



ALTERRA

WAGENINGEN UR

# Cadmium en zink in bodem en gras in natuurterreinen in de Kempen

Onderzoek naar de kwaliteit van bodem en gras in Plateaux, Kettingdijk en het Dommeldal

R.P.J.J. Rietra  
P.F.A.M. Römken



Alterra-rapport 1497, ISSN 1566-7197





Cadmium en zink in bodem en gras in natuurterreinen in de Kempen



# **Cadmium en zink in bodem en gras in natuurterreinen in de Kempen**

**Onderzoek naar de kwaliteit van bodem en gras in Plateaux, Kettingdijk en het Dommeldal**

**R.P.J.J. Rietra  
P.F.A.M Römken**

**Alterra-rapport 1497**

**Alterra, Wageningen, 2007**

## REFERAAT

R.P.J.J. Rietra en P.F.A.M Römken, 2007. *Cadmium en zink in bodem en gras in natuurterreinen in de Kempen. Onderzoek naar de kwaliteit van bodem en gras in Plateaux, Kettingdijk en het Dommeldal*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1497. 35 blz.; 3 fig.; 5 tab.; 12 ref.

Op elf hooi- en graslandjes op terreinen van Natuurmonumenten in de Kempen is in juni en september 2006 de bodem en het gras bemonsterd. In oktober 2006 zijn daarnaast tien graslandpercelen nabij de Dommel bemonsterd. Vergelijking met gegevens van het eerder uitgevoerde onderzoek bij agrarisch grasland in de gemeente Cranendonck in 2003 toont aan dat de opname van cadmium en zink in natuurterreinen niet systematisch afwijkt van die in agrarisch beheerde graslanden in de Kempen. De gehalten aan cadmium en zink in het gras uit de natuurterreinen lagen in dezelfde orde van grootte als die in de landbouwpercelen. Wel was de pH in de natuurterreinen ongeveer een halve eenheid lager. Mede daardoor lag het gemiddelde cadmium- en zinkgehalte iets hoger, maar (gemiddeld) nog steeds ruim onder de veevoedernorm. Alleen in twee sterker vervuilde locaties waar vervuild slib uit de Dommel is afgezet, lag het cadmium- (en zink) gehalte in gras boven de veevoedernorm. De relatie tussen bodem en gewas voor cadmium bleek in het onderzoek uit 2006 slechts in beperkte mate overeen te komen met die uit 2003. Voor zink daarentegen kunnen de gehalten in het gewas redelijk tot goed voorspeld worden met de bestaande bodem-plant relatie. De verschillen in gewassamenstelling, de mate van uitdroging of ouderdom van het gras, en de variatie tussen jaren en percelen is kennelijk van grote invloed op de uiteindelijke bodem – plant relatie, zeker voor cadmium. Risico's voor grazend vee (accumulatie van metalen in de organen) in deze natuurterreinen zijn echter beperkt en niet anders dan in de eerder onderzochte landbouwkundig beheerde percelen.

Trefwoorden: cadmium, lood, zink, gras, Kempen, Valkenswaard, Weert.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl). Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie [www.boomblad.nl/rapportenservice](http://www.boomblad.nl/rapportenservice)

© 2007 Alterra  
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Probleemstelling	11
1.2 Achtergrond	11
1.3 Projectdoelstelling	12
2 Materiaal en methoden	15
2.1 Bemonstering deelonderzoek 1	15
2.2 Bemonstering deelonderzoek 2	17
2.3 Chemische analyses	17
3 Resultaten en discussie	19
3.1 Zware metaalgehalten in bodem	19
3.2 Zware metaalgehalten in gras	21
3.3 Tijdstip van bemonstering	22
3.4 Relatie bodem-gras	23
4 Conclusies	27
Literatuur	28
Bijlage 1 Cadmium- lood en zinkgehalten in bodem en gewas	29
Bijlage 2 Foto's van bemonsterde locaties	31
Bijlage 3 Schets van bij Onderzoek 2 bemonsterde locaties (percelen nabij de Dommel)	35





## Woord vooraf

Vanwege de verhoogde gehalten aan cadmium (en andere zware metalen als zink en lood) in de bodem in de Kempen is de blootstelling van runderen aan vooral dit metaal hoger dan op andere plaatsen in Nederland. De hogere cadmiumgehalten in de bodem leiden tot verhoogde gehalten in veevoer (gras) wat samen met de inname van grond tot een verhoogde kans op overschrijding van de normen in orgaanvlees leidt.

Eerder uitgevoerd onderzoek in een aantal natuurterreinen langs de Dommel (Malpiebeemden) laat zien dat de cadmium-, zink- en loodgehalten in bodem en gras extreem hoog kunnen zijn. Zeker in die gebieden langs de Dommel waar sediment is afgezet. De vraag was dan ook in hoeverre deze verhoogde gehalten in andere, minder sterk beïnvloede delen van natuurterreinen in het Dommeldal vóórkomen en in hoeverre dat wellicht ook leidt tot verhoogde gehalten in gras.

Uit het eerder uitgevoerde onderzoek blijkt ook dat de pH (zuurgraad van de bodem) van invloed is op de opname van cadmium (en zink) door gras. Wanneer landbouwkundig beheerd grasland omgezet wordt in natuurlijk beheerd grasland (in eigendom van Natuurmonumenten) bestaat de kans dat daardoor de pH op termijn daalt. Deze lagere bodem pH kan daarom bijdragen aan een hogere opname door het gras. De vraag is dus in hoeverre natuurlijk beheerde graslanden nu al een lagere bodem pH hebben en of dat aantoonbaar leidt tot een te hoge opname van metalen door gras.

Om beide vragen te kunnen beantwoorden is in opdracht van Actief Bodembeheer de Kempen onderzoek gedaan in een 10-tal terreinen langs de Dommel en een 10-tal terreinen die niet direct door de Dommel beïnvloed zijn, maar die naar verwachting al wel een lagere bodem pH hebben.

Bij het selecteren van de percelen is medewerking verleend door Natuurmonumenten. Daarbij danken wij de heer Joosten, Hendriks en Huibers bij het aanwijzen van de onderzoekslocaties (percelen in Dommeldal, Plateaux en Kettingdijk).



## Samenvatting

In 2006 zijn in opdracht van projectbureau Actief Bodembeheer de Kempen de cadmium-, zink- en loodgehalten in de bodem en het gras van een aantal percelen in drie natuurterreinen onderzocht. De drie terreinen bevatten graslandpercelen die beheerd worden door de Vereniging van Natuurmonumenten via begrazing en maaien. Uitgangspunt voor een verantwoord beheer is dat het maaisel dient te voldoen aan de geldende veevoedernormen met betrekking tot zware metalen. In eerder onderzoek in de Kempen is namelijk gebleken dat de cadmium- en zinkgehalten in gras hoger zijn dan die in de rest van Nederland. Veevoedernormen worden echter maar in beperkte mate overschreden (voor cadmium en zink). Alleen in percelen die vlak bij de zinkverwerkende industrie (Budel) liggen, zijn soms gehalten aan cadmium en zink gemeten die licht boven de norm (1 à 2 keer de gewasnorm) liggen.

Onderzoek in het natuurgebied Malpiebeemden toonde echter aan dat in sterk verontreinigde overstromingsgebieden langs de Dommel gewasnormen wel veelvuldig overschreden werden (Römken et al., 2006). In het onderhavige onderzoek zijn aanvullende metingen gedaan in vergelijkbare overstromingsgebieden van de Dommel en daarnaast ook in een aantal percelen die hoger liggen en daardoor niet overstroomd worden. In die terreinen, die in veel gevallen niet meer als landbouwgronden dienen, is de verwachting, dat de pH lager is waardoor de opname van metalen mogelijk hoger is.

