

Achtergrondgehalten van vijftien metaalelementen in de bodem, de vegetatie en de bodemfauna van twaalf natuurgebieden in Nederland

Wei-chun Ma

H. van Wezel

D. van den Ham

RIN-rapport 92/11

570055

DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek

Arnhem

1992

IBN - DLO
Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek
Postbus 167
1790 AD DENBURG - TEXEL

IBN - DLO
Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek
Bibliotheek
Postbus 9201
6800 HB ARNHEM

R.I.N.-RAPPORT

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	5
SAMENVATTING	6
1 INLEIDING	7
2 MATERIAAL EN METHODEN	9
2.1 Onderzoekslokaties	9
2.2 Chemische analyse	9
2.2.1 Atomaire absorptiespectrofotometrie	12
2.2.2 Neutronenactiveringsanalyse	12
2.3 Bodemanalyse	12
2.3.1 pH	12
2.3.2 Granulaire samenstelling	12
2.3.3 Organisch koolstof	13
2.3.4 Basebezetting en CEC	13
2.3.5 Koolzure kalk	13
2.4 Methoden van monsternamen	13
2.4.1 Periode van bemonstering	13
2.4.2 Bemonstering van kleine zoogdieren	13
2.4.3 Bemonstering van bodeminvertebraten	14
2.4.4 Bemonstering van planten	15
2.4.5 Bemonstering van de bodem	15
2.5 Monstervoorbewerking	16
2.5.1 Voorbewerking van kleine zoogdieren	16
2.5.2 Voorbewerking van bodeminvertebraten	16
2.5.3 Voorbewerking van plantenmateriaal	16
2.5.4 Voorbewerking van bodemmateriaal	17
3 RESULTATEN EN DISCUSSIE	19
3.1 Bodem	19
3.1.1 Chemisch-fysische eigenschappen	19
3.1.2 Metaalgehalten in de bodem (AAS)	19

3.1.3 Metaalgehalten in de bodem (NAA)	23
3.2 Biota	28
3.2.1 Metaalgehalten in kleine zoogdieren (AAS)	28
3.2.2 Metaalgehalten in kleine zoogdieren (NAA)	39
3.2.3 Metaalgehalten in bodeminvertebraten (AAS)	48
3.2.4 Metaalgehalten in bodeminvertebraten (NAA)	52
3.2.5 Metaalgehalten in vegetatie (AAS)	56
3.2.6 Metaalgehalten in vegetatie (NAA)	58
 4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	 65
 5 DANKWOORD	 66
 LITERATUUR	 67

VOORWOORD

Informatie over de gehalten van stoffen in het milieu, mits bepaald met behulp van een goed gedefinieerd biomonitoring programma, is beleidsmatig van groot belang. Vanuit milieuhygiënisch oogpunt is het immers noodzakelijk om trends in de belasting van het milieu met toxische stoffen op adequate wijze te signaleren en verontreinigingssituaties en genomen beleidsmaatregelen te evalueren en te controleren.

Het hier gerapporteerde onderzoek richt zich op de natuurgerichte biomonitoring van stoffen in terrestrische ecosystemen. Daartoe zijn oriënterende metingen verricht aan de achtergrondgehalten van metaalelementen in de bodem en in biotische componenten binnen een samenhangend voedselketensysteem. De gehanteerde onderzoeksmethodieken zijn bruikbaar voor de implementatie van meer gedetailleerde natuurgerichte biomonitoring programma's.

Het onderzoek draagt bij aan de onderbouwing van natuurgerichte normen en streefwaarden en daarmee aan de realisatie van doelstellingen van het milieubeleid en het natuurbeleid ten aanzien van, respectievelijk, de algemene en de bijzondere milieukwaliteit. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Directie NBLF van het ministerie van LNV.

De directie

SAMENVATTING

Het rapport betreft een eerste oriënterend onderzoek naar de huidige achtergrondgehalten van metaalelementen in natuurlijke terrestrische milieus in Nederland met aandacht voor de methodologische aspecten van de natuurgerichte biomonitoring. In het onderzoek is een breed scala van algemeen in Nederland voorkomende bodemtypen opgenomen met daarin zowel zandige, kleihoudende als venige gronden. Bij de monsternamen van de biota is gekozen voor het principe van doorgifte van stoffen in voedselketens. Daartoe is gekozen voor bodembewonende soorten van kleine zoogdieren zoals de Bosspitsmuis, de Bosmuis en de Aardmuis als vertegenwoordigers van primaire en secundaire consumenten. Behalve in organen van deze dieren zijn metingen verricht in voedselcomponenten bestaande uit planten, zoals grassen en kruiden, en prooidieren, zoals loopkevers, spinnen, hooiwagens en regenwormen.

Vanuit het oogpunt van bemonsterbaarheid waren alle geselecteerde faunagroepen geschikt voor biomonitoring. Van de onderzochte vegetatiesoorten echter kwam alleen Braam in alle onderzoekslokaties voor. Bepalingen zijn verricht aan de elementen Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Ti, U, V en Zn. De metingen zijn uitgevoerd met behulp van (viamloze) atomaire absorptiespectrofotometrie (AAS) en instrumentele neutronenactiveringsanalyse (NAA). De laatstgenoemde niet-destructieve multi-element techniek blijkt voor een aantal elementen in bepaalde matrices een (te) hoge detectielimiet te bezitten en niet altijd dezelfde meetwaarden als met AAS op te leveren. Wat betreft gevoeligheid voldoet de NAA methode wel voor de bepaling van achtergrondgehalten van de volgende combinaties van elementen en matrices: As, Co, Cr, Sb en Zn in grond, Co, Cu en Zn in lever van de Bosspitsmuis, Bosmuis en Aardmuis, Cd en Hg in lever van de Bosspitsmuis, Co en Zn in kevers, spinnen, hooiwagens en regenwormen, Cu in spinnen en hooiwagens, Cd, Cr, Ti en V in regenwormen en Co, Cr, Sb en Zn in plantenmateriaal.

Uit het onderzoek blijkt voorts dat de gehalten in de biota seizoens- en gebiedsgebonden variaties kunnen vertonen. Over alle bodemtypen gerekend was slechts bij uitzondering sprake van een positieve correlatie tussen het gehalte van een metaalelement in de biota en het gehalte in de bodem. Voorts vertonen sommige elementen een aanzienlijke soortsvariatie in gehalte, met name in de gewervelde en ongewervelde bodemfauna. Voorbeelden van specifiek hoge gehalten zijn Cu en Cd in spinnen, Pb, Cd, Co en Ti in regenwormen en Cd, Pb en Hg in de Bosspitsmuis. De gevolgde voedselketenbenadering lijkt geschikt als basis voor de natuurgerichte biomonitoring van stoffen in het terrestrische milieu.

1 INLEIDING

Ten aanzien van het milieucompartiment bodem is het beleid erop gericht om ongewenste effecten tegen te gaan die stoffen kunnen uitoefenen op het ecologisch functioneren van de bodem en op de bodem als natuurlijke hulpbron. Als uitgangspunt voor de algemene milieukwaliteit geldt de multifunctionaliteit van de bodem, waarbij onder meer een basaal niveau van natuurwaarden aanwezig moet kunnen zijn. Voor natuurgebieden wordt een bijzondere milieukwaliteit vereist, waarbij de duurzaamheid van hoge natuurwaarden centraal staat en waarbij van de natuur afhankelijke functies eventueel mogelijk moeten zijn. Het definiëren van dergelijke randvoorwaarden voor natuurgebieden wordt wel samengevat in het begrip natuurgerichte normstelling.

De overheid heeft in het kader van haar stoffenbeleid grote behoefte aan het formuleren van referentiewaarden voor stoffen in de verschillende milieucompartimenten. Het terrestrische milieu in Nederland wordt sinds jaren diffuus belast met stoffen die via depositie vanuit de atmosfeer op de bodem terechtkomen. Van diverse metaalelementen zijn in de toplaag van de bodem daardoor natuurlijke, d.w.z. niet-antropogeen beïnvloede, achtergrondgehalten niet of nauwelijks meer aanwezig. Referentiewaarden moeten zo goed als mogelijk is worden afgeleid uit de huidige gehalten in natuurgebieden die zo weinig mogelijk onder invloed hebben gestaan van directe of indirecte menselijke activiteiten en waar derhalve zo laag mogelijke gehalten verwacht mogen worden.

Normen die gebaseerd zijn op de stofgerichte benadering, waarin de milieukwaliteitsnorm wordt uitgedrukt in totaalgehalten van stoffen in de bulkfase van de bodem, bezitten slechts een beperkte bruikbaarheid voor de milieukwaliteitsbeoordeling. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat het niet of slechts in beperkte mate mogelijk is om risico's van het optreden van nadelige effecten aan te geven op grond van het totaalgehalte van een stof. Voor de inschatting van ecotoxicologische risico's is de beschikbaarheid van de stof, die per grondsoort sterk kan variëren, van essentieel belang. De biologische beschikbaarheid is een afgeleide van een aantal bodemparameters, waaronder textuur, kleigehalte, organische stofgehalte, kationenadsorptiecapaciteit en pH, en is uiteindelijk bepalend voor de blootstelling en eventuele toxische effecten van stoffen in het milieu.

Ook wat betreft de natuurlijke achtergrondgehalten van metaalelementen in de bodem mogen we er niet zonder meer van uitgaan dat deze overeenkomen met de biologisch niet-beschikbare onuitwisselbaar gebonden fractie. Daarom leveren biotische gegevens een aanvullend referentiekader voor de evaluatie en controle van bepaalde genomen beleidsmaatregelen, bijvoorbeeld ten aanzien van sanering en emissiereductie.

Achtergrondmetingen van stoffen in het terrestrisch milieu zijn tot nu toe beperkt gebleven tot de bodem van Nederlandse natuurgebieden (Edelman 1984). In organismen zijn achtergrondgehalten in Nederland tot nu toe nog niet op systematische wijze onderzocht.

Dit rapport betreft een eerste oriënterend onderzoek naar de mogelijkheden van natuurgerichte biomonitoring in het terrestrisch milieu.

Achtergrondgehalten zijn bepaald van de elementen Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Ti, U, V en Zn, gebaseerd op de EG-richtlijn voor grijze en zwarte stoffen. De achtergrondgehalten van deze elementen zijn bepaald in de bodem en de daar voorkomende terrestrische biota.

Overwegingen die hebben geleid tot de keuze van kleine zoogdieren als modelsoorten zijn o.a. de trofische differentiatie naar primaire en secundaire consumenten en het feit dat ongewervelde prooidieren, zoals regenwormen, van groot belang zijn voor decompositie- en bioturbatieprocessen in het bodemecosysteem. Voor een verdere discussie hierover wordt verwezen naar Ma (1987; 1990; 1993) en Ma *et al.* (1991). Voedselketenmodellen gebaseerd op kleine zoogdieren zijn ook toegepast voor natuurgerichte normstelling, namelijk in de ontwikkeling van risicoschattingen voor het vaststellen van maximaal toelaatbare gehalten van stoffen zoals cadmium in de natuurlijke terrestrische bodem (Ma & van der Voet 1993).

2 MATERIAAL EN METHODEN

In dit hoofdstuk wordt de geografische ligging en een aantal andere gegevens betreffende de onderzoekslokaties beschreven. Voorts wordt ingegaan op de wijze waarop de bemonstering en de noodzakelijke voorbewerkingen van de monsters hebben plaatsgehad, evenals de toegepaste methoden van chemische analyse.

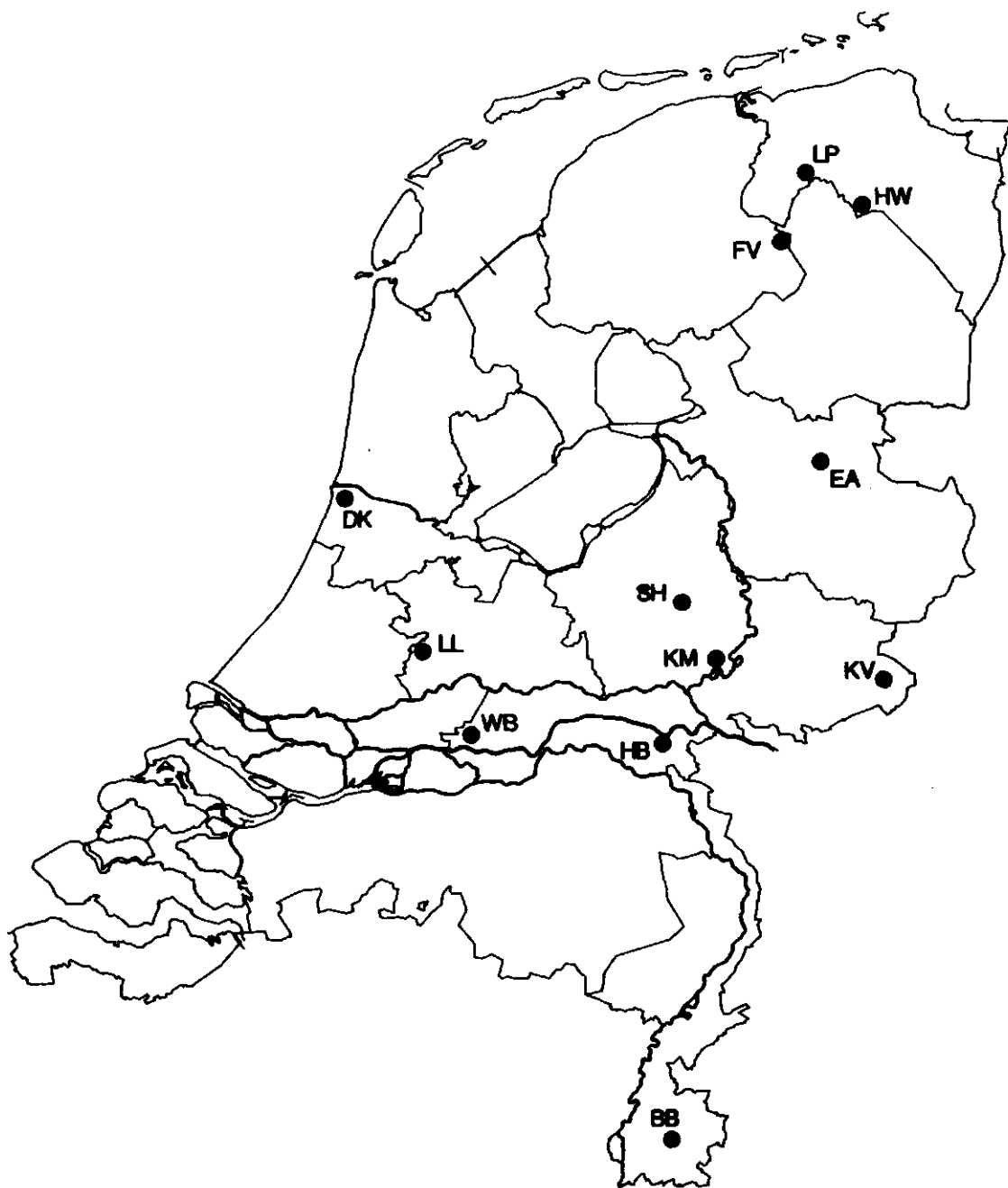
2.1 Onderzoekslokaties

De geografische situatie van de gebieden is weergegeven in figuur 1. De corresponderende Amersfoortcoördinaten en de eigenaren van de gebieden zijn samengevat in tabel 1. Binnen een bepaald gebied zijn, indien nodig voor het verkrijgen van voldoende monstermateriaal voor chemische analyse, meerdere sublokaties bemonsterd. De keuze van de gebieden was gebaseerd op het gebruikstype, de geografische spreiding en de bodemsoort. In alle gevallen betreffen het natuurgebieden die van oorsprong ook als zodanig in gebruik waren. Men kan dus ervan uitgaan dat de antropogene stofbelasting van deze gebieden relatief gering is geweest en uitsluitend betrekking heeft gehad op de diffuse depositie vanuit de lucht. In Nederland mogen we in deze gebieden gezien hun historie de laagste gehalten aan verontreinigende stoffen verwachten.

Met uitzondering van de gebieden Eerder Achterbroek en Biesbos zijn alle lokaties eerder betrokken geweest in het bodemonderzoek van Edelman (1984). Het gebied de Biesbos ligt dichtbij het door Edelman bemonsterde gebied het Savelsbos. Het gebied Waardenburg wordt door Edelman aangeduid als het gebied Eendekooi 't Broek. Op grond van het lutumgehalte (fractie $< 2\mu\text{m}$) en het gehalte aan organisch koolstof zijn de gronden globaal geclassificeerd naar bodemtype volgens het schema van De Bakker *et al.* (1989).

2.2 Chemische analyse

De gehalten van alle onderzochte monsters van bodem en organismen zijn uitgedrukt in mg/kg op basis van 105°C ovendroge stof.



Figuur 1. Geografische ligging van de twaalf onderzoekslokaties. Voor een verklaring van de afkortingen, zie tabel 1.

Tabel 1. Eigenaren en geografische aanduiding van de bemonsterde onderzoekslokaties.

gebied	code	eigenaar	X-Y coördinaten		
			1° sublokatie	2° sublokatie	3° sublokatie
Hernense Bos	HB	Stichting Het Geldersch Landschap	175.9-426.9	176.0-426.9	176.4-426.8
Duin & Kruidberg	DK	Natuurmonumenten	102.6-493.9	99.3-494.6	*
Spelderholt	SH	Staatsbosbeheer	189.5-462.2	190.4-461.0	191.0-462.6
Biesbos	BB	Staatsbosbeheer	186.7-318.1	*	*
Eerder Achterbroek	EA	Natuurmonumenten	228.4-499.8	229.4-499.8	229.4-500.7
Middachten	KM	Graf zu Ortenburg	201.6-448.9	*	*
Landgoed Linschoten	LL	Stichting Ribbuis Peletier Jr.	121.5-452.4	121.3-452.3	*
Waardenburg	WB	Staatsbosbeheer	143.8-429.3	*	*
Lettelberter Petten	LP	Stichting Het Groninger Landschap	224.4-578.4	*	*
Korenbuurgervveen	KV	Natuurmonumenten	242.9-444.7	242.3-444.4	*
Fochteloerveen	FV	Natuurmonumenten	223.0-559.8	*	*
Harense Wildernis	HW	Natuurmonumenten	238.9-576.8	*	*

2.2.1 Atomaire absorptiespectrofotometrie

Atomaire absorptiespectrofotometrie (AAS) is toegepast voor de bepaling van de gehalten van Cd, Cu, Hg, Ni, Pb en Zn in de monsters. Bepalingen met AAS zijn uitgevoerd door het IBN-DLO te Arnhem. Zn en Cu werden met vlam-AAS bepaald, terwijl het gehalte van Cd en Pb in het geval van lage waarden bepaald werd met behulp van de grafietoven-techniek. In het geval van voldoende hoge gehalten zijn ook deze metalen bepaald met vlam-AAS. Voor de achtergrondcorrectie in de bepaling van Cd is de Smith-Hieftje methode gebruikt, terwijl als achtergrondcorrectie in de bepaling van Pb gebruik is gemaakt van deuterium.

Alle bepalingen zijn minimaal in duplo verricht. De apparatuur is steeds tussentijds gelijk met standaardmonsters. De gecertificeerde monsters zijn afkomstig van het U.S. National Bureau of Standards (runderlever nr 1577a), U.S. National Institute of Standards & Technology (oester nr 1566a) en het Community Bureau of Reference, België (grond nr 143). Verder zijn standaardmonsters van ongewervelde dieren gebruikt die door het IBN-DLO zelf zijn ontwikkeld.

2.2.2 Neutronenactiveringsanalyse

Door het Interfacultair Reactor Instituut te Delft zijn de verschillende monsters doorgemeten op gehalten van de metaalelementen Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Ti, U, V en Zn met behulp van instrumentele neutronenactiveringsanalyse (NAA), een niet-destructieve multi-element methode. Bij de bepalingen is gebruik gemaakt van een standaardmonster van bladmateriaal. Voor de meeste metaalelementen is de detectielimiet voor de NAA methode vrij hoog. Om deze reden is het metaal Pb niet met deze methode bepaald, doch wel met AAS. Onder detectielimiet wordt verstaan de bovengrens van de mogelijke concentratie van een element. De kans dat de werkelijke concentratie in het monster groter is dan deze grens is kleiner dan 1%.

2.3 Bodemanalyse

De analyses van de chemisch-fysische bodemkenmerken zijn verricht op monsters van de 10 cm bodemlaag gelegen onder de organische toplaag. De bodemanalyses zijn verricht in samenwerking met het Laboratorium voor Grondanalyse van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne.

2.3.1 pH

De pH werd bepaald door 5 g grond gedurende 2 uur te schudden met 25 ml demiwater of 1 M KCl. De pH werd gemeten in de bezinkende suspensie.

