

SKB project SV-034

Kwetsbaarheid en kansrijkdom van natuurdoelen op verontreinigde bodems

Fase 1

Deelrapport C: Methodiek voor een kwetsbaarheidanalyse

oktober 2001



dienst landelijk gebied
voor ontwikkeling en beheer



**Stichting
Kennisontwikkeling
Kennisoverdracht
Bodem**



Inhoudsopgave

1	INLEIDING.....	5
1.1	PROBLEEMANALYSE	5
1.2	PRAKTIJKVRAGEN.....	6
1.3	OPLOSSINGSRICHTING EN AFBAKENING	6
2	ALGEMENE BESCHRIJVING METHODIEK	9
2.1	ALGEMENE OPZET	9
2.2	RELATIE TOT PRAKTIJKVRAGEN	10
3	MODULEN KWETSBAARHEIDSANALYSE	11
3.1	MODULE FLORA EN VEGETATIE	11
3.2	MODULE FAUNA.....	14
3.3	MODULE SLEUTELSOORTEN BODEMFAUNA	17
4	MULTICRITERIA-ANALYSE.....	20
5	BODEMPROCESSEN	22
6	INTEGRATIE	23

Voorwoord

Binnen het thema 'landelijk gebied' wordt door de SKB financiering verleend aan project het 'Kwetsbaarheidanalyse' (projectnummer SV-034). Het project wordt verder bekostigd door een consortium bestaande uit Alterra, AquaSense, Dienst Landelijk Gebied, Provincie Noord-Holland, Stuurgroep Nadere Uitwerking Rivierengebied en WEB Natuurontwikkeling. Het project is gericht op ontwikkeling van een beslissingsondersteunend kennissysteem ten behoeve van inrichting en beheer van natuur op verontreinigde bodems. Als pilotstudie wordt in eerste instantie (fase 1) de kansrijkdom van een beperkt aantal natuurdoeltypen beoordeeld op locaties die verontreinigd zijn met zware metalen of organische microverontreinigingen. Het ligt in de bedoeling dat vervolgfases in de toekomst zich zullen richten op andere natuurdoelen, andere stoffen, en combinaties met andere vormen van stress.

Dit rapport is een derde tussenresultaat van de eerste projectfase. Het beschrijft de methodiek voor een kwetsbaarheidanalyse zoals die in dit project zal worden uitgevoerd. De methodiek werd speciaal ontwikkeld, en is het resultaat van de inbreng van velen. Auteurs van dit tussenresultaat zijn: M.A. van de Leemkule (WEB Natuurontwikkeling), T.C. Klok (Alterra), J. Lahr (AquaSense), J.H. Faber (Alterra), H.R.G. de Ruiter (Dienst Landelijk Gebied), K. Spaan (WEB Natuurontwikkeling) en J. van der Pol (Alterra). Bij de ontwikkeling van methodiek werd een leerzame pilotstudie verricht door P. Slotboom (Alterra). Bijzondere dank gaat uit naar J. de Jonge (RIZA) en W.H.O. Ernst (VU Amsterdam) voor hun deelname aan de begeleidingscommissie van het project.

1 Inleiding

1.1 Probleemanalyse

Het Handboek Natuurdoeltypen (Bal *et al.*, 1995) is bedoeld als beleidsmatige classificatie van natuurdoelen voor Nederland. Een groot aantal van de hierin beschreven natuurdoelen zal middels natuurontwikkeling moeten worden gerealiseerd. Natuurontwikkeling vindt veelal plaats op voormalige landbouwgronden en in de uiterwaarden van de grote rivieren. Hierbij is de vraag relevant of gewenste natuurdoelen voldoende abiotische kansrijkdom hebben om te realiseren. Immers, de abiotiek bepaalt primaire welke gebieden goede of minder goede kansen bieden voor de ontwikkeling van hoogwaardige natuur. Een tot dusver onderbelicht onderdeel van de abiotische kansrijkdom betreft aspecten van bodemverontreiniging.

Eco(toxico)logische urgentie van ernstige bodemverontreiniging wordt binnen de huidige urgentiesystematiek beoordeeld op basis van de HC50-methodiek en het oppervlaktecriterium: urgent zijn verontreinigde locaties (binnen de EHS), die de interventiewaarden overschrijden en tevens groter zijn dan 50m². Het risico van doorvergiftiging, dat betrekking kan hebben op een aantal fauna-doelsoorten uit het Handboek Natuurdoeltypen (Bal *et al.*, 1995), wordt in deze systematiek niet meegenomen omdat ernstige bodemverontreiniging doorgaans tot kleine oppervlakten is beperkt (Verbruggen *et al.*, 2001). Bij bodemverontreinigingen onder de interventiewaarde vindt in het geheel geen structurele beoordeling van eco(toxico)logische risico's voor natuurgebieden plaats. De beoordeling en omgang met verontreinigde waterbodems wordt vooral bepaald door een klassenindeling, die geen eenduidige relatie heeft met risico's, al lijkt de beleidsvernieuwing bodemsanering (bijvoorbeeld in de vorm van het Actief Bodembeheer Rivierbed) nieuwe mogelijkheden te bieden om inrichting en beheer van natuurgebieden te sturen op basis van actuele risico's.

Het gangbare ecotoxicologisch onderzoek is gebaseerd op parameters en toetsorganismen, die veelal niet duidelijk of slechts indirect aansluiten bij de praktijk van inrichting en beheer. Toetsorganismen zijn met name lagere organismen, die onder laboratoriumomstandigheden makkelijk te houden en te kweken (zij hebben een relatief korte levensduur) zijn. Deze toetsorganismen zijn echter niet representatief voor de soorten waarop natuurbeleid, -inrichting en -beheer zijn gericht. Het gangbare ecotoxicologisch onderzoek heeft daarnaast tevens een gebrekkige relatie met de ecologische veldsituatie. Het merendeel van de ecotoxicologische kennis is afkomstig van toxiciteitstesten onder laboratoriumomstandigheden. Dit impliceert dat de organismen veelal kortdurend aan hoge concentraties van een toxische stof zijn blootgesteld, terwijl andere omstandigheden (bijvoorbeeld de voedselsituatie) optimaal zijn. Resultaten van laboratoriumonderzoek laten zich niet eenvoudig vertalen naar de veldsituatie, waar toxische stoffen meestal in lagere concentraties aanwezig zijn, organismen hun gehele levensduur worden blootgesteld aan stoffen en andere stressfactoren van sterke invloed zijn op de populatiedynamica van soorten.

Er bestaat bij verschillende bij inrichting en beheer betrokken partijen behoefte aan een meer op concrete natuurdoelen toegespitste methode van risicobeoordeling, zowel voor lokale als voor diffuse verontreinigingen. Deze behoefte werd verkend middels een speciaal voor het onderhavige project uitgevoerde enquête (De Ruiter *et al.*, 2001) en werd ook als eerder gesignaleerd (Van Dobben & Faber, 1997; Canter Creemers *et al.*, 1999; Faber & Klein, 2000).

1.2 Praktijkvragen

Op basis van de uitgevoerde enquête blijkt dat praktijkvragen betreffende natuurontwikkeling op verontreinigde bodems spelen bij verschillende trajecten van natuurontwikkeling. Het gaat daarbij om de aankoop van gronden voor natuurontwikkeling, de selectie van natuurdoelen, inrichting, beheer en monitoring. Vragen kunnen in een drietal typen worden onderverdeeld:

- **Aankoop.** Bij de afweging of verontreinigde gronden voor natuurontwikkeling moeten worden aangekocht, spelen voornamelijk bestuurlijk-juridische en financiële aspecten een rol. Daarbij gaat het om zaken als de ligging ten opzichte van de EHS, de mogelijkheden voor verwerving van geschikte, niet-verontreinigde gronden in de nabije omgeving, aansprakelijkheid, randvoorwaarden voor sanering, mogelijkheden voor het integreren van inrichting en sanering, meerkosten van inrichting en sanering en de grondprijs. Bij aankoop kan ook de overweging meespelen dat de toekomstige terreinbeheerder garanties wil dat zij geen meerkosten hoeft te maken voor sanering, monitoring en/of risicobeheer.
- **Kansrijkdom natuurdoelen.** Zowel bij de inrichter als bij de toekomstige terreinbeheerder bestaat de behoefte om inzicht te krijgen in de kansrijkdom van beoogde natuurdoelen op verontreinigde bodems. Indien de beoogde natuurdoelen niet haalbaar zijn, welke opties zijn er dan? Moeten andere natuurdoelen worden gesteld en zo ja, welke? Kunnen de natuurdoelen wel gerealiseerd worden, indien de inrichting en het beheer gericht worden op risicoreductie? Voor de terreinbeheerder is relevant dat de financiering van het natuurbeheer sinds kort output-gestuurd is. Dit houdt in dat de beschikbare gelden afhankelijk zijn van het natuurresultaat. In de Subsidieregeling Natuurbeheer (Programma Beheer) wordt bijvoorbeeld onderscheid gemaakt tussen basispakketten en pluspakketten. Inzicht in de kansrijkdom van natuurdoelen bepaalt of de terreinbeheerder een basis- of een pluspakket zal aanvragen.
- **Monitoring.** Bij herinrichting en ontwikkeling van nieuwe natuur bestaat vaak een behoefte tot monitoring. Het ligt dan voor de hand indicatieve soorten of kritische procesindicatoren (cf Schaminée & Jansen, 1998) in een beoogde successiereeks als parameters in een monitoringsprogramma op te nemen. Veelal gaat het om effecten van bijvoorbeeld vermessing, verzuring, verdroging en versnippering. Een relevante vraag betreft of voor natuurontwikkeling op verontreinigde bodems andere monitoringsparameters bruikbaar en/of noodzakelijk zijn en zo ja, welke?