De gehalten aan cadmium en zink in de bodem liggen in vrijwel alle gevallen ruim onder die van de eerder in Malpiebeemden aangetroffen waarden. In twee locaties echter bleek dat de hoeveelheid cadmium en zink (en de verhouding daartussen) overeen te komen met die van Malpiebeemden. In beide gevallen lag ook het gehalte in het gewas boven de veevoedernorm (1.5 à 3 keer de norm). Blijkbaar is in deze percelen sedimentatie door de rivier opgetreden waardoor de gehalten in de bodem sterk afwijken van die in de overige niet-overstroomde percelen. Daarnaast is in 1 perceel pitrus bemonsterd. De cadmiumgehalten in pitrus liggen duidelijk hoger (boven de veevoedernorm) dan die in gras en de kruiden die in de percelen voorkomen. De gemeten gehalten in deze overige percelen komen goed overeen met die gevonden in de regulier landbouwkundig beheerde graslanden. Wel ligt de mediane waarde van de pH in de percelen aan de Dommel ongeveer 0.5 eenheid lager dan die in de regulier beheerde graslandpercelen

De pH in de percelen in Kettingdijk/Plateaux lag in dezelfde orde van grootte als die in de reguliere landbouwgronden onderzocht in 2003. Dit betekent onder meer dat de gehalten in het gewas (Kettingdijk/Plateaux) in dezelfde orde van grootte liggen als die in de regulier beheerde percelen. De lagere pH in de niet-overstroomde percelen langs de Dommel had tot gevolg dat de gewasgehalten aan zink en in mindere mate aan cadmium licht verhoogd waren ten opzichte van die in de Kettingdijk/Plateaux of de reguliere landbouwgronden. De gewasgehalten in alle

monsters (behalve de twee eerder genoemde uitzonderingen) liggen echter beneden de geldende veevoedernorm. Risico's voor de veegezondheid zijn op basis van deze gehalten in gewas en bodem niet te verwachten. Wel is in eerder onderzoek (Römkens et al., 2007) aangetoond dat accumulatie van cadmium bij deze gehalten in bodem en gewas kan leiden tot overschrijding van de warenwetnorm in lever en nieren van runderen. Dit is overigens in de hele Kempen het geval en niet specifiek voor de hier onderzochte natuurterreinen.

# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

In 2003 is in opdracht van ABdK in de gemeente Cranendonck onderzoek gedaan naar de cadmium- en zinkgehalten in gras op landbouwbedrijven. Tevens is daarbij onderzocht of er een relatie bestaat tussen het cadmium- en zinkgehalte in bodem en het gewas, rekening houdend met verschillen in bodemeigenschappen als pH en organische stofgehalte (Rietra et al., 2004). Uiteindelijk bleek uit dat onderzoek dat het gehalte in het gewas redelijk tot goed beschreven kan worden wanneer verschillen in pH en uiteraard het metaalgehalte in de bodem meegenomen worden.

Dit onderzoek leverde een bodem-gewas relatie voor gras op die het mogelijk maakt om grenswaarden aan te geven voor cadmium- en zinkgehalten in de bodem, rekening houdend met de pH, waarboven overschrijdingen verwacht worden van de veevoedernormen. In de directe nabijheid van de zinkfabriek in Budel Dorplein liggen de cadmiumgehalten in de bodem rond de  $2 \text{ mg.kg}^{-1}$  terwijl die in gras ongeveer  $1 \text{ mg.kg}^{-1}$  op basis van droge stof bedragen.

Verwacht wordt dat in min of meer natuurlijke graslanden in Plateaux en Kettingdijk<sup>1</sup>, onder vergelijkbare omstandigheden als die in regulier beheerde graslanden, de cadmiumgehalten in het gras vergelijkbaar zijn. Als gevolg van bodemverzuring én de aanwezigheid van meer kruiden in natuurlijke graslanden kunnen de gehalten in het gras echter hoger zijn.

## 1.2 Achtergrond

De huidige data die geleid hebben tot de bodem-plant relaties zijn voor een groot deel afkomstig uit percelen die regulier beheerd worden (landbouw). Ofschoon verschillen in gewassenstelling uiteraard leiden tot andere gehalten aan cadmium in gras (zie hieronder) is het streven te komen tot een generieke bodem-plant relatie die breed toepasbaar is. Onderzoek naar de relatie in natuurterreinen moet daarom aantonen of de aldaar aangetroffen gehalten in gras inderdaad op eenzelfde manier te verklaren zijn als die in percelen onder landbouwkundig beheer.

In 2005 is mede daarom een inventariserend onderzoek uitgevoerd in min of meer natuurlijke graslanden in Malpiebeemden in gemeente Valkenswaard (Römkens et al, 2006). De bodem onder grasland in deze natuurgebieden is duidelijk verzuurd ten opzichte van die in de normale landbouwpraktijk waardoor een hogere cadmium- en zinkopname door grassen is te verwachten. De sterk verhoogde gehalten aan

---

<sup>1</sup> In dit rapport worden de namen gehanteerd van de natuurgebieden van Natuurmonumenten: Dommeldal, Plateaux en Kettingdijk. De percelen in natuurgebieden nabij de Dommel in Waalre, Borkel en Schaft, en Achterste Brug worden in dit rapport beschreven onder de naam Dommeldal, met uitzondering van die percelen die specifiek behoren tot het natuurgebied Malpiebeemden.

cadmium en zink in de bodem leidden in ieder geval tot sterk verhoogde gehalten in het gras ( $> 5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ofschoon ook de afwijkende grassamenstelling daar debet aan was.

Natuurlijke graslanden bevatten naast de grassen die normaal door agrariërs gezaaid worden namelijk ook andere kruiden. Het is bekend uit literatuur dat deze andere kruiden meer cadmium opnemen dan Engels raaigras. Wanneer runderen deze grassen samen met kruiden eten, is daardoor ook de inname van cadmium mogelijk hoger. Zeker in vergelijking met conventionele bedrijven is daardoor de gemiddelde inname hoger en bestaat de kans dat orgaanvlees niet aan bestaande normen voldoet.

### 1.3 Projectdoelstelling

In 2003 is bodem en gras bij gangbare agrarisch grasland in de gemeente Cranendonck bemonsterd, en is een bodem-plant relatie afgeleid voor cadmium en zink.

Het hier beschreven aanvullende onderzoek is onderverdeeld in twee delen. In deelonderzoek 1 worden plots in enkele hooi- en graslandjes bemonsterd op terreinen die in beheer zijn bij de Vereniging van Natuurmonumenten in de Kempen (Dommel/Kettingdijk/Plateaux). In combinatie met de gegevens van het onderzoek in de Malpiebeemden (Römkens et al., 2006) wordt vastgesteld in hoeverre de cadmium- en zinkopname in deze terreinen afwijkt van die uit eerder onderzoek aan gangbare agrarische graslanden in de Kempen.

In deelonderzoek 2 zijn daarnaast bij 10 percelen *langs of nabij* de Dommel bemonsteringen gedaan om te komen tot een beter inzicht in de gebieden met gras welke voldoen aan de norm. Deelonderzoek 2 wijkt af van deelonderzoek 1 doordat complete percelen bemonsterd zijn en niet, zoals in deelonderzoek 1, alleen plots van 20 bij 20 meter. Het doel van deelonderzoek 2 is ten eerste om te beoordelen of het gras van de percelen als geheel voldoet aan de voor gras geldende norm. De resultaten uit deelonderzoek 2 worden ook betrokken bij de andere bodem-gras gegevens om te beoordelen of de cadmium- en zinkopname in min of meer natuurlijke graslanden afwijkt van gangbaar agrarisch grasland.

Omdat het gevolgde protocol voor de bemonstering van bodem en gras in dit onderzoek hetzelfde was als in het onderzoek uit 2003, zijn de data gecombineerd om de bodem-plant relatie te verifiëren dan wel te verbeteren. Dat betekent dat daardoor de eerder gepubliceerde breed toepasbare bodem-gewas relatie voor gras aangepast wordt. Daardoor kunnen ook de adviestabellen met daarin de aanwijzingen voor landbouwers wat betreft de streefwaarde voor pH en cadmium gehalten in de bodem iets gewijzigd worden.