2.3.2 Granulaire samenstelling

De granulaire samenstelling werd bepaald volgens NEN norm 5753. Grond werd voorbehandeld met peroxide en HCl om organisch en anorganisch koolstof en ijzeroxide te verwijderen. Daarna werden de delen $> 38 \mu$ afgescheiden, gedroogd en over zee fracties verdeeld. Deeltjes $< 38 \mu$ werden na toevoegen van een peptisatiemiddel overgebracht in een maatcilinder. Na opschudden van de suspensie in de cilinder zijn er op verschillende tijdstippen kleine hoeveelheden van de suspensie uit de cilinder gepipetteerd. Dit gebeurde op vooraf met behulp van de Wet van Stokes vastgestelde diepten.

Met het drooggewicht van deze suspensie monsters werd de grootte van de fracties berekend. M50 is gedefinieerd als de mediaan van de korrelgrootteverdeling.

2.3.3 Gloeiverlies en organisch koolstof

Het gloeiverlies werd bepaald door een hoeveelheid luchtdroge grond (105°C) te verbranden bij 375 of 850°C. Voor de bepaling van de organisch koolstof werd een hoeveelheid luchtdroge grond gedroogd bij 105°C en vervolgens verbrand bij 850°C. De hoeveelheid CO₂, die bij verbranding van het monster vrijkomt werd gemeten. Op basis hiervan en na correctie voor het gehalte aan koolzure kalk werd het gehalte aan organisch koolstof berekend. Het gehalte aan organische stof kan bij benadering worden berekend door het gehalte aan organisch koolstof te vermenigvuldigen met een factor 1.7.

2.3.4 Basebezetting en CEC

Een hoeveelheid luchtdroge grond werd in een kolom doorspoeld met een ammoniumacetaat oplossing. Hierdoor werd het adsorptiecomplex verzadigd met ammonium, waarbij geadsorbeerde kationen vrijkomen. Hieruit kan de base-bezetting worden bepaald, een maat voor de bezetting van het adsorptiecomplex met Ca, K, Mg en Na. Door de grond vervolgens te doorspoelen met een oplossing van calcium chloride worden de ammonium-ionen vervangen door calcium ionen. De hoeveelheid vrijkomend ammonium is een maat voor de CEC (kationen-omwisselingscapaciteit).

2.3.5 Koolzure kalk

Bij een bekende hoeveelheid luchtdroge grond is zuur gebracht, waarna de carbonaten ontleed tot CO₂. De hoeveelheid geproduceerd gas is een maat voor het carbonaatgehalte van de grond.

2.4 Methoden van monsternamen

2.4.1 Periode van bemonstering

De monsternamen zijn aangevangen in het voorjaar van 1988, de laatste bemonstering vond plaats in het voorjaar van 1990. Elk gebied is bemonsterd in het voorjaar (periode maart t/m mei) en in het najaar (periode september t/m november), hoewel niet noodzakelijk steeds binnen hetzelfde jaar. De organische toplaag en onderliggende bodemlaag zijn in alle gevallen bemonsterd in het voorjaar.

2.4.2 Bemonstering van kleine zoogdieren

Van de terrestrische kleine zoogdieren zijn een drietal soorten bemonsterd, nl. de Aardmuis (*Microtus agrestis*), de Bosmuis (*Apodemus sylvaticus*) en de Bosspitsmuis (*Sorex araneus*). Strikt genomen komen in Nederland twee nauw verwante soorten van bosspitsmuizen voor, nl. de Gewone bosspitsmuis (*Sorex araneus*) en de Tweekleurige bosspitsmuis (*Sorex coronatus*). Beide soorten zijn echter zowel in morfologisch als ecologisch opzicht nauwelijks van elkaar te onderscheiden.

In dit onderzoek is in de vangsten geen verschil gemaakt tussen deze soorten en zijn beide samengevoegd onder de naam *Sorex araneus* (complex).

Alle dieren werden verzameld met behulp van vallen. Door bemonstering in het voor- en najaar zijn per populatie twee cohorten verkregen doordat vroeg in het voorjaar het aantal overwinterde adulte dieren relatief groot is, terwijl in het najaar de vangsten vooral bestaan uit juvenielen en jong-volwassen dieren. Als indicatie voor de relatieve leeftijd is de lichaamslengte (afstand tussen snuitpunt en staartwortel) gebruikt en, in het geval van de Bosspitsmuis, de kaakindex. De waarden van deze parameters zijn weergegeven in tabel 2, waarbij tevens de significantie van het verschil tussen voor- en najaar is berekend met behulp van variantieanalyse. De kaakindex is gedefinieerd als de som van de hoogte van een drietal kiezen in de onderkaak (Grainger and Fairley 1978). Doordat bij spitsmuizen de kiezen reeds op zeer jonge leeftijd ophouden met groeien en vervolgens aanzienlijk slijten gedurende hun leven geeft de kaakindex een goede relatieve leeftijdsindicatie. Van elke soort zijn tien individuen gebruikt voor chemische analyse. De dieren werden individueel bewaard in diepgevroren toestand (-20°C) in afgesloten plastic zakjes.

Tabel 2. Gemiddelde lichaamslengte (mm) van kleine zoogdieren in voorjaar en najaar. Voor de Bosspitsmuis is tevens de gemiddelde kaakindex (mm) weergegeven.

Soort	parameter	voorjaar			najaar			P
		$\bar{x}$	SD	n	$\bar{x}$	SD	n	
Bosspitsmuis	lengte	74,1	4,7	99	69,5	4,3	110	<0.001
Bosmuis	lengte	96,0	6,7	118	91,7	6,2	119	<0.001
Aardmuis	lengte	105,7	8,6	67	97,3	8,0	99	<0.001
Bosspitsmuis	kaakindex	5,67	0,6	100	6,22	0,5	113	<0.05

2.4.3 Bemonstering van bodeminvertebraten

De bodeminvertebraten werden verzameld in het voorjaar en najaar. De bemonstering van regenwormen geschiedde door het uitgraven van de 20 cm bovenlaag van de bodem. De monsters werden geselecteerd op *Lumbricus rubellus*, een soort die zich vrij dicht aan het oppervlak van de bodem ophoudt. Een monster wormen bestond uit 10 geslachtsrijpe dieren. Er is gekozen voor het adulte stadium teneinde de grote invloed van de leeftijdsvariatie op het metaalgehalte in regenwormen te minimaliseren (Ma 1982). In enkele gebieden was de populatiedichtheid erg laag en kon de gewenste soort niet in voldoende aantallen worden verkregen. De wormenmonsters werden 48-72 uur in een petrischaal op nat filtreerpapier bij 15°C gehouden om de darminhoud vrij te

maken van gronddeeltjes. De wormen werden in diepgevroren (-20°C) toestand bewaard.

De oppervlaktefauna, bestaande uit hooiwagens, spinnen en kevers, werd bemonsterd met plastic potvallen van 10 cm in diameter, die gedeeltelijk waren gevuld met gedenatureerd ethanol (70%). In elk gebied werden 20 tot 30 potvallen geplaatst met een onderlinge afstand van ca. 10 m. Na een week werd de inhoud verzameld en opgeschoond. De gesorteerde groepen werden in zuurgespoelde glazen potjes bewaard voor chemische analyse. Er is afgezien van het sorteren op soort, aangezien het niet mogelijk was om voor elk bodemtype altijd voldoende aantallen van een bepaalde soort te verkrijgen.

De soortensamenstelling van de bemonsterde spinnen hing in sterke mate af van het seizoen. In het voorjaar bestonden de monsters voor 80 tot 90% uit wolfspinnen (Lycosidae), terwijl in het najaar ook andere families zoals Linyphiidae, Erigonidae, Clubionidae en Araneidae in belangrijke mate werden aangetroffen. Hooiwagens bestonden nagenoeg uitsluitend uit soorten van de familie der Phalangidae. Kevers bestonden voor 70 tot 90% uit loopkevers (Carabidae) en kortschildkevers (Staphylinidae).

2.4.4 Bemonstering van planten

Van de vegetatie werden per soort de bovengrondse groene delen verzameld van 10 tot 20 exemplaren verspreid over een bepaald gebied. Meer nog dan bij de bodemfauna kwamen niet alle soorten op alle bodemtypen voor. Braam (*Rubus* sp.) was de enige plantesoort die op alle gebieden en in beide seizoenen voorkwam en moest noodzakelijkerwijs worden uitgegaan van soorten die in een bepaald gebied dominant aanwezig waren. Globaal zijn op leemarme zandgrond verzameld Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*), Pijpestrootje (*Molinia caerulea*), Reukgras (*Anthoxanthum odoratum*) en Blauwe bosbes (*Vaccinium myrtilla*) en op lemig zand Pitrus (*Juncus effusus*), Bosgierstgras (*Millium effusum*), Bochtige smele en Pijpestrootje. Op kleihoudende gronden werden bemonsterd Nagelkruid (*Geum urbanum*), Grote brandnetel (*Urtica dioica*), Pitrus en Liesgras (*Glyceria maxima*) en op venige gronden Pijpestrootje en Pitrus. Het materiaal werd hetzij direct gedroogd hetzij ingevroren bij -20°C en daarna gedroogd. Het materiaal is voor analyse niet gewassen.

2.4.5 Bemonstering van de bodem

Van elk terrein is een mengmonster genomen van de organische toplaag ofwel de zodelaag en tevens onderdeel van het endorganisch humusprofiel. Daarnaast is een monster genomen van de onderliggende 10 cm laag van de bodem. De laatstgenoemde bodemlaag kan, afhankelijk van het bodemtype, in meerdere of mindere mate deel uitmaken van het endorganisch profiel en is dus ook in meerdere of mindere mate organisch dan wel mineraal van aard. Een mengmonster werd samengesteld uit het materiaal van 20 steken genomen met een roestvrij stalen steekboor (doorsnede 6 cm) verspreid over het gebied.

2.5 Monstervoorbewerkingen

2.5.1 Voorbewerking van kleine zoogdieren

Na ontdooien werd van elk dier de lever en de beide nieren uitgeprepareerd en bewaard in polyethyleen potjes met schroefdeksel bij -20°C . Voor chemische analyse werden de organen gedurende een nacht gevriesdroogd en vervolgens een nacht nagedroogd bij 105°C in een droogstoof. De nieren werden gedestruëerd met salpeterzuur (HNO_3 65% suprapur). Het destruaat werd opgelost en aangevuld met gedemineraliseerd water tot 25 ml. De verkregen oplossing werd middels AAS doorgemeten op het gehalte van vier metalen, nl. Cd, Cu, Pb en Zn.

De levers werden gebruikt om het gehalte van een groter aantal metaalelementen te meten met behulp van NAA. Daartoe werden de levers van een bemonsterde populatie ingedeeld in drie mengmonsters, elk afkomstig van twee tot vier individuen. De levers werden gemalen en gehomogeniseerd in een agaat kogelmolen. Ongeveer 100 mg droge stof werd in kleine polyethyleen cupjes gebracht voor het doormeten op metaalgehalten met behulp van NAA.

2.5.2 Voorbewerking van bodeminvertebraten

Hooiwagens, spinnen en kevers werden gedroogd in een vacuüm droogstoof gedurende een nacht bij 60°C en vervolgens een nacht bij 105°C . De monsters zijn gemalen in een agaat kogelmolen en een deel is afgewogen voor destructie met een 1:1 mengsel van salpeterzuur HNO_3 65% suprapur en HCl 30% suprapur. De verkregen oplossingen zijn geanalyseerd met behulp van AAS.

De regenwormen werden gedurende een nacht gedroogd in een vriesdroogapparaat en gedurende nog een nacht nagedroogd bij 105°C in een droogstoof. Vervolgens zijn de regenwormen verast in een plasmaverasser (150 W, 100 ml O_2 /minuut, 10 uur). De asrest is gedestruëerd met salpeterzuur (HNO_3 65% suprapur) en doorgemeten op de gehalten van Cd, Cu, Pb en Zn met behulp van AAS. De zandrest van elk monster regenwormen is achtergehouden en gewogen voor toepassing van eventuele correcties.

Van de regenwormen, hooiwagens, spinnen en kevers zijn de monsters genomen in het voorjaar ook met behulp van NAA doorgemeten op metaalelementen. Hiertoe zijn de monsters regenwormen gedurende een nacht gevriesdroogd en de hooiwagens, spinnen en kevers gedroogd in een vacuüm droogstoof gedurende een nacht bij 60°C en een nacht aan de lucht nagedroogd bij 50°C in een droogstoof. Daarna is elk monster gemalen en gemengd in een agaat kogelmolen. Van dit monster is ongeveer 100 mg gebruikt voor analyse op metalen.

2.5.3 Voorbewerking van plantenmateriaal

Planten werden gedurende minimaal twee etmalen gedroogd in een ventilatieoven bij 50°C , totdat een constant gewicht werd bereikt. Daarna is het materiaal mechanisch verkleind, waarbij harde takken en stengels (bijvoorbeeld bij braam) uit het monster werden verwijderd. De monsters werden vervolgens in een Retsch gewasmolen gemalen tot poeder en gemengd. Ongeveer 500 mg luchtdroog poeder is gedestruëerd in een mengsel van zoutzuur (HCl 30% suprapur) en salpeterzuur (HNO_3 65% suprapur). Na destructie is de overge-

bleven oplossing aangevuld met gedemineraliseerd water tot 25 ml en gemeten met AAS. Een deelmonster van 100 mg is gebruikt voor analyse met NAA.

2.5.4 Voorbewerking van bodemmateriaal

De grondmonsters werden minimaal twee etmalen gedroogd in een ventilatieoven bij 50°C tot constant gewicht. De gedroogde grond werd daarna in een mortier fijn gemaakt en gezeefd (maaswijdte 2mm). Op de zeef achterblijvende kluitjes werden verder in de mortier verpulverd en steentjes en wortels werden uit de monsters verwijderd. De gezeefde grondmonsters werden gemengd en vervolgens in een agaat kogelmolen vernalen tot poeder. De strooiselmonsters werden op dezelfde wijze gedroogd. Takjes, steentjes en kluitjes grond werden verwijderd. Daarna werden de monsters gemengd en in een agaat kogelmolen vernalen tot poeder.

Van de gemalen monsters van grond en strooisel werd een hoeveelheid van resp. 5 g en 250 mg gebruikt voor destructie. Grond werd gedestruëerd met zoutzuur (HCl 36%) en strooisel met salpeterzuur (HNO₃ 65% suprapur). Het destruaat van grond en strooisel werd aangevuld met gedemineraliseerd water tot resp. 100 ml en 25 ml en met AAS doorgemeten op de metalen Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, en Zn. Voor de analyse met de NAA techniek werd per monster een hoeveelheid van 100 mg materiaal gebruikt.

Tabel 3. Fysisch-chemische kenmerken en bodemklassering van de onderzoekslokalities. De gegevens betreffen de bovenste 10 cm van het bodemprofiel onder de organische toplaag.

Lokatie	code	textuur			org.C (%)	pH		CEC (meq/100 g)	bodemklassering
		0-2 μ (%)	2-38 μ (%)	M50 (μ)		H ₂ O	KCl		
Hernense Bos	HB	2.7	2.6	220	3.8	3.6	2.8	9.1	matig humeus leemarm zand
Duin & Kruidberg	DK	0.7	0.3	180	3.9	6.8	6.3	8.0	zeer humeus leemarm zand
Spelderholt	SH	1.5	3.4	125	2.6	3.8	3.0	8.3	matig humeus leemarm zand
Biesbos	BB	8.5	33	220	4.8	4.0	3.2	15.3	zeer humeus zandig leem
Eerder Achterbroek	EA	1.9	5.2	125	3.1	3.6	2.8	3.4	zeer humeus leemarm zand
Kasteel Middachten	KM	3.0	13	125	4.9	3.7	2.9	14.2	zeer humeus zwak lemig zand
Landgoed Linschoten	LL	40.8	32.6	75	4.5	5.4	3.7	26.9	zeer humeus matig zware klei
Waardenburg	WB	47.0	27.8	50	6.5	5.6	4.4	27.2	zeer humeus matig zware klei
Lettelberter Petten	LP	25.5	38.9	150	17.7	4.4	3.7	42.5	venige klei
Korenburgerveen	KV	3.7	9.9	125	13.5	4.3	3.6	37.9	zandig veen
Fochteloerveen	FV	2.0	6.0	125	4.9	3.7	2.8	17.9	humusrijk leemarm zand
Harense Wildernis	HW	2.7	8.9	90	33.1	4.1	3.3	78.0	veen

3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

3.1 Bodem

3.1.1 Chemisch-fysische eigenschappen

In tabel 3 zijn de resultaten van de bepalingen van enkele van de belangrijkste chemisch-fysische kenmerken weergegeven, gemeten in de organische toplaag en de onderliggende bodemlaag. De onderzochte natuurgebieden zijn in de tabel tevens geclassificeerd naar bodemsoort. De aanwezigheid van kalk werd alleen in het gebied Duin en Kruidberg (0.4%) aangetoond. De basebezetting was relatief gering (2.2-7.5%) in de gebieden Eerder Achterbroek, Hernense bos, Biesbos, Middachten, Spelderholt en Harense Wildernis. In Duin en Kruidberg, Linschoten, en Waardenburg was de basebezetting hoog, 68.1-100%. In de overige gronden varieerde de basebezetting tussen 14.3 en 37.7%.

3.1.2 Metaalgehalten in de bodem (AAS)

In tabel 4 zijn de gehalten vermeld van de metalen Cd, Cu, Pb, Zn, Hg en Ni, die met behulp van AAS in de organische toplaag en onderliggende bodemlaag zijn gemeten. Voor het gehalte van Ni in de toplaag kon door omstandigheden geen bepalingen met AAS worden gedaan. Het blijkt dat in gebieden gelegen op een zandige bodem de metaalgehalten van de metalen Cd, Cu, Pb en Zn steeds hoger zijn in de toplaag dan in de onderliggende bodemlaag. Dit geldt echter niet voor de kleihoudende en venige gronden. Zo is bijvoorbeeld het gehalte van Hg en Pb in deze gronden juist lager in de toplaag dan in de bodemlaag.

Tabel 4. Metaalgehalten (mg/kg) in de organische toplaag en de onderliggende bodemlaag (10 cm) bepaald met AAS.

Gebied	Monster	Cd	Cu	Pb	Zn	Hg	Ni
HB	toplaag	0.6	18	66	130	0.13	-
	bodem	0.08	3.9	32	14	0.06	2.4
DK	toplaag	0.9	13	40	149	0.10	-
	bodem	0.45	3.2	26	47	0.05	4.3
SH	toplaag	1.0	18	133	114	0.09	-
	bodem	0.13	2.8	20	10	0.05	2.9
BB	toplaag	1.1	23	122	190	0.17	-
	bodem	0.18	9.8	69	58	0.14	10
EA	toplaag	0.6	19	124	112	0.22	-
	bodem	0.09	1.5	18	5.8	0.07	0.6
KM	toplaag	0.9	25	171	77	<0.03	-
	bodem	0.14	7.3	47	20	0.14	4.4
LL	toplaag	0.8	17	26	115	0.13	-
	bodem	0.6	29	56	143	0.14	45
WB	toplaag	2.2	21	35	161	<0.03	-
	bodem	0.8	39	73	191	0.14	45
LP	toplaag	1.2	16	16	166	<0.03	-
	bodem	0.8	12	73	75	0.15	17
KV	toplaag	0.9	15	44	186	0.11	-
	bodem	0.8	6.2	49	32	0.17	4.2
FV	toplaag	0.6	15	76	97	<0.03	-
	bodem	0.1	1.2	7.8	6.0	0.28	1.3
HW	toplaag	0.8	12	20	185	<0.03	-
	bodem	1.9	9.6	127	97	0.37	5.0

In tabel 5 zijn een aantal correlaties berekend tussen de gehalten van de verschillende metalen onderling. Aangezien de verzamelingen van waarden veelal een scheve verdeling hadden zijn voor de berekening van de correlaties de gehalten getransformeerd naar het natuurlijk logaritme. Het blijkt dat in de bodemlaag de gehalten van alle metalen, met uitzondering van Hg, onderling zijn gecorreleerd. Dit geldt echter niet voor de organische toplaag, hier zijn significante intercorrelaties tussen de gehalten van metalen vrijwel afwezig.

