak op een verontreinigde locatie

waar waterberging een belangrijke ecosysteemdienst is, niet aan te raden, terwijl het voor de reductie van ecologische risico's op een locatie met ecologisch laag gewaardeerde gebruiksfunctie met juist een zinvolle optie kan zijn.

Zowel het ecologisch functioneren van een locatie en de bijbehorende ecosysteemdiensten hangen niet enkel samen met de aan- of afwezigheid van bodemverontreiniging. Ook andere factoren – chemische, fysische en biologische - kunnen voor verstoring van het optimaal functioneren van het ecosysteem en ecosysteemdiensten zorgen. Hierbij kan gedacht worden aan droogte (bijvoorbeeld door onttrekking van (grond)water voor irrigatie), verzuring van de bodem, depositie van nutriënten, geluid- en lichtvervuiling, verzouting, overstroming, verstoring door betreding, aanwezigheid van invasieve soorten, etc. Op de meeste verontreinigingslocaties is meer dan één drukfactor (of stressor) aanwezig. Deze combinatie van factoren wordt ook wel **multistress** genoemd. Bij het bepalen van de optimale sanerings- en beheer(s)opties is het belangrijk om ook in beeld te hebben welke andere stressfactoren aanwezig zijn. In het optimale geval wordt met een maatregel zowel de verontreinigingssituatie als andere stressfactoren aangepakt. Op een locatie waar een voedselarm natuurdoeltype wordt nagestreefd kan bijvoorbeeld gekozen worden om een relatief ingrijpende maatregel als af- en ontgraven in te zetten, omdat daarmee zowel de verontreiniging als de voedselrijke toplaag wordt verwijderd. Andersom kan het ook zo zijn dat de druk van stressfactoren anders dan verontreiniging dusdanig groot is, dat een ingrijpende manier van saneren niet zinvol is. Zonder aanpak van de andere stressfactoren heeft het effect van de saneringsmaatregel maar een minimale invloed op het verbeterd functioneren van het ecosysteem en de ecosysteemdiensten. Dit soort afwegingen moet locatiespecifiek worden bekeken.

3.3 *Conceptual Site Model en Oplossingsgerichte risicobeoordeling*

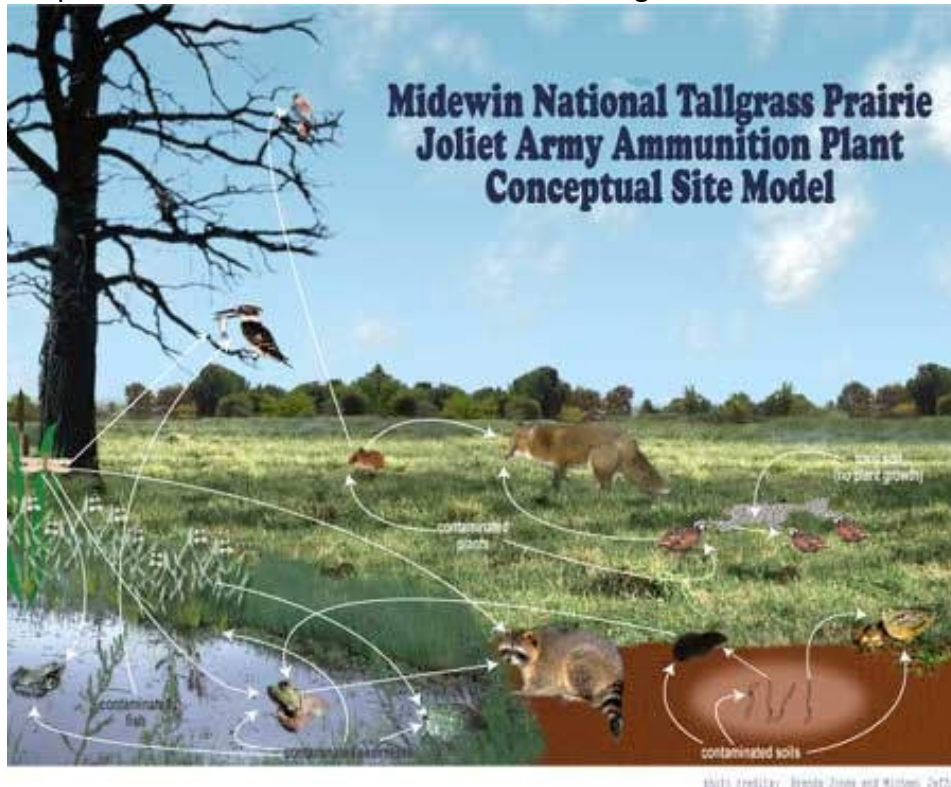
3.3.1 *Conceptual Site Model - wat weet ik van mijn locatie?*

Het Conceptual Site Model (CSM) is een manier om beschikbare informatie over een verontreinigde locatie op een heldere en transparante manier weer te geven (EPA, 2013; SIKB, 2013; ADEC, 2010). Hierbij kan gedacht worden aan informatie over:

- Huidig en beoogd bodemgebruik;
- Bodemopbouw;
- Verontreinigingssituatie – van welke verontreinigingen en gehalten is sprake, is het een homogene verontreiniging, of is er sprake van een gradiënt (de bron);
- Vegetatietype;
- De blootstellingsroutes naar de receptoren;
- Andere stressfactoren;
- Invloed in grond-, kwel- of oppervlaktewater op en van de aanwezige bodemverontreiniging;
- Aanwezigheid van gevoelige situaties, processen en organismen (de receptoren);
- (On)aanvaardbaarheid van ecologische risico's voor de specifieke locatie(s).

Door de gestructureerde manier van weergeven komt uit de beschikbare informatie naar voren welke essentiële informatie mist om een weloverwogen beslissing te kunnen maken over de aanpak van de verontreinigingssituatie. Het CSM is een iteratief model: dat wil zeggen dat door het invullen van de kennisleemtes met nieuw verkregen gegevens het model zal mee veranderen, waardoor steeds duidelijker wordt waar de belangrijkste risico's zijn. Dit geeft de mogelijkheid tot doorkijk naar optimale oplossingsrichtingen.

In onderstaande figuur is een eenvoudig voorbeeld van een CSM weergegeven waarin de blootstellingsroutes van de verontreiniging naar de flora en fauna is weergegeven voor een ecosysteem op een locatie waar een munitiefabriek heeft gestaan.



Figuur 2. Eenvoudig Conceptual Site Model waarin de blootstellingsroutes van de verontreiniging naar de receptoren is weergegeven (Bron: [US-EPA](https://www.epa.gov/)).