1.3 Oplossingsrichting en afbakening

Het onderhavige project beoogt concrete kennis en vuistregels te leveren voor de laatstgenoemde typen praktijkvragen (kansrijkdom natuurdoelen en monitoring). Hiertoe wordt een ecologische kwetsbaarheidanalyse voor concrete natuurdoelen uitgevoerd. Hoofdstuk 2 beschrijft de gehanteerde methodiek en de relatie tot de praktijkvragen. Voor ecologische kwetsbaarheid wordt de volgende definitie gehanteerd:

ECOLOGISCHE KWETSBAARHEID is de mate waarin soorten onder veldomstandigheden effect ondervinden van verontreiniging, als gevolg van hun soortspecifieke ecologische en ecotoxicologische kenmerken.

‘Kwetsbaarheid’ dient in dit kader te worden onderscheiden van ‘gevoeligheid’, dat hier een engere, meer toxicologische betekenis heeft. Gevoeligheid vormt een onderdeel van kwetsbaarheid. Voor toxicologische gevoeligheid wordt de volgende definitie gehanteerd:

TOXICOLOGISCHE GEVOELIGHEID is de mate waarin soorten of processen effect ondervinden van contaminanten, meestal uitgedrukt als een concentratie voor een effectdrempel of een andere maat voor toxiciteit.

Bij het uitvoeren van de ecologische kwetsbaarheidanalyse wordt gebruik gemaakt van veldkennis en van autecologische, ecofysiologische, populatie-ecologische en ecotoxicologische informatie van soorten en ecosysteemprocessen, die direct van belang zijn voor inrichting en beheer. Bij soorten gaat het om kenmerkende soorten, doelsoorten of procesindicatoren, bij processen gaat het om successie, bodemvorming en decompositie.

Aangezien het een pilot betreft, richt de ecologische kwetsbaarheidanalyse zich op een selectie van stoffen en natuurdoeltypen. Voor wat betreft de stofkeuze gaat het om landelijk veel voorkomende verontreinigingen met zowel een diffuus karakter als puntverontreinigingen. Daarnaast worden lichaamseigen en lichaamsvreemde stoffen verkozen, en stoffen met uiteenlopende neiging tot doorvergiftiging in voedselketens. De keuze is beperkt tot *cadmium*, *zink*, *koper* en *DDT* (en derivaten). Zink en koper zijn biologisch gezien essentiële metalen, terwijl cadmium een niet-essentieel metaal is. DDT is een persistente organische microverontreiniging. De toxicologische gevoeligheid voor flora, fauna en processen voor deze stoffen is verschillend. Zo geldt voor bijvoorbeeld voor fauna dat DDT als toxische stof met een groot doorvergiftigingsrisico kan worden beschouwd, terwijl DDT voor flora en processen geldt als nauwelijks tot matig toxisch (Van de Leemkule *et al.*, 1998). Ook voor de andere stoffen zijn dergelijke verschillen bekend (Van Hesteren *et al.*, 1998). Ook tussen florasoorten, faunasoorten en processen bestaan verschillen in toxicologische gevoeligheid. De ecologische kwetsbaarheidanalyse biedt inzicht in de relevantie van deze verschillen voor het functioneren van soorten en processen in de veldsituatie.

De kwetsbaarheidanalyse wordt voor elk van deze stoffen afzonderlijk uitgevoerd. Aspecten van combinatietoxiciteit worden derhalve niet meegenomen. Het is echter evident dat een bepaald natuurdoel dat matig kwetsbaar is voor cadmium en zeer kwetsbaar is voor zink, dat de kansrijkdom van dat natuurdoel op met cadmium en zink verontreinigde bodems gering is.

Voor wat betreft natuurdoeltypen gaat het om:

Ri-3.1	Rivier en nevengeul
Ri-3.2	Plas en geïsoleerde strang
Ri-3.3	Rietland en ruigte
Ri-3.4	Nat schraalgrasland
Ri-3.5	Stroomdalgrasland
Ri-3.6	Rivierduin en slik
Ri-3.7	Struweel, mantel- en zoombegroeiing
Ri-3.8	Hakhout en griend
Ri-3.9	Bosgemeenschappen op zandgrond
Ri-3.10	Bosgemeenschappen van rivierklei
Ri-3.11	Middenbos
Ri-3.12	Park-stinzenbos
Lv-3.2	Brak watergemeenschap
Lv-3.3	Rietland en ruigte (zoete en brakke variant)
Lv-3.5	Bloemrijk grasland
Hv-3.5	Droog grasland
Hv-3.7	Vochtig schraalgrasland

Hz-3.13 Bosgemeenschappen van arme zandgrond
Du-3.5 Nat schraalgrasland

De selectie van de natuurdoeltypen van het rivierengebied dekt het werkveld van NURG, terwijl de twee natuurdoeltypen uit het laagveengebied belangrijke doelstellingen uitmaken binnen de ontwikkelingsplannen van de Provincie Noord-Holland voor het Westzaanerveld. De overige natuurdoeltypen worden door DLG geselecteerd in overleg met provinciale achterban, en zijn te motiveren vanuit de aandacht van deze dienst voor de problematiek rond toemaakdekken in laagveengebied, rond de intensieve veehouderij op hogere zandgronden, en rond de bollenteelt in de duinranden.

2 Algemene beschrijving methodiek

2.1 Algemene opzet

Voor de kwetsbaarheidanalyse worden natuurdoeltypen onderverdeeld in drie modules, te weten:

- Module flora en vegetatie
- Module fauna
- Module sleutelsoorten bodemfauna

Per module wordt de kwetsbaarheid van soorten (aandachtssoorten flora, doelsoorten fauna en sleutelsoorten bodemfauna) voor respectievelijk koper, zink, cadmium en DDT (en derivaten) geanalyseerd. Dit gebeurt op basis van een groot aantal soortspecifieke autecologische, ecofysiologische, populatie-ecologische en ecotoxicologische kenmerken.

De kenmerken zijn ondergebracht in vier hoofdcategorieën, te weten:

- *Uitwendige blootstelling*. Deze hoofdcategorie heeft betrekking op kenmerken, die de beschikbaarheid en opname van de stof door het organisme beïnvloeden.
- *Inwendige blootstelling*. Deze hoofdcategorie omvat kenmerken, processen en mechanismen die van invloed zijn op het interne gehalte, de activiteit en verdeling van de stof binnen het organisme.
- *Effecten op individu-niveau*. Deze hoofdcategorie heeft betrekking op kenmerken, die van belang zijn voor de toxicologische gevoeligheid van het individuele organisme voor de stof.
- *Effecten op populatie-niveau*. Deze hoofdcategorie omvat kenmerken, die bepalend zijn voor het functioneren van de populatie in relatie tot de stof.

Deze indeling sluit aan bij het traject waarin blootstelling aan een toxische stof uiteindelijk kan leiden tot een effect op de populatie. De hoofdcategorieën omvatten telkens een aantal thema's van nauw gerelateerde soortspecifieke kenmerken. De relevante thema's en kenmerken zijn per module nader uitgewerkt (zie hoofdstuk 3). Voor de afzonderlijke kenmerken worden in de wetenschappelijke literatuur en databases gegevens verzameld.

De gevoeligheid van bodemprocessen wordt losstaand getoetst. Apart van de modules wordt voor de relevante bodemprocessen bepaald of deze beperkend kunnen werken op de ontwikkeling van de natuurdoeltypen. Hiervoor is het kader toetsing bodemprocessen ontwikkeld. Bij de integratie van de kennis uit de modules wordt dit kader meegenomen (zie stroomdiagram in bijlagen).

De soorten in iedere module (aandachtssoorten flora, doelsoorten fauna en sleutelsoorten bodemfauna) worden gerangschikt op basis van hun stofspecifieke kwetsbaarheid. Er worden per module derhalve rangschikkingen gemaakt voor respectievelijk koper, zink, cadmium en DDT (en metabolieten). Vervolgens worden per module soorten binnen een natuurdoeltype gerangschikt en kan een rangschikking van natuurdoeltypen worden gemaakt. Er wordt geen gecombineerde rangschikking gemaakt van aandachtssoorten flora, doelsoorten fauna en sleutelsoorten bodemfauna, daar kwetsbaarheid dient te worden opgevat als een relatieve term. Er wordt geen directe relatie gelegd tussen kwetsbaarheid en gehalten van stoffen in de bodem. Bij het maken van de rangschikkingen wordt gebruik gemaakt van multicriteria-analyse en gevoeligheidsanalyse (niet te verwarren met toxicologische gevoeligheid). De methodiek is beschreven in hoofdstuk 4. Het als bijlage toegevoegde stroomschema geeft een overzicht van de verschillende analyses.

Teneinde een kwantitatieve ordegrootte-indicatie te krijgen van verschillen in toxicologische gevoeligheid tussen de modules en tussen stoffen, worden frequentieverdelingen met

betrekking tot gevoeligheid voor respectievelijk flora, fauna, bodemfauna en bodemprocessen opgesteld. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van data van de Integrale Normstelling Stoffen. Het kader bodemprocessen, bestaat uit een data-analyse van toxiciteitsgegevens met betrekking tot bodemprocessen (zie hoofdstuk 5). Het betreft gegevens afkomstig uit bioassays en veldstudies. Deze informatie dient om een orde-grootte indicatie af te leiden met betrekking tot effectconcentraties bij de integratie.

