



1 Indruk van zinkflora in april 2011. Zichtbaar is de afrastering van een van de plots aangelegd in april 2006 met daarachter één van de in mei 2008 uitgebreide terreindelen.



foto's Esther Lucassen

2 Na de overstroming in de winter van 2010 is plaatselijk een dik pakket zand afgezet op het grasland gelegen tegenover het zinkreservaat (locatie 9 in figuur 2).

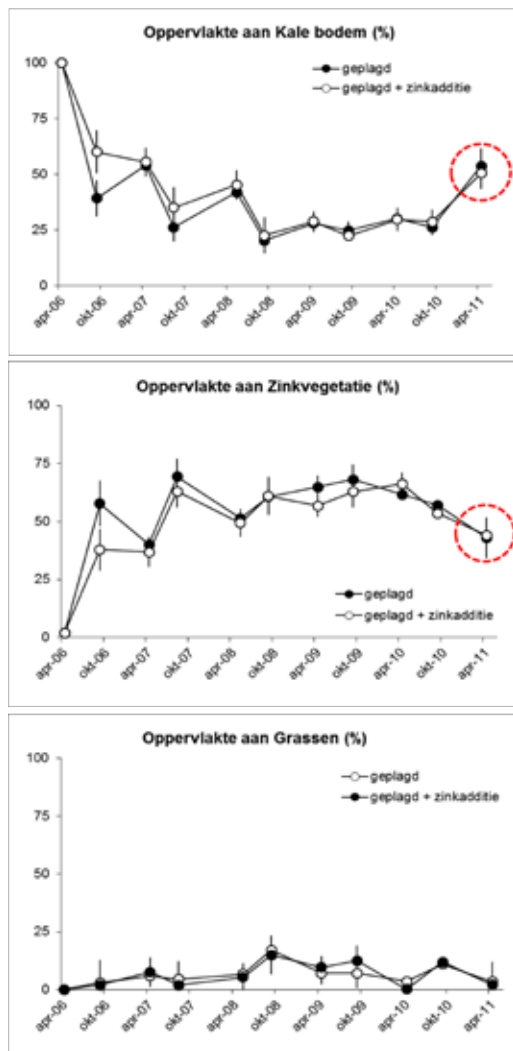
# Herstel van zinkflora in het Geuldal: nieuwe inzichten in relatie tot overstromingen

Zinkvegetatie komt in Nederland alleen voor in de overstromingsvlakte van de Geul in Zuid-Limburg. Deze vegetatie bestaat uit half-natuurlijke graslanden op droge, kalkarme en niet te voedselrijke bodems en heeft een flora die is aangepast aan een hoge beschikbaarheid van zink. Zinkvegetatie is sinds de tweede helft van de vorige eeuw zo sterk achteruitgegaan, dat deze nagenoeg is verdwenen en daarom opgenomen is in de Europese Habitatrichtlijn (Habitattypen 6130). Dit artikel gaat in op de ontwikkeling van de zinkflora na genomen herstelmaatregelen, de gevolgen van overstroming in 2010 en de mogelijke gevolgen van overstromingen voor de duurzaamheid van te nemen maatregelen.

— Evi Verbaarschot, Jan Roelofs, Emiel Brouwer, Esther Lucassen (Onderzoekcentrum B-ware / Afdeling Aquatische Oecologie & Milieubiologie, Radboud Universiteit Nijmegen)