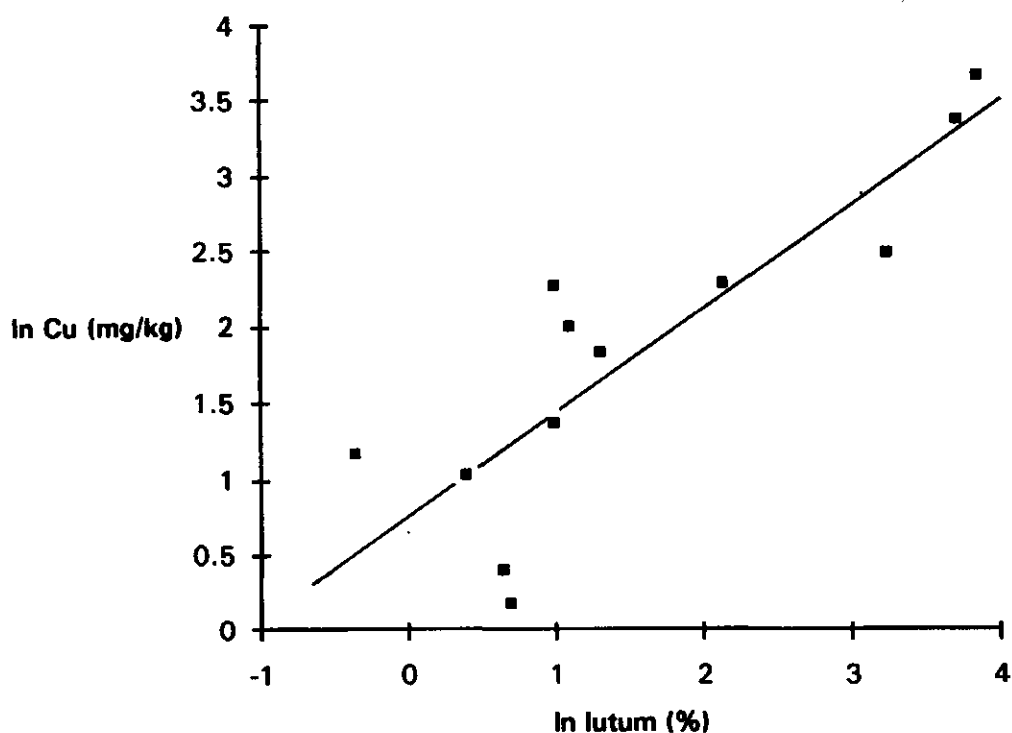
Tabel 5. Correlatiematrix voor het metaalgehalte in de toplaag (st) en de bodemlaag (bd) en enkele bodemeigenschappen, in getransformeerde waarden van 12 gebieden.
* P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001.

	Cd _{st}	Cu _{st}	Hg _{st}	Ni _{st}	Pb _{st}
Cu _{st}	.298				
Hg _{st}	-.350	.092			
Pb _{st}	-.262	.642*	.327		
Zn _{st}	.411	-.368	.113	-	-.560

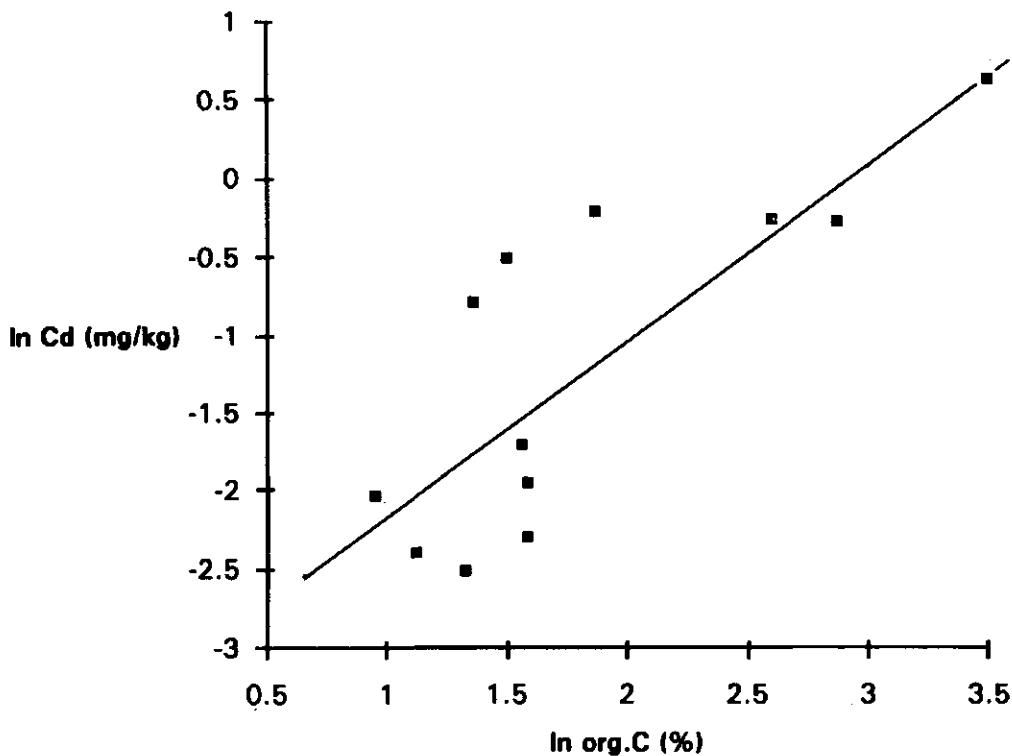
	Cd _{bd}	Cu _{bd}	Hg _{bd}	Ni _{bd}	Pb _{bd}
Cu _{bd}	.675*				
Hg _{bd}	.486	.293			
Ni _{bd}	.645*	.949***	.225		
Pb _{bd}	.737**	.829***	.356	.689*	
Zn _{bd}	.837***	.923***	.318	.912***	.841***
CEC	.822***	.614*	.800**	.580*	.671*
Lutum	.442	.852***	.330	.854***	.564
Org.C	.791***	.378	.728***	.279	.658*

Uit tabel 5 blijkt voorts dat het gehalte van alle vijf onderzochte metalen in de bodemlaag positief is gecorreleerd met de CEC van de bodem. Aangezien de CEC voornamelijk wordt bepaald door de sorptiecapaciteit van de in de bodem aanwezige hoeveelheid klei en organische stof is ook de correlatie met deze factoren afzonderlijk bekeken. Het blijkt dat de gehalten van Cu en Ni in de bodemlaag correleren met het lutumgehalte van de bodem (fractie < 2 µm), doch niet significant met het organische koolstofgehalte. Daarentegen correleert het gehalte van Cd, Hg en Pb wel met het organische koolstofgehalte, doch niet significant met het lutumgehalte. Als voorbeeld is het verband tussen het Cu-gehalte en het lutumgehalte weergegeven in figuur 2 en het verband tussen het Cd-gehalte en het organisch koolstofgehalte in figuur 3.

De resultaten duiden op de mogelijkheid dat in de bodem de metalen Cu en Ni sterker zijn gebonden aan lutum dan aan organische stof, terwijl de metalen Cd, Hg en Pb overwegend gebonden zijn aan de organische stof van de bodem en in mindere mate aan lutum. Lutum bestaat vooral uit kleimineralen en ijzer- en aluminium(hydr)oxyden. Deze hebben van nature een hoger gehalte aan bepaalde zware metalen dan de meer zandige fracties van de bodem. Elementen als Cd, Hg en Pb zijn in belangrijke mate door menselijke activiteiten o.a. via atmosferische depositie in de bovengrond vastgelegd, waarbij een positief verband met het organische stofgehalte mag worden verwacht (Lexmond en Edelman 1987).



Figuur 2. Verband tussen ln gehalte aan Cu en ln lutumgehalte van de bodem. $y = 0.790 + 0.670x$; $r = 0.854$.



Figuur 3. Verband tussen *ln* gehalte aan Cd en *ln* organische koolstofgehalte van de bodem.
 $y = -3.214 + 1.104x$; $r = 0.791$.

3.1.3 Metaalgehalten in de bodem (NAA)

In tabel 6 zijn de resultaten weergegeven van de met NAA gemeten gehalten van veertien metalen in de organische toplaag en de onderliggende bodemlaag. De NAA methode heeft een zeer hoge detectielimiet voor Pb, zodat dit element niet in de tabel is opgenomen. De methode blijkt echter ook niet geschikt te zijn voor de bepaling van de achtergrondgehalten van Cd, Cu en Ni in de bodemonsters van de meeste onderzochte gebieden. Het gehalte van Al in de organische toplaag en van Hg in de onderliggende bodemlaag zijn in de meeste gevallen niet hoog genoeg om met de NAA methode te worden bepaald. Voor de bepaling van Al in de bodemlaag en Hg in de organische toplaag is de NAA methode echter veelal wel toereikend. Ook de gehalten van As, Ba, Co, Cr, Sb, Ti, U, V en Zn in zowel de toplaag als onderliggende laag waren geheel of grotendeels binnen het meetbereik van de NAA methode. De NAA methode blijkt in ieder geval geschikt te zijn voor de bepaling van de achtergrondgehalten van As, Co, Cr, Sb en Zn in de bodem.

De resultaten laten voorts zien dat het gehalte van Ba, Cr, Ti, V en U steeds lager is in de bodemlaag dan in de bovenliggende organische toplaag. In dit opzicht verschilt de verticale verdeling van deze elementen in de bodem van die van andere metalen zoals Cd, Cu, Pb en Zn. Van deze metalen zijn de gehalten juist hoger in de toplaag dan in de onderliggende bodemlaag (tabel 4).

Voor Zn zijn de gehalten zowel met NAA als met AAS bepaald. De meetwaarden komen over een groot traject vrij nauwkeurig met elkaar overeen, hoewel bij de hogere gehalteniveaus in de organische toplaag de waarden verkregen met NAA iets lager bleven dan die gemeten met AAS (figuur 4a). Voor de gehalten van Zn in monsters van de onderliggende bodemlaag was slechts het hoogste gemeten gehalte afwijkend (figuur 4b).

Tabel 6. Gehalten (mg/kg) van metaalelementen in de organische toplaag (tp) en de onderliggende bodemlaag (bd) gemeten met NAA.

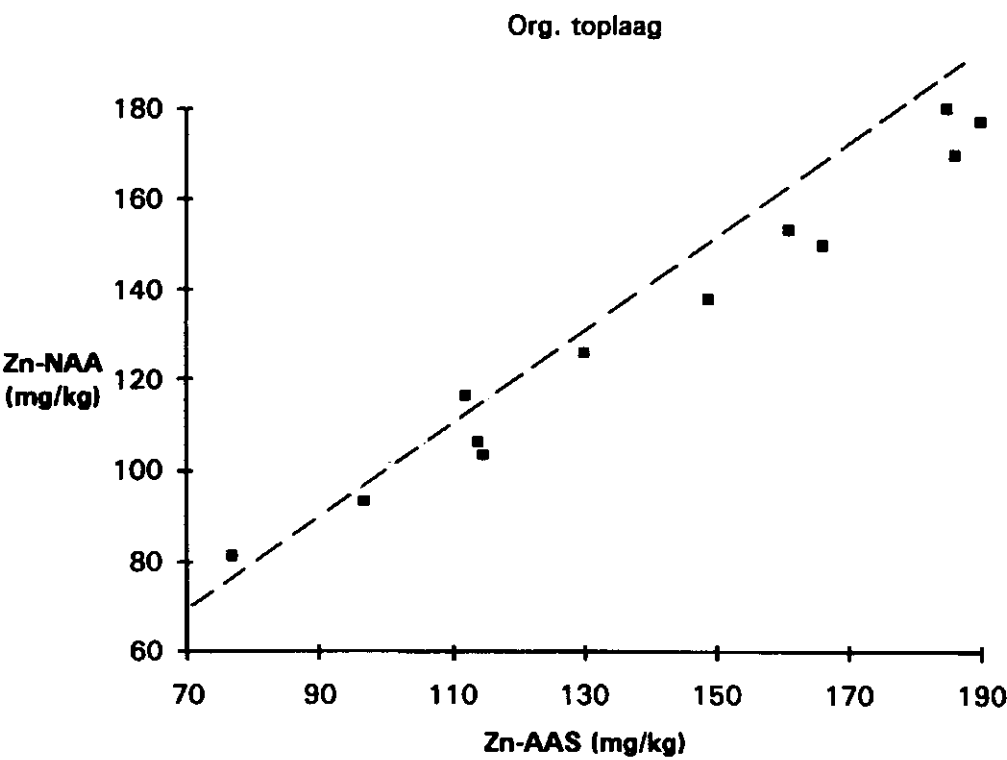
Metaal	gebied	tp	bd	Metaal	gebied	tp	bd
Al	HB	1870	<100000	As	HB	1.35	4.1
	DK	<800	17200		DK	1.10	7.3
	SH	3180	13400		SH	3.40	5.2
	BB	12800	29600		BB	5.80	11.8
	EA	5300	8000		EA	6.80	3.0
	KM	9900	25000		KM	5.00	6.5
	LL	<9000	85000		LL	2.30	16.1
	WB	<14000	82000		WB	3.50	16.7
	LP	<1600	49000		LP	0.72	19.0
	KV	<1500	18400		KV	1.06	6.4
	FV	1860	13400		FV	1.48	1.2
	HW	<600	<7000		HW	0.52	8.2
Ba	HB	48	165	Cd	HB	<4.0	<6.0
	DK	34	218		DK	<4.0	<8.0
	SH	47	174		SH	<5.0	<6.0
	BB	170	328		BB	<5.0	<9.0
	EA	80	100		EA	<5.0	<5.0
	KM	155	280		KM	<5.0	<3.0
	LL	70	480		LL	<5.0	<10.0
	WB	113	510		WB	1.6	<6.0
	LP	<40	216		LP	<4.0	<6.0
	KV	49	195		KV	<4.0	<8.0
	FV	45	159		FV	<4.0	<1.7
	HW	19	<70		HW	<4.0	<5.0
Co	HB	1.08	1.04	Cr	HB	5.7	10.5
	DK	0.61	2.01		DK	2.3	9.5
	SH	1.34	1.04		SH	12.5	15.9
	BB	3.82	6.63		BB	36.8	68.7
	EA	1.53	0.35		EA	14.2	9.9
	KM	1.76	1.93		KM	20.8	38.4
	LL	3.97	15.7		LL	12.1	113
	WB	5.30	15.2		WB	20.8	108
	LP	3.05	7.44		LP	5.9	66.4
	KV	0.65	1.27		KV	5.7	46.4
	FV	1.47	0.53		FV	8.6	19.1
	HW	0.67	1.45		HW	3.2	15.3

Vervolg tabel 6

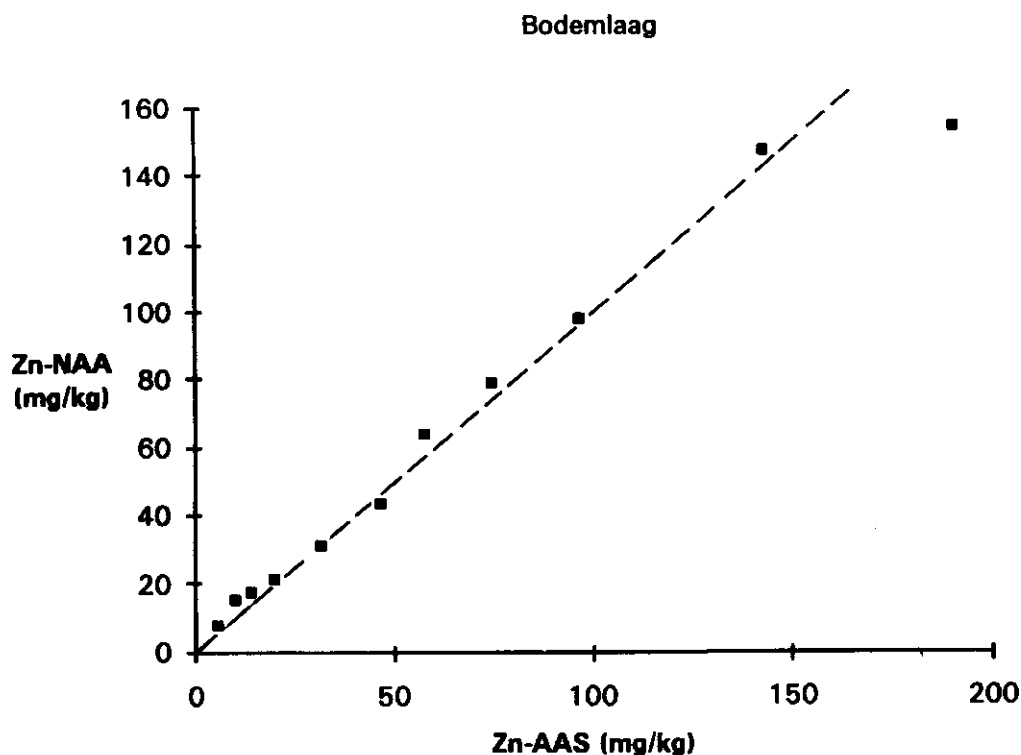
Metaal	gebied	tp	bd	Metaal	gebied	tp	bd
Cu	HB	8	<90	Hg	HB	0.12	<0.3
	DK	<30	<110		DK	<0.19	<0.2
	SH	14	<100		SH	0.17	<0.3
	BB	<80	<140		BB	0.32	<0.5
	EA	38	<70		EA	0.43	<0.2
	KM	50	<130		KM	0.19	0.19
	LL	<80	<200		LL	0.16	<0.8
	WB	<20	<70		WB	0.27	<0.5
	LP	<15	<50		LP	<0.20	0.32
	KV	<12	<140		KV	0.21	<0.3
	FV	<20	<70		FV	0.22	0.14
	HW	14	<70		HW	0.14	0.50
Ni	HB	<11	<20	Sb	HB	1.84	1.06
	DK	<9	<20		DK	0.53	0.57
	SH	<13	<20		SH	3.73	0.67
	BB	<20	<40		BB	2.02	1.69
	EA	11.8	<16		EA	3.00	0.54
	KM	11.5	<18		KM	6.64	1.43
	LL	<16	<90		LL	0.57	1.23
	WB	<20	50		WB	0.93	1.58
	LP	<12	27		LP	0.29	1.20
	KV	<10	<30		KV	0.84	1.05
	FV	7.4	<5		FV	1.34	0.30
	HW	<10	<18		HW	0.36	1.78
Ti	HB	80	<16000	U	HB	<0.50	0.80
	DK	40	440		DK	<0.58	<0.90
	SH	230	900		SH	0.22	0.60
	BB	1270	3200		BB	1.11	2.47
	EA	490	800		EA	0.48	0.58
	KM	1010	2100		KM	0.59	1.48
	LL	530	4680		LL	0.66	5.20
	WB	790	4300		WB	0.70	3.60
	LP	<70	2600		LP	<0.18	2.52
	KV	<110	1120		KV	0.27	1.10
	FV	130	1410		FV	<0.26	0.73
	HW	66	430		HW	<0.40	1.04

Vervolg tabel 6

Metaal	gebied	tp	bd	Metaal	gebied	tp	bd
V	HB	10.5	< 1000	Zn	HB	126	17
	DK	6.3	11.1		DK	138	43
	SH	15.1	11.8		SH	106	15
	BB	24.8	40.0		BB	177	64
	EA	20.2	7.0		EA	116	7.5
	KM	21.7	26.0		KM	81	22
	LL	16.3	131		LL	103	147
	WB	21.0	122		WB	153	154
	LP	4.4	98		LP	150	79
	KV	6.4	21.4		KV	170	31
	FV	11.3	11.6		FV	93	7.6
	HW	3.5	39.1		HW	180	98



Figuur 4a. Correlatie tussen het gehalte van Zn in de organische top laag bepaald met AAS en het gehalte bepaald met NAA. De stippellijn geeft de 1:1 relatie weer.



Figuur 4b. *Correlatie tussen het gehalte van Zn in de bodemlaag bepaald met AAS en het gehalte bepaald met NAA. De stippellijn geeft de 1:1 relatie weer.*

3.2 Biota

Figuur 5 geeft een schematisch overzicht van de soortensamenstelling van de terrestrische biota zoals deze in de verschillende gebieden is bemonsterd. Van de drie onderzochte soorten van kleine zoogdieren is de Aardmuis een strikte herbivoor die voornamelijk de bladbestanddelen en groene stengels van grassen en kruiden eet (Faber & Ma 1987). De Bosmuis kan beschouwd worden als een omnivoor, hoewel hij slechts kleine hoeveelheden ongewervelde dieren eet en meer het endosperm van plantezaden consumeert (Watts 1968). Daarnaast eet deze soort ook stengels en bladeren van grassen en kruiden evenals de knoppen en vruchten.

De Bosspitsmuis is een typische predator die gespecialiseerd is op ongewervelde bodemdieren. Belangrijke prooigroepen zijn kevers (Coleoptera), spinnen (Arachnida), hooiwagens (Opiliona), regenwormen (Oligochaeta) en de larvale stadia van kevers, vliegen (Diptera) en vlinders (Lepidoptera) (Churchfield, 1982; Ma et al. 1991)). In het onderzoek zijn alleen de adulte stadia van de bodemfauna geanalyseerd op metaalgehalten.

3.2.1 Metaalgehalten in kleine zoogdieren (AAS)

Met AAS zijn voor elk gebied de gehalten gemeten van de metalen Cd, Cu, Pb en Zn in de nieren van individuele kleine zoogdieren in voorjaar en najaar. De resultaten zijn weergegeven in respectievelijk tabel 7 voor Cd, tabel 8 voor Cu, tabel 9 voor Pb en tabel 10 voor Zn.

Tabel 7. Gemiddelde metaalgehalten met standaardafwijking en range (mg/kg) van Cd in nieren van kleine zoogdieren bepaald met AAS.