2.2 Relatie tot praktijkvragen

Het resultaat van de kwetsbaarheidanalyse, kan gebruikt worden ter ondersteuning van de beantwoording van een aantal van de in paragraaf 1.2 genoemde praktijkvragen. Ten eerste kunnen verschillen in de ecologische kwetsbaarheid tussen natuurdoeltypen bepalend zijn voor de keuze van natuurdoelen en daarmee voor inrichting en beheer. Ten tweede kan informatie over de relatieve kwetsbaarheid van soorten binnen een natuurdoeltype gebruikt worden door terreinbeherende instanties in hun afweging of natuur met een hoog of een laag aspiratieniveau wordt nagestreefd (bijvoorbeeld keuze tussen aanvraag basis- of pluspakket). Aspecten van risicoreductie, welke in een later stadium van het onderhavige project aan de orde komen, kunnen hierbij tevens een rol spelen. Tenslotte ontstaat inzicht in het type monitoringsparameters, dat relevant is voor natuurontwikkeling op verontreinigde bodems. Zo kan een monitoringsprogramma bijvoorbeeld worden opgebouwd uit kwetsbare soorten (flora, fauna en sleutelsoorten bodemfauna), gevoelige soorten(-groepen) en processen.

3 Modulen kwetsbaarheidsanalyse

3.1 Module flora en vegetatie

3.1.1 Inleiding

De kwetsbaarheidsanalyse ten aanzien van botanische natuurdoelen richt zich niet per definitie op de flora-doelsoorten uit het Handboek Natuurdoeltypen (Bal *et al.*, 1995). Er is gekozen voor een vegetatiekundig-ecologisch meer relevante, hiërarchische benadering. Het stelsel van natuurdoeltypen is niet bedoeld als wetenschappelijke classificatie van levensgemeenschappen, maar als hulpmiddel voor het natuurbeleid (Bal *et al.*, 1995). Een natuurdoeltype omvat meerdere plantengemeenschappen, die elk specifieke standplaatscondities en kenmerkende plantensoorten kennen. Om die reden is gekozen een nadere precisering van natuurdoeltypen te maken, op basis van plantengemeenschappen. Het geschikte syntaxonomische niveau daarvoor is de associatie, daar op dit detailniveau een goede relatie met inrichting en beheer kan worden gelegd.

Allereerst vindt een vertaling plaats van natuurdoeltypen naar een set van corresponderende associaties (3 associaties per natuurdoeltype). Deze set is op te vatten als een functionele doornede van kenmerkende associaties binnen het natuurdoeltype. Voor de vertaling van natuurdoeltypen naar associaties wordt gebruik gemaakt van 'Een nadere vegetatiekundige interpretatie van het Handboek Natuurdoeltypen in Nederland' (Bal, 1999), 'Wegen naar natuurdoeltypen (sporen A en B)' (Schaminée *et al.*, 1998) en 'Wegen naar natuurdoeltypen (sporen C en D)' (Schaminée *et al.*, 2001).

Per associatie wordt vervolgens een set van aandachtsssoorten geïdentificeerd (in principe 5 aandachtsssoorten per associatie, tenzij de associatie uit minder plantensoorten bestaat). Deze set is op te vatten als een functionele doorsnede van kenmerkende plantensoorten binnen de associatie. De kwetsbaarheidsanalyse richt zich op deze aandachtsssoorten. Het identificeren van aandachtsssoorten gebeurt op basis van deskundigenoordeel en 'De Vegetatie van Nederland' (delen 1 t/m 5; Schaminée *et al.*, 1995-1999). Een kenmerkende soort, die tevens doelsoort is, maakt per definitie onderdeel uit van de set van aandachtsssoorten.

In onderstaand kader is ter illustratie een voorbeelduitwerking gegeven van natuurdoeltype Du-3.5.

Du-3.5 (Nat schraalgrasland)

16Aa1b (Circio dissecti-Molinietum typicum; Blauwgrasland, typische subassociatie)

Standplaatscondities: Deze subassociatie betreft vochtige, schrale hooilanden op zwak zure tot neutrale zandgrond. De groei van de vegetatie wordt beperkt door een lage beschikbaarheid van fosfaat en wellicht ook van kalium. Er is sprake van een periodiek wisselende waterstand: 's winters staat het grondwater gedurende enige weken tot maanden tot aan of boven het maaiveld, 's zomers drogen de standplaatsen oppervlakkig uit. Er is sprake van toevoer van meer of minder basenrijk grondwater. De begroeiing wordt door grassen en schijngrassen gedomineerd. Het beheer bestaat uit jaarlijks maaien en afvoeren van het maaisel.

Aandachtsssoorten: Spaanse ruiter - *Cirsium dissectum*, Blauwe zegge - *Carex panicea*, Blonde zegge - *Carex hostiana*, Vlozegge - *Carex pulicaris*, Pijpestrootje - *Molinia caerulea*

16Ab2 (Rhinantho-Orchietum morionis; Associatie van harlekijn en ratelaar)

Standplaatscondities: Deze associatie omvat hooilanden en hooiweiden in inpolderingen. Het betreft voormalige kweldergronden, die bestaan uit zand of sterk zandige klei. De mariene voorgeschiedenis is soms nog herkenbaar aan het optreden van halofyten. Het substraat is zwak basisch tot zwak zuur. De associatie is gebonden aan terreinen met een hoog waterpeil/aanvoer van basenrijk grondwater (geen inundatie). Binnen het Dotterbloemverbond behoort de associatie tot de laagst blijvende en minst productieve. Voor een deel hangt dit samen met een geringe fosfaatbeschikbaarheid, voor een ander deel met de aanwezigheid van zout in de ondiepe ondergrond. De produktie wordt verder verminderd door het talrijk voorkomen van op graswortels woekerende half-parasieten (vooral *Rhinanthus minor*). Het beheer bestaat uit maaien omstreeks begin juli en nabeweidings met rundvee of schapen.

Aandachtssoorten: Harlekijn - *Orchis morio*, Addertong - *Ophioglossum vulgatum*, Kleine ratelaar - *Rhinanthus minor*, Gewone veldbies - *Luzula campestris*, Gewoon biggekruid - *Hypochaeris radicata*

19Aa3 (Botrychio-Polygaletum; Associatie van maanvaren en vleugeltjesbloem)

Standplaatscondities: Deze associatie komt voor in een smalle gordel aan de randen van duinvalleien op de overgangszone van de vochtige vallei naar de drogere duinen. De associatie staat onder invloed van het grondwater, maar groeit alleen op plaatsen die niet inunderen. Er is sprake van het periodiek (voorjaar) in de wortelzone doordringen van basisch grondwater, waardoor geen volledige verzuring van het milieu optreedt. De standplaats is te typeren als matig zuur en voedselarm en staat onder invloed van begrazing en/of betreding.

Aandachtssoorten: Veldgentiaan - *Gentianella campestris*, Gelobde maanvaren - *Botrychium lunaria*, Tormentiil - *Potentilla erecta*, Tandjesgras - *Danthonia decumbens*, Gewone vleugeltjesbloem - *Polygala vulgaris*

3.1.2 Standplaats-, stof- en soortspecificiteit van de kwetsbaarheidanalyse

De kwetsbaarheidanalyse voor botanische natuurdoelen is standplaats-, stof- en soortspecifiek opgezet. In eerste instantie wordt per associatie een korte beschrijving gegeven van de relevante standplaatscondities (o.a. bodemtype, type beheer, mate van voedselrijkdom, (grond)waterregime, saliniteit en pH/basenversadiging). Vervolgens wordt per stof aangegeven wat deze standplaatscondities betekenen vanuit het oogpunt van mobiliteit en beschikbaarheid voor planten.

Aan de hand van specifieke autecologische, ecofysiologische, populatie-ecologische en ecotoxicologische kenmerken van de aandachtssoorten wordt vervolgens de feitelijke kwetsbaarheidanalyse uitgevoerd. Standplaatscondities en stofspecifieke aspecten bepalen het relatieve belang van de soortspecifieke kenmerken binnen de kwetsbaarheidanalyse.

De kwetsbaarheidanalyse heeft betrekking op een situatie welke in principe voldoet aan de relevante standplaatscondities van de associatie, maar waarbij verontreiniging met koper, zink, cadmium of DDT (en metabolieten) geldt als potentiële stressfactor voor de ontwikkeling en kwaliteit ervan.

3.1.3 Hoofdcategorieën, thema's en soortspecifieke kenmerken

Een groot aantal soortspecifieke kenmerken beïnvloedt de kwetsbaarheid van botanische natuurdoelen. Evenals voor de faunadoelen is gekozen voor een indeling in vier hoofdcategorieën. Deze omvatten telkens een aantal thema's van nauw gerelateerde soortspecifieke kenmerken. Voor de afzonderlijke kenmerken worden in de wetenschappelijke literatuur en databases gegevens verzameld. Gegevens worden in eerste instantie gezocht voor de specifieke soort. In het geval van een beperkte informatiebeschikbaarheid wordt gekeken naar taxonomisch nauw verwante soorten met een vergelijkbare ecologie. Tevens worden vuistregels op het niveau van geslacht en/of familie meegenomen. Hieronder zijn de hoofdcategorieën en thema's aangegeven.

A UITWENDIGE BLOOTSTELLING

Deze hoofdcategorie heeft betrekking op kenmerken, die de beschikbaarheid en opname van de stof door de plant beïnvloeden. De volgende thema's worden onderscheiden:

- a1 Beïnvloeding van het rhizosfeer-milieu door de plant
- a2 Morfologie, activiteit en plasticiteit van het wortelsysteem
- a3 Symbiontische en parasitaire rhizosfeer-interacties
- a4 Opname van water en mineralen
- a5 Opname van de stof via bovengrondse plantdelen (o.a. opname van vervluchtigde metabolieten (relevant voor DDT), opname via bladoppervlakte bij waterplanten, contact met gecontamineerde bodemdeeltjes)

Een niet uitputtende opsomming van bruikbare ecologische data/kenmerken voor hoofdcategorie A betreft (termen in Engels): root morphology, spatial root deployment pattern, fine root life-span, root porosity, root growth, root length, root dept, root hair length, root hair density, root hair surface area, root metabolism, root respiration, plasticity in root morphology, type and rate of root proliferation, primary root life-span, mycorrhizal status, mycorrhizal costs/benefits, nitrogen-fixing associations, root parasitism, root exudates, radial oxygen loss, water and mineral uptake kinetics.