Het combineren van de in deelonderzoek 1 en 2 behaalde resultaten met die van eerder onderzoek heeft als voordeel dat daardoor de range aan bodemeigenschappen (onder meer pH) groter wordt. Dat betekent dat de toepasbaarheid van de bodem-plant relatie groter wordt en dat onder andere effecten van verzuring op de

voormalige landbouwpercelen voorspeld kunnen worden. Sommige percelen zijn verzuurd nadat ze 10 à 15 jaar geleden uit productie zijn genomen. Sommige percelen zijn echter nog maar kort geleden uit productie genomen terwijl andere percelen nog in normaal agrarisch beheer zijn.





## **2 Materiaal en methoden**

Er is in twee fasen onderzoek gedaan. In deelonderzoek 1, zijn grond- en grasmonsters genomen van plots van 20 bij 20 meter (0-10 cm -mv) conform voorgaande onderzoek uit 2003. In deelonderzoek 2, zijn grond- en grasmonsters onderzocht van percelen of onderdelen van percelen (zoals weergegeven in Bijlage 3). In deelonderzoek 2 zijn percelen bezocht die nabij maar niet noodzakelijk allemaal langs de Dommel liggen.

In deelonderzoek 1 bleken drie graspercelen nabij de Dommel te liggen zoals de percelen in deelonderzoek 2. In de resultaten worden deze percelen nabij de Dommel gezamenlijk aangeduid alhoewel ze dus uit twee deelonderzoeken afkomstig waren. De gebruikte naamgeving is gebaseerd op de ligging van de bemonsterde percelen. In Tabel 1 en Bijlage 1 zijn alle percelen benoemd.

### **2.1 Bemonstering deelonderzoek 1**

In het eerste onderzoek is een beperkt aantal percelen bemonsterd op drie terreinen van Natuurmonumenten: Dommeldal (in onderzoek 1 alleen locaties in de gemeente Veldhoven en de gemeente Bergeijk), Kettingdijk (gemeente Weert) en Plateaux (gemeente Valkenswaard en gemeente Bergeijk). In tabel 1 staat een overzicht van de onderzochte locaties van zowel deelonderzoek 1 als onderzoek 2.

Op basis van een telefonisch gesprek met de beheerders is achterhaald wat het huidige beheer is in Kettingdijk en Plateaux om zodoende verschillende typen grasland te bemonsteren. Er zijn drie typen beheer: conventioneel landbouwbedrijf, maaien (1 of 2 maal per jaar), en seizoensbegrazing. Om een inschatting te maken van de huidige kwaliteit van het begraasde en gemaaide gras is de volgende bemonstering uitgevoerd:

1. Conventioneel bedrijf: geen bemonsteringen. Om risico's in te schatten kunnen later alsnog bodemmonsters genomen worden en via bodemgewastabellen risico's geschat worden.
2. Maaien: bemonsteren van bodem en alle grassen en kruiden op enkele locaties omdat hier de hoogste cadmium- en zinkgehalten verwacht worden. Bij twee keer maaien per jaar ook twee keer bemonsteren.
3. Seizoensbegrazing: bemonsteren van selectie van grassen welke door koeien begraasd worden (raaigras, timothee en klaver).

Tabel 1 Overzicht van te bemonsteren percelen en aantal monsters. De naamgeving van de gebieden zijn de namen van Natuurmonumenten. Vanwege de verspreide ligging van de percelen in Dommeldal is tevens een nabij gelegen plaats genoemd (Waalre, Borkel en Schaft, Achterste Brug).

Onderzoek	Naam gebied	Naam/code	huidig beheer	aantal			
				ha	tijd	gewas	grond
1	Dommeldal Waalre	9 H			1	2	2
1	Dommeldal Waalre	9 E			1	2	2
1	Dommeldal Waalre	11 B			1	2	2
1	Kettingdijk	24 B	Begraasd	4	1	2	2
1	Kettingdijk	24 H	maaïen(dotterbloem)	3	1	2	2
1	Kettingdijk	24 B	Begraasd	10	1	2	2
1	Plateaux	06 F12 04	maaïen (2x per jaar)	2	2*	4	2
1	Plateaux	06 F15 04	maaïen(dotterbloem)	5	2*	4	2
1	Plateaux	06 M5	Begraasd	1	1	2	2
1	Plateaux	10 L	Begraasd	3	1	2	2
1	Plateaux	11K	Begraasd	3	1	2	2
2	Dommeldal Waalre	7F01			1	1	1
2	Dommeldal Borkel en Schaft	3b			1	1	1
2	Dommeldal Borkel en Schaft	3e			1	1	1
2	Dommeldal Achterste Brug	9b			1	1	1
2	Dommeldal Achterste Brug	9a4			1	1	1
2	Dommeldal Achterste Brug	9a1			1	1	1
2	Dommeldal Achterste Brug	9d			1	1	1
2	Dommeldal Achterste Brug	8a			1	1	1
2	Dommeldal Achterste Brug	1a1			1	1	1
2	Dommeldal Achterste Brug	1b1			1	1	1

\*bemonstering op twee verschillende tijdstippen (voor en na 1<sup>e</sup> keer maaïen) omdat op deze percelen 2 maal per jaar gemaaid kan worden.

Het bemonsteringsprotocol is eerder beschreven in Rietra et al. (2004). In een perceel wordt een plot van 20 x 20 m (dus niet het hele perceel!) steekproefsgewijs bemonsterd. Dit heeft als voordeel dat de monsters systematisch verkregen worden en dat de variabiliteit van de bodem en gewasmonsters mogelijk geringer is dan wanneer mengmonsters van een heel perceel genomen worden. Zeker wanneer het doel is een bodem–plant relatie op te stellen is het streven om de omvang van de monsterplek zo klein mogelijk te houden. Het gaat immers om na te gaan hoe groot de invloed van de bodemchemische condities op 1 plek is op het uiteindelijke gehalte in een plant. Indien nu bodemmonsters van een groot oppervlak (met mogelijk sterk wisselende bodemeigenschappen) in 1 monster komen, betekent dit dat de relatie tussen bodem en gewas wellicht niet meer zo duidelijk is. Uit eerder onderzoek bleek namelijk al dat dit verband tussen bodem en gewas zeker niet lineair is, waardoor het mengen van bodem (en gewas) monsters vrijwel altijd leidt tot een minder duidelijke relatie tussen beide.

Daarnaast bleek uit het onderzoek in Malpiebeemden dat het noodzakelijk was om duplo monsters te nemen vanwege de kans op uitschieters en de enorme variatie op kleine afstand (< 5 meter). Daarom zijn telkens duplomonsters van de plots uit deelonderzoek 1 genomen.

## 2.2 Bemonstering deelonderzoek 2

Zowel bodem- als grasmonsters zijn genomen van tien percelen nabij de Dommel in de gemeenten Valkenswaard en Veldhoven. De onderzochte percelen zijn in beheer of eigendom van Natuurmonumenten. De te bemonsteren percelen zijn aangewezen door de opdrachtgever. In deelonderzoek 2 zijn ondanks de eerder genoemde mogelijke nadelen van de bemonstering op perceelsniveau, toch mengmonsters van het hele perceel genomen. Dit is vooral gedaan omdat deze percelen gemaaid worden en het gras als partij aan dieren gevoerd wordt. De invloed van variatie binnen de partij is daarmee geringer. Dat betekent wel dat deze gegevens mogelijk minder geschikt zijn om de bodem-plant relatie te toetsen dan wel te verbeteren.

Een mengmonster van grond is gemaakt van 20 steken verspreid over het hele perceel. Op diezelfde wijze is een mengmonster van gras samengesteld. De deelmonsters van gras en grond zijn op dezelfde plekken bemonsterd. Daar waar het percelen betreft die deels wel eens overstroomd is alleen het nooit overstroomde deel bemonsterd. De hiervoor benodigde beoordeling van de percelen (ingetekende kaartjes waarop aangegeven is welk deel wél en welk deel nooit overstroomd) is gemaakt onder verantwoordelijkheid van projectbureau Actief Bodembeheer. Op basis van dergelijke kaarten kan de beheerder kiezen om bepaalde (delen van) percelen wel of niet te verhuren voor begrazing door vee of voor het maaien van gras. De percelen zijn in Bijlage 1 van dit rapport weergegeven met de code van de overzichtkaartjes van Natuurmonumenten en door de coördinaten van een positie ergens in het midden van het perceel.