Het gebruik van een CSM past in de manier waarop in de Circulaire bodemsanering met het beschouwen van ecologische risico's wordt omgegaan. Veel informatie kan verkregen worden uit stap 1, waar het in kaart brengen en uitkarteren van de verontreinigingssituatie in een nader onderzoek centraal staat. In stap 2 worden de ecologische risico's op een generieke manier in beeld gebracht door ecotoxiciteitsdata uit de literatuur te gebruiken om een indicatie te geven van de effecten op het ecosysteem ter plaatse (de berekening van de Toxische Druk² en toetsing aan oppervlaktecriteria bij de huidige en/of beoogde gebruiksfunctie). In vervolgstappen kan verder worden ingezoomd op de informatie die tot een betere selectie van optimale risicoreducerende maatregelen kan leiden, zoals bepalen van de aanwezige gevoelige soorten en processen en de beschikbaarheid van de verontreinigingen voor organismen en processen. In het CSM kan deze informatie aangevuld worden met extra informatie over de aanwezigheid en omvang van andere stressfactoren en de belangrijkste blootstellingsroutes naar receptoren in het systeem. Met dit soort extra informatie helpt het CSM te bepalen welke specifieke oplossingsrichtingen voor de locatie geschikt zijn, terwijl de onderzoeksinspanning gericht is op de onderdelen die voor de specifieke locatie relevant zijn.

² Het concept 'toxische druk' is een maat om de negatieve ecologische effecten van (een mengsel van) verontreinigingen aan te geven, en is gebaseerd op de msPAF (meerdere stoffen potentieel aangetaste fractie). De msPAF is een theoretisch percentage of fractie van organismen in een ecosysteem dat negatieve effecten ondervindt van het mengsel aan verontreinigingen. De msPAF wordt verkregen door de effecten van de verschillende verontreinigingen (en bijbehorende gehalten) te combineren tot één getal. Zo betekent bijvoorbeeld een msPAF van 0,3 of 30% dat theoretisch 30% van de in het ecosysteem aanwezige organismen negatief beïnvloed wordt door de aanwezige verontreiniging.

3.3.2 Oplossingsgerichte risicobeoordeling - wat is er mogelijk op mijn locatie?

Het in kaart brengen van risico's is het belangrijkste onderdeel in ecologische risicobeoordeling. De 'klassieke' risicobeoordeling heeft het in kaart brengen van risico's van bodemverontreiniging als doel. Bij oplossingsgerichte en cumulatieve risicobeoordeling wordt de risicobeoordeling ook ingezet om de relatieve waarde van verschillende vormen van risicobeheersing te evalueren. De invloed van andere drukfactoren op het ecosysteem en de doelstellingen binnen een gebied hebben daarin ook een rol (o.a. NRC, 2009; Thomas, 2005; EPA, 2003). Deze vorm van risicobeoordeling dwingt betrokkenen en onderzoekers om voorafgaand aan het uitvoeren van onderzoek de locatiespecifieke mogelijkheden om de ecologische risico's te reduceren goed in kaart te brengen en de onderzoeksopzet hieraan aan te passen. Hierbij moet dan niet enkel aan de standaard saneringsmogelijkheden als het aanbrengen van een leeflaag of af- en ontgraven van de verontreiniging gedacht worden, maar ook aan minder reguliere risicoreducerende beheer(s)maatregelen of een combinatie van maatregelen, waarvoor mogelijk extra informatie noodzakelijk is. Het instrument van de maatschappelijke afweging uit de Circulaire bodemsanering kan ingezet worden om de opties voor risicoreducerende maatregelen te bespreken. In het volgende hoofdstuk wordt verder ingegaan op mogelijkheden van sanerings- en beheer(s)maatregelen op locaties waar ecologische risico's aanwezig zijn.

4 Risicoreducerende maatregelen

Voor een locatie waar ecologische risico's aanwezig zijn als gevolg van een ernstig geval van bodemverontreiniging en waar een beschikking 'ernst en spoed' voor is afgegeven, moet binnen vier jaar actie worden ondernomen om de risico's weg te nemen of te reduceren. Voor probleembezitters, beheerders, gebruikers en bevoegd gezag is het daarom belangrijk om verschillende opties voor risicoreductie in beeld te hebben. Om deze reden is een lijst met risicoreducerende sanerings- en beheer(s)opties opgesteld voor gevallen waar ecologische risico's leidend zijn.

Bij het samenstellen van de lijst is onder meer gebruik gemaakt van ervaringen uit eerder uitgevoerde risicobeoordelingen en saneringen, van de bibliotheek op www.bodemrichtlijn.nl, (grijze) literatuur, etc. Het betreft een niet-uitputtende lijst met sanerings- en beheer(s)opties die relevant zijn bij risico's voor het bodemecosysteem. Maatregelen die voor de reductie van humane risico's en verspreidingsrisico's gebruikt worden, maar niet relevant zijn voor ecologische risico's, zijn buiten beschouwing gelaten. De techniek ontwikkeld zich in een snel tempo: in de toekomst zullen nieuwe technieken beschikbaar komen waarmee innovatieve saneringen en beheer mogelijk zijn. Ook bij afwezigheid van een maatregel in de lijst kan het zo zijn dat die maatregel geschikt is en goed ingezet kan worden voor reductie van ecologische risico's. De lijst dient als een handvat om inzicht te krijgen in verschillende risicoreducerende maatregelen en kan als inspiratie dienen om innovatieve risicoreducerende oplossingen in te zetten op verontreinigde locaties waar ecologische risico's aanwezig zijn.

Per maatregel is een factsheet opgesteld³. Deze zijn opgenomen in bijlage 2. De opbouw van de factsheets wordt in bijlage 1 uitgelegd en beargumenteerd. De onderstaande tabel geeft de lijst met sanerings- en beheer(s)maatregelen weer:

Tabel 1 Sanerings- en beheersmaatregelen bij ecologische risico's (niet-uitputtende lijst)

Methode		Subvariant	
1	Af- en ontgraven	a	Diep af- en ontgraven - met/zonder aanvullen
		b	Toplaag verwijderen - met/zonder aanvullen (tot 50 cm-mv)
		c	Toplaag gefaseerd verwijderen - met/zonder aanvullen
2	Herschikken van grond	a	Herschikken van grond - met en zonder afdekken
3	Isoleren	a	Leeflaag
		b	Leeflaag met folie
		c	Leeflaag met bentoniet/trisoplast
		d	Door afdekken met gebouw en/of verharding
4	In-situ remediatie	a	Natuurlijke afbraak
		b	Gestimuleerde natuurlijke afbraak
		b1	Inbrengen van bacteriën/voedingsstoffen
		b2	Landfarming
		c	Fytoremediatie i.c.m. maaibeheer
5	Immobiliseren	a	Verhogen van de bodem-pH
		b	Organisch stofgehalte verhogen
		c	Zuurstofverzadiging van bodem aanpassen (door vernatting)
		d	Chemisch vastleggen
		e	Aging (vastlegging door verouderingsproces)
6	Contactmogelijkheden reduceren	a	Vegetatietype aanpassen
		b	Vernatting
		c	Fysieke barrière creëren (toepasbaar voor grote grazers)
		d	Leeflaag (zie 3a)
		e	Verharding van verontreinigd oppervlak (zie 3d)
		f	Blootstelling in ruimte en tijd beperken (toepasbaar voor grote grazers)
		g	Omslaan van de bodem
7	Bodemgebruik veranderen (in de tijd)	a	Lagere/andere ecologische doelstelling/gebruiksfunctie
		b	Uitwisselen van doelen/gebruiksfuncties binnen een gebied
8	Natuurbeheer	a	Successie tegengaan (voorkoming van verzuring)
		b	Type grazers dat ingezet wordt (toepasbaar bij grote grazers)
		c	Maaibeheer