B INWENDIGE BLOOTSTELLING

Deze hoofdcategorie omvat kenmerken, processen en mechanismen die van invloed zijn op het interne gehalte, de activiteit en verdeling van de stof binnen de plant. De volgende thema's worden onderscheiden:

- b1 Accumulatie in relatie tot levensduur
- b2 Translocatie van wortelsysteem naar bovengrondse plantdelen
- b3 Detoxificatiemechanismen
- b4 Remobilisatie

Een niet uitputtende opsomming van bruikbare ecologische data/kenmerken voor hoofdcategorie B betreft (termen in Engels): accumulation, life-span, root/shoot partitioning/allocation pattern, immobilization, compartmentalization, chelation, internal transport and assimilation, mineral turn-over rate/efficiency, metabolic pathways, stress mitigation and internal redox control.

C EFFECTEN OP INDIVIDU-NIVEAU

Deze hoofdcategorie heeft betrekking op kenmerken, die van belang zijn voor de toxicologische gevoeligheid van de individuele plant voor de stof. De volgende thema's worden onderscheiden:

- c1 Type effect/gevoeligheid in relatie tot levensgeschiedenisstrategie
- c2 Type effect/gevoeligheid in relatie tot water- en mineralenhuishouding
- c3 Plasticiteit van levensgeschiedenissenkenmerken in relatie tot stress
- c4 Plasticiteit van levensgeschiedenissenkenmerken in relatie tot water- en mineralenhuishouding

Een niet uitputtende opsomming van bruikbare ecologische data/kenmerken voor hoofdcategorie C betreft (termen in Engels): toxicological sensitivity, critical tissue concentration, life history strategy, reproduction pattern, seed type, survival strategy, growth strategy, vegetative versus reproductive growth, (dynamic) stress response (water, minerals, contamination), sensitivity of symbiotic and parasitic interactions.

D EFFECTEN OP POPULATIE NIVEAU

Deze hoofdcategorie omvat kenmerken, die bepalend zijn voor het functioneren van de populatie in relatie tot de stof. De volgende thema's worden onderscheiden:

- d1 Type effect/gevoeligheid op populatieniveau
- d2 Afhankelijkheid en gevoeligheid van biotische interacties
- d3 Herstelmechanismen op populatieniveau

Een niet uitputtende opsomming van bruikbare ecologische data/kenmerken voor hoofdcategorie D betreft (termen in Engels): population growth rate, plant strategy, seed number and dispersal, mycorrhizal dependency, nitrogen-fixing associations, ecological amplitudo (niche width), regeneration of tolerant plants, intraspecific variation, competition strength and successional status.

3.1.4 Resultaat kwetsbaarheidanalyse botanische natuurdoelen

Met behulp van de ecologische data/kenmerken wordt per thema een gemotiveerde uitspraak gedaan of het als kwetsbaarheidsverhogend, neutraal of kwetsbaarheidsverlagend geldt. Aan deze thema's worden geen weegfactoren gekoppeld. De uitspraak op het niveau van de hoofdcategorie gebeurt door een gemotiveerd deskundigenoordeel. Dit hangt samen met het feit dat het belang van de thema's binnen een hoofdcategorie standplaats- en stofspecifiek is. Het belang van mycorrhizae verschilt bijvoorbeeld tussen bodems met cadmium- en koperverontreiniging en tussen voedselrijke en voedselarme standplaatsen. Ook het relatieve belang van het wortelsysteem ten opzichte van mycorrhizae verschilt per situatie. Het eindoordeel per aandachtsoort gebeurt door het toekennen van weegfactoren aan de verschillende hoofdcategorieën.

Op basis van de relatieve kwetsbaarheid van de set van aandachtsoorten, wordt een uitspraak gedaan over de kwetsbaarheid van de associatie. Ook wordt een vergelijk gemaakt met de kwetsbaarheid van andere associaties binnen het natuurdoeltype. Op basis van de kwetsbaarheid van de associaties, wordt uiteindelijk per natuurdoeltype een analyse gemaakt van de kwetsbaarheid van botanische natuurdoelen.

3.2 Module fauna

3.2.1 Inleiding

De kwetsbaarheidanalyse binnen deze module richt zich op alle fauna-doelsoorten van de in paragraaf 1.3 aangegeven natuurdoeltypen volgens Bal *et al.* (1995). Binnenkort komt het nieuwe Handboek Natuurdoeltypen uit. Het onderhavige project richt zich op de natuurdoeltypen van het oude handboek. Het aantal relevante groepen is sterk uitgebreid in het nieuwe handboek. Zo zijn aan de fauna bijvoorbeeld kreeftachtigen, kokerjuffers, steenvliegen, haften, platwormen, bloedzuigers, tweekleppigen, slakken (allen aquatisch), en kevers, spinnen, sprinkhanen/krekels en nachtvlinders (terrestrisch) toegevoegd. Daarnaast is ook het aantal doelsoorten dat onder de nieuwe natuurdoeltypen valt sterk uitgebreid. Omdat alle betrokken uitvoerende partijen in het consortium reeds langere tijd bezig zijn met het verzamelen van de benodigde ecologische informatie over soorten is er voor gekozen om niet halverwege over te schakelen op de nieuwe indeling. Vanwege de toename van het aantal soorten zou dit veel onvoorziene extra werkzaamheden hebben betekend, terwijl door het *pilot*-karakter van het project toch al de nadruk lag op het ontwikkelen en evalueren van de methodiek aan de hand van een aantal geselecteerde voorbeelden van natuurdoeltypen.

3.2.2 Soortengroepen

De fauna-doelsoorten zijn voornamelijk op basis van taxonomie onder te verdelen in een aantal soortengroepen, die in het project verder clusters zullen worden genoemd. In onderstaande lijst worden de betreffende clusters opgesomd. Tevens wordt aangegeven welke partner uit het consortium zorg draagt voor het verzamelen van de voor de kwetsbaarheidanalyse relevante gegevens:

- Vogels (Alterra).
- Zoogdieren (Alterra).
- Dagvlinders (Alterra)
- Vissen (AquaSense).
- Amfibieën (AquaSense).
- Reptielen (AquaSense).
- Libellen (AquaSense).

Een volledig overzicht van de faunadoelsoorten uit de kwetsbaarheidanalyse en de natuurdoeltypen waarin de soorten voorkomen wordt gegeven in de bijlagen.

3.2.3 Hoofdcategorieën, specifieke vragen en te verzamelen gegevens

Het aantal factoren dat de kwetsbaarheid van faunasoorten beïnvloedt is zeer groot. Op basis van ecologische en ectotoxicologische kennis is een indeling in vier hoofdcategorieën van eigenschappen gemaakt. Binnen iedere hoofdcategorie dient een aantal vragen beantwoord te worden om de kwetsbaarheid van een doelsoort in te schatten.

A UITWENDIGE BLOOTSTELLING

- a1 Komt de soort in contact met de stof (verblijfstijd, substraat, vermijdingsgedrag)?
- a2 In welke levensfase vindt het contact plaats? Bijvoorbeeld als embryo, juveniel, reproducerende adult of als niet-reproducerende adult?
- a3 Hoe lang staat de soort in contact met de stof en hoe intensief is dit contact?
- a4 Op welke wijze vindt dit contact plaats (via voedsel, huid, ademhalingsorganen)?
- a5 Indien de opname via het voedsel plaats vindt, waaruit bestaat dan het dieet?

B INWENDIGE BLOOTSTELLING

- b1 In welke mate kan de stof worden gereguleerd? Hierbij spelen factoren als het specifieke detoxificatie mechanisme, uitscheiding (slijm, vervelling, haren, embryo) en opslag van de stof (in onder meer bot- en vetweefsel).
- b2 Zijn er perioden in de levenscyclus waarin de stof in verhoogde mate beschikbaar kan komen uit lichaamsvet of ander weefsel (bijvoorbeeld tijdens trek, winterslaap of periode van eileg)?

C EFFECTEN OP INDIVIDU-NIVEAU

- c1 Wat is het soort effect dat de verontreiniging veroorzaakt (reproductie, sterfte, groei, gedrag)?
- c2 In welk levensstadium vindt het effect plaats en wat is het gevoeligste levensstadium?
- c3 Wat zijn eventuele herstelmechanismen op organismaal of fysiologisch niveau (adaptatie)?
- c4 Varieert de gevoeligheid onder invloed van externe factoren zoals parasitisme, ziekte, seizoensinvloeden (temperatuur) of voedselschaarste?

D EFFECTEN OP POPULATIE NIVEAU

- d1 Wat is het soort effect op de populatie (afnamedichtheid, verschuiving in de demografie)?
- d2 Spelen er mechanismen die de effecten op populatie camoufleren (bijvoorbeeld dichtheidsregulatie door territorialiteit)?
- d3 Wat zijn de herstelmechanismen voor de populatie (populatie groeisnelheid, rekolonisatiesnelheid).