Soort/ Gebied	VOORJAAR				NAJAAR			
	$\bar{x}$	SD	range	n	$\bar{x}$	SD	range	n
Bosspitsmuis								
HB	33	18	11 - 75	10	34	9	24 - 52	10
DK	56	19	34 - 89	9	25	7	16 - 37	8
SH	37	13	23 - 58	8	29	23	8 - 70	9
BB	43	15	25 - 73	10	23	10	3 - 37	9
EA	42	16	23 - 66	9	44	14	22 - 63	9
KM	30	*	30 - 30	1	39	19	11 - 63	7
LL	25	13	6 - 45	10	17	7	10 - 34	10
WB	47	13	28 - 77	10	24	8	15 - 35	9
LP	10	3	6 - 16	9	6	2	4 - 9	10
KV	26	14	13 - 57	10	19	6	9 - 29	10
FV	58	13	42 - 73	10	33	9	20 - 47	9
HW	15	4	12 - 18	2	15	11	4 - 36	10
Bosmuis								
HB	7.1	4.8	0.7 - 17.1	10	7.9	11.6	0.6 - 39.0	10
DK	3.6	3.3	0.8 - 10.8	10	1.8	2.5	0.3 - 7.2	10
SH	5.5	5.1	1.2 - 16.2	10	1.8	1.6	0.5 - 5.8	10
BB	6.6	2.4	3.2 - 9.7	10	2.5	3.3	0.5 - 11.1	10
EA	11.4	7.3	3.6 - 26.0	10	5.3	3.5	0.6 - 10.6	10
KM	2.6	0.9	1.2 - 4.5	10	5.0	6.5	0.4 - 18.0	10
LL	3.5	2.0	1.3 - 6.5	9	4.7	5.0	0.7 - 15.1	10
WB	2.1	1.0	0.5 - 3.7	10	1.5	2.1	0.3 - 7.3	10
LP	0.7	0.7	0.1 - 2.5	10	1.1	0.7	0.2 - 2.6	9
KV	1.7	1.6	0.2 - 5.2	8	1.2	1.1	0.3 - 3.1	8
FV	3.2	1.3	1.5 - 5.6	10	4.3	4.5	1.4 - 15.0	10
HW	1.1	0.6	0.5 - 2.3	10	3.4	4.2	0.7 - 15.0	10
Aardmuis								
HB	2.8	4.0	0.2 - 10.2	10	0.4	0.3	0.2 - 0.8	7
DK	*	*	*	0	*	*	*	0
SH	0.4	0.5	0.1 - 1.9	10	0.5	0.2	0.2 - 0.8	10
BB	12.4	12.5	5.2 - 31.0	4	3.2	2.3	0.3 - 7.5	9
EA	1.6	0.8	0.3 - 2.8	10	1.6	0.7	0.2 - 2.4	10
KM	*	*	*	0	1.5	1.1	0.3 - 3.3	10
LL	0.3	0.1	0.2 - 0.4	6	0.4	0.2	0.1 - 0.6	7
WB	4.0	3.3	1.3 - 9.3	6	5.6	2.8	1.5 - 11.4	10
LP	*	*	*	0	1.1	0.4	0.6 - 2.0	10
KV	0.5	0.5	0.1 - 1.6	9	0.8	0.4	0.4 - 1.5	10
FV	8.8	3.6	4.6 - 14.0	10	2.8	1.6	1.1 - 5.4	6
HW	0.1	0.02	0.05 - 0.1	2	0.9	0.7	0.3 - 2.6	10

Tabel 8. Gemiddelde metaalgehalte met standaardafwijking en range (mg/kg) van Cu in nieren van kleine zoogdieren bepaald met AAS.

Soort/ Gebied	VOORJAAR				NAJAAR			
	$\bar{x}$	SD	range	n	$\bar{x}$	SD	range	n
Bosspitsmuis								
HB	56	9	44 - 71	10	57	8	43 - 66	10
DK	46	10	29 - 59	9	50	7	37 - 58	8
SH	34	11	23 - 57	8	30	7	17 - 42	9
BB	40	8	26 - 56	10	35	12	19 - 55	9
EA	42	12	26 - 69	9	52	12	34 - 68	9
KM	31	*	31 - 31	1	61	9	48 - 78	7
LL	56	12	28 - 73	10	54	13	41 - 80	10
WB	39	8	28 - 53	10	39	7	31 - 49	9
LP	39	6	31 - 50	9	54	18	36 - 84	10
KV	41	13	25 - 65	10	41	4	35 - 47	10
FV	61	6	51 - 68	10	49	6	42 - 60	9
HW	61	37	35 - 87	2	55	9	40 - 67	10
Bosmuis								
HB	28	7	20 - 44	10	25	3	19 - 28	10
DK	24	3	20 - 30	10	26	3	23 - 31	10
SH	22	4	14 - 28	10	26	6	19 - 36	10
BB	26	5	20 - 34	10	18	2	13 - 21	10
EA	21	5	13 - 30	10	21	3	16 - 26	10
KM	20	3	16 - 25	10	22	3	17 - 28	10
LL	25	3	19 - 29	9	22	4	18 - 31	10
WB	21	3	16 - 24	10	23	5	14 - 33	10
LP	19	3	15 - 25	10	28	5	20 - 35	9
KV	28	4	23 - 37	8	24	8	12 - 42	8
FV	29	4	24 - 36	10	24	6	16 - 34	10
HW	18	2	14 - 20	9	22	5	12 - 32	10
Aardmuis								
HB	22	6	14 - 34	10	22	9	12 - 41	7
DK	*	*	*	0	*	*	*	0
SH	20	4	14 - 26	10	15	3	11 - 19	10
BB	26	12	13 - 41	4	27	6	20 - 38	9
EA	18	4	11 - 24	10	15	5	6 - 21	10
KM	*	*	*	0	24	2	20 - 28	10
LL	18	4	15 - 27	6	21	7	11 - 33	7
WB	20	3	17 - 26	6	23	2	20 - 27	10
LP	*	*	*	0	22	4	14 - 30	10
KV	22	3	17 - 25	9	22	15	13 - 61	10
FV	28	3	24 - 33	10	28	5	22 - 34	6
HW	20	2	18 - 21	2	24	4	18 - 29	10

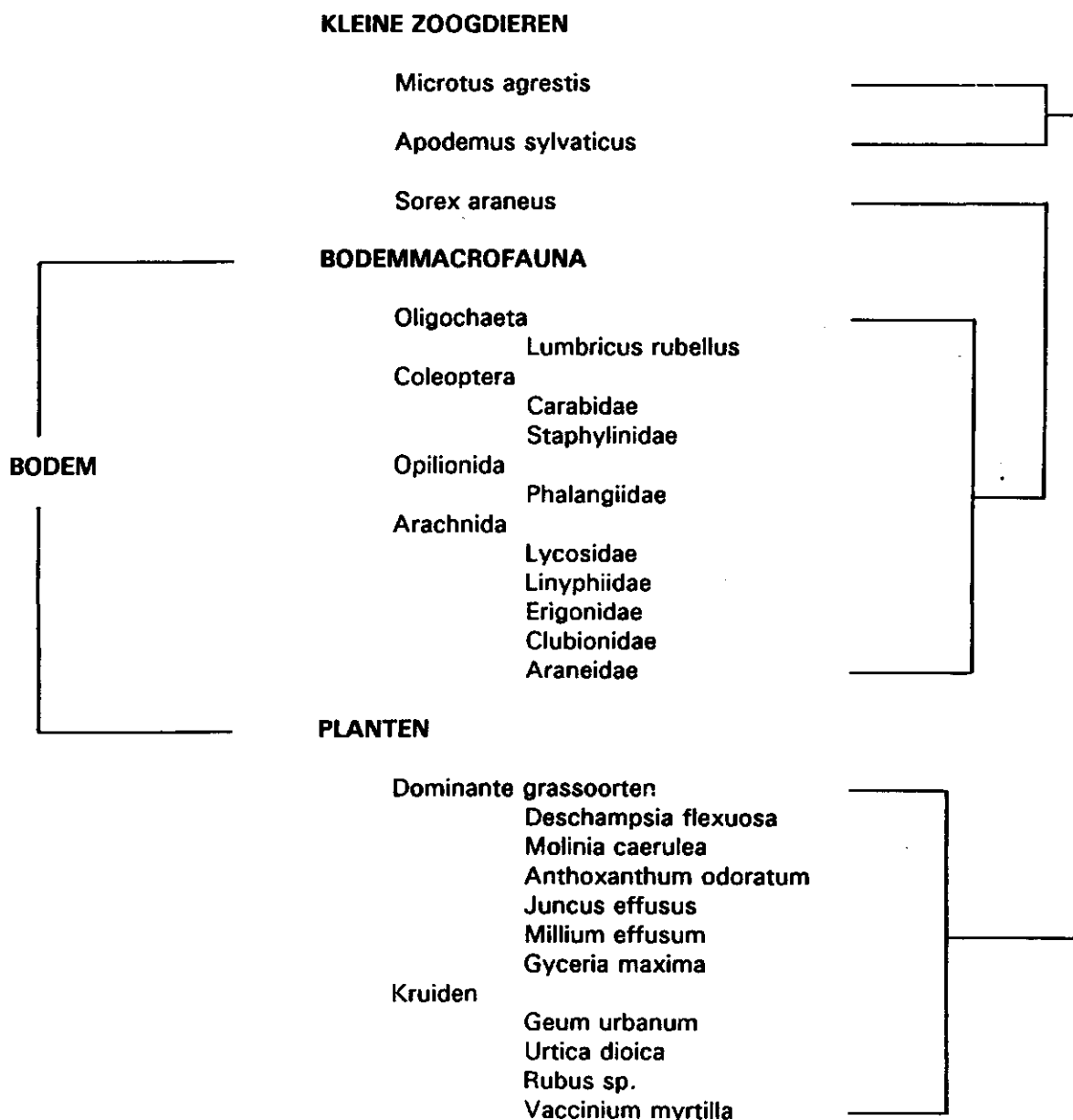
Tabel 9. Gemiddelde metaalgehalte met standaardafwijking en range (mg/kg) van Pb in nieren van kleine zoogdieren bepaald met AAS.

Soort/ Gebied	VOORJAAR				NAJAAR			
	$\bar{x}$	SD	range	n	$\bar{x}$	SD	range	n
Bosspitsmuis								
HB	37	16	15 - 67	9	24	26	4 - 94	10
DK	19	10	12 - 42	9	13	12	3 - 39	8
SH	29	10	19 - 46	7	35	21	19 - 85	9
BB	18	6	11 - 28	10	11	4	4 - 15	9
EA	13	3	9 - 18	9	11	5	5 - 21	9
KM	23	-	23 - 23	1	14	5	9 - 21	7
LL	7	3	0 - 11	10	8	3	4 - 15	10
WB	5	1	4 - 7	10	3	1	2 - 5	9
LP	5	2	3 - 8	9	4	2	1 - 7	10
KV	12	5	4 - 21	10	11	5	4 - 20	10
FV	47	27	18 - 95	8	29	13	10 - 50	9
HW	11	10	3 - 18	2	6	2	3 - 9	10
Bosmuis								
HB	0.8	0.4	0.4 - 1.8	10	0.4	0.2	0.2 - 0.9	10
DK	1.3	0.5	0.5 - 2.1	10	0.5	0.2	0.3 - 1.1	10
SH	0.9	0.5	0.4 - 1.8	10	0.8	0.7	0.3 - 2.3	10
BB	1.8	1.2	0.7 - 4.6	10	0.4	0.2	0.2 - 0.7	10
EA	1.6	0.8	0.6 - 3.0	10	1.1	0.5	0.5 - 1.9	10
KM	0.5	0.3	0.1 - 1.2	10	1.4	1.3	0.4 - 4.6	10
LL	1.4	0.7	0.4 - 2.7	9	0.5	0.3	0.2 - 1.1	10
WB	1.2	0.6	0.4 - 2.2	10	0.4	0.2	0.2 - 0.8	10
LP	0.8	0.5	0.3 - 2.0	10	0.5	0.3	0.2 - 1.2	9
KV	0.4	0.3	0.1 - 1.2	8	0.9	1.6	0.2 - 4.8	8
FV	0.9	0.4	0.4 - 2.0	10	0.4	0.2	0.2 - 0.9	10
HW	1.8	0.7	0.8 - 3.1	9	0.4	0.1	0.2 - 0.5	10
Aardmuis								
HB	1.5	0.8	0.3 - 3.0	10	1.1	0.5	0.6 - 2.0	7
DK	*	*	*	0	*	*	*	0
SH	5.1	2.4	1.2 - 10.5	10	2.2	1.2	0.5 - 4.2	10
BB	1.2	1.3	0.3 - 3.1	4	0.8	0.6	0.2 - 2.0	9
EA	1.9	0.6	0.7 - 3.0	10	0.8	0.9	0.2 - 3.4	10
KM	*	*	*	0	1.1	0.5	0.4 - 1.7	10
LL	0.6	0.2	0.4 - 0.8	6	0.2	0.2	0.02- 0.5	7
WB	0.6	0.3	0.2 - 1.0	6	0.6	0.2	0.3 - 0.9	10
LP	*	*	*	0	4.5	3.5	1.5 - 12.6	10
KV	2.3	0.8	1.1 - 3.9	9	0.4	0.3	0.02- 0.8	10
FV	2.1	0.6	0.9 - 3.1	10	2.9	1.0	1.2 - 3.9	6
HW	2.8	2.0	1.4 - 4.2	2	0.5	0.3	0.1 - 0.9	10

Tabel 10. Gemiddelde metaalgehalten met standaardafwijking en range (mg/kg) van Zn in nieren van kleine zoogdieren bepaald met AAS.

Soort/ Gebied	VOORJAAR				NAJAAR			
	$\bar{x}$	SD	range	n	$\bar{x}$	SD	range	n
Bosspitsmuis								
HB	98	8	89 - 109	10	96	10	88 - 120	10
DK	114	16	92 - 136	9	87	8	78 - 99	8
SH	114	10	94 - 124	8	93	10	79 - 107	9
BB	104	12	89 - 122	10	96	8	87 - 106	9
EA	106	10	94 - 121	9	109	11	94 - 125	9
KM	87	*	87 - 87	1	103	8	90 - 114	7
LL	98	12	82 - 126	10	87	7	79 - 98	10
WB	113	16	95 - 144	10	94	8	85 - 110	9
LP	104	9	88 - 121	9	90	6	85 - 105	10
KV	105	6	97 - 115	10	89	6	79 - 101	10
FV	104	11	88 - 128	10	92	6	81 - 103	9
HW	88	*	88 - 88	1	94	8	86 - 109	10
Bosmuis								
HB	77	8	67 - 94	10	82	8	74 - 97	10
DK	81	8	71 - 100	10	75	6	70 - 89	10
SH	81	9	65 - 92	10	82	6	75 - 94	10
BB	75	4	70 - 80	10	77	4	68 - 83	10
EA	89	8	77 - 106	10	82	5	76 - 89	10
KM	77	5	67 - 85	10	78	7	73 - 91	10
LL	78	6	71 - 92	9	71	3	65 - 77	10
WB	72	5	65 - 84	10	71	6	62 - 80	10
LP	69	5	64 - 78	10	78	4	72 - 82	9
KV	71	7	64 - 87	8	77	2	74 - 79	8
FV	84	7	74 - 96	10	81	4	74 - 87	10
HW	76	4	69 - 81	9	80	4	73 - 86	10
Aardmuis								
HB	82	15	71 - 112	10	78	5	72 - 87	7
DK	*	*	*	0	*	*	*	0
SH	71	4	65 - 76	10	73	5	64 - 82	10
BB	80	4	75 - 84	4	77	5	71 - 86	9
EA	79	3	74 - 82	10	78	4	71 - 85	10
KM	*	*	*	0	89	6	80 - 97	10
LL	70	4	65 - 76	6	81	7	75 - 95	7
WB	74	7	65 - 84	6	74	2	71 - 78	10
LP	*	*	*	0	76	3	68 - 80	10
KV	78	5	68 - 84	9	80	6	70 - 90	10
FV	82	5	75 - 90	10	86	7	78 - 97	6
HW	75	2	73 - 76	2	79	4	72 - 87	10

Uit de resultaten blijkt dat het gehalte van een element in de nieren in sterke mate tussen verschillende soorten van kleine zoogdieren kunnen verschillen, afhankelijk van het soort metaal. Zo is het gehalte van Cd en Pb in de nieren van de Bosspitsmuis aanmerkelijk hoger dan het gehalte in de Bosmuis en Aardmuis (tabel 7 en 9). Ook de gehalten van Cu en Zn zijn hoger in de Bosspitsmuis dan in de Bosmuis of Aardmuis, hoewel de verschillen relatief gezien minder groot zijn dan voor Cd en Pb (tabel 8 en 10).



Figuur 5. Schematisch overzicht van de soortensamenstelling van de onderzochte terrestrische biota met daarin aangegeven de belangrijkste trofische relaties.

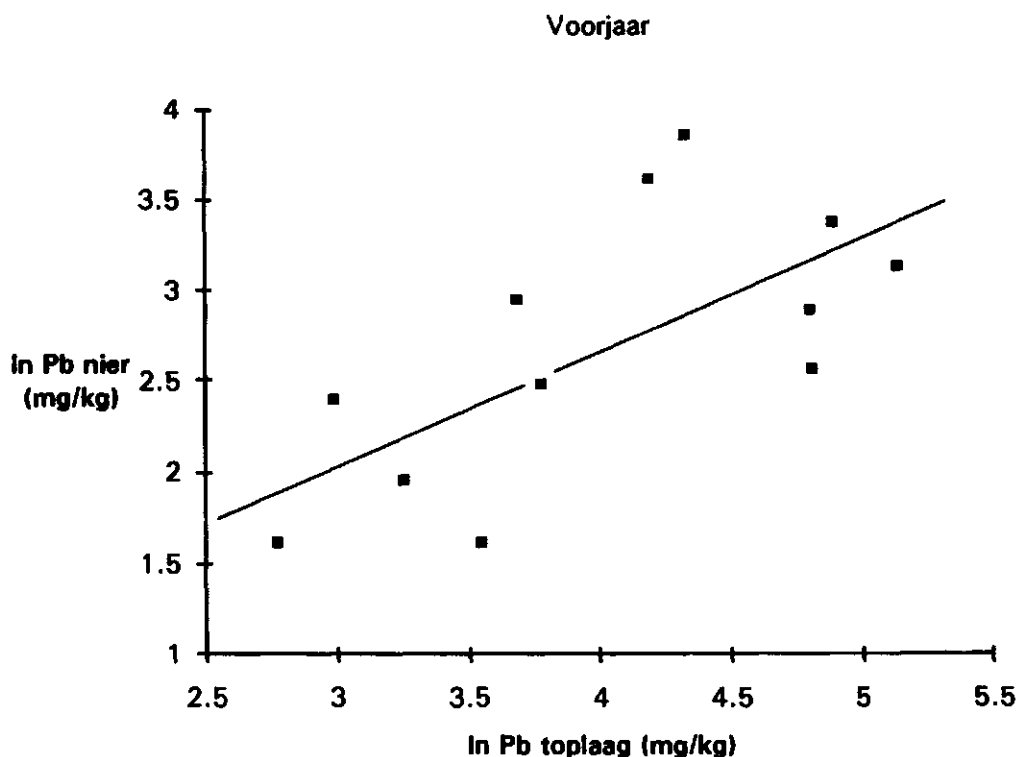
Het verschil in de belasting tussen soorten bevestigt de resultaten van onderzoek dat is verricht aan de belasting van kleine zoogdieren in metaal-verontreinigde gebieden (Ma 1989; Ma *et al.* 1991). De verklaring voor de variatie in belastingsniveau tussen soorten is enerzijds gelegen in de specifieke voedselkeuze van de betreffende diersoort en anderzijds in de fysiologische functie van de metaalelementen. Zo hebben berekeningen van de dagelijkse oraal opgenomen hoeveelheid metaal aangetoond dat de dosis in sterke mate kan variëren tussen verschillende soorten van kleine zoogdieren (Ma *et al.* 1991). Dergelijke verschillen in dagelijkse blootstelling tussen soorten kunnen grotendeels een verklaring geven voor de waargenomen soortsvariatie in belastingsniveau van metalen in kleine zoogdieren. Wat betreft de fysiologische betekenis van de metaalelementen kan worden opgemerkt dat Cd en Pb niet-essentiële elementen zijn die geen functie in het metabolisme vervullen en in het lichaam niet op een bepaald gehalteniveau worden gereguleerd. Daarentegen vervullen Cu en Zn wel essentiële fysiologische functies en kan het gehalte een zekere mate van homeostatische regulatie ondergaan. Ook Co, Cr, Ni en V behoren tot de groep van essentiële elementen.