³ Bij de sanerings- en beheer(s)opties is niet aangegeven wat de kosten per volume- of oppervlakte-eenheid van de verschillende opties zijn. Dit is namelijk sterk afhankelijk van een groot aantal factoren, zoals verontreinigingsgraad, bodemtype, gebruiksfunctie, verontreinigd oppervlak, etc. Ook is de prijs van bepaalde maatregelen sterk afhankelijk van de stand van techniek: bij de inzet van nieuwe methoden en technieken, kan een bepaalde optie vele malen goedkoper worden.

Impliciet zijn financiële overwegingen meegenomen in de beslistabellen: zo is bijvoorbeeld het diep ontgraven van een oppervlakte van meer dan 5 hectare naast de impact op het aanwezige ecosysteem ook financieel zeer ongunstig. In de beslistabellen zal deze optie bij een dergelijk oppervlak dus ook laag scoren.

De hoofdcategorieën worden hieronder kort toegelicht. Specifieke toelichting per subvariant worden in bijlage 2 behandeld in de factsheets.

1 Af- en ontgraven

Onder Af- en ontgraven wordt verstaan het (meestal machinaal met behulp van een kraan) verwijderen van verontreinigde grond tot elke gewenste diepte. De vrij gekomen grond wordt nabij de locatie verwerkt of met een vrachtwagen of schip afgevoerd naar een locatie voor tijdelijke opslag of voor permanente verwerking. Het is een robuuste maatregel waarbij alle of een groot deel van de verontreiniging wordt verwijderd, maar die ook een grote impact heeft op het aanwezige ecosysteem.

2 Herschikken van grond

Herschikken van grond is het binnen de locatiegrenzen verplaatsen van verontreinigde grond. Hierbij kan de verontreiniging op een kleiner oppervlak geconcentreerd worden en eventueel kan deze geconcentreerde hoeveelheid verontreinigde grond afgedekt worden om de risico's te reduceren. Dit is een aanpak die – afhankelijk van het oppervlak – een behoorlijke impact op het aanwezige ecosysteem kan hebben.

3 Isoleren

Isoleren is het aanbrengen van een barrière die de verontreinigde grond en de bovenkant van de aangebrachte barrière scheidt. Dit kan grond zijn, maar ook een verhardingslaag of bebouwing. Met deze vorm van saneren wordt de verontreiniging niet verwijderd, maar wel moeilijker bereikbaar gemaakt voor organismen. Het is een aanpak die een behoorlijke impact op het bestaande ecosysteem kan hebben.

4 In-situ remediatie

In-situ remediatie is het verwijderen van de verontreiniging op de locatie zelf door bijvoorbeeld afbraak- of opnameprocessen. Het is een saneringsoptie die vaak relatief lang duurt, maar waarbij de verontreiniging wel verwijderd wordt. Vaak is de impact op het bestaande ecosysteem beperkt.

5 Immobiliseren

Verontreinigingen veroorzaken pas risico's in een ecosysteem wanneer deze beschikbaar zijn voor organismen. Stoffen die sterk gebonden zijn aan bodemdeeltjes of in complexen vast liggen vormen geen direct risico voor organismen, omdat ze in die vorm niet opgenomen worden. Het vrije deel van de verontreiniging - dat in het bodemvocht aanwezig is of in het verteringsstelsel van organismen beschikbaar komt - kan voor negatieve effecten zorgen. De beschikbaarheid van een verontreiniging hangt sterk af van de bodemeigenschappen en de eigenschappen van de stof. De beschikbaarheid van de meeste metalen neemt af bij een verhoging van de pH, het lutumgehalte en het organisch stofgehalte en bij verlaging van het zuurstofgehalte in de bodem. Voor arseen neemt de beschikbaarheid juist toe bij een hogere pH en een lager zuurstofgehalte. Voor de meeste organische verontreinigingen, zoals PAK's, PCB's, dioxines en bestrijdingsmiddelen is de beschikbaarheid voornamelijk afhankelijk van het organisch stofgehalte van de bodem. Hoe hoger dit is, hoe lager de beschikbaarheid. Door gebruik te maken van deze eigenschappen en verontreinigingen vast te leggen (immobiliseren), kunnen ecologische risico's gereduceerd worden.

6 Contactmogelijkheden reduceren

Een verontreiniging heeft pas een negatief effect op de ecologie wanneer zij daadwerkelijk in contact komt met de organismen en processen in het (bodem)ecosysteem. Door contactmogelijkheden tussen organisme en/of proces en verontreiniging te beperken, zowel in ruimte als tijd, zal ook het risico dat door de verontreiniging wordt veroorzaakt gereduceerd worden. Binnen de bron-pad-receptor-benadering is dit een aanpak waarbij wordt gefocust op wegnemen van (een deel van) het pad, namelijk, de opnamemogelijkheid van de verontreiniging beperken

7 Bodemgebruik aanpassen

Het bodemgebruik en de (ecologische) doelstelling binnen een gebied bepalen vanaf welke oppervlakten en gehalten onaanvaardbare risico's voor het ecosysteem bestaan. Door doelstellingen en/of bodemgebruik/-functie aan te passen kan de relevantie van de ecologische impact van een bodemverontreiniging op het ecosysteem volgens de Wet Bodembescherming gereduceerd worden.

8 Natuurbeheer

Via natuurbeheer kunnen maatregelen getroffen worden om de risico's van een verontreiniging te reduceren. Hieronder kan een vrij breed kader aan maatregelen geschaard worden, variërend van maaibeheer tot het al dan niet inzetten van grote grazers. Natuurbeheer is meeromvattend dan de drie beheeropties die in de lijst zijn aangegeven, maar is vaak dusdanig locatiespecifiek dat niet alle opties behandeld kunnen worden. Natuurbeheer betreft vaak maatregelen die een beperkt risicoreducerend effect hebben, maar in combinatie met andere maatregelen een relevante risicoreductie op kunnen leveren, waarbij de impact op het bestaande ecosysteem vaak beperkt is.

4.1 Geschiktheid van maatregelen per situatie

De inzet van een maatregel hangt van een aantal zaken af, zoals de gebruiksfunctie van een locatie, het type verontreiniging en de verontreinigingsgehalten (of Toxische Druk), het bodemtype en bodemeigenschappen, de verontreinigingssituatie in de omgeving en het verontreinigd oppervlak.