## 2.3 Chemische analyses

De gebruikte analysemethoden komen overeen met eerder onderzoek (Rietra et al., 2004) behalve dat geen cadmium, lood of zink in het  $\text{CaCl}_2$  extract is bepaald. Analyses uitgevoerd aan de grondmonster zijn:

- pH in het  $\text{CaCl}_2$  extract,
- organische stofgehalte,
- 0.43 M  $\text{HNO}_3$  extraheerbaar Cd, Pb en Zn.

In de grasmonsters zijn Cd, Pb en Zn evenals het droge stofgehalte van het grasmonster bepaald. De gebruikte methoden zijn gegeven in Tabel 2. De analyses zijn uitgevoerd op het Chemische en Biologische Laboratorium van de Wageningen Universiteit.

Tabel 2 Uitgevoerde analyses aan grond- en gewasmonsters

Materiaal	Verrichting/onderzoeksmethode	Intern referentie nummer laboratorium	Referentie naar RvA Q= geaccrediteerd
grond	drogen 40°C en zeven (2 mm)		
grond	Bepaling van organische stof middels gloeiverlies (gravimetrische)	E0100	Q
grond	Extractie 0.01 M CaCl <sub>2</sub> Bepaling pH	E0106	
grond	Extractie 0.43 M HNO <sub>3</sub> ICP-AES Zn ICP-MS Cd, Pb	E1350	
gewas	drogen 70°C, malen sub-bemonsteren		
gewas	drogestofbepaling (vers → 105°C)	E0005	
gewas	destructie HNO <sub>3</sub> /HF/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (magnetron)		
	bepaling ICP-AES Zn	E1310	Q
	bepaling ICP-MS Cd, Pb	E1320	

### 3 Resultaten en discussie

#### 3.1 Zware metaalgehalten in bodem

In Tabel 3 staat een overzicht van de aangetroffen gehalten aan zware metalen, organische stof en pH. Naast de data uit dit onderzoek staan ter vergelijking ook die uit het landbouwkundig onderzoek (Alterra-rapport 974) en die uit het onderzoek in Malpiebeemden (Alterra-rapport 1299) in deze tabel.

Tabel 3 Kenmerken van bodem en de metaalgehalten in de bodem in vier deel onderzoeken (minimum, mediaan en maximum)

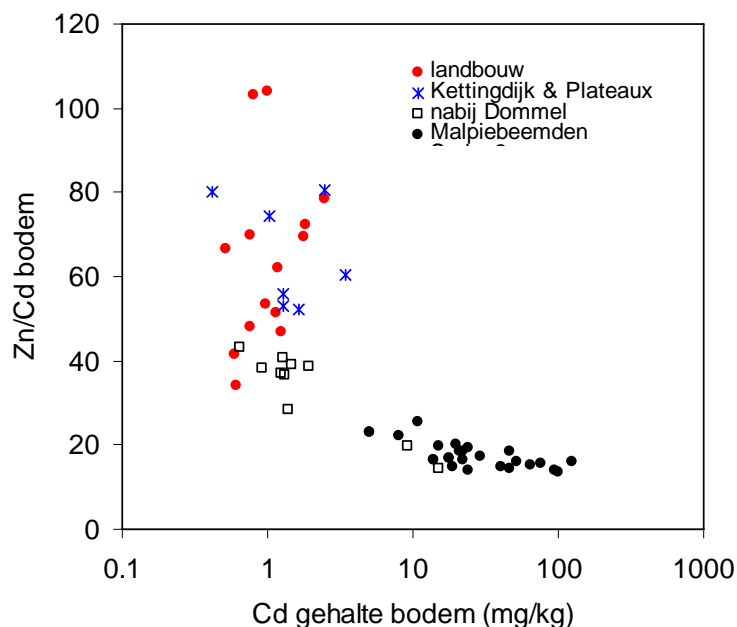
Gebied	Bodemeigenschappen		metaalgehalte bodem (0.43 M HNO <sub>3</sub> )		
	pH	% org stof	Cd	Pb	Zn
Percelen nabij de Dommel (n=13); deelonderzoek 2 (n=10) en 3 locaties uit deelonderzoek 1					
min	4.2	3.3	0.43	16	23
mediaan	4.5	4.8	1.29	35	47
max	5.0	16.6	15.1	94	214
Kettingdijk/Plateaux (n=7); uit deelonderzoek 1					
min	4.7	3.4	0.42	11	34
mediaan	5.1	5.4	1.28	28	74
max	5.6	12.2	3.62	102	211
Agrarische grasland in gemeente Cranendonck (n=14)					
	4.8	2.9	0.5	18	21
	5.1	5.8	1.0	27	58
	5.6	10.1	2.5	59	196
Malpiebeemden (n=26), excl percelen buiten dalgebied					
min	4.3	3.6	5.0	31	115
mediaan	5.2	10.5	22.0	157	395
max	6.4	29.3	123.0	472	1992

Uit dit overzicht blijkt dat de gehalten aan cadmium en zink in drie van de vier onderzoeken vergelijkbaar zijn. Alleen de gehalten uit Malpiebeemden wijken sterk af van deze waarden. De cadmium- en in mindere mate zinkgehalten van de bodem in Malpiebeemden zijn extreem hoog, mediane waarden van 22 mg kg<sup>-1</sup> voor cadmium komen elders in Nederland niet voor. Ook het organische stof gehalte (mediaan 10.5 met waarden tot 30%) is beduidend hoger dan dat in de overige locaties (mediaan waarde rond 5% hetgeen normaal is voor zandgronden). Wel is de pH in de graslanden langs de Dommel (mediaan 4.5) gemiddeld iets lager dan die in de reguliere landbouwgronden en de percelen aan Kettingdijk en Plateaux (mediaan van 5.1 in beide deeldatasets).

Twee percelen langs de Dommel bevatten relatief veel cadmium (15.1 en 9.3 mg kg<sup>-1</sup>) - en zink (214 en 183 mg kg<sup>-1</sup>). Dit betreft perceel 46.6 en 46.9 (codes op kaart van

Natuurmonumenten zijn respectievelijk 9 a1 en 1 a1)<sup>2</sup>. De gemeten cadmiumgehalten zijn beduidend hoger dan die aangetroffen in de overige locaties uit de betreffende deelonderzoeken. Deze maken allemaal deel uit van het zogenaamde “depositiegebied”. Dit is een aanduiding voor dat gebied dat waarschijnlijk alleen door atmosferische depositie is beïnvloed en niet door afzetting van verontreinigd slib in beekdalen. De afwijkende zink/cadmium-verhouding (in de bodem) duidt inderdaad op een bron van cadmium (en zink) die gerelateerd is aan overstromingen van de Dommel. De data uit het onderzoek in 2003 en 2005 toonden namelijk aan dat de verhouding Zn: Cd in de bodem sterk afneemt in bodems die beïnvloed zijn door afzetting van verontreinigd slib.

In Figuur 1 zijn Zn/Cd-verhoudingen in de bodem van graslandpercelen uit dit en voorgaand onderzoek uitgezet tegen de cadmiumgehalten (bodem). Hoge cadmiumgehalten bij de eerder genoemde locaties en de locaties uit voorgaand onderzoek in natuurgebied Malpiebeemden (Alterra rapport 1299) gaan steeds gepaard met Zn: Cd verhoudingen die lager zijn dan 25. Dat betekent dat in de bodems die overstroomd zijn door de Dommel relatief veel Cd en weinig Zn zit. Deze afwijkende verhouding kan effect hebben op de opname van cadmium en dus de bodem-plant relatie omdat zink invloed heeft op de opname van Cd via plantenwortels.



Figuur 1 Relatie tussen verhouding zink en cadmium in grond (0.43 M HNO<sub>3</sub> extraheerbaar) en het cadmiumgehalte.

Uit Figuur 1 blijkt dat de twee monsterpunten uit percelen nabij de Dommel (in dit geval: Dommeldal Achterste Brug) met de afwijkend hoge Cd gehalten overeenkomen met de eerder gemeten Zn/Cd verhoudingen in Malpiebeemden. Dat suggereert dat deze gronden toch beïnvloed zijn geweest door de Dommel.