Tabel 11. Correlatiecoëfficiënten voor het metaalgehalte in kleine zoogdieren en het gehalte in bodem (bd) en toplaag (tp) (ln waarden). * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

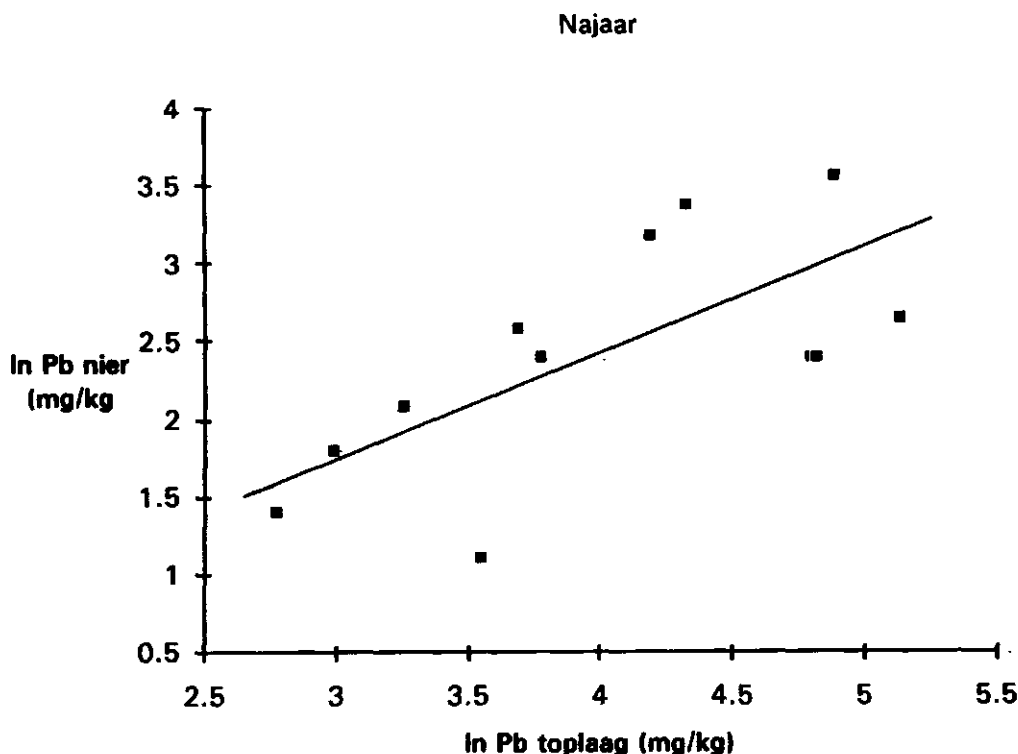
Soort	Seizoen	Cd _{bd}	Cu _{bd}	Pb _{bd}	Zn _{bd}
Bosspitsmuis	voorjaar	-.557	-.109	-.687*	-.080
	najaar	-.680*	-.020	-.751**	-.491
Bosmuis	voorjaar	-.795**	-.297	.152	-.689*
	najaar	-.569	-.177	-.197	-.811**
Aardmuis	voorjaar	-.685*	-.330	-.357	-.507
	najaar	-.031	.274	-.734**	-.220

Soort	Seizoen	Cd _{tp}	Cu _{tp}	Pb _{tp}	Zn _{tp}
Bosspitsmuis	voorjaar	-.077	-.636*	.673*	.236
	najaar	-.318	-.189	.670*	-.404
Bosmuis	voorjaar	-.414	-.017	-.151	-.588
	najaar	-.702*	-.465	.534	-.233
Aardmuis	voorjaar	-.043	.042	.386	.034
	najaar	.481	-.143	.678*	-.296

In tabel 11 zijn de correlaties weergegeven tussen het met AAS bepaalde metaalgehalte in de nieren van de kleine zoogdieren en het gehalte dat in de bodem en de organische toplaag aanwezig is. Het valt op dat de correlaties met het gehalte in de bodem veelal negatief zijn, zoals het geval is voor het Cd gehalte in de Bosspitsmuis, de Bosmuis en de Aardmuis en voor het gehalte van Pb in de Bosspitsmuis en de Aardmuis. Dergelijke negatieve correlaties wijzen op een relatieve afname van de biologische beschikbaarheid naarmate het totaal-gehalte van het betreffende metaal hoger is. Metingen aan het totaalgehalte van een metaalelement in de bodem zijn daarom niet in staat om algemeen geldende enkelvoudige verbanden met het gehalte in de biota weer te geven. In dit opzicht kunnen metingen van totaal-gehalten tot verkeerde conclusies omtrent de risico's voor de biota aanleiding geven, tenzij aanvullende gegevens over de blootstelling en/of bodemchemische karakteristieken voorhanden zijn.



Figuur 6a. Relatie tussen ln gehalte Pb in de Bosspitsmuis in het voorjaar en het gehalte van Pb in de organische toplaag. $y = 0.194 + 0.624x$; $r = 0.673$.



Figuur 6b. Relatie tussen ln gehalte Pb in de Bosspitsmuis in het najaar en het gehalte van Pb in de organische toplaag. $y = -0.127 + 0.630x$; $r = 0.670$.

Significant positieve correlaties tussen het gehalte in kleine zoogdieren en het gehalte in de bodem of organische toplaag waren slechts in een enkel geval aanwezig. Een voorbeeld is het gehalte van Pb in de Bosspitsmuis en de Aardmuis die positief gecorreleerd zijn met het Pb gehalte in de organische toplaag. Het verband voor de Bosspitsmuis is weergegeven in figuur 6a,b voor de gehalten gemeten in het voorjaar en najaar.

Gemiddeld over alle gebieden genomen waren de gehalten van de metalen Cd, Cu, Pb en Zn in de nieren van de kleine zoogdieren in sommige gevallen verschillend tussen het voorjaar en najaar. Dit blijkt uit variantieanalyse (ANOVA) waarvan de resultaten zijn samengevat in tabel 12. ANOVA van logaritmisch getransformeerde waarden toonde aan dat het gehalte van Cd in de Bosspitsmuis gemiddeld over alle gebieden in het voorjaar significant hoger was dan in het najaar. Dit was in mindere mate ook het geval voor Zn.

Ook voor Pb was het gehalte in de dieren gemiddeld hoger in het voorjaar dan in het najaar. Dit was het geval voor alle drie onderzochte soorten van kleine zoogdieren, namelijk de Bosspitsmuis, Bosmuis en Aardmuis. Wat betreft het gehalte aan Cu kon voor geen van de soorten een significant verschil tussen seizoenen worden gevonden.

Verschillen in het gehalte in kleine zoogdieren tussen het voorjaar en najaar zijn mogelijk toe te schrijven aan de seizoensgebonden variatie in leef-

tijdsopbouw van de populaties (zie ook tabel 3). Onderzoek heeft aangetoond dat het accumulatiepatroon van Cd in de nieren van de Bosspitsmuis een sterke leeftijdsafhankelijke toename vertoont (Ma & van der Voet 1993). Bovendien blijkt uit covariantieanalyse (ANCOVA) dat na correctie van de gehalten op de variatie in lichaamslengte eventuele seizoensverschillen in geen enkel geval meer statistisch significant zijn (tabel 12).

Tabel 12. (Co)variantie analyse van de variatie in metaalgehalte in de nieren van kleine zoogdieren per seizoen en gebied (Tabel 7 t/m 10).

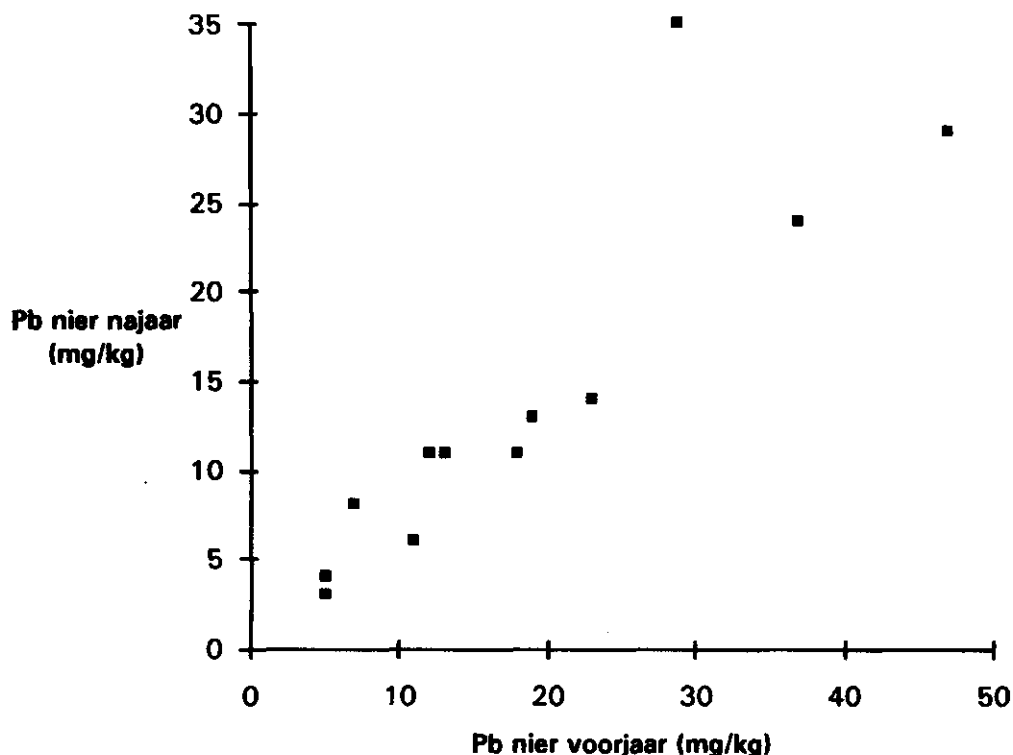
Soort	metaal	variabele	ANOVA	ANCOVA
Bosspitsmuis	Cd	seizoen	P<0.01	ns
		gebied	P<0.001	P<0.01
	Cu	seizoen	ns	ns
		gebied	ns	ns
	Pb	seizoen	P<0.01	ns
		gebied	P<0.001	P<0.001
	Zn	seizoen	P<0.05	ns
		gebied	ns	ns
Bosmuis	Cd	seizoen	ns	ns
		gebied	P<0.05	ns
	Cu	seizoen	ns	ns
		gebied	ns	ns
	Pb	seizoen	P<0.01	ns
		gebied	ns	ns
	Zn	seizoen	ns	ns
		gebied	ns	ns
Aardmuis	Cd	seizoen	ns	ns
		gebied	P<0.05	ns
	Cu	seizoen	ns	ns
		gebied	P<0.05	ns
	Pb	seizoen	P<0.01	ns
		gebied	P<0.05	ns
	Zn	seizoen	ns	ns
		gebied	P<0.05	ns

In tabel 13 zijn de correlaties tussen het gehalte in het voorjaar en in het najaar weergegeven. De gehalten van de metalen in kleine zoogdieren gemeten in het voorjaar vertoonden slechts in een gering aantal gevallen een significante correlatie met het gehalte gemeten in het najaar. In het geval van Cd en Pb in de Bosspitsmuis en van Cd en Cu in de Aardmuis is er echter een duidelijke correlatie tussen het gehalte in het voor- en najaar. Dit is voor Pb in de Bosspitsmuis geïllustreerd in figuur 7.

In de overige gevallen is de correlatie tussen voorjaar en najaar niet significant. Zo is er voor Zn voor geen van de drie soorten een significante correlatie tussen het gehalte in voor- en najaar aanwezig. Het gehalte in de Bosmuis vertoont voor geen van de onderzochte metalen een significante correlatie tussen voor- en najaar. Deze resultaten wijzen erop dat men bij de monstername ten behoeve van biomonitoring rekening moet houden met de mogelijkheid van aanzienlijke binnen-jaar variaties in het gemeten gehalte.

Tabel 13. Correlatiecoëfficiënten voor het metaalgehalte in het voorjaar en najaar in kleine zoogdieren (ln waarden).

Metaal	Soort	voorjaar-najaar	P
Cd	Bosspitsmuis	.813	<0.01
	Bosmuis	.553	ns
	Aardmuis	.626	<0.05
Cu	Bosspitsmuis	.386	ns
	Bosmuis	-.059	ns
	Aardmuis	.718	<0.01
Pb	Bosspitsmuis	.937	<0.001
	Bosmuis	-.494	ns
	Aardmuis	.570	ns
Zn	Bosspitsmuis	-.287	ns
	Bosmuis	.425	ns
	Aardmuis	.422	ns



Figuur 7. Correlatie tussen het gehalte van Pb in de Bosspitsmuis in het voorjaar en najaar.

Zoals ook is weergegeven voor seizoensverschillen in tabel 12 toonde ANOVA aan dat gemiddeld over alle seizoenen genomen er eveneens significante verschillen tussen gebieden bestaan in het gehalte van de metalen in kleine zoogdieren. Dit was het geval voor Cd en Pb zowel in de Bosspitsmuis als in de Aardmuis. Ook voor Zn was het gehalte in de Aardmuis significant verschillend tussen gebieden. Daarentegen werd voor het gehalte van Cu in geen van de drie soorten een significant verschil tussen gebieden gevonden.

Toepassing van ANCOVA met lichaamslengte als covariabele toonde aan dat de gevonden verschillen tussen gebieden alleen gehandhaafd bleven voor het gehalte van Cd en Pb in de Bosspitsmuis. Verschillen tussen gebieden bleken in de overige gevallen niet meer statistisch significant te zijn indien gecorrigeerd werd op de lichaamslengte (tabel 12).

3.2.2 Metaalgehalten in kleine zoogdieren (NAA)

Met behulp van de multi-element NAA methode is in de leverorganen van de kleine zoogdieren het gehalte van een uitgebreidere set van metaalelementen bepaald. De gehalten per soort en per seizoen en gebied hebben betrekking op drie mengmonsters van levers van meerdere individuen per monster. De resultaten zijn weergegeven in tabel 14 voor Al en As, in tabel 15 voor Ba en Cd, in tabel 16 voor Co en Cr, in tabel 17 voor Cu en Hg, in tabel 18 voor Ni en Sb, in tabel 19 voor Ti en U en in tabel 20 voor V en Zn.

Uit de gegevens blijkt dat voor Al, As, Ba, Cr, Ni, Sb, Ti, U en V geen of vrijwel geen gemiddelden zijn te berekenen vanwege de hoge detectielimieten van de NAA methode. In dergelijke gevallen zijn de gehalten weergegeven door de detectielimiet of door de range tussen de laagste en de hoogste gemeten waarde of detectielimiet. De gehalten van Co, Cu, en Zn in de lever van zowel de Bosspitsmuis, Bosmuis als de Aardmuis lagen alle daarentegen wel binnen het meetbereik van de NAA methode. Meetbare gehalten van Cd en Hg werden slechts aangetroffen in de lever van de Bosspitsmuis, in de Bosmuis en Aardmuis lagen de gehalten van Cd en Hg onder de detectielimiet. Het blijkt dat de gehalten van Cd en Hg in de Bosspitsmuis aanmerkelijk hoger zijn dan die in Bosmuis of Aardmuis. De lever van de Bosspitsmuis bevatte ook hogere gehalten van Cu, doch voor Zn waren de gehalten niet consistent hoger dan in de Bosmuis of Aardmuis.

Tabel 14. Gemiddeld gehalte en range (mg/kg) (N=3) van Al en As in lever van kleine zoogdieren in voorjaar (vj) en najaar (nj) gemeten met NAA. bsm Bosspitsmuis, bm Bosmuis, am Aardmuis.

		Al				As			
		voorjaar		najaar		voorjaar		najaar	
		gem.	range	gem.	range	gem.	range	gem.	range
HB	bsm	*	<20-<30	*	<30-<30	*	<0.5-<0.6	*	<0.5-<0.5
	bm	*	<19-<30	*	<20-<30	*	<0.4-<0.4	*	<0.2-<0.5
	am	*	<20-<100	*	<20-<40	*	<0.5-<0.6	*	<0.4-<0.5
DK	bsm	*	<20-<80	*	<20-<20	*	0.32-<0.7	*	<0.7-<0.8
	bm	*	<20-<20	*	<20-<20	*	0.10-<0.2	*	<0.2-<0.2
	am	*	*	*	*	*	*	*	*
SH	bsm	*	<50-<70	*	<60-<90	0.27	0.17-0.32	*	0.24-<0.5
	bm	*	70-<160	*	<80-<110	*	0.22-<0.2	*	0.13-<0.2
	am	*	<19-<30	*	<20-<40	*	<0.4-<0.4	*	<0.4-<0.5
BB	bsm	*	<20-<70	*	<40-<70	*	0.28-<0.7	*	<0.4-<0.4
	bm	*	<20-<60	*	<40-<90	*	<0.6-<0.6	*	<0.5-<0.5
	am	*	<20-<180	*	<30-<30	*	<0.6-<0.6	*	<0.5-<0.5
EA	bsm	*	<40-<50	*	<60-<80	*	<0.5-<0.6	*	<0.5-<0.6
	bm	*	<40-<50	*	<60-<60	*	0.30-<0.5	*	<0.5-<0.5
	am	*	<20-<180	*	<20-<20	*	<0.5-<0.5	*	<0.4-<0.4
KM	bsm	*	*	*	<40-<130	*	*	*	<0.6-<0.7
	bm	*	<20-<20	*	<20-<30	*	0.35-<0.5	*	<0.4-<0.5
	am	*	*	*	<30-<90	*	*	*	<0.5-<0.5
LL	bsm	*	<20-40	*	<20-<30	*	<0.5-<0.6	*	<0.8-<0.9
	bm	*	<20-<30	*	<20-<20	*	<0.2-<0.2	*	<0.2-<0.5
	am	*	<20-<110	*	<20-<30	*	<0.5-<0.7	*	<0.4-<0.5
WB	bsm	*	<19-<30	*	<30-<30	*	<0.4-<0.5	*	<0.5-<0.5
	bm	*	<19-<20	*	<20-<20	*	<0.4-<0.5	*	<0.4-<0.6
	am	*	<20-<40	*	<20-<30	*	0.37-<0.5	*	<0.5-<0.5
LP	bsm	*	<20-<20	*	<30-<40	*	<0.6-<0.8	*	<0.6-<0.7
	bm	*	<20-<20	*	<20-<50	*	<0.6-<0.6	*	<0.5-<0.5
	am	*	*	*	<30-<60	*	*	*	<0.5-<0.5
KV	bsm	*	<18-<20	*	<20-<30	*	<0.8-<0.9	*	<0.9-<1.0
	bm	*	<20-<20	*	<20-<30	*	<0.4-<0.5	*	<0.4-<0.5
	am	*	<20-<20	*	<20-<30	*	0.29-<0.4	*	<0.4-<0.5
FV	bsm	*	<20-<30	*	<30-<60	*	<0.5-<0.8	*	<0.4-<0.5
	bm	*	<20-<30	*	<20-<60	*	<0.5-<0.5	*	<0.5-<0.6
	am	*	<20-<40	*	<30-<50	*	<0.4-<0.5	*	<0.5-<0.6
HW	bsm	*	<20	*	<20-<30	*	<0.9	*	<0.5-<0.5
	bm	*	<19-<20	*	<20-<50	*	<0.6-<0.7	*	<0.5-<0.6
	am	*	<50	*	<20-<40	*	<0.7	*	<0.4-<0.5

Tabel 15. Gemiddeld gehalte en range (mg/kg) (N = 3) van Ba en Cd in lever van kleine zoogdieren in voorjaar (vj) en najaar (nj) gemeten met NAA. bsm Bosspitsmuis, bm Bosmuis, am Aardmuis.