De lijst met sanerings- en beheersmaatregelen kan gezien worden als een toolbox waaruit de meest geschikte instrumenten voor een specifieke situatie kunnen worden gekozen. Als beslissingsondersteunend instrument voor probleembezitters, beheerders, gebruikers en bevoegd gezag zijn daarom beslistabellen gemaakt waarmee geschikte risicoreducerende maatregelen kunnen worden bepaald voor een specifieke situatie (zie bijlage 3). Hierbij is onderscheid gemaakt in de volgende criteria:

- Gebruiksfunctie (toe te passen wegingsfactor 40%);
- Bodemtype (incl. organische stofgehalte) (gecombineerd met gebruiksfunctie);
- Stofgroep van verontreinigingen (toe te passen wegingsfactor 10%);
- Toxische druk (toe te passen wegingsfactor 20%);
- Oppervlakte van onbedekte verontreiniging (toe te passen wegingsfactor 25%);
- Verontreinigingssituatie in de omgeving (diffuus/hotspot) (toe te passen wegingsfactor 5%).

De verschillende onderdelen binnen deze criteria worden behandeld in de toelichting op de factsheets in bijlage 1. Door de verschillende criteria die op een locatie van toepassing zijn te combineren kan bepaald worden welke (sets van) maatregelen geschikt zijn om in te zetten op een specifieke locatie.

De uitkomsten voor specifieke sanerings- of beheer(s)maatregelen die volgen uit de beslistabellen dienen niet als leidend gezien te worden, maar als handvat voor (discussie over) de te volgen aanpak voor een specifieke locatie. Een locatiespecifieke situatie kan om andere (combinaties van) maatregelen vragen dan uit de beslistabellen volgen, bijvoorbeeld ook om maatregelen die niet vermeld zijn. Het betrekken van terzakekundigen – zoals een eco(toxico)loog, beheerder en saneerder – bij de uiteindelijke beslissing voor het uitvoeren van (een combinatie van) maatregelen op een verontreinigde locatie is altijd aan te bevelen.

In het eerste kwartaal van 2015 zal het RIVM een online beslismodule aanbieden op de Sanscrit-website. Hierin kunnen de verschillende criteria die gelden voor een verontreinigde locatie ingevuld worden. De module geeft aan de hand van deze criteria de optimale sanerings- en beheer(s)opties uit de lijst in tabel 1 voor de specifieke locatie. Uiteraard zijn ook de resultaten die de module aanbiedt niet leidend, maar een startpunt voor overleg over de meest geschikte risicoreducerende maatregelen voor een specifieke verontreinigingslocatie.

5 Toepassen van sanerings- en beheer(s)maatregelen in de praktijk

In de praktijk zijn alle locaties waar bodemverontreiniging voor ecologische risico's zorgt verschillend. Zo zal bijvoorbeeld de invloed van overige stressfactoren, bodemeigenschappen, aan- of afwezigheid van gevoelige objecten of organismen en de bron van de verontreiniging verschillen. Dit maakt dat er niet één eenduidige risicoreducerende oplossing is voor alle locaties, maar dat dit per locatie bepaald dient te worden. De beste aanpak bestaat meestal niet, maar er moet gestreefd worden naar een optimale aanpak. Een optimale aanpak zal – zeker voor grotere gebieden – vaak een combinatie zijn van het toepassen van verschillende maatregelen in ruimte en tijd.

In het geval van grote locaties zijn maatregelen vaak het best in te passen in gebiedsontwikkelingen, zodat ook met andere functies en kwaliteiten van een gebied rekening gehouden kan worden en de andere druk op de bodem ook duidelijk in beschouwing wordt genomen. Dit past binnen de Triple O-benadering van een duurzame gebiedsontwikkeling (Starink et al., 2013), waarbij de verschillende functies en onderdelen binnen een gebied niet afzonderlijk, maar als geheel worden beschouwd:

- Ontdekken: het benutten van de kracht en mogelijkheden van het natuurlijk kapitaal dat in het gebied aanwezig is;
- Overeenkomen: het samen met alle betrokkenen de meerwaarde van het gebied inzichtelijk maken;
- Ontwikkelen: de meerwaarde van het gebied benutten door het ontwikkelen van toekomstbestendig en duurzaam beheer en exploitatie, waarbij gestreefd wordt naar optimale waarde toevoeging.

Het gebruik van de juiste tools (maatregelen in dit geval) om het onderdeel bodemverontreiniging in een gebiedsontwikkeling aan te pakken, draagt bij aan de

maatschappelijke acceptatie en aan het optimaal benutten van de kwaliteiten van de bodem in een gebied. De link met overige drukfactoren waar de bodem aan bloot wordt gesteld in een gebied moet hierin leidend zijn. Bij een gebiedsgerichte benadering kan onderscheid gemaakt worden tussen beheer- en gebiedsontwikkelingsmaatregelen vanuit het perspectief van bodemverontreiniging of vanuit het perspectief van de kwaliteit van de leefomgeving.

5.1 *Casus Broekpolder, Vlaardingen*

Een interessant voorbeeld is de manier waarop om wordt gegaan met een grootschalige bodemverontreiniging in de Broekpolder in Vlaardingen. De Broekpolder is een ruim 350 ha groot groen- en recreatiegebied in het noordwesten van de gemeente Vlaardingen. Van 1958 tot 1976 is een groot gedeelte van de Broekpolder opgespoten met enkele meters baggerspecie uit de Rotterdamse havens. Dit heeft voor een ernstig geval van bodemverontreiniging geleid in het gebied met onaanvaardbare risico's voor het ecosysteem. Vanwege de omvang van het gebied en de verontreiniging is hier een uitgebreid locatiespecifiek ecologisch onderzoek uitgevoerd naar de daadwerkelijke risico's van de bodemverontreiniging in het gebied. Hieruit bleek dat vooral drins – een groep van inmiddels verboden bestrijdingsmiddelen – voor doorvergiftigingsrisico's konden zorgen. Voor de Broekpolder is een visie ontworpen waarin een aantal doelen benoemd zijn die breder waren dan enkel de bodemverontreiniging (zie ook figuur 3):

- het versterken van de natuurwaarden;
- het verbeteren van de belevingswaarde van de natuurkern;
- het verbeteren van de recreatieve mogelijkheden in de natuurkern, en
- saneringsaanpak voor de plekken waar de bodemverontreiniging voor onaanvaardbare risico's zorgt.