> LANGS DE GEUL is in het verleden zinkhoudend sediment afgezet, afkomstig van zink- en loodmijnen in La Calamine (Kelmis) en Plombières in België. Op de zinkhoudende afzettingen langs de Geul heeft zich in de afgelopen eeuwen een vegetatie ontwikkeld die gerekend wordt tot de subassociatie met Zinkviooltje (*Violetosum calaminariae*) van de Associatie van Schapengras en Tijn (*Festuco-Thymetum serpylli*). Deze vegetaties hebben zich in Nederland ontwikkeld op tertiaire locaties. Dit zijn locaties die indirect, via het water of via de lucht, vervuild zijn geraakt met metalen waaronder zink. Ze zijn daarmee verschillend van vegetaties die groeien op ertsaders (primaire zinklocaties) en storthopen (secundaire zinklocaties). Deze riviervolgende vegetaties komen alleen voor op de overstromingsvlakten van kleine rivieren zoals de Geul en de Oker in Duitsland. Kenmerkende soorten zijn zinkviooltje, zinkboerenkers, zinkschapengras, zinkblaassilene en zink Engels gras. Tot 1930 kwam zinkvegetatie veelvuldig voor langs de Geul tot voorbij Mechelen. Na de definitieve stop van mijnbouwactiviteiten in België (1950) en het

meer en meer in gebruik nemen van de graslanden als cultuurgrond, is de zinkflora langzaam vervangen door grassen. Rond 1970 was het areaal beperkt tot drie locaties ten zuiden van Epen, maar de zinkvegetatie is nu alleen nog aanwezig in één terrein: het zinkreservaat van Natuurmonumenten (voorheen Staatsbosbeheer). Dit gebied is in de jaren '50 gepacht en daarna door Staatsbosbeheer aangekocht als reservaat en beheerd via zomerbegrazing met rundvee. Toch is de zinkvegetatie ook hier in omvang en kwaliteit achteruit gegaan. Er was tot voor kort nog maar 0,5 hectare redelijk ontwikkelde, maar wel verruigde vegetatie aanwezig.



**Figuur 1** De gemiddelde oppervlakte aan kale bodem, zinkflora en grassen in de zes onderzoekplots (van 3x3 m<sup>2</sup>) in de periode april 2006 tot en met april 2011. Na de winteroverstroming in 2010 is de oppervlakte kale bodem iets toegenomen ten koste van de zinkflora (rode cirkels).

## Onderzoek naar herstelmaatregelen

OBN-onderzoek heeft uitgewezen dat de achteruitgang van de zinkflora op tertiaire locaties gerelateerd is aan een toename van de fosfaatbeschikbaarheid en een afname van de zinkbeschikbaarheid in de bodem. De sterk vergraste zinkflora bleek enkel nog voor te komen op locaties met een minimaal zinkgehalte van 40 µmol per gram droge bodem in combinatie met een totale zink-calciumverhouding (Zn/Ca-ratio) in de bodem van minimaal 0,8. Bij een lagere Zn/Ca-ratio wordt zink gebonden en is niet meer vrij beschikbaar in het bodemvocht, zie verderop. Verder bleek de fosfaatbeschikbaarheid lager dan 1250 µmol per kilogram en bij voorkeur rond de 500-600 µmol per kilogram bodem te zijn. Bij een lagere zink- en/of hogere fosfaatbeschikbaarheid neemt de concurrentie van metaaltolerante grassen, met name gestreepte witbol en gewoon struisgras, dusdanig toe dat de zinkflora wordt weggeconcentreerd en verdwijnt. Dit is niet alleen gebleken uit veldmetingen, maar wordt ook bevestigd door verschillende laboratoriumexperimenten.

## Plagexperiment

In het voorjaar van 2006 is in samenwerking met Staatsbosbeheer (destijds de eigenaar van het terrein) een kleinschalig plagexperiment gestart in het zinkreservaat op plekken waar de zinkplanten verdwenen waren, maar met nog voldoende zink in de bodem. Zes proefvelden (3x3 m) werden handmatig aangelegd waarbij de fosfaatverrijkte bodemlaag (0-20 cm) verwijderd werd tot een waarde van circa 575 µmol/gram droge bodem. De proefvlakken werden met gaas afgezet (om de koeien buiten te houden) en onderverdeeld in vier deelproefvlakken (1x1 m, die niet tegen elkaar aan lagen) waarvan er één werd verrijkt met metalen door bodemmateriaal uit Plombières door de bodem te mengen. Vervolgens werden zaden uitgezaaid en kiemlingen geplant van vijf zinkplantensoorten (zinkviooltje, zinkboerenkers, zinkschapgras, zinkblaassilene en zink Engels gras). Het plantmateriaal was afkomstig uit het zinkreservaat zelf en uit Plombières. De plots zijn jaarlijks gemaaid en het maaisel is afgevoerd. In april 2010, vier jaar na aanleg van de proefvlakken, is er nog steeds kale bodem aanwezig, hetgeen indiceert dat de bodem inderdaad niet meer te voedselrijk is zodat verruiging met snelgroeïende plantensoorten is uitgebleven. De bedekking van zinkvegetatie bedraagt circa 50-65% en die van concurrentiekrachtige grassen is beperkt gebleven tot 5%. De toevoeging van zinkhoudend bodemmateriaal aan 6 van de 24 deelproefvlakken geeft geen significant verschil (figuur 1).