De bovengenoemde vragen zijn vertaald naar een aantal basale gegevens die door de deelnemers aan het project verzameld zullen worden. Grofweg zijn deze in te delen in biologische/ecologische data, d.w.z. gegevens die met name de blootstelling en de uitwerking van de effecten op populatieniveau bepalen, en in ecotoxicologische data, factoren die de gevoeligheid van organismen voor verontreinigingen modifieren. Bij het indelen is gepoogd om de eigenschappen zo onafhankelijk mogelijk van elkaar te laten zijn, dus om de meest basale gegevens te verzamelen.

Voor het opzoeken van de faunagegevens zijn *factsheets* opgesteld die voor iedere doelsoort worden ingevuld. Deze sheets bevatten de volgende elementen (de letter- en cijfercodes achter de eigenschappen verwijzen naar de deelvragen uit de vorige paragraaf). Bij het invullen wordt in de gaten gehouden in welke mate de eigenschappen verschillend zijn voor verschillende levensstadia van de dieren (dit speelt bijvoorbeeld sterk bij soorten die een metamorfose ondergaan tijdens de levenscyclus).

Ecologische Data

- Habitat keuze in de verschillende levensfasen (terrestrisch, aquatisch) (A1, A2, A4)
- Levensduur (A3) (gemiddeld, gemiddeld na 1e levensjaar, maximaal)
- Duur van de verschillende levensstadia (A3)
- Leeftijd bij eerste reproductie (D3)
- Aantal geproduceerde jongen over het gehele leven (D3) (aantal jongen per reproductie en aantal reproductieve perioden tijdens het leven)
- Home range (A1) (grootte en habitatype)
- Dispersiegedrag (D3) (rekolonisatie snelheid)
- Verspreidingsgebied aaneengesloten of patchy (D3)
- Territorialiteit (D2, D3)
- Voedseleecologie (A5) (samenstelling van het voedsel in de verschillende levensfasen)
- Voedselbehoefte (A3, B1) (turnoversnelheid, basaalmetabolisme)
- Populatie ecologie (D3) (aantalsdynamiek, rekolonisatie snelheid, generatieduur)
- Winterslaap (A1,A3, B2)
- Trekgedrag (A1, A3, B2)

Ecotoxicologische data

- Organen waarin de toxische stoffen worden opgeslagen (B1)
- Uitscheidingsmechanismen (B1)
- Soort effect per levensfase (C1, C2)
- Mogelijke factoren die de toxiciteit beïnvloeden (C4) (parasitisme, ziekte, seizoensinvloeden, voedingsstatus)
- Beschikbare detoxificatiemechanismen (B1, C3) (MFO systeem, metallothioneïnen, etc.)
- Kans op resistentieontwikkeling (C3, D3)

Voor het verzamelen van de benodigde gegevens zal van meerder middelen gebruik worden gemaakt. Allereerst is er de wetenschappelijke literatuur in de vorm van artikelen en boeken. Te verwachten is dat een gedeelte van het soort specifieke informatie te vinden is in rapporten, .d.w.z. in minder makkelijk ontsluitbare, 'grijze' literatuur. Boeken, rapporten en artikelen kunnen worden gevonden met de zoeksystemen van diverse wetenschappelijke bibliotheken. Daarnaast zal tevens gezocht worden in databases en op het internet. Deze media geven in toenemende mate overzichten van auto-ecologische en ecotoxicologische gegevens. De gegevens van alle fauna-doelsoorten zullen uiteindelijk worden gerangschikt en eventueel geclassificeerd om deze geschikt te maken voor de volgende stap, de multi-criteria analyse (MCA).

3.2.4 Validatie

De in dit project voorgestelde benadering om de ecologische kwetsbaarheid van natuurdoelsoorten voor bodemverontreiniging in te schatten met voornamelijk ecologische informatie is nieuw. Of de uitkomsten van de analyses realistisch zijn zou in het ideale geval gevalideerd moeten worden. Dit betekent dat de opgestelde rangschikkingen van

doelsoorten naar kwetsbaarheid op enigerlei wijze geijkt of getoetst aan de praktijk zouden moeten worden. In zeldzame gevallen zijn effecten van milieuverontreiniging op (hogere) doelsoorten onderzocht. Voorbeelden hiervan zijn het onderzoek aan steenuilen in het rivierengebied, aalscholvers, visdieven, andere uilen, koolmezen en vliegenvangers (Boudewijn & Dirksen, 1995; Van den Brink *et al.*, 2001; Dirksen *et al.*, 1995; Murk *et al.*, 1996; Nyholm, 1994; Nyholm *et al.*, 1995; Swiergosz *et al.*, 1995; Hornfeld & Nyholm, 1996). De gegevens van dit soort veldonderzoek zijn bij geconstateerde effecten echter moeilijk te herleiden tot één verontreiniging of één groep verbindingen. Toch zullen de resultaten van de kwetsbaarheidanalyse na het opstellen van de ranglijsten kort worden vergeleken met dit soort gegevens, met name om na te gaan of de verkregen rangschikking mogelijk aansluit op deze (beperkte) veldgegevens.

3.3 Module sleutelsoorten bodemfauna

3.3.1 Inleiding

Sleutelsoorten zijn soorten die een belangrijke en onmisbare rol in het functioneren van een ecosysteem hebben. Zo kan een aantal bodemdieren als sleutelsoort fungeren voor het verloop van bodemprocessen. Hierbij zijn vooral soorten van belang die een bijdrage leveren aan decompositieprocessen als fragmentatie en mineralisatie van strooisel. De nutriëntencyclus in de bodem met aspecten als beschikbaarheid van nutriënten voor plantengroei of de retentie van nutriënten in het bodemecosysteem (d.w.z. geen verliezen naar het grondwater) behoren tot de *life support* functies van de bodem. Daarmee wordt de afbraak van strooisel door micro-organismen gestimuleerd en als gevolg daarvan ook de flux van nutriënten (bijvoorbeeld stikstof) door het systeem. Veel regenwormen, miljoenpoten en pissebedden behoren tot de fragmenteerders, dieren die bladstrooisel vreten en als kleinere partikeltjes weer uitscheiden via de feces. Daarmee wordt het oppervlak van bladsubstraat enorm vergroot, en dus het substraataanbod voor microbiële afbraak (mineralisatie). Ook kan een soort een sleutelrol vervullen bij structuurvorming van de bodem, regenwormen spelen hier een grote rol. Een andere sleutelrol is het vormen van een belangrijke voedselbron voor predatoren als vogels, spitsmuizen, mollen of dassen. Regenwormen en in mindere mate ook miljoenpoten en duizendpoten vervullen hierbij opnieuw een belangrijke rol. Als sleutelsoorten worden in de analyse daarom de volgende diergroepen betrokken:

- Regenwormen
- Potwormen
- Pissebedden
- Miljoenpoten

De mate waarin een bepaalde diergroep een rol speelt als sleutelsoort zal per natuurdoeltype en (vooral) bodemtype verschillen. Zo zijn regenwormen onder zwakzure tot basische omstandigheden meestal abundant aanwezig en kunnen een rol als sleutelsoort vervullen, met toenemende zuurgraad van de bodem loopt de abundantie sterk terug en wordt een aantal aspecten van deze rol door potwormen overgenomen. Per natuurdoeltype wordt daarom een onderverdeling gemaakt naar de voornaamste sleutelsoorten. Zo mogelijk wordt ook binnen een diergroep een onderverdeling naar soorten gemaakt.

3.3.2 Indicatoren en invoergegevens kwetsbaarheidanalyse

Voor sleutelsoorten wordt een kwetsbaarheidanalyse uitgevoerd op dezelfde wijze en op basis van dezelfde indicatoren als eerder toegelicht voor de faunistische doelsoorten. De kwetsbaarheidanalyse wordt enerzijds uitgevoerd voor de groep van sleutelsoorten apart, anderzijds wordt een geïntegreerde analyse uitgevoerd voor fauna doelsoorten en

sleutelsoorten gezamenlijk. De gebruikte indicatoren en de te verzamelen gegevens staan hieronder weergegeven.

A UITWENDIGE BLOOTSTELLING

- a1 Komt de soort in contact met de stof (verblijfstijd, substraat, vermijdingsgedrag)?
 - Niche (strooisellaag, water(poriën), slib, grond); geeft indicatie van de mate van blootstelling
 - Aanwezigheid van een inactieve periode en zo, ja: lengte inactieve periode
 - Mogelijkheden om verontreinigingen te signaleren en te vermijden.
 - Lichaamsgrootte
 - Home range (meter)
- a2 In welke levensfase (embryo, nestling, juveniel, reproducerende adult, niet reproducerende adult)?
 - Percentage van de levensfases waarin blootstelling plaatsvindt
- a3 Hoe lang staat de soort in contact met de stof?
 - Levensduur (verschillende levensstadia)
- a4 Hoe intensief is dit contact?
 - Opnamesnelheid
- a5 Op welke wijze vindt dit contact plaats (voedsel, huid, ademhalingsorganen)?
 - Type huid
- a6 Indien via het voedsel, waaruit bestaat het dieet (samenstelling componenten die meer dan 10 % van het voedsel uitmaken)?
 - Geofaag of detritivoor

B INWENDIGE BLOOTSTELLING

- b1 In welke mate kan de stof worden gereguleerd (uitscheiding)?
 - Uitscheiding via detoxificatiemechanisme
 - Uitscheiding via slijm of vervelling, etc.
 - (Mate van) opslag in organen
- b2 Hoe groot is de turnover snelheid (basaalmetabolisme, specifieke gewichtsverhouding dagelijkse voedselbehoefte:lichaamsgewicht; indien niet bekend, wat is de ratio oppervlakte:inhoud)?
 - gegevens assimilatie-efficiëntie
 - ratio gewicht voedsel per dag/gewicht soort
 - basaalmetabolisme