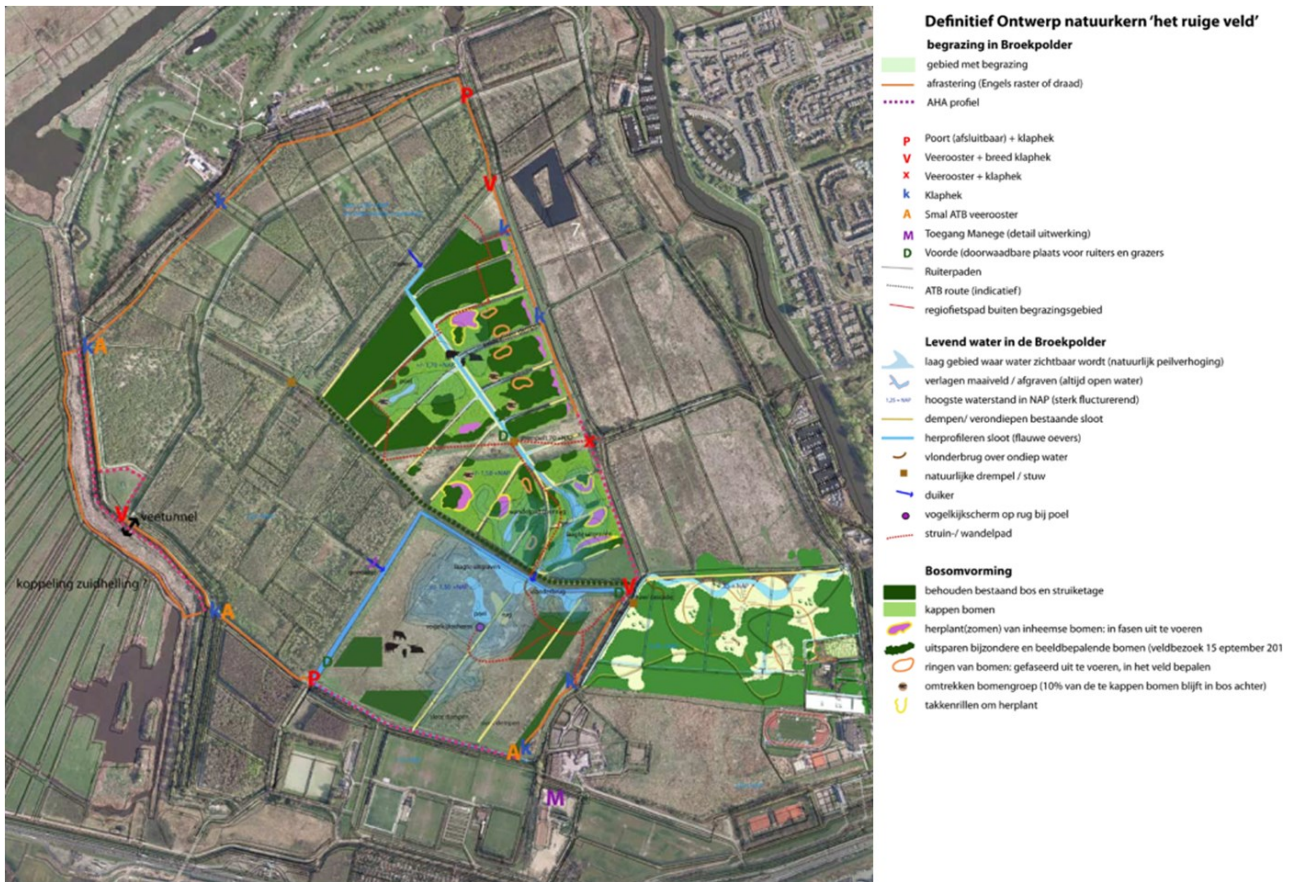
Door niet alle doelen apart aan te pakken, maar in samenhang met elkaar, kan een meerwaarde voor het gebied worden gecreëerd, terwijl de ecologische risico's gereduceerd worden. Zo wordt een batterij aan sanerings- en beheersvarianten ingezet in combinatie met de beoogde gebiedsontwikkeling van natuurwaarden en recreatiemogelijkheden.

Hierbij gaat het o.a. om: ontgraven (factsheet 1a/b), herschikken van grond (factsheet 2), aanbrengen van een leeflaag (factsheet 2a), aanbrengen van verharding (factsheet 2d), bosvorming en aanleg van velden (factsheet 6a), vernatting (factsheet 6b), aanpassen van begrazing (factsheet 6c/f) en bekalking (factsheet 5a).

Deze maatregelen worden slim ingezet om een optimaal resultaat te bewerkstelligen. Zo zijn bijvoorbeeld de verhardingen die worden aangebracht op sterk verontreinigde deellocaties voornamelijk parkeerplaatsen waar recreanten hun auto kunnen parkeren, wordt de leeflaag gefaseerd aangebracht (een aantal centimeter per jaar, uitgesmeerd over tientallen jaren), waardoor de impact op het ecosysteem beperkt blijft, wordt bos aangelegd op locaties waar doorvergiftigingsrisico's met drins het grootst zijn en wordt vernat op plekken waar dit ook het geval is, maar waardoor de natuurbeleving voor de recreant ook toeneemt. Voor het aanbrengen van de leeflaag wordt zoveel mogelijk grond uit de omgeving gebruikt, waar ook andere grondwerkzaamheden plaatshebben waarbij schone grond vrijkomt (bijvoorbeeld de aanleg van een weg).

Het bewust combineren van verschillende gebiedsontwikkelingen en de aanpak van ecologische risico's door bodemverontreiniging biedt – indien goed doordacht – veel kansen

om op een kostenefficiënte manier de leefomgeving voor zowel mens als ecosysteem te verbeteren.



Figuur 3. Deelontwerp van de Broekpolder te Vlaardingen (bron: Bureau Stroming, 2011).

6 Referenties

ADEC, 2010. Policy Guidance on Developing Conceptual Site Models. Alaska Department of Environmental Conservation, Division of Spill Prevention and Response – Contaminated Sites Program rapport, October 2010.

Bureau Strooming, 2011. Toelichting definitief ontwerp 'Het Ruige Veld'- Natuurkern van de Broekpolder.

EPA, 2003. Framework for Cumulative Risk Assessment. US-Environmental Protection Agency rapport EPA/630/P-02/001F, May 2003.

EPA, 2013. Guidance On The Management Of Contaminated Land And Groundwater At EPA Licensed Sites. Environmental Protection Agency rapport 07/13, Ierland.

Grontmij, 2011. Raamsanerings- en beheerplan - Recreatiegebied en voormalige baggerspecieloswal Broekpolder te Vlaarding. Project 294696, rapport ref. 99096513-JS.

NRC, 2009. Science and decisions : advancing risk assessment. Rapport van US National Research Council, Committee on Improving Risk Analysis Approaches Used by the U.S. EPA, Board on Environmental Studies and Toxicology, Division on Earth and Life Studies.

Posthuma, L., R. Westerhof, A. Wintersen, P.F. Otte en S. Lukacs, 2008. Kijk op de Risicoolbox Bodem : Beoordelen van de actuele bodemkwaliteit en kiezen van Lokale Maximale Waarden. RIVM-rapport 711701082/2008.

SIKB, 2013. Voorbereiding en uitvoering van veldwerk voor Triade onderzoek van landbodems. SIKB protocol 2301, juni 2013.