<sup>2</sup> Een overzicht van alle resultaten staat in Bijlage 1.

### 3.2 Zware metaalgehalten in gras

In tabel 4 staat een overzicht van de in deze en eerdere studies gemeten gehalten aan cadmium, zink en –deels- lood. De eerder genoemde locaties met hoge cadmiumgehalten langs de Dommel hebben hoge cadmiumgehalten in het gras (1.7 en 2.5 mg Cd.kg<sup>-1</sup> ds) en liggen daarmee boven de norm voor Cd in veevoeder (1 mg Cd.kg<sup>-1</sup> herleid tot 12% vocht, ofwel 1.1 mg Cd.kg<sup>-1</sup> ds). Een andere locatie met een hoog cadmiumgehalte in gewas is een locatie met pitrus (40.1 Kettingdijk 24 A, bij 0.45 mg Cd.kg<sup>-1</sup> in de grond bevat het pitrus 2.3 mg Cd.kg<sup>-1</sup> ds gewas). De hoge opname door pitrus is ook in het Malpiebeemden onderzoek vastgesteld (Römkens et al., 2006).

Alle andere locaties hebben cadmiumgehalten beneden de norm voor veevoeder. De grasmonsters met te hoge cadmiumgehalten (>1 mg.kg<sup>-1</sup>) hebben ook hoge zinkgehalten (>150 mg.kg<sup>-1</sup>). In geen van de monsters zijn de loodgehalten boven de daarvoor geldende norm (zie ook Bijlage 1).

Tabel 4. Overzicht van de gemeten gehalten aan cadmium, lood en zink in gras in de verschillende deelonderzoeken.

	Metaalgehalte in gras (droge stof)		
	Cd	Pb	Zn
Percelen nabij Dommel (n=13); onderzoek 2 (n=10) en 3 locaties uit onderzoek 1			
min	0.2	1.2	59
mediaan	0.3	1.9	132
max	2.5	3.2	287
Kettingdijk/Plateaux (n=7); uit onderzoek 1			
min	0.04	0.2	27
mediaan	0.2	0.5	72
max	2.3	0.8	163
Agrarisch grasland, gemeente Cranendonck (n=14)			
min	0.07	0.04	36
mediaan	0.4	0.47	113
Max	1.3	0.88	334
Malpiebeemden (n=26), overstroomde percelen			
min	0.8	0.3*	93
mediaan	5.3	1.0*	246
max	27	1.5*	760

\*bepaald aan maar 12 monsters.

De hogere opname van zink in de grasmonsters uit de percelen nabij de Dommel kan voor een deel verklaard worden door de lagere pH in de bodems van die percelen. De verschillen in de opname van cadmium zijn minder duidelijk (zie ook paragraaf 3.4).

### 3.3 Tijdstip van bemonstering

De bemonsteringen zijn afgestemd op het tijdstip waarop gemaaid is. Het doel van het onderzoek is immers na te gaan wat de kwaliteit van het gras is zoals dat aan de koeien gevoerd wordt. Omdat de gehalten gedurende de groei mogelijk veranderen (zie ook tabel 5) was het streven om de bemonstering vlak voor het tijdstip van maaien uit te voeren. In de week voordat er gemaaid is (soms enkele dagen voor het maaien, soms op dezelfde dag), zijn bodem- en grasmonsters genomen. Op enkele percelen is twee keer gemaaid. Om de kwaliteit van het gras voor beide maaisels te bepalen is op twee percelen twee keer op dezelfde plots het gras bemonsterd. De bodem is echter maar 1 keer bemonsterd omdat niet verwacht wordt dat het gehalte aan cadmium in een zo korte tijd verandert. Uiteraard heeft het weer gedurende de periode van maaien grote invloed op de groei van het gewas. In Bijlage 2 staan foto's bij beide bemonsteringen. Op 26 juni was het gras heel hoog en had het gebloeid. Op 13 september werd het gras voor een tweede keer gemaaid, en was het gras veel minder hoog.

Tabel 5 Resultaten van herhaalde bemonstering: Cd, Pb en Zn gehalten in gras ( $mg.kg^{-1}$  ds)

bemonsteringstijdstip	locatie F12 04			locatie F15 04		
	Cd	Pb	Zn	Cd	Pb	Zn
26 juni 2006	0.33	0.50	93	0.20	0.47	83
13 september 2006	0.48	0.77	125	0.63	0.81	89

In bovenstaande tabel is te zien dat het Cd, Pb en Zn gehalte van gras verschilt op de twee bemonsteringstijdstippen. Voor alle metalen was het gehalte in het gras bemonsterd op 13 september hoger dan dat geogst op 26 juni. Eerder uitgevoerde herhaalde metingen op dezelfde plek lieten geen structureel verschil zien tussen de 1<sup>e</sup> en de 2<sup>e</sup> snede gras in een veldproef (Rietra et al., 2006) in 2004 en 2005.

Ook gepubliceerde studies naar de invloed van het tijdstip van maaien geven geen eenduidig beeld. Hemkens en Kemp (1983) geven in hun onderzoek ook aan dat er een relatie lijkt te bestaan tussen het groeistadium van gras en zowel het N-gehalte als het Cd-gehalte. In deze studie daalde zowel het N gehalte als het gehalte aan cadmium in gras met het ouder worden van het gras.

Bij maandelijkse metingen aan gras vonden ze de hoogste cadmiumgehalten in gras in juli en augustus, en de laagste cadmiumgehalten de periode oktober-februari (factor 2 à 3). De cadmiumgehalten in de bodem van Hemkes en Kemp (1983) waren sterk verhoogd door bagger en de invloed van atmosferische depositie op de cadmiumgehalten zijn daarom gering. Deram et al. (2006) onderzochten de cadmiumgehalten in gras rond een zinkfabriek in Noord-Frankrijk in de eerste 6 maanden van 1996 en vonden de laagste cadmiumgehalten in de zomer en het hoogste gehalte in de winter. Brekken en Steines (2004) onderzochten grassen in natuurgebieden in Noorwegen en vonden verschillen tussen twee grassoorten in de lente, zomer en herfst, echter zonder duidelijk patroon. Schröder (2005) onderzocht Engels raaigras in de uiterwaarden en vond in november 1999 ongeveer twee keer zo hoge Cd gehalten in gras dan in juni 2000. Van Hooft (1995) vermeldt in zijn rapport



dat bij onderzoek aan gras gedurende de maanden juni t/m december geen van de elementen (waaronder Cd) een patroon volgt als functie van het seizoen (behalve Hg). Roberts en Longhurst (2002) beschrijven de maandelijks gemeten cadmiumgehalten van weidegras in Nieuw Zeeland en laten zien dat de variatie niet heel groot is. Het verschil tussen de hoogste en laagste gehalten zijn minder dan een factor 2, en het laagste in december-februari (zomer aldaar).

De gehalten in de grond zijn niet zo hoog dat aanhangende grond (in het algemeen 1 à 4 %) invloed kan hebben op de gehalten in de grasmonsters (een variatie van 1 à 1,5 % aanhangende grond verklaard het verschil in Pb, maar niet in Cd en Zn). Bij een verschil in grassen zou het aannemelijk zijn dat de gehalten in de kruiden hoger zijn maar bij deze bemonstering zijn specifiek alleen de voor koeien interessante grassen bemonsterd. Andere factoren die eventueel de verschillen zouden kunnen verklaren zijn: het verschil in respiratie/ouderdom van gras. De hypothese zou dan luiden dat door het warme weer het gras in juli veel meer water verdampt heeft dan in juni waardoor het gras bij oogst in september hogere cadmiumgehalten heeft ten opzichte van juni. Vanzelfsprekend is dit gerelateerd aan grasgroei. Bij sterke groei (veel verdamping maar ook een sterke groei) zou verdunning kunnen optreden bij ouder wordend gras, terwijl bij minder gunstige omstandigheden (veel verdamping maar weinig groei) de cadmiumgehalten zouden stijgen. Alleen metingen van de grasgroei gedurende het seizoen (in combinatie met gegevens over de groei en het weer) kunnen hierover uitsluitsel geven.