C EFFECTEN OP INDIVIDU NIVEAU

- c1 Zijn er effecten (reproductie, sterfte, doelorganen)?
 - toxiciteitsgegevens
- c2 In welk levensstadium vindt effect plaats en welke is daarbij het gevoeligst?
- c3 Wat zijn de herstelmechanismen (op organismaal/fysiologisch niveau=adaptatie)?
 - Type herstelmechanismen
- c4 Varieert de gevoeligheid (parasitisme, ziekten, seizoensinvloeden, voedselschaarste)?
 - Stressfactor
- c5 Is er iets bekend over de 'costs of tolerance'?
 - Gegevens costs of tolerance

D EFFECTEN OP POPULATIE NIVEAU

- d1 Wat is het soort effect? (dichtheid, verschuiving in de demografie)

- Dichtheidsverandering
 - Demografische verschuiving
- d2 Herstelmechanismen (populatiegroeisnelheid, rekolonisatiesnelheid)
- Generatieduur, r/K-strategie
 - Leeftijd eerste reproductie
 - Dispersiegedrag, verspreidingsmechanismen

3.3.3 IJking door middel van eco(toxico)logische data

Voor bodemorganismen is in tegenstelling tot de meeste doelsoorten van de natuurdoeltypen veel informatie aanwezig over ecotoxicologische effecten. Voor de sleutelsoorten wordt daarom ook deze informatie verzameld, bij voorkeur informatie afkomstig uit veldsituaties of vanuit bioassays waarbij grond van verontreinigde locaties gebruikt is. Zo zijn voor regenwormen toxiciteitgegevens uit veldstudies beschikbaar. Dit geeft de gebruiker informatie over de range van gehalten in het veld waarbij effecten kunnen optreden. Deze informatie zal overzichtelijk in tabelvorm gepresenteerd worden.

Met behulp van de toxicologische data kan de betrouwbaarheid van de kwetsbaarheidanalyse op basis van ecologische data getoetst worden. Is een bodemdier dat op grond van zijn ecologische eigenschappen als kwetsbaar wordt beschouwd dat ook in termen van toxicologische gevoeligheid? Behalve dat duidelijk wordt bij welke concentraties in de bodem men effecten kan verwachten, kan met deze ecotoxicologische data de kwetsbaarheidanalyse van faunadoelsoorten enigszins geijkt worden. Aan de hand van *ecologische* eigenschappen wordt immers bepaald hoe groot de kwetsbaarheid van bodemdieren ten opzichte van die van faunadoelsoorten is. Omdat voor sleutelsoorten in de bodem veel ecotoxicologische data aanwezig zijn, zou zo voor fauna doelsoorten een voorzichtige inschatting gegeven kunnen worden bij welke concentraties effecten op zouden kunnen optreden (althans wanneer kwetsbaarheid en gevoeligheid voor sleutelsoorten consistent met elkaar blijken te zijn).

4 Multicriteria-analyse

In dit project worden gegevens verzameld met betrekking tot vooral ecologische eigenschappen van een aantal (doel)soorten, met als doel om tot een uitspraak te komen over de relatieve kwetsbaarheid van deze soorten. Deze eigenschappen worden verondersteld van betekenis te zijn voor de mate waarin effecten van stoffen op de soorten kunnen optreden. Teneinde de verschillende eigenschappen met elkaar te kunnen vergelijken is een integratiestap nodig. Dit betreft het onderbrengen van gegevens in een getalsmatige beoordeling, ook wel multicriteria-analyse (MCA) genoemd. Een MCA is een rekenkundige methode om ongelijkwaardige gegevens vergelijkbaar te maken. Doel van de MCA is hier te komen tot een rangschikking van verschillende soorten en natuurdoeltypen in termen van kwetsbaarheid. Deze methode is bruikbaar in situaties waarbij zeer grote hoeveelheden gegevens (van zeer uiteenlopende bronnen en eenheden) met elkaar worden vergeleken. In een MCA kunnen weegfactoren worden toegekend aan elk aspect dat wordt meegenomen in de beoordeling, en is vergelijking van zowel kwantitatieve als kwalitatieve gegevens mogelijk. Voor de gekozen soorten zal niet alle ecologische kennis benodigde voor de MCA beschikbaar zijn. 'Missing data' - ontbrekende kennis van soorten voor de geselecteerde criteria - kunnen eventueel worden aangevuld met het oordeel van deskundigen.

Een MCA bestaat uit een aantal systematische stappen die hieronder worden beschreven. Er zijn verschillende methoden mogelijk, waarbij in dit stadium van het project nog niet kan worden aangegeven welke precies zal worden gevolgd. In ieder geval zal de te kiezen methode het vergelijken van een mix van kwantitatieve en kwalitatieve gegevens mogelijk moeten maken. De vergelijking is gebaseerd op een relatieve score per aspect. Door middel van weegfactoren wordt het relatieve belang van criteria aangegeven.

Te nemen stappen

De MCA is een matrix waarin zich twee assen bevinden. Op de horizontale as staan de soorten, associaties en/of natuurdoeltypen en op de verticale as staan de criteria waarop de rangschikking van kwetsbaarheden wordt bepaald. De volgende stappen zijn relevant:

- Bepalen van de horizontale as
Op de horizontale as staan de geselecteerde soorten en associaties binnen de natuurdoeltypen en/of de natuurdoeltypen.
- Bepalen van de verticale as
Op de verticale as komen de aspecten waarop de kwetsbaarheid van de doelsoorten (horizontale as) moet worden beoordeeld. In dit onderzoek zijn dat de vier hoofdcategorieën en/of de hierbinnen onderscheiden kenmerken/eigenschappen/vragen/aspecten.
- Bepalen van de beoordelingscriteria per aspect
In deze stap wordt bepaald in welke richting een aspect beoordeeld gaat worden. Dit wil zeggen dat bepaald wordt welke invloed het aspect heeft op de kwetsbaarheid van een soort (positief/negatief). De richting van het aspect op de kwetsbaarheid is het zogenaamde beoordelingscriterium.
- Bepalen van de testcores per aspect
Met behulp van het beoordelingscriterium worden de testcores per aspect vastgelegd. Dit is het scoren van de laagste tot en met de hoogste waarde van het aspect ten opzichte van de kwetsbaarheid. Deze score vindt in het algemeen plaats met behulp van een aantal plusjes, dus hoe kwetsbaarder, hoe meer plusjes een soort scoort op een bepaald aspect. Het kan echter ook worden ingevuld door rangnummers toe te kennen.
- Bepalen van de gewichten van de aspecten

Niet elk aspect heeft dezelfde gevolgen voor de kwetsbaarheid. Er moet derhalve een gewicht toegekend worden aan de aspecten.. Deze stap bepaalt in belangrijke mate het onderscheidend vermogen van de MCA. Het totaal van de aspecten is altijd 1. Een belangrijk aspect krijgt dan bijvoorbeeld een gewicht van 0,5 terwijl 2 minder belangrijke aspecten een gewicht van 0,25 krijgen (totaal is dan 1).

- Verrekenen van de testscores en de gewichten van aspecten tot nutscores

Doordat in de vorige stappen voor elk aspect een testscore en een gewicht is bepaald, ligt nu in principe de volgorde van de kwetsbaarheid van de doelsoorten vast. Deze dient echter nog berekend te worden (nutscore). Deze berekening vindt plaats door per aspect steeds paarsgewijs een vergelijking uit te voeren, waarbij (binnen een aspect) alles met alles wordt vergeleken. De testscore van een soort voor een aspect wordt vergeleken met de testscore van elke andere soort binnen dezelfde module. Op deze manier wordt de relatieve kwetsbaarheid van elk aspect van de soorten bepaald.

- Bepalen van de rangorde binnen een hoofdcategorie

Door alle nutscores per aspect (binnen een hoofdcategorie) bij elkaar op te tellen wordt de rangschikking van de soorten bepaald. De kwetsbaarheid van de doelsoorten voor een hoofdcategorie ligt hiermee vast. De soort met de laagste totale score is het minst kwetsbaar en de soort met de hoogste score is het kwetsbaarst (voor wat betreft deze hoofdcategorie).

- Bepalen van de testscore per hoofdcategorie

Op basis van de volgorde van de kwetsbaarheid van soorten per hoofdcategorie, kan per soort weer een testscore worden bepaald. Dit gebeurt weer met behulp van plusjes of rangnummers.

- Bepalen van de gewichten van de hoofdcategorieën

Niet elke hoofdcategorie heeft dezelfde gevolgen voor de kwetsbaarheid. Er moet derhalve een gewicht toegekend worden aan de hoofdcategorieën.

- Verrekenen van de testscores en de gewichten van hoofdcategorieën tot nutscores

Deze berekening vindt plaats door per hoofdcategorie steeds paarsgewijs een vergelijking uit te voeren. De testscore van een soort voor een hoofdcategorie wordt vergeleken met de testscore van elke andere soort binnen dezelfde module. Op deze manier wordt de relatieve kwetsbaarheid van elke hoofdcategorie van de soorten bepaald.

- Bepalen van de totale nutscore van de MCA (en daarmee de kwetsbaarheid van de soorten)

Door alle nutscores van de hoofdcategorieën per soort op te tellen wordt de rangorde van de soorten binnen per module bepaald.

Te gebruiken programmatuur

Gezien de hoeveelheid vergelijkingen in de MCA is de berekening niet meer handmatig uit te voeren. Gekozen is derhalve voor een geautomatiseerde analyse, met gebruik van het programma BOSDA. Dit programma is ontwikkeld door het Instituut voor Milieuvraagstukken van de Vrije Universiteit en de afdeling Beleidsevaluatie en -instrumentatie van het Ministerie van Financiën. Het is mogelijk een gevoeligheidsanalyse uit te voeren, waarbij door weegfactoren te (laten) veranderen inzicht ontstaat in welke mate de uitslag van de analyse beïnvloed wordt door de toegekende weegfactoren. De resultaten van de MCA en gevoeligheidsanalyse kunnen tenslotte met BOSDA op een overzichtelijke wijze grafisch weergegeven worden.