Starink, J., H. Nuiver, S. Keuning, P. Oude Boerrigter, R. Westerhof, M. Rutgers, S. van der Meulen, A. Smit, T. Breure, G. van Eijdsen, C. Roghair en T. Winkler, 2013. De Triple-O aanpak. Ecosysteemdiensten in de praktijk van duurzaam bodembeheer en gebiedsontwikkeling. Uitgave van: Consortium Ecosysteemdiensten in de praktijk van duurzaam bodembeheer & gebiedsontwikkeling.

TCB, 2012. Advies Beter besluiten met Ecosysteemdiensten (Red. J. van Wensem). Rapport Technische Commissie Bodem A073 (2012).

Thomas, J.F., 2005. Chapter 7: Codorus Creek: Use of the relative risk model ecological risk assessment as a predictive model for decision-making. In: Regional Scale Ecological Risk Assessment: Using the Relative Risk Model (ed. W.G. Landis), USA.

UNEP, 2003. Ecosystems and human well-being : a framework for assessment. Rapport Conceptual Framework Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment.

Bijlage 1 Uitleg factsheets en beslistabellen Sanerings- en beheer(s)opties

Per maatregel is een factsheet beschikbaar. De opbouw van de factsheets en de beslistabellen wordt in deze bijlage uitgelegd en beargumenteerd. Een aantal criteria en onderdelen die behandeld worden in de factsheets, komen ook terug in de beslistabellen.

Naam maatregel

In dit onderdeel staat de naam voor de sanerings- en/of beheer(s)maatregel. Deze wordt voorafgegaan door een cijfer- en een lettercodering. Het cijfer komt overeen met de code in de beslistabel voor de hoofdgroep van maatregelen waaronder de specifieke maatregel valt. De lettercodering geeft de specifieke maatregel aan, zoals ook in de beslistabellen opgenomen is. De hoofdgroepen van maatregelen zijn als volgt ingedeeld:

1. Af- en ontgraven
2. Herschikken
3. Isoleren
4. In-situ remediatie
5. Immobiliseren
6. Contactmogelijkheden reduceren
7. Bodemgebruik aanpassen in plaats en tijd
8. Natuurbeheer

Korte beschrijving techniek

Bij dit onderdeel wordt de bewuste risicoreducerende maatregel summier beschreven.

Toepasbaarheid in verschillende situaties

Bij dit onderdeel wordt de toepasbaarheid van de risicoreducerende maatregel summier beschreven aan de hand van onderstaande zaken (waar relevant):

Gebruiksfunctie en bodemtype

Gebruiksfunctie

Er wordt aangegeven bij welk bodemtype, bodemeigenschappen en bodemgebruiksfunctie de maatregel effectief in te zetten is. **Gebruiksfunctie** wordt ingedeeld in de categorieën die ook in de Circulaire bodemsanering (per 1 juli 2013) worden benoemd:

- *Natuur incl. EHS* – dit is het gevoeligste gebiedstype met de hoogste ecologische waarde. Mede door deze hoge gevoeligheid zijn niet alle risicoreducerende maatregelen even goed toepasbaar, omdat een ingreep zelf ook schade toe kan brengen aan de natuurwaarden.
- *Landbouw* – op één na gevoeligste gebiedstype. Dit is een gebiedstype dat sterk gereguleerd en aangepast wordt voor en door de mens. Het grote oppervlak aan landbouwgebied en de vaak grote, aaneengesloten gebieden maakt dat het landbouwgebied ook een ecologische functie en waarde heeft. Ook ecosysteemdiensten – zoals voedselproductie en retentie van hemelwater – spelen een rol bij landbouwareaal. Het is een gebiedstype waar de wisselwerking tussen economische en ecologische doelstellingen bepalend zijn voor welke risicoreducerende maatregelen toepasbaar zijn. Om die reden is bijvoorbeeld onderdeel 8 van de risicoreducerende maatregelen (Natuurbeheer) niet beoordeeld voor het gebiedstype Landbouw.

- *Wonen met tuin en Volks- en moestuinen*: op één na gevoeligste gebiedstypen. Vanwege de vergelijkbaarheid vanuit ecologisch perspectief zijn deze twee gebiedstypen gegroepeerd. Hoewel er sprake is van een door mensen sterk aangepast systeem hebben tuinen een ecologische relevantie, zeker in gebieden met veel bebouwing. Aaneengesloten tuinen kunnen als vluchtplaats, foerageergebied en/of 'stepping stones' dienen voor flora en fauna. Ook levert de bodem in tuinen ecosysteemdiensten, zoals waterretentie en ontspanningsmogelijkheden. Bij het bepalen van de optimale risicoreducerende maatregelen voor tuinen dient er naast het (bodem)ecosysteem ook rekening gehouden te worden met de wensen en eisen van eigenaars en gebruikers.
- *Groen met natuurwaarden*: op één na gevoeligste gebiedstype. Voor dit gebiedstype geldt een lagere ecologische waarde dan voor natuur. Hier kan het bijvoorbeeld gaan om recreatieplekken voor mensen, zoals (stads)parken en buitengebieden of groene stroken tussen landbouwgebieden. Door deze extra functies ten opzichte van het gebiedstype Natuur heersen er ook vaak extra stressfactoren binnen dit gebied. Verontreiniging kan er hier één van zijn. De ecologische relevantie van dit soort gebieden en de ecosysteemdiensten die ze leveren kan groot zijn doordat ze natuur verbinden, voor ontspanningsmogelijkheden zorgen in stedelijk gebied, een leefgebied vormen voor planten en dieren, plaagbufferend kunnen werken in landbouwgebieden en als buffer voor hemelwater kunnen werken. Omdat de ecologische doelstelling lager is dan voor natuur is er wat betreft risicoreducerende maatregelen vaak meer mogelijk, al dient ook rekening gehouden te worden met de wensen van de gebruikers van deze locaties.
- *Ander groen*: minst gevoelige gebiedstype. Voor dit gebiedstype geldt de laagste ecologische waarde. Ander groen is het groen dat niet tot natuur of groen met natuurwaarden behoort. Dit zijn bijvoorbeeld de groenzones in industriegebieden en braakliggende terreinen waarvoor geen ecologische doelstelling bestaat. In dergelijke gebieden biedt de bodem ook ecosysteemdiensten. Zo kan er bijvoorbeeld waterberging plaatsvinden en kan het als waterretentiegebied voor hemelwater dienst doen. Vanwege de lage ecologische waarde en de beperkte natuurbeleving voor de mens is het in dit gebiedstype mogelijk om risicoreducerende maatregelen te nemen die soms een (tijdelijke) negatieve invloed hebben op het aanwezige bodemecosysteem of maatregelen die pas na een langere tijd effect heeft. Dit soort gebieden heeft echter vaak een groot verontreinigd oppervlak, waardoor niet alle maatregelen (economisch) haalbaar zijn.
- *Industrie, Infrastructuur en Bebouwing*: minst gevoelige gebiedstypen. Deze gebiedstypen hebben geen ecologische waarde. De verontreiniging onder deze gebiedstypen/bodemgebruiksfuncties is automatisch geïsoleerd. Deze bodemgebruiksfuncties worden om die reden niet behandeld in dit rapport.