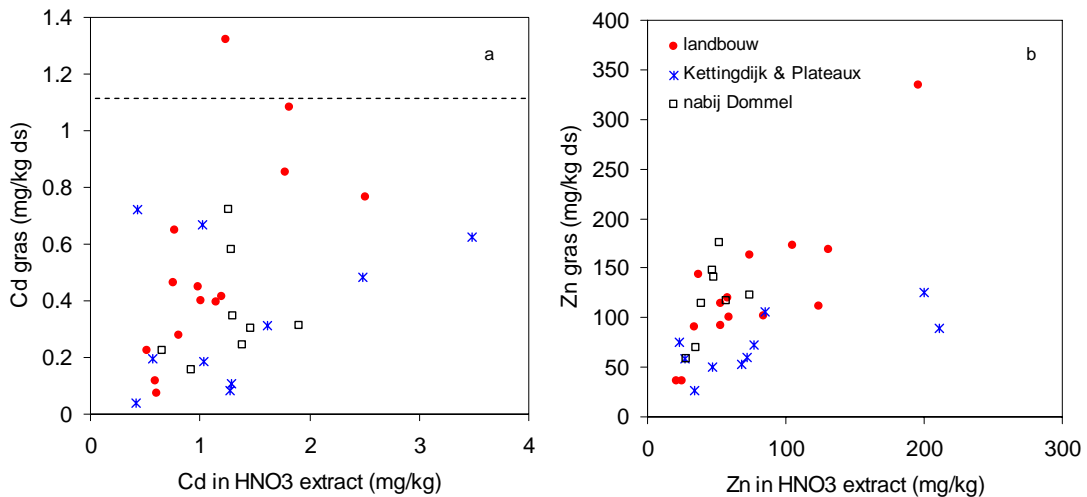
### 3.4 Relatie bodem-gras

Om te onderzoeken of er een relatie is tussen de cadmium- en zinkgehalten in gras en die in de bodem, en zo ja of die afwijkt van de eerder vastgestelde relatie bij agrarische graslanden (Alterra-rapport 974) worden in eerste instantie alleen locaties zonder aanwijsbare invloed van de Dommel bekeken. Bovendien zijn ook de locaties met pitrus uit de regressieanalyse gehaald. In totaal betreft dit de data van 3 percelen te weten perceel 40.1, 46.6 en 46.9. Dit is gedaan omdat aangetoond is dat locaties langs de Dommel afwijken van de andere bemonsteringslocaties door de hogere organische stofgehalten en hogere gehalten aan lutum (Alterra-rapport 1299). Bovendien is in eerder onderzoek gebleken dat cadmiumgehalten in pitrus hoger zijn dan in Engels raaigras. In onderstaande figuur staan daarom alleen de locaties die waarschijnlijk niet beïnvloed worden door de Dommel en de locaties waarin gras is bemonsterd (zonder pitrus).

Ofschoon uit figuur 2 blijkt dat er een relatie bestaat tussen het gehalte in de bodem en dat in het gewas is deze niet eenduidig. Dat komt omdat verschillen in zuurgraad en organische stof gehalte leiden tot een hogere of lagere opname bij verder constant gehalte in de bodem. In overeenstemming met het eerder toegepaste model wordt daarom onderstaande vergelijking gebruikt om de relatie tussen bodem en gewas te beschrijven:

$$\log[\text{Cd}_{\text{gras}}]_{\text{droog}} = \alpha + \beta \cdot \text{pH} + \gamma \cdot \log[\text{OS}] + \delta \cdot \log[\text{Cd}_{\text{bodem}}] \quad (1)$$

met daarin het cadmium- (of zink) gehalte in het gras ( $[Cd_{plant}]$  in  $mg\ kg^{-1}$  drooggewicht) als functie van de bodem pH, organisch stofgehalte (OS in %), en het cadmium- (of zink) gehalte van de bodem ( $[Cd_{bodem}]$  in  $mg\ kg^{-1}$  drooggewicht, op basis van extractie met 0.43 M  $HNO_3$ ). Dezelfde analyse is uitgevoerd voor Zn.



*Figuur 2 Relatie tussen cadmium- en zinkgehalte in gras en in bodem. Eén locatie met pitrus is weggelaten en twee locaties langs de Dommel met zeer hoge cadmiumgehalten zijn weggelaten uit de figuur (zie tekst). Het onderzoek in Kettingdijk en Plateaux is uit onderzoek 1. “nabij Dommel” zijn de percelen nabij de Dommel uit onderzoek 1 en onderzoek 2.*

Regressieanalyse op basis van de gecombineerde data, d.w.z. de oude en de nieuwe, levert echter geen betere beschrijving voor de opname van cadmium door gras op. Toevoeging van de genoemde bodemeigenschappen levert ook geen wezenlijke verbetering van de schatting van de plantgehalten op.

Gezien de spreiding in bovenstaande figuur is het logisch om de rekening te houden met de zichtbaar grote verschillen tussen de bemonsterde monsters: lang gras, of kort begrast gras (zie foto's in Bijlage 2). Alle locaties nabij de Dommel (in Figuur 2) hadden echter hoog gras en vallen in Figuur 2 niet bijzonder op zodat niet aannemelijk is dat de lengte van het gras invloed heeft op de cadmiumgehalten in gras. Wat wel opvallend is, en sterk afwijkend met de grasmonsters uit het eerdere onderzoek is het droge stofgehalte van het gras. In de gewasmonsters nabij de Dommel en van Kettingdijk/Plateaux bedroeg het gemiddelde droge stof gehalte in gras respectievelijk 26 en 27.5% met uitschieters naar 40%. Dit is veel hoger dan wat normaal in gras gevonden wordt (normaal tussen 13 en 15%). Dit geeft aan dat het gras ten tijde van de oogst in een sterk afwijkende fase van de groei (ouder) is geweest dan het geval was tijdens de eerste bemonsteringen. Of dit een reden is geweest voor het slechte verband tussen bodemeigenschappen en het gehalte in het gras is niet duidelijk, maar het is aannemelijk dat er tijdens de groei en het rijpen van het gras een herverdeling van stoffen in de plant optreedt.

Voor zink blijkt in ieder geval dat de regressievergelijking veel beter wordt indien deze op basis van het versgewicht wordt uitgevoerd. De regressiecoëfficiënten veranderen niet sterk (de coëfficiënt voor het zink gehalte in de bodem ( $\delta$  in vergelijking 1) varieert van 0.57 tot 0.66 zowel voor de hele dataset als de deeldatasets), maar de verklaarde variatie ( $R^2$ ) op basis van de hele dataset (2003 + 2006) stijgt van 50% naar 74% indien gecorrigeerd wordt voor het droge stofgehalte (daarbij zijn voor 2003 de gehalten omgerekend van droog naar vers op basis van een gemiddeld droge stof gehalte van 14%). Daarbij zijn alleen de zuurgraad en het zink gehalte in de bodem als verklarende variabelen meegenomen. De bijdrage van organische stof was niet significant.