5 Bodemprocessen

Voor het bereiken van natuurdoelen op verontreinigde bodem is van groot belang dat de bodem voldoende functioneert. Energie- en nutriëntenstromen door het ecosysteem zijn voor een essentieel deel afhankelijk van schakels in het bodemcompartiment. Het proces van decompositie van organisch materiaal is daarbij kern van de zaak.

Decompositieprocessen zoals strooiselfragmentatie, stikstofmineralisatie en humusvorming moeten goed verlopen. Ook bodemopbouw (profielontwikkeling met bijbehorende differentiatie in fysisch-chemische eigenschappen) vanuit een onontwikkelde situatie na herinrichting kan bepalend zijn voor het realiseren van sommige natuurdoelen op langere termijn. Door veel beheerders werd dan ook aangegeven dat hoge prioriteit wordt gegeven aan een beoordeling van natuurdoelen op procesniveau (de Ruiter *et al.*, in druk).

Op basis van toxiciteitgegevens uit veldstudies en bioassays over de invloed van Cu, Cd, Zn en DDT op bodemprocessen worden kritieke gehalten voor contaminanten in de bodem afgeleid. Gronden verontreinigd met gehalten boven deze kritieke waarden zouden moeten worden beschouwd als niet zondermeer geschikt voor beoogde natuurdoelen die afhankelijk zijn van deze processen. Deze minimale bodemkwaliteitseisen worden gebaseerd op waarden die in de literatuur en ecotoxicologische databases gevonden kunnen worden. Hiertoe vindt een uitgebreide literatuurrecherche plaats. Daarnaast worden ook diverse deskundigen bij onderzoeksinstituten, en adviesbureaus direct benaderd.

De volgende procesparameters worden in beschouwing genomen:

- strooiselafbraak
- bodemademhaling
- stikstofmineralisatie
- nitrificatie

Strooiselafbraak en bodemademhaling zijn algemene processen, die als somparameter van het bodemecosysteem kunnen worden beschouwd. Stikstofmineralisatie is een iets meer specifieke parameter van het afbraakproces die goede relatie heeft met de bodemvruchtbaarheid. Nitrificatie is een zeer specifieke parameter, waar slechts een kleine groep bacteriën voor verantwoordelijk is, en welke als gevoelige parameter kan worden beschouwd. Voor alle vier processen is relatief veel informatie beschikbaar in de ecotoxicologische literatuur.

Bodemprocessen zijn voor ieder natuurdoeltype van belang. Een kwalitatieve differentiatie naar natuurdoeltypen lijkt daarom niet zinvol, en deze processen zullen in principe voor alle verkozen natuurdoeltypen worden meegenomen. Het zijn parameters waar over in de literatuur relatief veel gegevens beschikbaar zijn. Zo wordt door diverse onderzoekers in de nabijheid van metallurgische industrie een ophoping van strooisel gevonden. Dit leidt tot een vastlegging van elementen die daarmee niet beschikbaar komen voor plantengroei. Het ecosysteem kan zich op deze bodems dan niet optimaal ontwikkelen.

De bodemkwaliteitseisen waaraan de gehalten aan Cd, Zn, Cu en DDT moeten voldoen worden overzichtelijk in tabelvorm worden weergegeven. In de tabel zullen ook de bodemcondities met betrekking tot zuurgraad en humus- en lutumgehalte worden vermeld, zoals die bij vermelde remming van processen in de literatuur zijn geconstateerd. Deze factoren zijn immers bepalend voor de biologische beschikbaarheid en daarmee voor het potentiële effect van een contaminant. Waar mogelijk zal getracht worden deze waarden te standaardiseren, zodat extrapolatie naar andere bodemtypen mogelijk is.

6 Integratie

Voor de methodiek van de kwetsbaarheidanalyse is er van uitgegaan dat de abiotische randvoorwaarden voor soorten optimaal zijn voor het realiseren van de verschillende natuurdoeltypen, d.w.z. dat het voorkomen van een soort slechts wordt bepaald door de kwetsbaarheid ten aanzien van de verontreiniging op een locatie. In werkelijkheid zal in het veld echter sprake zijn van tal van potentiële (stress)factoren, die in wisselwerking met elkaar bepalen of een soort al dan niet daadwerkelijk in het betreffende natuurdoeltype zal voorkomen.

Het belangrijkste resultaat van de kwetsbaarheidanalyse zal bestaan uit rangschikkings-tabellen met de relatieve kwetsbaarheid van aandachtsoorten flora, vegetatie-associaties, fauna-doelsoorten en sleutelsoorten bodemfauna. Hiernaast zal voor deze vier groepen een overzicht worden gegeven van de toxicologische gevoeligheden ten aanzien van de metalen cadmium, koper en zink en ten aanzien van DDT (en derivaten). De gegevens met betrekking tot de kwetsbaarheid en gevoeligheid zijn slechts gedeeltelijk kwantitatief. Het omgaan met deze gegevens en met de resultaten vergt enige kennis en expertise bij de gebruikers van de kwetsbaarheidanalyse op het gebied van de ecotoxicologie en veldecolgie. De gebruiker zal op basis van haar eigen deskundigheid de resultaten naar de betreffende verontreinigde bodemlocatie moeten vertalen.

Een belangrijke spin-off van de kwetsbaarheidanalyse is dat de resultaten zeer goed kunnen worden gebruikt door inrichters en beheerders voor het selecteren van soorten ter monitoring van de realisatie van natuurdoelen op verontreinigde grond. De aanwezigheid en het functioneren van kwetsbare soorten zal in het algemeen betekenen dat bepaalde risicoreducerende maatregelen effect hebben gesorteerd. Hiertoe zal één belangrijke aanvulling uit het nieuwe Handboek Natuurdoeltypen wél worden meegenomen in het huidige project. Dit betreft de getalsmatige aanduiding van het belang van een natuurdoeltype voor een bepaalde doelsoort. Hierdoor kan de rangschikking van soorten worden uitgebreid zodat een ranglijst ontstaat waarin zowel de kwetsbaarheid voor verontreinigingen als het belang van het natuurdoeltype voor de soort zijn verdisconteerd. Iets vergelijkbaars kan worden gedaan voor meetsoorten binnen relevante pluspakketten van de Regeling Natuurbeheer (Programma Beheer).

Om de uiteindelijke kansrijkdom van een natuurdoeltype in te schatten in een 'multistress'-situatie, zal de kwetsbaarheidanalyse uiteindelijk geïntegreerd moeten worden met andere methodieken en/of beslissingondersteunende systemen. De kwetsbaarheidanalyse sluit bijvoorbeeld zeer goed aan bij een ander SKB-project, namelijk BONANZA (zie Kros *et al.*, 2001). Hierin wordt een aantal verschillende modellen geïntegreerd tot een beslissingondersteunend systeem voor de beoordeling van natuurontwikkeling op met nutriënten en zware metalen verontreinigde (voormalige) landbouwgronden. In Bonanza is het effect van een aantal abiotieke omgevingsvariabelen in de bodem zoals pH, stikstofbeschikbaarheid, kalkgehalte en redoxpotentiaal reeds verdisconteerd en wordt de biologisch beschikbare concentratie van metalen bepaald. Het systeem wordt uitgebreid met een ecotoxicologische risicomodule waarin aandacht uitgaat naar doorvergiftiging in voedselketens en indirecte effecten via kwantitatief voedselaanbod. De huidige ecotoxicologische risicobeoordeling binnen Bonanza is vooralsnog generiek van aard (berekening Potentieel Aangetaste Fractie van soorten, PAF). De ecologische kwetsbaarheidanalyse, met daarin specifieke soortspecifieke informatie, zou voor BONANZA een zinvolle aanvulling zijn.