Overige opmerkingen

De bron van de verontreiniging is in een aantal gevallen ook bepalend voor de manier waarop het best met een verontreiniging kan worden omgegaan. Gezien de grote hoeveelheid aan bronnen – zoals diverse soorten storten, wasserijen en diffuse verontreiniging door sedimentatieprocessen - is hier in de factsheets en de beslistabellen geen onderscheid tussen gemaakt. In een aantal gevallen zal de invloed van bron in een factsheet worden benoemd, wanneer dit relevant is voor de toepasbaarheid van een specifieke maatregel.

Bodemtype

Voor het bodemtype is de keuze gemaakt om de drie belangrijkste bodemtypen in Nederland in beschouwing te nemen. Voor deze bodemtypen zijn aannames over de bodemeigenschappen gemaakt:

- *Zand*: zand bestaat uit korrels met een grootte van 50 µm tot 2 mm. Zand is relatief goed waterdoorlatend. De pH van zandgrond is vaak laag (zuurgraad; pH 3,5 – 5,5) wat van invloed kan zijn op de beschikbaarheid van bijvoorbeeld zware metalen.
- *Klei*: klei bestaat voornamelijk uit korrels <2 µm (lutum). De pH van kleigrond is relatief hoog (>6,5), wat van invloed is op de beschikbaarheid van bijvoorbeeld zware metalen. Klei heeft in tegenstelling tot zand een hoge kationenuitwisselingscapaciteit (CEC; cation exchange capacity), waardoor – naast nutriënten – bijvoorbeeld verontreinigingen als zware metalen gebonden kunnen worden. Er ontstaat een dynamisch evenwicht tussen de negatief geladen kleideeltjes en positief geladen deeltjes in de bodem: deze laatste opgenomen kunnen worden en ook weer langzaam vrijkomen in het bodemvocht, terwijl andere positief geladen deeltjes dan weer worden opgenomen.
- *Veen*: veen bestaat voornamelijk uit (deels) vergane plantenresten en is daardoor zeer organisch stofrijk. De pH van veengrond ligt vaak tussen de 4 en 5,5. Wat CEC betreft zit veengrond tussen zand en klei in door het hoge organische stofgehalte.

Overige bodemeigenschappen

Naast de aannames over pH en CEC voor klei, zand en veen, zijn klei en zand onderverdeeld in hoog en laag organische stofgehalte. Het organische stofgehalte is onder andere van belang voor bodemvruchtbaarheid, watervasthoudend vermogen en de binding van nutriënten en verontreinigingen. Er is onderscheid gemaakt in een hoog organisch stofgehalte (>10%) en een laag organisch stofgehalte (≤10%). Deze grens is gekozen op basis van het organische stofgehalte voor standaardbodem in de Circulaire bodemsanering.

Verontreinigingssituatie

Hierbij wordt zowel het type verontreiniging als de verontreinigingssituatie in de omgeving geschetst. Het type verontreiniging is onderverdeeld in een aantal groepen. Deze groepen zijn gebaseerd op hun globale gedrag in de bodem en zijn beperkt tot de meest voorkomende verontreinigingen in de Nederlandse bodem.

- *Zware metalen*: zware metalen zoals koper, lood, zink, cadmium, nikkel, chroom en barium gedragen zich in grote mate vergelijkbaar in het milieu. Hun beschikbaarheid voor organismen hangt in meer of mindere mate af van het organisch stof- en lutumgehalte in de bodem, de zuurstofcondities (en daarmee samenhangend de redoxcondities) en de pH. Om deze reden is de groep van zware metalen gegroepeerd. Zware metalen zijn niet afbreekbaar, maar kunnen wel vastgelegd worden in de bodem, waardoor hun beschikbaarheid beperkt kan worden.
- *Metalloïden*: dit zijn halfmetalen waarvan arseen de bekendste is. Ook de beschikbaarheid van deze groep voor bodemorganismen en bodemprocessen hangt af van bodemeigenschappen als redoxcondities, pH en organische stofgehalte. Echter, de manier waarop deze groep reageert op veranderingen in de bodemeigenschappen kan tegengesteld zijn aan het gedrag van zware metalen. Ook metalloïden zijn niet afbreekbaar, maar kunnen wel vastgelegd worden in de bodem.
- *PAK's (polycyclische aromatische koolwaterstoffen)*: dit is een groep van organische microverontreinigingen die uit twee of meerdere benzeenringen bestaan. Ze binden in de bodem aan organische stof en kunnen door micro-organismen gedeeltelijk of geheel afgebroken worden onder zuurstofrijke omstandigheden. Over het algemeen geldt dat

hoe langer PAK's in de bodem aanwezig zijn, hoe minder beschikbaar ze zijn voor organismen en bodemprocessen, en hoe lager hun risico.

- *Minerale olie*: minerale olie is de verzamelnaam voor de koolwaterstofverbindingen met ketenlengtes van 10 tot 40 koolstofatomen (C10-C40). Deze groep van stoffen bindt in de bodem aan organische stof en kan door micro-organismen gedeeltelijk of geheel afgebroken worden onder zuurstofrijke omstandigheden. Voor minerale olie zijn er nog geen ecologische risicogrenzen bepaald.
- *Persistente organische verontreinigingen (POP's)*: dit is een brede groep van organische microverontreinigingen die slecht of niet afbreken in het milieu en die over het algemeen kunnen ophopen in organismen (bioaccumuleren en biomagnificeren). Hiertoe behoren veel gehalogeneerde organische verbindingen als dioxines, (organochloor)bestrijdingsmiddelen, furanen en PCB's. Hun beschikbaarheid in de bodem hangt samen met onder andere het organisch stofgehalte van de bodem.

Er is voor gekozen om de sterkst mobiele verontreinigingen, zoals vluchtige koolwaterstoffen en gechloroerde oplosmiddelen buiten beschouwing te laten. Hier zal de aanpak vaak gericht zijn op het voorkomen van verspreiding in plaats van op ecologische risico's van deze groep(en).

Verontreinigingssituatie in de omgeving

De maatregelen die optimaal werken in een bepaalde situatie hangen af van het bodemgebruik, het type verontreiniging, maar ook van de verontreinigingssituatie in de omgeving. Er is daarom onderscheid gemaakt tussen een verontreinigde locatie binnen een gebied dat diffuus verontreinigd is (**diffuus**) en een verontreinigde locatie binnen een gebied waar geen andere verontreinigingen aanwezig zijn (**hotspot**). Bij de eerste (diffuus) kan de gradiënt tussen de verontreinigingssituatie die aangepakt dient te worden en de omgeving vlak zijn: de situatie tussen het sterk verontreinigde deel en de achtergrondconcentraties in de omgeving is relatief beperkt. Bij de tweede situatie (hotspot) is juist sprake van een steile gradiënt tussen de verontreinigingssituatie op de 'hotspot' en de niet-verontreinigde omgeving. Hierdoor zijn bepaalde risicoreducerende maatregelen in de ene situatie kansrijker dan in de andere.