In 2003 werd voor zink de volgende vergelijking afgeleid:

$$\text{Log}[Zn_{\text{gras}}]_{\text{droog}} = 2.98 + 0.70 \cdot \log[Zn_{\text{bodem}}] - 0.31 \cdot \log[\text{org. stof}] - 0.38 \cdot \text{pH}_{\text{CaCl}_2} \quad (2)$$

Wanneer alle gegevens gecombineerd worden en omgerekend naar vers gewicht dan blijkt de vergelijking de volgende coëfficiënten te hebben:

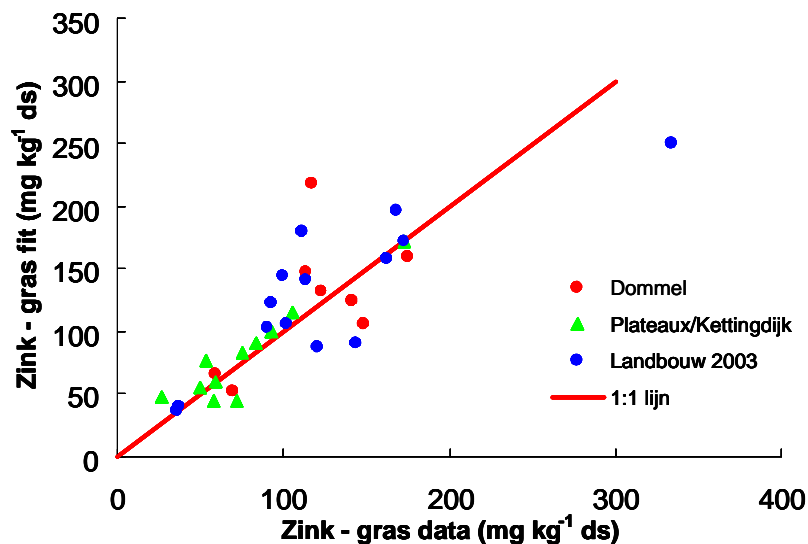
$$\text{Log}[Zn_{\text{gras}}]_{\text{vers}} = 2.41 + 0.64 \cdot \log[Zn_{\text{bodem}}] - 0.46 \cdot \text{pH}_{\text{CaCl}_2} \quad (3)$$

Het iets sterkere effect van pH is mede een gevolg van het feit dat in de gecombineerde dataset een grotere range in pH metingen aanwezig is (4.2 - 5.6) dan in de data uit 2003 (4.9 - 5.6). Blijkbaar wordt het pH effect meer uitgesproken naarmate de range in pH (en daardoor de range in het gewas) groter wordt. Verder is de constante lager, mede omdat daarin de correctie van organische stof verwerkt zit alhoewel het verschil tussen 2.98 en 2.41 iets groter is dan op basis van een mediaan gehalte van 5% verklaard wordt.

De hoge verklaarde variatie van 74% voor de gehalten aan zink in de hele dataset plus het feit dat de coëfficiënten van de deeldataverzamelingen niet wezenlijk van elkaar verschillen, suggereert dat de opname van zink in de verschillende deelstudies niet wezenlijk anders is. Voor zink blijkt zelfs de opname van de drie afwijkende punten (sediment en pitrus) redelijk tot goed voorspeld met deze ene relatie. Voor cadmium kon ook met behulp van deze correctie voor de verschillen in droge stofgehalte in het gras geen goede relatie tussen bodem en gewas afgeleid worden.

Een van de centrale vragen was of de opname van zware metalen als cadmium en zink in verschillend beheerde percelen (landbouw versus natuur, ligging in een beekdal met overstroming versus uitsluitend atmosferische depositie) wezenlijk verschilt. Voor cadmium kan deze vraag niet goed beantwoord worden. Zoals uit de data blijkt, komen de gehalten in gras in de verschillende deelstudies redelijk overeen (zie Tabel 2). Normoverschrijdingen komen alleen voor bij extremere gehalten aan cadmium in de bodem. Deze percelen zouden met zekerheid uit de gegevens van de bodemanalyse geselecteerd kunnen worden. De relatie tussen de bodem en die in het gewas voor cadmium is echter zwak, en verschilt tussen de deelverzamelingen. Verschillen in ras en stand van het gewas dragen mogelijk bij tot deze ruis.

Voor zink is dit minder het geval, de relaties tussen bodem en gewaskwaliteit zijn niet wezenlijk verschillend in de deel-datasets ofschoon er uiteraard een hoeveelheid ruis is. Wel is het zo dat verschillen in droge stofgehalte in het gras meegenomen moeten worden omdat anders de verschillen tussen deelverzamelingen (2003 versus 2006) groter worden.



*Figuur 3 Voorspelde zinkgehalten in gras op basis van pH en zinkgehalte van bodem, op basis van de gecombineerde regressievergelijking (data 2003 en 2006)*

Uit figuur 3 blijkt dat de zinkgehalten in gras in de monsters uit 2003 en 2006 goed geschat kunnen worden met een enkele vergelijking. Wel is er binnen de dataset in de percelen langs Dommel een grotere ruis te zien. Daarentegen zijn de voorspelde waarden voor Kettingdijk/Plateaux juist goed zonder veel ruis. De hoge gemeten gehalten in de afwijkende percelen kunnen redelijk geschat worden al komt de voorspelling iets te laag uit.

Voor cadmium blijkt dat de gecombineerde data niet met een enkele vergelijking te voorspellen zijn. De cadmiumgehalten in gras worden overschat op basis van de eerder gevonden bodem-gewas relatie uit het onderzoek bij agrariërs. De reden voor de slechte voorspelling voor cadmium heeft een combinatie van oorzaken. Zo spelen zowel de variatie gedurende het seizoen, tussen jaren, en mogelijk tussen grasrassen een rol. In Nieuw Zeeland is enige variatie in de cadmiumgehalten van verschillend Engels raaigrasrassen gevonden. Bij identieke bodems bleek het verschil tussen de hoogste en de laagste cadmiumgehalten zo'n factor 2 (Gray en McLaren, 2005). Er zijn weinig onderzoeken waarin verschillen tussen de jaren zijn bepaald. In het onderzoek aan gras in een veldproef (Alterra-rapport 1297) in 2004 en 2005 zijn geringe verschillen gevonden tussen beide jaren. In monitoringsonderzoek in de provincie Zuid-Holland is in drie jaren het cadmium- en zinkgehalte in gras bepaald (van der Pol et al., 2004). De cadmiumgehalten lagen echter in veel gevallen nabij of beneden de gebruikte detectiegrenzen. Voor zink konden geen systematische verschillen aangetoond worden. Tussen 1997 en 1998 bedroeg het verschil in zinkgehalte een factor 1 a 2, maar tussen 1998 en 2000 bleken de gehalten identiek te zijn.

## 4 Conclusies

- *Kwaliteit van het gras als veevoer.* Overschrijdingen van de veevoedernorm voor cadmium zijn alleen geconstateerd in grasmonsters van twee percelen langs de Dommel, Ofschoon bij de selectie gedacht werd dat deze locaties niet in het sedimentatiegebied lagen, bleek uit de verhouding tussen het cadmium- en zinkgehalte in de bodem dat deze onmiskenbaar beïnvloed zijn door afzetting van verontreinigd sediment. Deze twee locaties hebben daarom afwijkend hoge gehalten aan cadmium in de bodem ten opzicht van de andere locaties uit deelonderzoek 1 en zijn feitelijk vergelijkbaar met de locaties uit het eerder uitgevoerde onderzoek in Malpiebeemden. Het cadmiumgehalte van het “gras” van één locatie met veel pitrus in Kettingdijk overschreed ook de norm voor veevoer. Op twee locaties is de bemonstering van het gras herhaald en de aangetroffen gehalten waren in september 1.5 tot 3 keer zo hoog als die in juni (maar beneden de norm). In alle overige locaties liggen de gehalten in het gras in dezelfde orde van grootte als die op reguliere bedrijven
- *Effecten van beheer op de zuurgraad en gewaskwaliteit.* De pH in de percelen in Kettingdijk en Plateaux is ongeveer een halve eenheid lager dan die in de bodem van regulier beheerde percelen en die in de bodem van percelen nabij de Dommel. De lagere pH leidt tot lichte verhoogde (ten opzichte van de metingen in de andere gebieden) gehalten aan cadmium en zink in gras, maar niet zodanig dat daardoor de veevoedernormen overschreden worden.
- *Bodem-gewas relatie.* De relatie tussen bodem en gewas voor zink is vergelijkbaar met die eerder is afgeleid in de landbouwpercelen. Toepassing daarvan resulteert in een redelijk tot goede voorspelling van de gemeten gehalten aan zink in het gras. Wel moet daarbij gecorrigeerd worden voor het afwijkend hoge droge stofgehalte in de monsters uit 2006. Voor cadmium kon geen duidelijke verband tussen bodem en gewas bepaald worden. Toepassing van de bestaande bodem – gras relatie geeft een overschatting van de cadmiumgehalten in het gras van de hier onderzochte natuurgebieden. De variatie in de gehalten aan cadmium in het gras kon echter niet goed verklaard worden met de bestaande relatie. Blijkbaar zijn de verschillen in de opname van cadmium sterker dan die voor zink rekening houdend met verschillen in groei, gewassamenstelling en andere standplaatsfactoren.