		Ba				Cd			
		voorjaar		najaar		voorjaar		najaar	
		gem.	range	gem.	range	gem.	range	gem.	range
HB	bsm	*	<20-<20	*	<20-<20	11.9	7.1-15.3	14.7	11.3-18.5
	bm	*	<16-<17	*	<17-<20	*	<5-<5	*	1.7-<5
	am	*	<20-<20	*	<12-<19	*	<7-<12	*	<3-<3
DK	bsm	*	<20-<20	*	<17-<18	31.2	17.7-42.0	35.3	30.0-40.0
	bm	*	<18-<19	*	<18-<19	*	1.0-<1.3	*	1.3-<1.4
	am	*	*	*	*	*	*	*	*
SH	bsm	*	<16-<18	*	<15-<17	37.8	29.4-42.3	42.1	15.3-58.0
	bm	*	<15-<17	*	<18-<19	2.0	1.3-3.0	*	<0.9-<1.4
	am	*	<17-<18	*	<16-<18	*	<3-<3	*	<3-<9
BB	bsm	*	<15-<40	*	<16-<17	20.4	14.5-25.3	14.1	11.1-17.5
	bm	*	<18-<20	*	<15-<18	*	<6-<7	*	<6-8
	am	*	<20-<20	*	<12-<19	*	<7-<7	*	<3-<3
EA	bsm	*	<17-<20	*	<20-<20	*	<8-15.0	25.9	17.8-37.0
	bm	*	<16-<20	*	<18-<20	*	<5-5.2	*	<6-<7
	am	*	<19-<20	*	<18-<20	*	<6-<6	*	<5-<6
KM	bsm	*	*	*	<18-<20	*	*	33.8	12.5-55.0
	bm	*	<18-<20	*	<16-<20	*	<5-<5	*	<4-<6
	am	*	*	*	<18-<20	*	*	*	<5-<5
LL	bsm	*	<19-<20	*	<18-<19	13.6	9.1-21.0	12.9	9.0-17.8
	bm	*	<19-<20	*	<18-<20	*	<1.2-1.9	*	<1.3-6
	am	*	<20-<30	*	<16-<17	*	<7-<8	*	<3-<5
WB	bsm	*	<16-<20	*	<17-<20	21.7	20.9-22.4	19.4	13.0-25.6
	bm	*	<16-<18	*	<17-<20	*	<4-<5	*	<4-<5
	am	*	<17-<19	*	<16-<17	*	<4-<5	*	<4-<5
LP	bsm	*	<18-<20	*	<17-<18	*	<4-9	6.4	5.0-7.3
	bm	*	<16-<16	*	<20-<20	*	<4-<4	*	<5-<5
	am	*	*	*	<15-<19	*	*	*	<4-<5
KV	bsm	*	<19-<19	*	<19-<20	13.6	10.1-18.5	11.7	8.2-13.5
	bm	*	<20-<20	*	<20-<20	*	<4-<5	*	<4-<4
	am	*	<16-<18	*	<18-<18	*	<5-<6	*	2.8-<6
FV	bsm	*	<19-<20	*	<17-<19	15.7	13.0-19.1	14.7	11.0-20.0
	bm	*	<19-<20	*	<17-<18	*	<5-<5	*	<5-<6
	am	*	<16-<18	*	<20-<20	*	<4-<4	*	<5-<6
HW	bsm	*	<30	*	<17-<19	*	3.2	*	<5-9.9
	bm	*	<15-<17	*	<14-<17	*	<4-<4	*	<4-<5
	am	*	<17	*	<16-<19	*	<4	*	<5-<6

Tabel 16. Gemiddeld metaalgehalte en range (mg/kg) (N=3) van Co en Cr in lever van kleine zoogdieren gemeten met NAA. bsm Bosspitsmuis, bm Bosmuis, am Aardmuis.

		Co				Cr			
		voorjaar		najaar		voorjaar		najaar	
		gem.	range	gem.	range	gem.	range	gem.	range
HB	bsm	0.124	0.110-0.138	0.150	0.141-0.167	*	<0.3-<0.3	*	<0.3-1.0
	bm	0.092	0.065-0.123	0.106	0.079-0.130	*	<0.2-<0.6	*	<0.1-<0.6
	am	0.134	0.061-0.220	0.101	0.081-0.119	*	<0.5-<1.2	*	0.4-<0.8
DK	bsm	0.193	0.170-0.210	0.670	0.188-1.630	*	<1.0-1.7	*	<0.7-2.3
	bm	0.096	0.083-0.104	*	<0.06-0.108	*	<0.1-<0.6	*	<0.1-<0.1
	am	*	*	*	*	*	*	*	*
SH	bsm	0.112	0.124-0.211	0.145	0.119-0.160	*	<0.3-<0.4	*	<0.3-<0.4
	bm	0.104	0.066-0.132	0.107	0.105-0.110	*	<0.7-1.7	*	<0.5-<1.0
	am	0.081	0.069-0.098	0.094	0.083-0.112	*	<0.4-<0.7	*	<0.3-<0.6
BB	bsm	0.225	0.140-0.350	0.175	0.153-0.210	*	<0.7-20.6	*	<0.3-<0.3
	bm	0.185	0.146-0.214	0.139	0.084-0.200	*	<0.2-0.7	*	<0.3-<0.3
	am	0.176	0.162-0.190	0.172	0.137-0.215	*	<0.9-<1.0	*	<0.2-<0.7
EA	bsm	0.146	0.123-0.170	0.174	0.170-0.180	*	<0.8-<1.2	*	<0.6-<1.2
	bm	0.083	0.074-0.092	*	<0.080-0.081	*	<0.3-<0.4	*	<0.3-<0.8
	am	0.081	0.071-0.088	0.107	0.085-0.128	*	<0.2-0.8	*	<0.5-<1.0
KM	bsm	*	*	0.144	0.118-0.175	*	*	*	<1.0-<1.1
	bm	0.071	0.058-0.080	0.084	0.071-0.094	*	<0.6-<1.1	*	<0.8-<1.0
	am	*	*	0.172	0.140-0.232	*	*	*	<0.2-<1.1
LL	bsm	0.227	0.220-0.244	0.172	0.155-0.184	*	<1.7-2.4	1.1	0.6-1.8
	bm	0.210	0.170-0.251	0.334	0.232-0.468	*	<0.3-<0.4	*	<0.4-1.6
	am	0.200	0.169-0.240	0.281	0.269-0.293	*	<0.7-<1.1	*	<0.6-<1.0
WB	bsm	0.189	0.157-0.201	0.203	0.194-0.210	*	<0.3-0.8	*	<0.8-0.9
	bm	0.172	0.145-0.203	0.133	0.126-0.140	*	<0.2-0.7	*	<0.6-<0.9
	am	0.167	0.142-0.209	0.296	0.276-0.329	*	<0.4-<0.7	*	<0.2-<0.8
LP	bsm	0.198	0.140-0.240	0.186	0.180-0.194	*	<0.3-1.4	*	<0.6-0.9
	bm	0.204	0.190-0.212	0.233	0.227-0.266	*	0.6-<0.9	*	<0.3-2.4
	am	*	*	0.250	0.227-0.266	*	*	*	<0.2-<0.5
KV	bsm	0.160	0.153-0.171	0.167	0.162-0.173	*	<0.6-<1.0	*	<0.6-<0.8
	bm	0.100	0.087-0.107	0.095	0.089-0.099	*	<0.3-<1.3	*	<0.5-<0.6
	am	0.127	0.111-0.137	0.158	0.159-0.170	*	<0.2-<0.7	*	<0.2-<0.6
FV	bsm	0.168	0.149-0.184	*	<0.13-0.167	1.1	.5-2.0	*	<0.8-<0.9
	bm	0.105	0.100-0.112	0.114	0.090-0.143	*	<0.4-<0.8	*	<0.2-<1.3
	am	0.170	0.156-0.178	0.179	0.153-0.200	*	<0.2-<0.2	*	<1.0-1.5
HW	bsm	*	0.176	0.144	0.128-0.166	*	<1.3	*	<0.2-<1.3
	bm	0.118	0.102-0.136	0.082	0.071-0.091	*	<0.7-<0.19	*	<0.5-<0.7
	am	*	0.091	0.166	0.160-0.172	*	<0.5	*	<0.3-<0.8

Tabel 17. Gemiddeld gehalte en range (mg/kg) (N=3) van Cu en Hg in lever van kleine zoogdieren in voorjaar (vj) en najaar (nj) gemeten met NAA. bsm Bosspitsmuis, bm Bosmuis, am Aardmuis.

		Cu				Hg			
		voorjaar		najaar		voorjaar		najaar	
		gem.	range	gem.	range	gem.	range	gem.	range
HB	bsm	20	18-23	23	20-27	*	<0.2-0.14	*	0.18-<0.2
	bm	16	16-16	28	12-57	*	<0.2-<0.3	*	<0.2-<0.4
	am	14	11-18	12	9-14	*	<0.2-0.30	*	<0.3-<0.4
DK	bsm	27	25-31	25	21-29	1.27	0.74-1.70	0.78	0.68-0.93
	bm	17	14-19	16	13-19	*	<0.3-0.43	*	<0.2-<0.4
	am	*	*	*	*	*	*	*	*
SH	bsm	22	10-30	21	15-26	*	<0.2-0.34	*	<0.2-0.45
	bm	19	12-28	18	15-19	*	0.22-<0.4	*	<0.4-<0.6
	am	15	12-17	12	12-13	*	<0.3-<0.5	*	<0.2-<0.5
BB	bsm	21	14-25	17	12-23	0.38	0.23-0.46	*	0.21-<0.7
	bm	15	13-16	18	14-23	*	0.17-<0.7	*	<0.3-<0.4
	am	19	17-20	23	12-33	*	<0.3-<0.5	*	<0.2-<0.2
EA	bsm	25	23-26	23	19-26	*	0.26-<0.6	0.34	0.23-0.40
	bm	18	14-22	18	14-22	*	<0.3-<0.5	*	<0.3-<0.5
	am	14	11-18	16	16-16	*	<0.3-<0.3	*	<0.2-<0.3
KM	bsm	*	*	26	22-33	*	*	*	0.28-<0.3
	bm	16	15-17	11	8-15	*	0.17-<0.5	*	0.14-<0.3
	am	*	*	16	13-20	*	*	*	<0.3-<0.3
LL	bsm	29	24-36	24	20-30	0.43	0.36-0.54	0.30	0.17-0.50
	bm	13	10-16	15	11-18	*	0.32-<1.0	*	<0.4-<0.4
	am	16	15-19	18	16-20	*	0.25-<0.4	*	<0.2-<0.3
WB	bsm	27	22-31	29	28-31	0.48	0.37-0.60	0.42	0.36-0.49
	bm	18	13-24	20	14-28	*	<0.2-<0.9	*	<0.5-<0.8
	am	15	14-17	20	18-22	*	<0.3-<0.4	*	<0.3-<0.5
Lp	bsm	23	19-26	*	<20-26	0.46	0.38-0.58	0.40	0.23-0.50
	bm	18	13-22	16	11-20	*	<0.3-<0.9	*	<0.3-<0.3
	am	*	*	16	12-20	*	*	*	<0.2-<0.4
KV	bsm	19	17-21	21	20-22	0.90	0.85-0.98	0.45	0.30-0.72
	bm	16	15-17	16	15-17	*	<0.23-0.31	*	<0.2-<0.2
	am	14	14-15	15	13-17	*	<0.2-<0.4	*	<0.2-<0.4
FV	bsm	24	22-26	24	19-29	0.27	0.24-0.30	*	<0.4-0.61
	bm	*	12-<14	18	13-21	*	0.20-<0.7	*	<0.3-<0.4
	am	17	13-19	*	10-<16	*	<0.3-<0.3	*	<0.3-<0.5
HW	bsm	*	28	22	20-23	*	0.30	1.36	0.86-1.82
	bm	15	12-18	15	11-19	0.26	0.25-0.27	*	<0.2-<0.3
	am	*	8	*	<14-16	*	<0.3	*	<0.2-<0.3

Tabel 18. Gemiddeld gehalte en range (mg/kg) (N=3) van Ni en Sb in lever van kleine zoogdieren in voorjaar (vj) en najaar (nj) gemeten met NAA. bsm Bosspitsmuis, bm Bosmuis, am Aardmuis.

		Ni				Sb			
		voorjaar		najaar		voorjaar		najaar	
		gem.	range	gem.	range	gem.	range	gem.	range
HB	bsm	*	<6-<6	*	<6-<6	*	<0.06-<0.07	*	<0.06-<0.07
	bm	*	<6-<7	*	<7-<7	*	<0.06-<0.07	*	<0.04-<0.07
	am	*	<8-<12	*	<6-<7	*	<0.08-<0.11	*	<0.02-<0.04
DK	bsm	*	<8-<11	*	<6-<6	*	<0.09-<0.10	*	<0.07-<0.07
	bm	*	<6-<6	*	<6-<6	*	<0.03-<0.03	*	<0.03-<0.04
	am	*	*	*	*	*	*	*	*
SH	bsm	*	<7-<8	*	<6-<8	*	<0.01-<0.02	*	<0.07-<0.09
	bm	*	<7-<9	*	<8-<9	*	<0.02-<0.03	0.012	0.011-0.012
	am	*	<6-<7	*	<7-<7	*	<0.03-<0.03	*	<0.03-<0.03
BB	bsm	*	<8-<13	*	<6-<7	*	<0.03-<0.04	*	<0.05-<0.07
	bm	*	<7-<8	*	<6-<7	*	<0.07-<0.08	*	<0.07-<0.08
	am	*	<9-<10	*	<6-<6	*	<0.08-<0.09	*	<0.03-<0.04
EA	bsm	*	<9-<11	*	<9-<10	*	<0.09-<0.10	*	<0.07-<0.10
	bm	*	<7-<9	*	<7-<9	*	<0.07-<0.09	*	<0.03-<0.08
	am	*	<8-<8	*	<6-<8	*	<0.08-<0.09	*	<0.07-<0.15
KM	bsm	*	*	*	<7-<9	*	*	*	<0.07-<0.09
	bm	*	<8-<8	*	<4-<7	*	<0.08-<0.08	*	<0.06-<0.07
	am	*	*	*	<7-<8	*	*	*	0.06-<0.07
LL	bsm	*	<8-<10	*	<4-<6	*	<0.08-<0.10	*	<0.06-<0.07
	bm	*	<6-<6	*	<6-<7	*	0.023-<0.03	*	<0.03-<0.06
	am	*	<9-<12	*	<6-<6	*	<0.08-<0.10	*	<0.03-<0.07
WB	bsm	*	<7-<9	*	<7-<8	*	<0.06-<0.08	*	<0.05-<0.07
	bm	*	<7-<8	*	<7-<10	*	<0.07-<0.08	*	<0.07-<0.10
	am	*	<7-<8	*	<6-<7	*	<0.03-<0.07	*	<0.06-<0.07
Lp	bsm	*	<8-<10	*	<6-<7	*	<0.07-<0.08	*	<0.07-<0.07
	bm	*	<7-<7	*	<7-<7	*	<0.06-<0.08	*	<0.07-<0.07
	am	*	*	*	<5-<7	*	*	*	<0.06-<0.07
KV	bsm	*	<7-<7	*	<6-<7	*	<0.05-<0.07	*	<0.07-<0.07
	bm	*	<6-<8	*	<6-<7	*	<0.06-<0.08	*	<0.07-<0.07
	am	*	<6-<8	*	<7-<7	*	<0.07-<0.08	*	<0.07-<0.08
FV	bsm	*	<8-<9	*	<7-<8	*	0.06-<0.09	*	<0.07-<0.08
	bm	*	<7-<7	*	<7-<7	*	<0.07-<0.07	*	<0.07-<0.07
	am	*	<6-<7	*	<7-<8	*	<0.03-<0.07	*	<0.08-<0.08
HW	bsm	*	<9	*	<6-<7	*	<0.09	*	<0.07-<0.07
	bm	*	<6-<7	*	<6-<7	*	<0.06-<0.07	*	<0.06-<0.07
	am	*	<7	*	<6-<7	*	<0.07	*	<0.06-<0.07

Tabel 19. Gemiddeld gehalte en range (mg/kg) (N=3) van Ti en U in lever van kleine zoogdieren in voorjaar (vj) en najaar (nj) gemeten met NAA. bsm Bosspitsmuis, bm Bosmuis, am Aardmuis.

		Ti				U			
		voorjaar		najaar		voorjaar		najaar	
		gem.	range	gem.	range	gem.	range	gem.	range
HB	bsm	*	<13-<14	*	<13-<13	*	<0.4-<0.5	*	<0.4-<0.4
	bm	*	<12-<13	*	<13-<20	*	<0.5-<0.6	*	<0.2-<0.6
	am	*	<12-<16	*	<13-<16	*	<0.8-<1.0	*	<0.4-<0.4
DK	bsm	*	<13-<17	*	<11-<12	*	<0.7-<0.9	*	<0.5-<0.5
	bm	*	<10-<12	*	<11-<13	*	<0.2-<0.2	*	<0.2-<0.2
	am	*	*	*	*	*	*	*	*
SH	bsm	*	<16-<16	*	<16-<18	*	<0.2-<0.8	*	<0.6-<0.8
	bm	*	<14-<30	*	<15-<18	*	<0.2-<0.2	*	<0.2-<0.2
	am	*	<12-<13	*	<13-<14	*	<0.4-<0.4	*	<0.4-<0.4
BB	bsm	*	<14-76	*	<13-<15	*	<0.2-<0.4	*	<0.6-<0.6
	bm	*	<13-<21	*	<16-<17	*	<0.7-<0.8	*	<0.7-<0.7
	am	*	<13-<17	*	<12-<13	*	<0.8-<0.8	*	<0.4-<0.4
EA	bsm	*	<15-<17	*	<14-<16	*	<0.8-<0.9	*	<0.6-<0.8
	bm	*	<13-<17	*	<14-<15	*	<0.6-<0.7	*	<0.7-<0.8
	am	*	<13-<17	*	<11-<14	*	<0.7-<0.7	*	<0.5-<0.6
KM	bsm	*	*	*	<20-<30	*	*	*	<0.7-<0.7
	bm	*	<12-<19	*	<17-<20	*	<0.5-<0.6	*	<0.5-<0.6
	am	*	*	*	<13-<14	*	*	*	0.33-<0.6
LL	bsm	*	<13-<14	*	<11-<12	*	<0.7-<0.8	*	<0.5-<0.5
	bm	*	<11-<12	*	<12-<13	*	<0.2-<0.2	*	<0.2-<0.5
	am	*	<13-<17	*	<11-<14	*	<0.8-<0.9	*	<0.4-<0.6
WB	bsm	*	<18-<20	*	<18-<20	*	<0.4-<0.5	*	<0.5-<0.5
	bm	*	<15-<18	*	<17-<20	*	<0.5-<0.5	*	<0.2-<0.6
	am	*	<9-<11	*	<19-<20	*	<0.5-<0.6	*	<0.5-<0.5
LP	bsm	*	<11-<18	*	<19-<20	*	<0.5-<0.6	*	<0.6-<0.7
	bm	*	<17-<19	*	<20-<20	*	<0.5-<0.5	*	<0.5-<0.6
	am	*	*	*	<15-<18	*	*	*	<0.5-<0.5
KV	bsm	*	<12-<16	*	<13-<15	*	<0.5-<0.5	*	<0.5-<0.5
	bm	*	<12-<13	*	<13-<14	*	<0.4-<0.5	*	<0.4-<0.5
	am	*	<12-<13	*	<12-<13	*	<0.6-<0.7	*	<0.6-<0.7
FV	bsm	*	<14-<20	*	<20-<20	*	<0.3-<0.6	*	<0.5-<0.6
	bm	*	<20-<20	*	<19-<20	*	<0.5-<0.6	*	<0.6-<0.6
	am	*	<10-<20	*	<12-<14	*	<0.4-<0.5	*	<0.5-<0.7
HW	bsm	*	<20	*	<20-<20	*	<0.5	*	<0.5-<0.6
	bm	*	<16-<17	*	<17-<19	*	<0.4-<0.5	*	<0.5-<0.6
	am	*	<17	*	<18-<20	*	<0.5	*	<0.6-<0.6

Tabel 20. Gemiddeld metaalgehalte en range (mg/kg) (N=3) van V en Zn in lever van kleine zoogdieren gemeten met NAA. bsm Bosspitsmuis, bm Bosmuis, am Aardmuis.