Opvallend is dat door de winteroverstroming van november 2010 in een aantal proefvlakken

zand is afgezet waardoor het oppervlak aan kale bodem in het voorjaar aanzienlijk is toegenomen ten koste van de zinkflora (zie cirkel in figuur 1). In mei 2011 was er in deze proefvlakken circa 50 % oppervlakte aan kale bodem en bedroegen de bedekkingen van de zinkflora en grassen respectievelijk 40 % en 5 % (figuur 1).

## Uitbreiding binnen zinkreservaat

In mei 2008 is het areaal voor ontwikkeling van zinkflora binnen het zinkreservaat uitgebreid door circa 1 hectare rondom de proefvlakken te plagen. Ondanks het feit dat hier lokaal minder bodem verwijderd is, en de fosfaatbeschikbaarheid op die locaties dan ook hoger is dan in de proefvlakken (mediane waarde= 1000 µmol/gram droge bodem), ontwikkelt de zinkvegetatie zich tot op heden goed. Het zal van belang zijn dat de vegetatie jaarlijks gemaaid en afgevoerd wordt om verruiging te voorkomen. Dit mede doordat er nog steeds veel bladinvall van populieren (zeer rijk aan fosfaat en zeer makkelijk afbreekbaar) plaatsvindt. Deze mochten om cultuurhistorische redenen niet gekapt worden. Tweejaarlijkse opnamen van de vegetatie in permanente vlakken tonen aan dat de zinkvegetatie zich gestaag ontwikkeld heeft. In mei 2011 was er in deze permanente vlakken nog 64 % oppervlakte aan kale bodem en bedroegen de bedekkingen van de zinkflora en grassen respectievelijk 24 % en 7 % (foto 1).

## Uitbreiding buiten het zinkreservaat

Bodemanalyses hebben aangetoond dat buiten het zinkreservaat de metaalgehalten vaak ook nog voldoende hoog zijn, maar dat de bodem vaak wat sterker gebufferd is. Dit houdt in dat de zinkbeschikbaarheid in de bodem lager is. Hierdoor kunnen concurrentiekrachtigere plantensoorten met een lage zinktolerantie de zinkflora verdringen. In april 2011 is een experiment ingezet op een grasland van Stichting het Limburgs Landschap (grasland ter hoogte van locatie 1 in figuur 2) waarbij onderzocht wordt of een kunstmatige lichte ontkalking van de bodem, al dan niet in combinatie met het verwijderen van fosfaat via plagen, kan bijdragen aan herstel van de zinkflora. De eerste resultaten van een kasexperiment, uitgevoerd met bodemmateriaal van dit grasland, wijzen erop dat kunstmatig ontkalken van een bodem positief uitwerkt op de groei van zinkflora indien de fosfaatbeschikbaarheid niet te hoog is (want in dat geval is er nog steeds sterke groei van metaaltolerante grassen). Als het veldexperiment ook positief uitpakt, worden mogelijk ook hier herstelmaatregelen voor de zinkflora uitgebreid.