Verontreinigd oppervlak en toxische druk

In de Circulaire bodemsanering zijn grenswaarden aangegeven voor de onaanvaardbaarheid van risico's voor het ecosysteem. Deze zijn gebaseerd op een combinatie van de Toxische druk⁴ en het onbedekte verontreinigde oppervlak. In onderstaande tabel B1.1 is deze relatie weergegeven.

⁴ Het concept 'toxische druk' is een maat om de negatieve ecologische effecten van (een mengsel van) verontreinigingen aan te geven, en is gebaseerd op de msPAF (meerdere stoffen potentieel aangetaste fractie). De msPAF is een theoretisch percentage of fractie organismen in een ecosysteem dat negatieve effecten ondervindt van het mengsel aan verontreinigingen. De msPAF wordt verkregen door de effecten van de verschillende verontreinigingen (en bijbehorende gehalten) te combineren tot één getal. Zo betekent bijvoorbeeld een msPAF van 0,3 of 30% dat theoretisch 30% van de in het ecosysteem aanwezige organismen negatief beïnvloed wordt door de aanwezige verontreiniging.

Tabel B1.1. Indeling van de gebiedstypen en de bijbehorende oppervlaktecontouren, zoals opgenomen in de Circulaire bodemsanering (2013).

Gebiedstype	Oppervlakte onbedekte verontreiniging (toxische druk >25%)	Oppervlakte onbedekte verontreiniging (toxische druk >65%)
Natuur incl. gebieden behorende tot de EHS – onderzoekslocatie buiten hek	500 m ²	50 m ²
Groen met natuurwaarden	5.000 m ²	500 m ²
Landbouw		
Wonen met tuin		
Moestuinen/volkstuinen		
Ander groen – onderzoekslocatie binnen hek	50.000 m ²	5.000 m ²
Bebouwing		
Industrie		
Infrastructuur		

De indeling die gekozen is in de beslistabellen behorende bij de factsheets sluit bij deze tabel aan:

- >50 m² - <500 m²;
- 500 m² – 5.000 m²;
- 5.000 m² – 50.000 m²;
- >50.000 m².

Hetzelfde geldt voor de toxische druk:

- >25%;
- >65%.

De geschiktheid (effectiviteit en haalbaarheid) van een risicoreducerende maatregel hangt af van zowel oppervlakte als toxische druk. Zo is het bijvoorbeeld onrealistisch om te kiezen voor het diep Af- en ontgraven van een verontreiniging met een toxische druk >25% over een gebied >50.000 m². Dit heeft zowel een grote impact op het bestaande ecosysteem op de locatie, de maatschappelijke acceptatie en de kosten.

Neveneffecten en risico's en invloed op betrokkenen

Hier worden overige consequenties van de maatregel benoemd - anders dan het reduceren van de risico's - en eventuele gevolgen voor betrokkenen. Deze betrokkenen bestaan uit directe en indirecte gebruikers van een gebied (recreanten, omwonenden, landbouwers, waterschappen), eigenaren, beheerders en bevoegd gezag.

Tijdschaal en schaal ruimtelijke impact maatregel

Bij dit onderdeel wordt kort besproken wat de impact van een maatregel op tijds- en ruimtelijke schaal is op het bestaande ecosysteem en de ecosysteemdiensten van de bodem. Zo kan in sommige gevallen de impact op het ecosysteem of de levering van specifieke ecosysteemdiensten groot zijn, maar kan dit op de langere termijn een grote winst opleveren voor het ecosysteem. Dit blijft vaak een locatiespecifieke afweging waarbij het vooral voor de grote locaties raadzaam is om terzakekundigen te raadplegen.

Nazorg, monitoring en instandhouding

Hier wordt kort behandeld welke maatregelen nodig zijn om de (effectiviteit van de) risicoreducerende maatregel te controleren en te volgen in de tijd.

Duurzaamheid ingreep

Hier wordt aandacht besteed aan de duurzaamheid van de ingreep. Dit betreft zowel duurzaamheid op het gebied van uitvoering van de maatregel (bijvoorbeeld inzet van materieel) als duurzaamheid van de maatregel zelf: wordt bijvoorbeeld de verontreiniging weggenomen of blijft deze aanwezig?

Per risicoreducerende maatregel worden de relevante onderdelen besproken in de factsheets (zie bijlage 2). Voor de leesbaarheid van de factsheets is niet elk onderdeel uitputtend behandeld per maatregel, maar zijn alleen de relevante onderdelen benoemd.

Beslistabellen

Als beslissingsondersteunend instrument voor probleembezitters, beheerders, gebruikers en bevoegd gezag zijn beslistabellen gemaakt waarmee geschikte risicoreducerende maatregelen kunnen worden bepaald voor een specifieke situatie (zie bijlage 3). Hierbij is onderscheid gemaakt in de volgende criteria:

- Gebruiksfunctie (toe te passen wegingsfactor 40%);
- Bodemtype (incl. organische stofgehalte) (gecombineerd met gebruiksfunctie);
- Stofgroep van verontreinigingen (toe te passen wegingsfactor 10%);
- Toxische druk (toe te passen wegingsfactor 20%);
- Oppervlakte van onbedekte verontreiniging (toe te passen wegingsfactor 25%);
- Verontreinigingssituatie in de omgeving (diffuus/hotspot) (toe te passen wegingsfactor 5%).

De verschillende onderdelen binnen deze criteria worden behandeld in bovenstaande tekst over de factsheets. Door de verschillende criteria die op een locatie van toepassing zijn te combineren kan bepaald worden welke (sets van) maatregelen geschikt zijn om in te zetten op een specifieke locatie.

De uitkomsten voor specifieke sanerings- of beheer(s)maatregelen die volgen uit de beslistabellen dienen niet als leidend gezien te worden, maar als handvat voor (discussie over) de te volgen aanpak voor een specifieke locatie. Een locatiespecifieke situatie kan om andere (combinaties van) maatregelen vragen dan uit de beslistabellen volgen. Het betrekken van terzakekundigen – zoals een eco(toxico)loog en saneerder - bij de uiteindelijke beslissing voor het uitvoeren van (een combinatie van) maatregelen op een verontreinigde locatie is altijd aan te bevelen.

In het eerste kwartaal van 2015 zal het RIVM een online beslismodule aanbieden op de Sanscrit-website. Hierin kunnen de verschillende criteria die gelden voor een verontreinigde locatie ingevuld worden. De module geeft aan de hand van deze criteria de optimale sanerings- en beheer(s)opties voor deze locatie.