		V				Zn			
		voorjaar		najaar		voorjaar		najaar	
		gem.	range	gem.	range	gem.	range	gem.	range
HB	bsm	*	<0.08-<0.09	*	<0.09-<0.09	80	75-88	77	77-78
	bm	*	<0.09-<0.10	*	<0.09-<0.17	78	73-84	79	70-85
	am	*	0.07-<0.09	*	<0.09-<0.11	82	76-90	80	77-85
DK	bsm	*	<0.09-<0.12	*	<0.08-<0.09	93	88-97	85	77-96
	bm	*	<0.07-<0.09	*	<0.08-<0.09	91	79-99	82	81-85
	am	*	*	*	*	*	*	*	*
SH	bsm	*	<0.11-<0.11	*	<0.11-<0.14	92	84-102	84	81-87
	bm	*	0.11-<0.20	*	<0.11-<0.14	83	71-92	87	83-90
	am	*	<0.09-<0.09	*	<0.08-<0.10	74	69-77	83	73-88
BB	bsm	*	<0.09-<0.12	*	<0.10-<0.11	82	77-88	78	76-81
	bm	*	<0.09-<0.11	*	<0.12-0.13	85	77-95	87	82-89
	am	*	<0.09-0.19	*	<0.07-<0.09	78	76-80	77	75-78
EA	bsm	*	<0.11-<0.12	*	<0.11-<0.12	75	70-79	84	77-92
	bm	*	<0.10-<0.12	*	<0.10-<0.12	89	83-98	85	78-94
	am	*	<0.09-0.23	*	<0.08-<0.10	74	71-77	87	83-94
KM	bsm	*	*	*	<0.17-<0.20	*	*	83	79-88
	bm	*	<0.08-<0.17	*	<0.11-<0.15	*	*	79	76-83
	am	*	*	*	0.07-<0.10	*	*	82	77-86
LL	bsm	*	<0.09-<0.10	*	<0.08-<0.09	83	70-96	76	72-83
	bm	*	<0.08-<0.13	*	<0.09-<0.10	83	81-88	71	60-84
	am	*	0.07-<0.09	*	<0.08-<0.09	87	84-92	82	78-90
WB	bsm	*	<0.13-<0.16	*	<0.13-<0.16	78	70-86	80	78-83
	bm	*	<0.11-<0.13	*	<0.11-<0.16	81	77-86	81	72-86
	am	*	<0.06-<0.07	*	<0.13-<0.15	85	83-89	87	86-87
LP	bsm	*	<0.08-<0.13	*	<0.14-<0.15	76	68-83	73	71-75
	bm	*	<0.11-0.12	*	<0.14-<0.15	81	76-88	92	87-101
	am	*	*	*	<0.10-<0.12	*	*	76	76-78
KV	bsm	*	<0.09-<0.16	*	<0.09-<0.10	82	73-98	77	75-78
	bm	*	<0.09-<0.09	*	<0.09-<0.10	83	74-98	82	74-86
	am	*	<0.08-<0.09	*	<0.09-<0.09	80	79-81	86	81-96
FV	bsm	*	0.06-<0.16	*	<0.14-<0.17	85	83-87	78	75-81
	bm	*	<0.14-<0.15	*	<0.14-<0.15	85	78-97	76	73-81
	am	*	<0.08-<0.16	*	<0.09-<0.09	78	72-85	86	83-89
HW	bsm	*	<0.15	*	<0.14-<0.16	*	84	71	67-74
	bm	*	<0.11-<0.12	*	<0.11-<0.13	80	76-82	92	83-105
	am	*	*	*	<0.13-<0.14	*	73	83	78-90

3.2.3 Metaalgehalten in bodeminvertebraten (AAS)

In tabel 21 zijn voor elk gebied de met AAS gemeten gehalten weergegeven van de metalen Cd, Cu, Pb en Zn in een mengmonster van de ongewervelde bodemfauna in voorjaar en najaar. Van Cd werden de hoogste gehalten in het algemeen gevonden in spinnen en regenwormen. Spinnen hadden ook de hoogste gehalten aan Cu vergeleken met de overige onderzochte groepen van bodeminvertebraten. De hoogste gehalten aan Pb waren aanwezig in regenwormen. Kevers hadden een relatief laag gehalte aan Zn vergeleken met de overige onderzochte bodemfaunagroepen. Het relatief grote vermogen van regenwormen om toxische stoffen zoals Cd en Pb te accumuleren is belangrijk in verband met de mogelijkheid van doorvergiftiging in voedselketens (Ma 1990; Ma & van der Voet 1993).

Tabel 21. Gehalten aan Cd, Cu, Pb en Zn (mg/kg) in bodemfauna in voorjaar (vjr) en najaar (njr) gemeten met AAS.

Gebied	monster	Cd		Cu		Pb		Zn	
		vjr	njr	vjr	njr	vjr	njr	vjr	njr
HB	kevers	1.0	0.8	29	25	1.6	1.8	162	153
	spinnen	16	4.5	170	91	8.5	4.9	605	388
	hooiwagens	2.4	3.3	27	43	4.7	10	408	614
	regenworm	3.9	4.1	10	8	48	14	264	236
DK	kevers	2.8	1.5	24	37	1.5	2.3	167	214
	spinnen	18	7.7	246	85	3.7	9.2	634	570
	hooiwagens	5.4	12	42	97	4.8	6.2	576	940
	regenworm	9.3	15	8	12	4.9	25	913	1442
SH	kevers	0.7	1.2	35	24	4.7	5.3	149	159
	spinnen	14	18	245	170	3.8	2.6	652	629
	hooiwagens	3.2	4.7	24	53	4.3	5.6	405	712
	regenworm	-	16	-	15	-	151	-	409
BB	kevers	0.8	2.0	30	19	1.9	2.0	142	151
	spinnen	15	12	196	136	3.8	3.9	613	576
	hooiwagens	4.3	4.1	38	46	7.2	5.3	392	440
	regenworm	12	11	12	19	19	57	717	581
EA	kevers	1.4	2.8	30	34	1.4	2.6	177	237
	spinnen	15	12	209	118	1.6	5.0	606	533
	hooiwagens	4.0	7.4	30	60	1.6	4.9	466	1254
	regenworm	-	22	-	18	-	92	-	439
KM	kevers	-	1.6	-	21	-	4.7	-	122
	spinnen	6.4	8.0	216	139	1.6	3.4	435	526
	hooiwagens	-	5.9	-	106	-	12	-	658
	regenworm	-	17	-	14	-	119	-	464
LL	kevers	1.4	4.0	31	41	1.1	1.2	130	159
	spinnen	7.2	8.0	165	190	0.4	6.0	462	402
	hooiwagens	3.0	4.4	21	41	3.1	4.1	472	471
	regenworm	7.6	10	16	15	3.4	8.1	334	414
WB	kevers	3.7	4.1	38	50	1.3	0.9	158	211
	spinnen	9.6	9.5	171	153	1.1	1.9	504	445
	hooiwagens	5.3	8.7	71	63	2.2	2.2	478	558
	regenworm	14	14	22	19	6.0	55	434	350
LP	kevers	1.2	0.5	25	40	0.9	0.5	152	214
	spinnen	9.2	3.2	154	102	0.6	1.0	469	375
	hooiwagens	2.4	6.6	38	96	1.0	2.7	473	981
	regenworm	7.3	7.2	10	9	6.5	14	317	366
KV	kevers	1.1	0.8	28	21	0.9	1.8	170	153
	spinnen	13	6.0	220	106	2.1	2.5	467	475
	hooiwagens	-	6.3	53	77	2.9	9.1	542	696
	regenworm	-	2.8	-	8	-	3.6	-	219

Vervolg tabel 21

Gebied	monster	Cd		Cu		Pb		Zn	
		vjr	njr	vjr	njr	vjr	njr	vjr	njr
FV	kevers	0.9	1.2	47	24	3.1	0.9	130	173
	spinnen	16	18	226	210	4.4	2.7	617	785
	hooiwagens	4.3	4.2	98	64	11	4.6	354	365
	regenworm	-	-	-	-	-	-	-	-
HW	kevers	0.6	0.7	26	34	0.4	0.8	182	193
	spinnen	5.4	3.5	112	88	0.8	1.6	456	395
	hooiwagens	1.4	2.2	35	50	1.2	5.1	376	730
	regenworm	-	9.3	-	13	-	20	-	424

In tabel 22 zijn de correlaties berekend van het met AAS gemeten gehalte (in waarden) in de bodemfauna tussen het voorjaar en najaar. Significante correlaties waren slechts aanwezig voor Cd in hooiwagens en Zn in spinnen. Voor regenwormen zijn geen correlaties berekend aangezien slechts in het najaar voldoende aantallen voor analyse konden worden bemonsterd.

Tabel 22. Correlatiecoëfficiënten voor het metaalgehalte in de bodemfauna tussen voor- en najaar van 12 gebieden gemeten met AAS (Tabel 21).

Metaal	Groep	voorjaar/najaar	P
Cd	Kevers	.542	ns
	Spinnen	.467	ns
	Hooiwagens	.759	<0.05
Cu	Kevers	-.150	ns
	Spinnen	-.089	ns
	Hooiwagens	.423	ns
Pb	Kevers	.590	ns
	Spinnen	.375	ns
	Hooiwagens	.454	ns
Zn	Kevers	.464	ns
	Spinnen	.612	<0.05
	Hooiwagens	.529	ns

In sommige gevallen is sprake van een significant verschil in het gehalte tussen voorjaar en najaar. Tabel 23 toont aan dat op grond van ANOVA op de ln getransformeerde waarden in de groep van de hooiwagens het gehalte van Cd, Cu, Pb en Zn gemiddeld over alle gebieden significant lager was in het voorjaar dan in het najaar. Een overeenkomstig seizoensverschil in metaalgehalte was ook aanwezig voor het gehalte van Pb in braam en regenwormen en van Zn in kevers. Echter voor het gehalte van Cd in spinnen en dat van Cu in braam en spinnen geldt het omgekeerde, hier blijkt het gehalte gemiddeld in het voorjaar juist hoger te zijn dan in het najaar. Voor het gehalte van Cd en Zn in braam waren geen significante seizoensverschillen aanwezig.

Vanwege het beperkt aantal monsters met betrekking tot de ongewervelde bodemfauna en de vegetatie is geen variantieanalyse op verschillen tussen gebieden uitgevoerd. Het is echter bekend dat het gehalte van metaalelementen in de bodemfauna per bodemsoort sterk kan variëren, zoals bijvoorbeeld blijkt uit onderzoek aan regenwormen (Ma 1982). Men zal dus ook bij de biomonitoring van ongewervelden met variaties in gehalten tussen gebieden rekening dienen te houden.

Tabel 23. Variantieanalyse van het verschil tussen voorjaar en najaar van metaalgehalten in bodeminvertebraten gemiddeld over alle gebieden (Tabel 21).

Biota	metaal	verschil	P
Kevers	Cd	geen	ns
	Cu	geen	ns
	Pb	geen	ns
	Zn	voorjaar < najaar	<0.01
Spinnen	Cd	voorjaar > najaar	<0.05
	Cu	voorjaar > najaar	<0.001
	Pb	geen	ns
	Zn	geen	ns
Hooiwagens	Cd	voorjaar < najaar	<0.001
	Cu	voorjaar < najaar	<0.01
	Pb	voorjaar < najaar	<0.05
	Zn	voorjaar < najaar	<0.001
Regenwormen	Cd	geen	ns
	Cu	geen	ns
	Pb	voorjaar < najaar	<0.05
	Zn	geen	ns
Braam	Cd	geen	ns
	Cu	voorjaar > najaar	<0.001
	Pb	voorjaar < najaar	<0.001
	Zn	geen	ns

In tabel 24 zijn per seizoen de correlaties berekend tussen enerzijds het gehalte in de ongewervelde bodemfauna en anderzijds het gehalte in de bodem en organische toplaag. Het blijkt dat het gehalte van Pb in kevers, spinnen en ook regenwormen positief correleert met het gehalte in de organische toplaag, terwijl sprake is van een negatieve correlatie met het gehalte in de onderliggende bodemlaag. In dit opzicht komen de resultaten verkregen met bodeminvertebraten overeen met die voor Pb in kleine zoogdieren, zoals de Bosspitsmuis (tabel 10). Voor de metalen Cd, Cu en Zn werd voor geen van de groepen van bodemfauna een positieve correlatie met het gehalte in de organische toplaag gevonden. Voor Zn in spinnen in het najaar was zelfs sprake van een negatieve correlatie.

Tabel 24. Correlatiecoëfficiënten voor het metaalgehalte gemeten met AAS in bodeminvertebraten en vegetatie in voorjaar en najaar en het gehalte in de organische toplaag (tp) en onderliggende bodemlaag (bd) (ln waarden). * P<0.05; ** P<0.01

Soort	Cd _{bd}	Cd _{tp}	Cu _{bd}	Cu _{tp}	Pb _{bd}	Pb _{tp}	Zn _{bd}	Zn _{tp}
Kevers								
voorjaar	.199	.500	-.175	.349	-.747**	.761**	-.007	.446
najaar	-.123	.252	.500	-.134	-.422	.779**	.056	-.013
Spinnen								
voorjaar	-.577*	-.235	-.549	.259	-.574*	.605*	-.563	-.075
najaar	-.588*	-.046	.050	.395	-.384	.381	-.629*	-.417
Hooiwagens								
voorjaar	-.348	.288	-.112	-.066	-.588	.595	.356	.119
najaar	-.009	.399	-.180	-.362	-.334	.459	-.214	.035
Regenwormen								
voorjaar	-	-	-	-	-	-	-	-
najaar	-.271	.144	.181	.471	-.355	.697*	.078	.030
Braam								
voorjaar	.398	.350	.065	.163	-.160	.032	-.457	-.171
najaar	.274	.276	.343	.610	.312	.079	-.621	-.728*

3.2.4 Metaalgehalten in bodeminvertebraten (NAA)

In tabel 25 zijn de resultaten weergegeven van de met NAA gemeten gehalten van Al, As, Ba, Cd, Co, Cr en Cu in een per groep en per gebied in het voorjaar genomen mengmonster van de ongewervelde bodemfauna. In tabel 26 zijn de resultaten weergegeven voor de overige elementen Hg, Ni, Sb, Ti, U, V en Zn.

Tabel 25. Gehalten (mg/kg) van metaalelementen Al, As, Ba, Cd, Co, Cr en Cu in bodeminvertebraten gemeten met NAA. kv kevers, sp spinnen, hw hooiwagens, rw regenwormen.

Gebied	groep	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu
HB	kv	<100	0.98	12	<2.0	0.123	<0.5	28
	sp	<100	0.24	<20	14.3	0.066	<0.6	185
	hw	<300	<4.0	<12	<20	0.400	<3.0	43
	rw	370	<0.9	<20	2.7	0.740	0.9	<20
DK	kv	<200	1.83	<14	<4	0.097	0.6	23
	sp	<70	0.27	<20	21.0	0.068	<0.6	162
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	4870	8.90	28	6.8	1.780	4.2	<90
SH	kv	<50	2.43	<14	<3	0.063	0.6	30
	sp	<40	0.19	<20	14.3	0.051	<0.6	183
	hw	<120	<1.6	<40	<8.0	0.137	<1.1	66
	rw	*	*	*	*	*	*	*
BB	kv	<80	<0.3	<14	<3.3	0.111	1.5	19
	sp	<120	<0.3	<20	12.7	0.070	<0.8	194
	hw	<300	1.40	<60	<11	0.147	<1.8	53
	rw	<1200	<1.2	<40	13.4	1.108	4.1	<40
EA	kv	<30	0.34	<15	<3	0.040	0.6	24
	sp	<50	0.20	<13	13.2	0.054	0.5	220
	hw	<80	0.46	<20	4.0	0.061	<0.4	37
	rw	*	*	*	*	*	*	*
KM	kv	*	*	*	<3	*	*	*
	sp	<50	<0.4	<20	7.4	0.039	<0.4	221
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	*	*	*	*	*	*	*
LL	kv	<130	0.36	<14	2.5	0.210	0.8	23
	sp	<90	<0.3	<20	6.6	0.086	<1.0	168
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	<5000	2.31	<70	9.0	4.170	9.3	<140
WB	kv	<140	0.22	<11	2.8	0.260	<0.3	35
	sp	<500	0.62	<18	10.1	0.290	<3.0	164
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	<5000	2.00	<50	9.9	2.250	7.9	<20
LP	kv	<170	0.35	<11	<2.0	0.270	<0.2	27
	sp	<500	0.35	<19	8.2	0.330	<0.3	164
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	<800	0.70	<20	6.0	3.430	1.1	<20
KV	kv	75	0.62	<11	<3.0	0.192	2.8	29
	sp	<120	0.30	<15	12.3	0.089	<0.5	205
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	*	*	*	*	*	*	*

Vervolg tabel 25

Gebied	groep	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu
FV	kv	<80	0.94	<9	<1.9	0.062	0.7	37
	sp	<170	0.29	<18	15.0	0.066	<0.3	246
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	*	*	*	*	*	*	*
HW	kv	<40	<0.4	<12	<3.0	0.033	<0.6	25
	sp	<80	0.23	<17	3.7	<0.04	<0.3	79
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	*	*	*	*	*	*	*

Voor Al, Ba, Ni en U lagen de waarden in geen of slechts enkele gevallen boven de detectielimiet. Voor As, Cd, Cr, Cu, Hg, Sb, Ti en V konden in een redelijk aantal gevallen (30 tot 50%) de waarde worden bepaald. Voor Cd was dit vooral het geval in de monsters van spinnen en regenwormen, voor Cr voor kevers en regenwormen, voor Cu voor kevers, spinnen en hooiwagens en voor Ti voor regenwormen. De NAA methode is in ieder geval geschikt voor de bepaling van de achtergrondgehalten van Co en Zn in kevers, spinnen, hooiwagens en regenwormen, van Cu in spinnen en hooiwagens, van V in kevers, hooiwagens en regenwormen en van Cd, Cr en Ti in regenwormen.

Tabel 26. Gehalten (mg/kg) van metaalelementen Hg, Ni, Sb, Ti, U, V en Zn in bodem-invertebraten gemeten met NAA. kv kevers, sp spinnen, hw hooiwagens, rw regenwormen.

Gebied	groep	Hg	Ni	Sb	Ti	U	V	Zn
HB	kv	<0.2	<7	0.049	<13	<0.3	0.21	144
	sp	0.36	<12	0.050	24	<0.4	0.38	553
	hw	<1.0	<90	<0.7	<70	<2.0	0.72	463
	rw	<0.4	<13	0.103	59	<0.4	0.70	272
DK	kv	<0.4	<7	0.047	19	<0.3	0.49	208
	sp	0.91	<12	<0.11	<12	<0.3	0.44	650
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	<0.3	<19	0.202	140	<0.4	3.70	776
SH	kv	0.15	<6	0.068	14	<0.3	0.22	149
	sp	0.30	<11	0.090	<30	<0.3	<0.19	547
	hw	0.40	<30	<0.2	<40	<0.9	0.95	486
	rw	*	*	*	*	*	*	*
BB	kv	<0.3	<7	<0.06	<40	<0.3	0.18	173
	sp	<0.2	<10	0.06	26	<0.3	0.31	463
	hw	<0.7	<40	<0.3	<60	<1.3	0.93	438
	rw	<0.5	<20	0.089	100	<0.5	2.00	745
EA	kv	<0.2	<8	<0.06	<11	<0.3	0.11	165
	sp	0.26	<8	<0.06	<30	<0.4	0.29	530
	hw	<0.23	<11	<0.09	<30	<0.5	0.20	428
	rw	*	*	*	*	*	*	*
KM	kv	*	*	*	*	*	*	*
	sp	0.33	<11	<0.08	<17	<0.3	0.24	411
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	*	*	*	*	*	*	*
LL	kv	0.21	<7	<0.06	<14	<0.3	0.30	144
	sp	<0.3	<10	0.038	<13	<0.4	0.27	375
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	<0.60	<20	0.160	280	1.01	7.60	342
WB	kv	0.16	<6	<0.04	<16	0.20	0.37	154
	sp	0.27	<10	<0.10	43	0.13	0.89	470
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	<0.70	<18	0.180	270	0.34	7.00	424
LP	kv	0.13	<6	<0.06	10	<0.2	0.33	151
	sp	0.42	<11	<0.06	28	<0.3	0.95	390
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	<0.40	<12	<0.11	33	<0.6	1.48	386
KV	kv	<0.17	<7	0.033	<12	<0.3	0.20	199
	sp	0.36	<8	0.06	<30	<0.3	0.47	531
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	*	*	*	*	*	*	*

Vervolg tabel 26

Gebied	groep	Hg	Ni	Sb	Ti	U	V	Zn
FV	kv	0.07	<5	0.035	<12	0.14	2.21	113
	sp	0.55	<11	<0.07	<20	<0.3	4.40	604
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	*	*	*	*	*	*	*
HW	kv	0.16	<8	<0.06	<8	<0.3	0.23	153
	sp	0.44	<10	0.039	<20	0.19	0.34	426
	hw	*	*	*	*	*	*	*
	rw	*	*	*	*	*	*	*
	pr	<0.2	<10	<0.03	<40	<0.2	<0.2	63

3.2.5 Metaalgehalten in vegetatie (AAS)

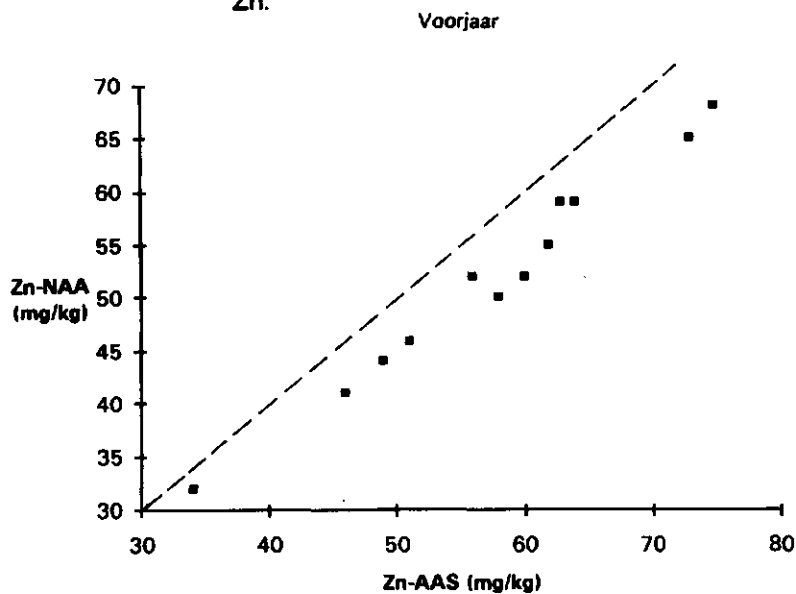
In tabel 27 zijn de resultaten weergegeven van de AAS bepalingen van de metaalgehalten in een mengmonster van een plantesoort per seizoen en per gebied. Braam was de enige soort die in alle gebieden was vertegenwoordigd. Er waren geen significante correlaties tussen het gehalte in Braam in het voorjaar en najaar voor de metalen Cd ($r=0.573$), Pb ($r=0.155$) en Zn ($r=0.407$) (tabel 24). Alleen voor Cu was sprake van een significante correlatie tussen het gehalte in voorjaar en najaar ($r=0.644$, $P < 0.05$).