## Overstromingen van de Geul

De Geul heeft op 13 en 14 november 2010 een

grote hoeveelheid water te verwerken gekregen. Bij het meetstation Hommerich werd een afvoerpiek van 35,8 m<sup>3</sup>/s gemeten (die doorgaans 1 maal in de tien jaar voorkomt). Dit leidde tot overstroming van de uiterwaarden, waardoor op een aanzienlijke oppervlakte, in en nabij het zinkreservaat, zand is afgezet. In de meeste gevallen is een relatief dun zandlaagje van maximaal 2 cm afgezet, maar plaatselijk zijn ook dikkere zandpakketten van 10 tot 50 cm afgezet (figuur 2, foto 2).

Analyses van het materiaal verzameld op tien locaties toont dat het afgezette zand sterk gebufferd is met een hoge concentratie aan calcium (grotendeels in de vorm van calciumcarbonaat). Het zand bevat in het meest gunstigste geval nog maar net voldoende zink. Door de hoge buffercapaciteit is de pH van het bodemvocht zeer hoog, waardoor de concentratie vrij zink in het bodemvocht (Zn-H<sub>2</sub>O) te laag is voor ontwikkeling van zinkflora.

De bodems van graslanden in het Geuldal zijn doorgaans zeer rijk aan ijzer (300-400 µmol per gram droge bodem). Hierdoor speelt de adsorptie van zink aan ijzer(hydr)oxiden, naast vorming van zinkcarbonaat, een belangrijke rol in de zinkbeschikbaarheid van de bodem. De binding van zink aan ijzer(hydr)oxiden is pH afhankelijk en neemt toe met een hogere pH. Bij een pH van 4 is de binding van zink minimaal terwijl bij een pH van 7 al het zink in de bodem gebonden is aan ijzer en daarmee in principe onoplosbaar is.

Naast een lage zinkbeschikbaarheid is het zand

vaak dusdanig rijk aan fosfaat dat in het gunstigste geval enkel sterk vergraste zinkflora zal kunnen ontwikkelen.

### Zaden in rivierzand

Naast een ongunstige chemische samenstelling hebben kweekproeven met het zand aangetoond dat het relatief veel kiemkrachtige zaden bevat van planten kenmerkend voor relatief voedselrijkere en gebufferde bodemcondities, terwijl het nagenoeg geen (kiemkrachtig) zaad bevat van de zinkvegetatie. Er kwam slechts op één van de tien locaties één blaassilene tot ontwikkeling waarvan niet bekend is of dit de zinkvariant betrof (tabel 1). In met name geplagde delen van het zinkreservaat is over een redelijke oppervlakte een dun zandlaagje afgezet (0-2cm). In mei 2011 is gebleken dat de zinkflora zich kan herontwikkelen van onder een dun zandlaagje. Echter, op een locatie waar zeer lokaal een dikkere zandlaag was afgezet domineerde de reuzenbalsemien (zaad afkomstig uit het afgezette zand) en kon de onderliggende zinkflora zich (in eerste instantie) niet herontwikkelen (foto 3). In augustus 2011 stond op deze locatie de reuzenbalsemien massaal in bloei.

De chemische samenstelling en de samenstelling van de zaadbank van het zand dat tijdens hoogwater wordt afgezet in de graslanden van de Geul, indiceren dat huidige overstromingen met Geulwater waarschijnlijk een ongunstig effect hebben op de ontwikkeling van de

zinkflora. In het verleden, toen de mijnen in België nog actief waren, waren overstromingen juist gunstig. Het verse mijnslib dat tijdens hoogwater werd afgezet in de graslanden was niet alleen rijker aan metalen (zink, lood en cadmium), maar had ook een sterk verzurende werking op de bodem door de aanwezigheid van reactieve ijzer-sulfiden (onder andere pyriet) in het mijnslib. Oxidatie van ijzer-sulfiden leidt tot zuurproductie, hetgeen kan leiden tot bodemverzuring. Tegenwoordig wordt door de Geul geen mijnslib, maar enkel nog bodemmateriaal afgezet dat door erosie van bovenstroomse graslanden in de Geul is terecht gekomen. Ijzer-sulfiden die aanwezig zijn in ijzererts en mijnslib, en in het verleden zijn afgezet, zijn door de jaren heen blootgesteld aan zuurstof waardoor ze inactief zijn geworden en niet meer verzurend werken.