## Literatuur

- Brekken and Steines 2004. *Seasonal concentrations of cadmium and zinc in native pasture plants: consequences for grazing animals*. Science of the Total Environment 326, 181-195.
- Deram, A., F.O. Denayer, D. Petit, and C. van Haluwyn 2006. *Seasonal variations of cadmium and zinc in Arrhenatherum elatius, a perennial grass species from highly contaminated soils*. Env. Pollution. 140, 62-70.
- Gray, C.W., and R.G. McLaren 2005. *The effect of ryegrass variety on trace metal uptake*. New Zealand Journal of Agricultural Research 48, 285-292.
- Hemkens, O.J., en A. Kemp 1983. *Cadmium, lood en koper in grond en weidegras na vijf jaar bemesting met rioolslib*. Bedrijfsontwikkeling 14, 41-44.
- Hooft, van, W.F. 1995. *Risico's voor de volksgezondheid als gevolg van blootstelling van runderen aan sporenelementen bij beweiding*. RIVM rapp.nr. 693810 001, Bilthoven
- Pol, Van der J.J.C., A.T.C. Bosveld, en N.W. van den Brink. 2004. *PIMM-Biota 2002/2003, analyses in het kader van het Provinciaal Integraal Meetnet Milieukwaliteit (PIMM) Provincie Zuid-Holland. Deelrapport 1: Zware metalen in gras en risico's voor grote grazers*. Alterra-rapport 855.1, Wageningen.
- Rietra, R.P.J.J., P.F.A.M. Römken, en J. Japenga 2004. *Onderzoek naar relatie tussen cadmium en zinkgehalte in de bodem en in het gewas in de gemeente Cranendonck*. Alterra rapport 974, Wageningen.
- Rietra, R.P.J.J., J. Japenga, L. Bouwman, en P.F.A.M. Römken. 2006. *Effect van bekalken op cadmiumopname door gewassen. Resultaten van de veldproeven in het eerste en tweede jaar*. Alterra rapport 1297, Wageningen.
- Roberts, A.H.C., and R.D. Longhurst. 2002. *Cadmium cycling in sheep-grazed hill-country pastures*. New Zealand Journal of Agricultural Research 45, 103-112.
- Römken, P.F.A.M., R.P.J.J. Rietra, en F.P. Sival. 2006. *Cadmium in bodem en het gras in het natuurgebied de Malpiebeemden. Onderzoek naar de kwaliteit van veevoer in relatie tot mogelijke gezondheidsrisico's voor grazers*. Alterra-rapport 1299, Wageningen.
- Römken, P.F.A.M., M.J. Zeilmaker, R.P.J.J. Rietra, C.A. Kan, J.C.A. van Eijkeren, L.W.D. van Raamsdonk, en J.P.A. Lijzen. 2007. *Blootstelling en opname van cadmium door runderen in de Kempen: een modelstudie*. Alterra rapport 1438, Alterra – Wageningen UR, Nederland.
- Schröder 2005. *Solid-solution partitioning of heavy metals in floodplain soils of the rivers Rhine and Meuse*. Ph.D. Thesis Wageningen University.

## Bijlage 1 Cadmium- lood en zinkgehalten in bodem en gewas

Grijs: meest relevant, **vet**: normoverschrijdingen, ( 1gehalten op basis van droge stof zijn relevant voor diervoeder ).

	bedrijf	veld	gewas	X	Y	Naam/code	bodem					gehalte gewas			gewas drogestof gehalte
							pH	org.stof %	Cd	Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	
Onderzoek 1 <sup>1</sup>	39	1	gras	157112	377434	Dommeldal Waalre 9H	5.0	6.8	1.0	33	47	0.2	0.3	50	28
	39	2	gras	157019	377645	Dommeldal Waalre 9E	4.9	4.1	0.6	18	27	0.2	0.3	58	27
	39	3	gras	157285	376711	Dommeldal Waalre 11 B	4.5	6.8	0.4	16	23	0.7	0.3	75	20
	40	1	gras/pitrus	172322	357378	Kettingdijk perc24A	4.7	6.5	0.5	11	38	<b>2.3</b>	0.8	163	33
	40	2	gras	172358	357225	Kettingdijk perc 24H	5.3	12.2	1.0	22	77	0.7	0.5	72	35
	40	3	gras	172936	357326	Kettingdijk perc24D	5.0	3.4	0.4	11	34	0.04	0.3	27	27
	41	1	gras	156111	364186	Plateaux F12 04	5.4	5.9	2.5	52	200	0.3	0.5	93	26
	41	2	gras	156105	364322	Plateaux F15 04	5.6	6.0	3.6	102	211	0.2	0.5	83	24
	41	3	gras	155940	364275	Plateaux M5	4.9	5.0	1.6	40	85	0.3	0.8	106	22
	41	4	gras	156286	365956	Plateaux 10 L	4.8	5.0	1.3	30	68	0.1	0.2	53	32
	41	5	gras	157347	365513	Plateaux 11 K	5.2	4.4	1.3	26	72	0.1	0.7	59	28
Onderzoek 2	46	1	gras	157114	378267	Dommeldal Waalre 7F01	4.9	5.0	0.7	19	28	0.2	1.2	59	19
	46	2	gras	158742	367311	Dommeldal Borkel en Schaft 3b	4.7	4.0	0.9	24	35	0.2	2.0	69	34
	46	3	gras	159329	367563	Dommeldal Borkel en Schaft 3e	4.6	4.8	1.3	35	52	0.6	1.4	175	16
	46	4	gras	158502	366790	Dommeldal Achterste Brug 9b	4.4	3.4	1.3	36	48	0.3	1.6	141	24
	46	5	gras	158456	366451	Dommeldal Achterste Brug 9a4	4.5	5.8	1.9	50	74	0.3	2.0	123	27
	46	6	gras	158547	366214	Dommeldal Achterste Brug 9a1	4.2	16.6	15.1	94	214	<b>1.7</b>	2.1	262	40
	46	7	gras	158353	365974	Dommeldal Achterste Brug 9d	4.3	4.5	1.5	37	57	0.3	2.2	117	17
	46	8	gras	158423	365499	Dommeldal Achterste Brug 8a	4.2	4.0	1.4	36	39	0.2	1.8	114	22
	46	9	gras	158657	365459	Dommeldal Achterste Brug 1a1	4.6	10.5	9.3	59	183	<b>2.5</b>	3.2	287	31
	46	10	gras	158833	365988	Dommeldal Achterste Brug 1b1	4.4	3.3	1.3	25	47	0.7	1.8	148	28
zite <sup>2</sup>	41	1	gras			Plateaux F12 04						0.5	0.8	125	34
	41	2	gras			Plateaux F15 04						0.6	0.8	89	28
							norm					1	30	150*	

norm voor veevoerders na toevoeging van Zn.

<sup>1</sup> bemonstering op 26 en 27 juni

<sup>2</sup> op twee locaties nogmaals een bemonstering op 13 september

Betreft:  
20 x 20 m  
plots

Betreft::  
percelen  
of delen van  
percelen

Betreft::  
herhalingen





## Bijlage 2 Foto's van bemonsterde locaties



39.1 27 juni 2006



39.2 27 juni 2006



39.3 27 juni 2006



40.1 27 juni 2006



40.2 27 juni 2006



40.3 27 juni 2006



41.1 26 juni 2006



41.2 26 juni 2006



41.3 26 juni 2006



41.4 26 juni 2006



41.5 26 juni 2006



41.1 1 september 2006



41.2 2 september 2006



46.1 31 okt 2006



46.2 2 nov 2006



46.3 31 okt 2006



46.4 31 okt 2006



46.5 31 okt 2006



46.6 31 okt 2006



46.7 2 nov 2006



46.8 1 nov 2006



46.9 1 nov 2006



46.10 1 nov 2006

## Bijlage 3 Schets van bij Onderzoek 2 bemonsterde locaties (percelen nabij de Dommel)

Voor codes zie Bijlage 1.