Referenties

- Bal, D. et al. (1995). Handboek Natuurdoeltypen in Nederland. Rapport IKC-Natuurbeheer nr. 11.
- Bal, D. (1999). Een nadere vegetatiekundige interpretatie van het Handboek Natuurdoeltypen in Nederland. Stratiotes 18: 22-34.
- Boudewijn T.J. and Dirksen S. (1995) Impact of contaminants on the breeding success of the cormorant *Halacrocorax carbo sinensis* in The Netherlands. Ardea 83: 325.
- Brink, N.W., van den, Groen, N.M., de Jonge, J. Wegener, J.W.M. & bosveld A.T.C. (2001) Ecotoxicologisch onderzoek naar effecten van verontreinigingen in uiterwaarden op steenuilen (*Athene noctua*): een integratie. Intern Alterra rapport i.s.m. RIZA, ISSN:1566-7197.
- Dirksen S., Boudewijn T.J., Slager L.K., Mes R.G., van Schaick M.J.M. and de Voogt P. (1995) Reduced breeding success of Cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis*) in relation to persistent organochlorine pollution of aquatic habitats in The Netherlands. Environmental pollution 88: 119-132.
- Hesteren, S. van, M.A. van de Leemkule en M.A. Pruiksma (1998) Minimale bodemkwaliteit: Een gebruiksgerichte benadering vanuit de ecologie, Deel 1: Metalen. Technische commissie bodembescherming, Rapport nr. R08(1998), Den Haag.
- Hornfeldt, B. and Nyholm E.I. (1996) Breeding performance of Tengmalm's owl in a heavy metal pollution gradient. Journal of Applied Ecology 33: 377-386.
- Leemkule, M.A. van de, S. van Hesteren en M.A. Pruiksma (1998) Minimale bodemkwaliteit: Een gebruiksgerichte benadering vanuit de ecologie, Deel 2: Immobiele organische verontreinigingen. Technische commissie bodembescherming, Rapport nr. R09(1998), Den Haag.
- Murk A.J., Boudewijn T.J.; Meininger P.L., Bosveld A.T.C., Rossaert G.; Ysebaert T., Meire P. and Dirksen S. (1996) Effects of polyhalogenated aromatic hydrocarbons and related contaminants on common tern reproduction: integration of biological, biochemical, and chemical data. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 31: 128-140.
- Nyholm N.E.I., Sawicka-Kapusta K., Swiergosz R. and Laczewska B. (1995) Effects of environmental pollution on breeding populations of birds in southern Poland. Water, Air and Soil Pollution 85:829-834.
- Nyholm N.E.I. (1994) Heavy metal tissue levels, impact on breeding and nestling development in natural populations of pied flycatcher (*Aves*) in the pollution gradient from a smelter. In: Donker M.H., Eijsackers H. and Heimback F (eds.). Ecotoxicology of soil organisms. SETAC Special Publication Series, Lewis Publishers, London, p. 373-382.
- Ruiter, H.R.G., J.H. Faber & H. Kros (ongepubliceerd). Kwetsbaarheid en kansrijkdom van natuurdoelen op verontreinigde bodems. Deelrapport A: Gebruikersenquête en interviews. Werkdocument SKB-project SV-034, Gouda.
- Schaminée et al. (1995-1999). De Vegetatie van Nederland (delen 1 t/m 5).
- Schaminée et al. (1998). 'Wegen naar natuurdoeltypen (sporen A en B)'.
- Schaminée et al. (2001). 'Wegen naar natuurdoeltypen (sporen C en D)'.
- Swiergosz R., Sawick-Kapusta K., Nyholm N.E.I., Zwolinska A. and Orkisz A. (1998) Effects of environmental metal pollution on breeding populations of pied and collared flycatchers in Niepolomice forest, southern Poland. Environmental Pollution 102: 1-8.

Bijlagen

Opzoektabel doelsoorten vogels

Vogels	Ri 3.1	Ri 3.2	Ri 3.3	Ri 3.4	Ri 3.5	Ri 3.6	Ri 3.7	Ri 3.8	Ri 3.9	Ri 3.10	Ri 3.11	Ri 3.12	Lv 3.2	Lv 3.3	Lv 3.5	H3.5	H3.7	H3.13	Du 3.5
Baardmannetje			x											x					
Blauwborst			x				x	x		x				x					x
Blauwe kiekendief														x	x	x	x		x
Dodaars	x	x	x										x	x					
Draaihals							x	x	x	x	x	x						x	
Duinpieper																		x	
Dwergstern	x	x				x													
Geelgors				x	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	
Grauwe gans	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x			x		x	x		x
Grauwe gors				x	x												x		
Grauwe kiekendief			x	x	x	x	x							x	x	x	x		x
Grauwe klauwier				x	x	x		x								x	x		x
Groenespecht					x		x	x	x	x	x	x				x	x	x	
Grote karekiet			x											x					
Grutto				x	x	x									x		x		x
Hop																x		x	
IJsvogel	x	x											x						
Kemphaan				x	x	x									x		x		
Kerkuil				x	x		x							x	x	x	x		x
Klapekster																x	x		
Kleine plevier	x	x				x													x
Kluut	x	x				x							x						
Korhoen																x	x		
Krooneend													x	x					
Kwak	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x					x
Kwartelkoning			x	x	x									x	x		x		
Lepelaar													x	x					
Nachtzwaluw																x	x	x	x
Noordse stern						x													
Oeverzwaluw	x	x	x	x	x	x							x	x	x	x	x		x
Ooievaar	x	x	x	x	x	x								x	x	x	x		
Ortolaan																x	x		
Paapje				x	x		x								x		x		x
Patrijs				x	x	x	x								x	x	x		x
Pijlstaart	x	x	x	x		x								x					x
Porseleinhoen		x	x	x				x						x			x		x
Purperreiger	x	x	x	x			x	x		x			x	x					
Raaf																x	x	x	
Rietzanger			x					x						x					
Rode wouw																x	x	x	
Roerdomp			x											x					
Roodborsttapuit					x	x	x	x							x	x	x		
Roodkopklawier																x			
Slobeend	x	x	x	x		x							x	x			x		x
Snor			x											x					
Steenuil				x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x
Tapuit					x	x									x				x
Torenvalk				x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x
Tuleluur	x	x		x	x	x							x		x		x		x
Velduil			x	x	x	x	x							x	x	x	x		x
Visdief	x	x	x	x	x	x							x	x	x				
Waterral			x											x					
Watersnip	x	x	x	x		x							x	x			x		x
Wielewaal							x	x	x	x	x	x						x	
Woudaapje							x	x						x					
Zomertaling	z	x	x	x		x							x	x			x		x
Zwarte stern	x	x	x	x	x	x							x	x	x		x		

Opzoektabel doelsoorten zoogdieren

Zoogdieren	Ri 3.1	Ri 3.2	Ri 3.3	Ri 3.4	Ri 3.5	Ri 3.6	Ri 3.7	Ri 3.8	Ri 3.9	Ri 3.10	Ri 3.11	Ri 3.12	Lv 3.2	Lv 3.3	Lv 3.5	H3.5	H3.7	H3.13	Du 3.5
Boommarter																			
Das				x	x		x	x	x	x	x	x				x	x	x	
Franjestaart	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x				
Ingekorven vleermuis																x	x	x	
Noordse woelmuis														x	x				x
Otter	x	x	x			x		x					x	x					
Vale vleermuis			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		x	
Waterspitsmuis	x	x	x	x				x		x		x	x	x			x		x

Opzoektabel doelsoorten vlinders

Vlinders	Ri 3.1	Ri 3.2	Ri 3.3	Ri 3.4	Ri 3.5	Ri 3.6	Ri 3.7	Ri 3.8	Ri 3.9	Ri 3.10	Ri 3.11	Ri 3.12	Lv 3.2	Lv 3.3	Lv 3.5	H3.5	H3.7	H3.13	Du 3.5
Aardbeivlinder																x	x		x
Bont dikkopje																	x		
Bruin blauwtje					x	x													
Bruine vuurvlinder														x	x	x			x
Donker pimperlblauwtje				x													x		
Duinparelmoervlinder																x			
Geelsprietdikkopje																x			
Grote parelmoervlinder																x	x		x
Grote vos							x												
Grote vuurvlinder														x					
Heidegentiaanblauwtje																	x		
Klaverblauwtje																x			
Kleine parelmoervlinder																x			
Kommavilinder				x		x										x			
Moerasparelmoervlinder																	x		
Pimpernelblauwtje				x													x		
Rode vuurvlinder																	x		
Sleedoornpage							x												
Spiegeldikkopje																	x		
Tijmblauwtje						x										x			
Tweekleurig hooibeestje																x			
Veldparelmoervlinder					x														
Zilverenmaan				x										x			x		x
Zilervlek							x					x							

Opzoektabel doelsoorten libellen

Libellen	Ri 3.1	Ri 3.2	Ri 3.3	Ri 3.4	Ri 3.5	Ri 3.6	Ri 3.7	Ri 3.8	Ri 3.9	Ri 3.10	Ri 3.11	Ri 3.12	Lv 3.2	Lv 3.3	Lv 3.5	H3.5	H3.7	H3.13	Du 3.5
Bruine korenbout	x	x	x																
Glassnijder		x	x				x							x					
Vroege glazenmaker		x	x											x					
Groene glazenmaker														x					
Noordse winterjuffer														x					
Donkere waterjuffer														x					

Opzoektabel doelsoorten vissen

Vissen	Ri 3.1	Ri 3.2	Ri 3.3	Ri 3.4	Ri 3.5	Ri 3.6	Ri 3.7	Ri 3.8	Ri 3.9	Ri 3.10	Ri 3.11	Ri 3.12	Lv 3.2	Lv 3.3	Lv 3.5	H3.5	H3.7	H3.13	Du 3.5
Barbeel	x																		
Bermpje	x																		
Elft	x																		
Europese meerval	x																		
Fint	x																		
Kolblei	x	x																	
Rivierdonderpad	x																		
Winde	x																		

Opzoektabel doelsoorten amfibieën

Amfibieën	Ri 3.1	Ri 3.2	Ri 3.3	Ri 3.4	Ri 3.5	Ri 3.6	Ri 3.7	Ri 3.8	Ri 3.9	Ri 3.10	Ri 3.11	Ri 3.12	Lv 3.2	Lv 3.3	Lv 3.5	H3.5	H3.7	H3.13	Du 3.5
Boomkikker			x	x	x		x	x	x	x						x	x	x	x
Kamsalamander		x					x	x		x		x					x	x	
Alpenwatersalamander																		x	
Vinpootsalamander																	x	x	
Knoflookpad		x	x			x	x									x			
Rugstreeppad		x	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x	x		x

Opzoektabel doelsoorten reptielen

Reptielen	Ri 3.1	Ri 3.2	Ri 3.3	Ri 3.4	Ri 3.5	Ri 3.6	Ri 3.7	Ri 3.8	Ri 3.9	Ri 3.10	Ri 3.11	Ri 3.12	Lv 3.2	Lv 3.3	Lv 3.5	H3.5	H3.7	H3.13	Du 3.5
Ringslang	x	x	x	x			x	x	x	x		x		x	x		x		
Hazelworm																x		x	
Zandhagedis																x		x	
Adder																		x	
Gladde slang																		x	

Stroomdiagram