Hoge waterstanden in de Geul bedreigen de zinkflora tevens doordat ze leiden tot afkalven van bodem op de laatste groeiplaats van zinkvegetatie in het zogenaamde zinkreservaat (foto 4). Dit zinkreservaat bevindt zich op de bovenrand van een buitenbocht. Met de huidige snelheid van afkalving is voorspeld dat als gevolg van die meandering binnen enkele decennia de hele populatie zinkviooltjes in de rivier zal verdwijnen.

### Beheer en toekomstige herstelmaatregelen

De huidige ontwikkeling van de zinkflora in het zinkreservaat toont aan dat de zinkflora snel

**3** Situatie in het zinkreservaat op april 2011. Op locaties waar dunne zandlaagjes zijn afgezet kan de zinkflora zich weer ontwikkelen in het voorjaar, terwijl op dikkere zandlaagjes planten zijn gaan domineren waarvan het zaad afkomstig is uit het zand (in dit geval de reuzenbalsemien).

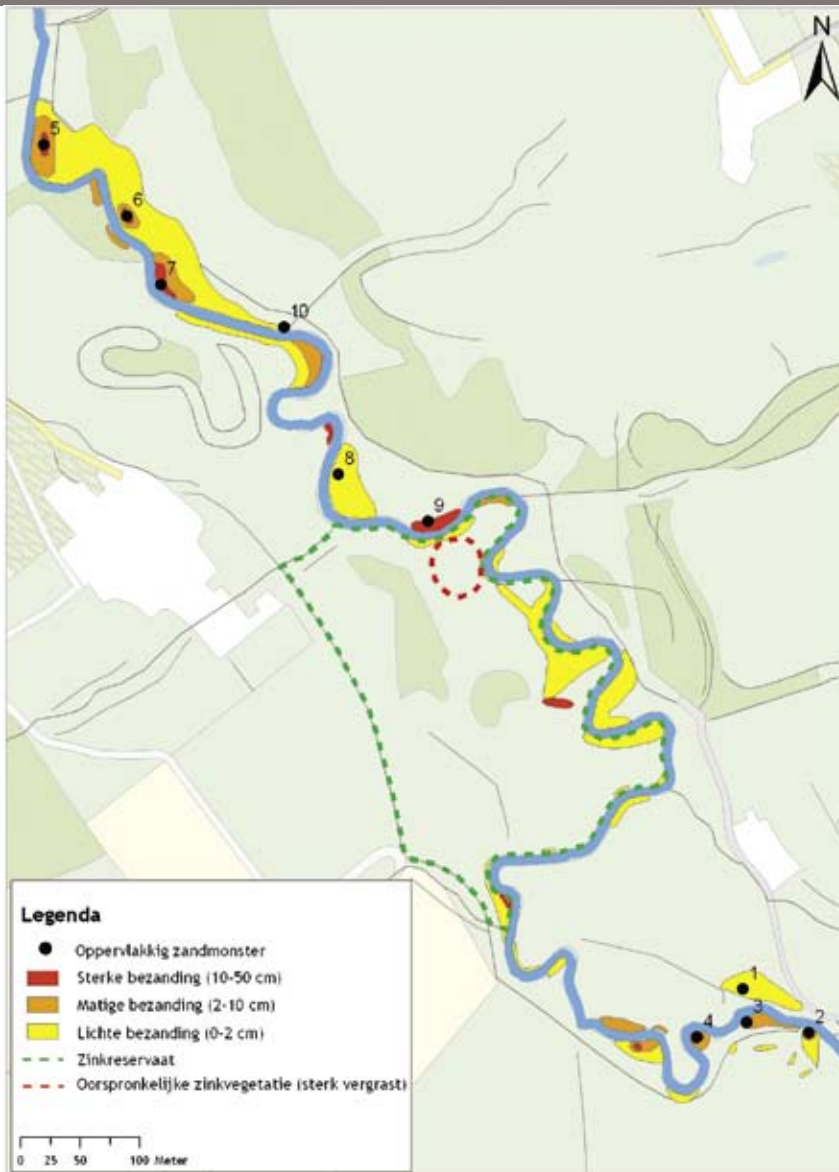
foto Esther Lucassen



**4** Overstromingen leiden tot het afzetten van dunne zandlaagjes en tot afkalving in het zinkreservaat.

foto Evis Verbaarschot





**Figuur 2** Zandafzetting in graslanden langs de Geul (tussen Epen en Cottesen), ten gevolge van overstromingen in november 2010. Binnen de rode stippe lijn bevindt zich een gebied wat relatief hoog ligt en waar de zinkflora zich het langst gehandhaafd heeft.

reageert op genomen herstelmaatregelen waarbij de met fosfaat en calcium verrijkte toplaag van de bodem verwijderd wordt. De metingen aan het zand, dat tijdens de overstromingen in november 2010 is afgezet in graslanden langs de Geul, laten zien dat afgezet zand een ongunstige werking kan hebben op de zinkflora omdat de toplaag van de bodem sterker gebufferd wordt en de fosfaatconcentratie doorgaans nog steeds te hoog is. Het zal niet geheel toeval zijn dat het gedeelte van het zinkreservaat waar de zinkflora zich het langst gehandhaafd heeft, circa 0,5 meter hoger ligt dan de rest van het terrein en een relatief lage pH heeft (pH 5,0-6,0). Overstromingen vergelijkbaar met die van november 2010 kunnen, met een voorspelde herhalingsperiode van 1:10 jaar, de bovenste 10 tot 20 cm van de bodem drastisch veranderen in enkele decennia. In de geplagde terreinde-

len stroomt het water langzamer waardoor bezinking van zand gestimuleerd wordt. Voor de duurzaamheid van de herstelmaatregelen zou het een meerwaarde kunnen zijn, indien er bij de keuze van gebieden die in aanmerking komen voor herstel van zinkflora rekening gehouden kan worden met de hoogteligging en dus de potentiële overstromingsfrequentie van een gebied.<

*E.Lucassen@b-ware.eu*

Rapport OBN146-HE Herstelbeheer en (her)ontwikkeling van zinkvegetaties is te downloaden via [www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl) en te bestellen via [algemeen@boschap.nl](mailto:algemeen@boschap.nl)

Nederlandse naam	Categorie
Akkerdistel	1
Bijvoet	1
Blaartrekkende boterbloem	1
Blaassilene	1
Bosmuur	1
Boterbloem	2
Dagkoekoeksbloem	1
Dolle kervel	2
Doornzaad	1
Duizendblad	1
Geordhelmkruid	3
Gestreepte witbol	2
Gewone raket	1
Gewone vogelmuur	2
Glad walstro	1
Grootwarkruid	2
Grote weegbree	1
Hop	1
Klaver	1
Kleefkruid	2
Kleine brandnetel	4
Kleine veldkers	1
Klimopereprijs	1
Koninginnekruid/leverkruid	1
Koolzaad	1
Korrelganzenvoet	2
Kropaar	2
Kruipende boterbloem	2
Look-zonder-look	2
Perzikkruid	2
Pinksterbloem	2
Reuzenbalsemien	2
Ridderzuring	4
Ruw beemdgras	3
Scherpe boterbloem	2
Smalle weegbree	3
Stinkende gouwe	1
Tomaat	1
Varkensgras	1
Waterpeper	2
Wilgenroosje	1
Zandmuur	1

**Tabel 1** Lijst van plantensoorten die onder laboratoriumcondities zijn gekiemd uit het afgezette zand verzameld op de locaties 1 t/m 10 (ligging zie figuur 2) in januari 2010. De categorie-indeling is gebaseerd op gemiddelde aantallen (n=10) per 0,12 m<sup>2</sup> uitgespreid zand: 1= 0-1 plant; 2= 2-5 planten; 3= 6- 10 planten; 4= 11-20 planten; 5= meer dan 20 planten. Blaassilene: dit betreft mogelijk de zink-variant.