Tabel 27. Gehalten aan Cd, Cu, Pb en Zn (mg/kg) in vegetatie in voorjaar (vj) en najaar (nj) gemeten met AAS.

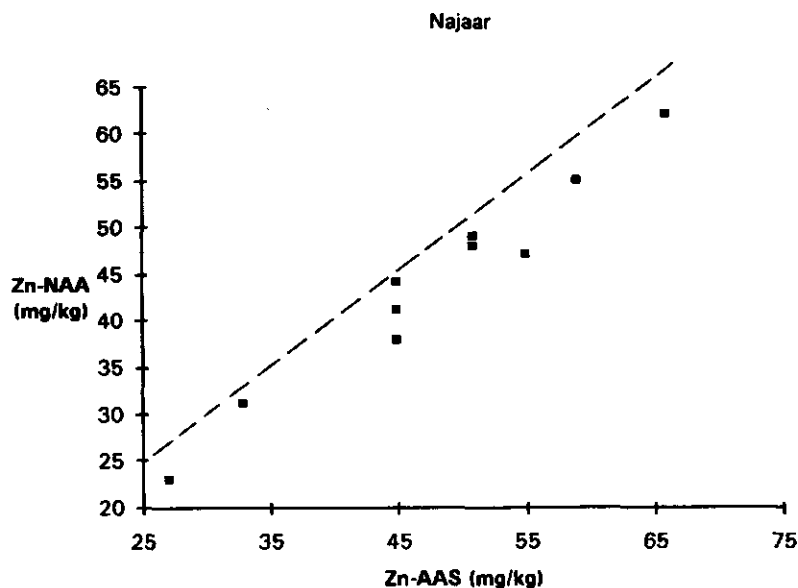
Gebied monster		Cd		Cu		Pb		Zn	
		vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj
HB	braam	0.3	0.3	8	7	1.2	3.6	49	45
	bochtige smele	0.1	0.2	5	7	2.3	6.6	48	54
	pijpestrootje	0.5	0.1	11	3	6.8	11	50	48
DK	braam	0.5	0.1	11	6	1.3	4.6	62	45
	bochtige smele	0.2	0.2	8	6	1.5	3.6	62	43
	reukgras	1.6	1.5	7	8	1.5	4.7	50	84
SH	braam	0.3	0.1	11	-	1.1	-	64	-
	bochtige smele	0.3	0.1	6	4	2.8	4.4	47	36
	pijpestrootje	1.3	0.4	11	4	2.0	5.9	49	58
BB	braam	0.3	-	11	-	3.0	-	75	-
	pitrus	2.0	1.5	6	5	2.5	5.0	97	177
	bosgierstgras	0.1	0.3	6	10	1.3	5.6	28	97
EA	braam	0.3	0.2	12	8	0.3	4.1	60	59
	bochtige smele	0.2	0.2	6	4	1.0	5.2	48	55
	pijpestrootje	0.6	0.3	9	4	1.4	3.9	67	48
KM	braam	0.2	0.2	12	10	1.7	4.1	46	66
	bochtige smele	0.1	0.3	6	7	2.7	5.8	52	67
	pijpestrootje	3.0	2.0	10	5	2.0	4.1	120	107
LL	braam	1.2	0.6	12	11	2.8	5.6	63	51
	nagelkruid	2.9	2.9	12	13	3.0	8.7	98	140
	brandnetel	0.1	0.1	20	14	4.0	5.7	52	42
WB	braam	0.5	0.4	8	8	1.5	7.2	34	33
	pitrus	1.5	2.2	12	12	0.6	2.0	64	75
BB	braam	0.5	0.3	14	9	0.7	2.2	51	27
	pitrus	0.9	1.4	6	7	0.3	0.8	50	78
	liesgras	0.05	0.03	5	7	0.4	0.6	28	22
KV	braam	0.5	0.5	12	10	0.8	4.2	58	51
	pijpestrootje	-	0.2	-	4	-	2.6	-	42
	pitrus	0.9	1.4	8	9	0.9	1.8	74	137
FV	braam	0.2	0.2	8	7	2.1	1.3	73	55
	pijpestrootje	0.9	0.2	12	3	1.0	1.9	70	80
HW	pitrus	1.6	0.9	9	6	0.8	0.7	86	94
	braam	0.2	0.2	8	5	0.5	2.1	56	45
	pijpestrootje	1.1	0.4	9	4	0.6	1.4	45	30
	pitrus	1.1	0.9	6	6	0.2	0.6	68	78

3.2.6 Metaalgehalten in vegetatie (NAA)

Metingen met NAA zijn verricht van de metaalgehalten in een mengmonster van een bepaalde plantensoort per gebied in voorjaar en najaar. De gehalten zijn weergegeven voor Al, As, Ba, Cd, Co, Cr en Cu in tabel 28. In tabel 29 zijn de gehalten weergegeven voor de overige elementen Hg, Ni, Sb, Ti, U, V en Zn.



Figuur 8a. Correlatie tussen het gehalte van Zn in Braam in het voorjaar bepaald met NAA en het gehalte bepaald met AAS. De stippellijn geeft de 1:1 relatie weer.



Figuur 8b. Correlatie tussen het gehalte van Zn in Braam in het najaar bepaald met NAA en het gehalte bepaald met AAS. De stippellijn geeft de 1:1 relatie weer.

Het blijkt dat de gehalten van Al, Hg, Ti en U in alle of een groot deel van de monsters onder de detectielimiet van de toegepaste NAA methode bleven. Voor Ba en Cd was het percentage niet meetbare waarden 65% en voor Cu en Ni rond 45%. Voor As en V lagen de gehalten in vrijwel alle monsters binnen het meetbereik van de NAA methode. De methode is het meest geschikt voor de bepaling van de achtergrondgehalten van Co, Cr, Sb en Zn in plantenmateriaal, waarvan de meetwaarden in alle gevallen boven de detectielimiet lagen.

In tabel 30 zijn de correlaties berekend voor het metaalgehalte in Braam, bepaald met AAS en NAA, en het gehalte in de toplaag en onderliggende laag van de bodem. Vanwege ontbrekende waarden is dit gedaan voor tien gebieden. De resultaten laten geen significante positieve correlaties zien. Voor het gehalte van Cu in het najaar was de correlatie met het Cu gehalte in de toplaag bijna significant ($P < 0.06$). Voor elementen zoals Zn die zowel met AAS als met NAA waren bepaald waren de gehalten goed met elkaar in overeenstemming. Voor Zn in Braam bepaald in het voorjaar was $r = 0.991$ ($P < 0.001$) en voor Zn bepaald in het najaar was $r = 0.984$ ($P < 0.001$). Echter de met NAA bepaalde meetwaarden bleven lager dan de meetwaarden bepaald met AAS (figuur 8). Overigens was er geen significante correlatie aanwezig tussen het Zn gehalte in Braam in het voorjaar en najaar ($r = 0.385$).

Tabel 28. Gehalten (mg/kg) van metaalelementen in een mengmonster van de vegetatie gemeten met NAA.
bb Blauwe bosbes, bg Bosgierstgras, bn Brandnetel, br Braam, bs Bochtige smele, pp Pijpestrooite, pr Pitrus,
kn Knikkend nagelkruide, lg Liesgras, rg Reukgras.

Gebied	soort	Al		As		Ba		Cd		Co		Cr		Cu	
		vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj
HB	br	<90	<150	<0.04	0.12	<19	<16	<0.6	<0.6	0.61	0.31	1.8	0.98	15	3.2
	bs	<70	<160	<1.5	0.13	<11	<30	<5	<1.0	2.07	0.60	2.2	1.6	9	<7
	pp	<60	<110	<1.1	0.08	<13	<20	<4	<0.9	2.92	0.91	4.2	6.1	10	<13
DK	br	<150	<160	<0.05	0.21	<10	<17	0.56	<1.0	1.03	0.49	1.8	2.36	12	10
	bs	<90	<180	<0.08	0.15	<20	<20	<0.9	<1.3	3.44	0.57	1.5	2.5	7.4	<17
	rg	<80	<300	0.11	<0.2	<20	<20	1.9	1.8	1.70	1.62	3.3	4.1	8.9	<30
SH	br	<200	-	<0.13	-	<11	-	<1.4	-	0.43	-	2.2	-	<14	-
	bs	<80	<90	<0.11	<0.60	<13	<10	<0.6	<1.1	0.48	0.59	1.8	<1.1	4.4	<13
	pp	<50	<100	<0.13	<0.5	<12	15	1.30	<1.2	1.24	1.41	2.2	7.7	10.7	<14
BB	bb	<190	<90	<0.17	<0.4	27	-	<0.6	<1.0	0.45	0.47	1.1	1.1	14	<9
	br	<150	-	<0.13	-	<12	-	<1.5	-	0.51	-	1.4	-	8	-
	pr	<50	<70	0.10	<0.8	<21	<30	2.01	<1.9	1.02	0.93	2.0	1.9	3.5	<30
EA	bg	<90	<600	0.28	<0.8	<19	30	<1.1	<2	8.17	1.78	3.9	10.9	<25	<40
	br	<50	<200	<0.50	0.20	<9	<16	<1.5	<0.8	0.39	0.22	0.5	1.4	<20	4.8
	bs	<30	<120	<0.70	0.14	<10	<20	<1.4	<1.0	0.42	0.29	<1.1	<1.8	<12	<17
KM	pp	<50	<150	<0.50	0.16	<10	<20	<1.3	<1.0	0.53	0.77	5.2	5.8	6	<12
	br	<180	<190	<0.30	0.17	<13	<12	<1.6	<3	0.47	0.36	1.34	0.6	<27	11
	bs	<110	<200	<0.40	<0.27	<10	<17	<1.8	<4	0.43	0.54	1.4	2.2	<15	17
LL	pr	<40	<60	<0.40	<0.5	<9	<14	3.7	3.5	0.48	0.52	0.6	1.7	<17	<18
	br	<500	<400	0.24	<0.5	<20	25	1.1	<1.9	1.10	0.46	2.9	1.9	<14	<20
	kn	<300	<500	0.16	<0.8	<35	40	2.9	<2.0	2.17	1.09	3.6	2.2	12	<30
bn	br	<500	<300	0.25	0.23	48	83	1.0	<1.2	1.62	0.70	4.0	2.2	13	<30

Vervolg tabel 28

Gebied	soort	Al		As		Ba		Cd		Co		Cr		Cu	
		vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj
WB	br	<130	<190	<0.30	<0.16	12.7	31.1	<1.4	0.8	0.19	0.43	1.27	1.74	<12	<14
	pr	<60	<40	<0.60	<0.2	<10	15	1.3	2.1	0.33	0.44	0.7	2.1	<17	<20
LP	br	<90	<200	0.21	0.24	<10	<20	<1.9	<0.9	0.43	1.64	1.4	3.2	<17	<20
	pr	<30	<50	<0.70	<0.3	<13	<20	<2.5	1.4	0.27	0.44	6.0	3.2	<20	<30
KV	lg	<50	<70	<0.30	<0.20	<13	<14	<1.6	<1.1	0.57	0.70	7.6	4.2	<15	<20
	br	<70	<170	0.11	<0.4	<20	23.9	<0.7	<1.0	0.25	0.52	<0.7	1.2	7.3	<50
	pp	-	<100	-	<0.4	-	<17	-	<1.1	-	1.11	-	6.6-	-	<12
	pr	<20	<30	0.20	<0.8	<15	17	<1.5	2.5	1.00	0.94	1.8	1.4	<13	<18
FV	rg	-	<140	-	<0.6	-	15	-	<1.7	-	1.07	-	3.7	-	<20
	br	<150	<120	0.10	<0.10	12.8	18	<0.6	<0.6	0.29	0.29	0.8	1.10	11	<17
	pp	<80	<100	0.13	<0.09	<11	<11	1.1	0.34	0.56	0.67	4.9	6.2	10	<19
	pr	<30	<40	<0.18	<0.12	<12	<13	1.61	1.0	0.26	0.77	2.8	10.3	<20	5
HW	br	<100	<190	<0.60	<0.18	<13	<15	<4	<1.0	0.39	0.50	<0.4	1.5	<16	<30
	pp	<80	<140	<0.50	0.21	<13	20	<4	<1.2	0.77	0.90	10.4	10.5	<15	<20
	pr	<20	<30	<0.50	<0.3	9	16	<1.9	<1.6	0.30	0.83	1.7	21.2	<17	<20 .

Tabel 29. Gehalte (mg/kg) van metaalelementen in een mengmonster van de vegetatie gemeten met NAA.
bb Blauwe bosbes, bg Bosgierstgras, bn Brandnetel, br Braam, bs Bochtige smeie, pp Pijpestrootje, pr Pitrus,
kn Knikkend nagelkruid, lg Liesgras, rg Reukgras.

Gebied	soort	Hg		Ni		Sb		Ti		U		V		Zn	
		vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj
HB	br	<0.12	<0.6	5.0	<8	0.054	0.116	<40	<80	<0.07	<0.08	0.29	0.61	44.0	41.1
	bs	<0.15	<0.20	<8	<17	0.10	0.124	<20	<40	<0.6	<0.14	0.16	0.98	42.8	49.5
	pp	<0.12	<0.14	<6	<14	<0.06	0.071	<19	<30	<0.4	<0.12	0.101	0.40	45.2	50.0
DK	br	<0.13	0.06	<6	<9	0.029	0.102	16	<17	<0.08	<0.12	0.69	0.79	55	43.7
	bs	<0.13	<0.15	<7	<16	0.031	0.074	<20	<30	<0.12	<0.16	0.34	0.81	57	42.3
SH	rg	<0.13	<0.14	<9	<11	0.042	0.065	<20	<60	<0.12	<0.17	0.32	1.0	47.0	80.1
	br	<0.14	-	4.3	-	0.046	-	<70	-	<0.19	-	0.43	-	59	-
	bs	<0.12	<0.17	<8	<12	0.056	0.082	<30	<30	<0.09	<0.15	0.21	0.58	46.4	34.5
BB	pp	<0.12	<0.12	<6	6.6	0.018	0.075	<19	<30	<0.09	<0.16	0.11	0.38	47.4	59
	bb	<0.10	0.08	<6	<8	0.052	0.109	<70	<20	<0.07	<0.15	0.41	0.17	26.1	34.5
	br	<0.10	-	<8	-	0.111	-	<130	-	<0.17	-	<0.6	-	68	-
EA	pr	<0.13	<0.16	<6	<11	0.030	0.037	<50	<80	<0.11	<0.2	<0.2	0.18	88.3	159
	bg	<0.14	<0.3	<8	11	0.042	0.185	<40	<130	<0.16	<0.3	<0.3	2.8	27.9	91
	br	<0.17	<0.15	<8	<13	0.017	0.134	<30	<70	<0.2	<0.10	0.10	0.97	52.3	55
KM	bs	<0.15	<0.15	<6	<30	0.020	0.114	<20	21	<0.2	<0.12	0.13	0.74	40.4	50
	pp	<0.15	<0.18	6.6	<20	<0.02	0.131	<20	<20	<0.2	<0.13	<0.13	0.67	59	49.4
	br	<0.14	<0.12	5.8	<7	0.121	0.126	<60	<110	<0.2	<0.30	0.59	0.84	41.4	62
LL	bs	<0.15	<0.17	<7	<8	0.078	0.164	20	<50	0.31	0.45	0.32	0.64	50.3	60
	pr	<0.15	<0.14	<9	<9	<0.09	0.076	<40	<40	<0.2	<0.6	<0.2	0.22	109	97
	br	<0.14	<0.15	9	3.1	0.105	0.190	<40	<50	<0.10	<0.19	0.92	1.67	59	47.6
WB	kn	<0.12	<0.14	<7	7	0.087	0.275	<30	<60	<0.11	<0.2	0.75	3.0	88	124
	bn	<0.17	<0.20	<7	<5	0.175	0.196	<40	<50	<0.13	<0.16	1.07	1.57	47.8	38.2
	br	<0.11	<0.09	3.8	<4	0.088	0.188	<30	34	<0.18	<0.10	0.46	0.99	32.3	31.3
	pr	<0.15	<0.14	<9	<7	0.019	0.017	<40	<50	<0.2	<0.14	0.15	<0.3	61.1	65

Vervolg tabel 29

Gebied	soort	Hg		Ni		Sb		Ti		U		V		Zn	
		vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj
LP	br	<0.17	<0.11	<9	<5	<0.06	0.057	<40	<50	<0.3	<0.10	0.29	0.61	45.6	22.9
	pr	<0.13	<0.14	4.0	<8	<0.02	<0.03	<40	<60	<0.20	<0.16	<0.2	<0.3	46.9	71
	lg	<0.13	<0.13	4.0	<5	<0.02	0.011	<30	<40	<0.2	<0.13	0.12	<0.3	24.3	20.0
KV	br	<0.2	<0.11	<14	<7	0.040	0.098	<60	<130	<0.09	<0.14	0.17	0.7	50	48.6
	pp	-	<0.14	-	5.9	-	0.052	-	<30	-	<0.15	-	0.28	-	41.7
	pr	<0.13	<0.17	<6	<13	<0.05	<0.04	<30	<40	<0.2	<0.2	<0.15	0.17	82	127
FV	rg	-	<0.18	-	<12	-	0.10	-	<50	-	<0.2	-	0.51	-	75.7
	br	<0.11	0.08	2.9	<7	0.061	0.034	<30	<40	<0.07	<0.07	0.50	0.31	64.8	47.0
	pp	<0.16	<0.10	6.2	<8	0.034	0.022	<30	<40	<0.09	<0.07	0.31	0.24	64	77
HW	pr	<0.14	<0.11	<9	6.7	0.016	0.020	<40	<18	<0.13	<0.09	<0.2	0.13	77	84.7
	br	<0.17	<0.10	<9	<5	0.06	0.071	<40	<70	<0.4	<0.11	0.22	0.72	52	38.3
	pp	<0.15	0.07	8	5.9	<0.07	0.057	<30	<40	<0.4	<0.14	0.28	0.26	42	27.9
	pr	<0.15	<0.15	<10	10	<0.03	<0.04	<40	<50	<0.2	<0.18	<0.2	<0.25	63	69

Tabel 30. Correlatiecoëfficiënten voor het metaalgehalte in Braam en het gehalte in de organische toplaag (tp) en onderliggende bodemlaag (bd) van 10 gebieden (ln waarden). Cd, Cu, Pb, Zn bepaald met AAS, Co en V met NAA.

Seizoen	Cd _{bd}	Cu _{bd}	Pb _{bd}	Zn _{bd}	Co _{bd}	V _{bd}
voorjaar	.399	.065	-.160	-.457	.148	.380
najaar	.272	.343	.312	-.621	.573	.433

Seizoen	Cd _{tp}	Cu _{tp}	Pb _{tp}	Zn _{tp}	Co _{tp}	V _{tp}
voorjaar	.350	.163	.032	-.171	-.120	.215
najaar	.276	.610	.079	-.728*	.184	.379

4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Ten aanzien van de bemonsterbaarheid van het onderzochte voedselketensysteem kan worden geconcludeerd dat kleine zoogdieren en hun plantaardige en dierlijke voedselcomponenten een goede basis vormen voor natuurgerichte biomonitoring van stoffen in het terrestrische milieu. Wat betreft de voedselplanten dient men echter rekening te houden met het feit dat niet alle soorten in alle gebieden voorkomen. Een uitzondering is Braam dat alom vertegenwoordigd is in Nederland.

Er zijn aanwijzingen dat men de variatie in het gehalte van sommige metaalelementen, zoals cadmium en lood, in kleine zoogdieren kan reduceren door rekening te houden met de seizoensvariatie. Het verdient aanbeveling op dit punt nader onderzoek te verrichten. Ten aanzien van de bemonstering van de bodem blijkt dat dat een onderscheid dient te worden gemaakt tussen de organische toplaag en de diepere, min of meer minerale bodemlaag. Klaarblijkelijk worden de gehalten in de biota niet op evenredige wijze door beide bodemlagen beïnvloed.

Ten aanzien van de analysemethodiek kan worden geconcludeerd dat voor achtergrondbepalingen de multi-element NAA methode qua gevoeligheid niet voldoet voor de bepaling van alle metaalelementen en dat in sommige gevallen het gebruik van de (vlamloze) AAS of AAS met inductief gekoppeld plasma aanbeveling verdient. In ieder geval is consistentie in de te gebruiken analysetechniek geboden aangezien meetresultaten per methode kunnen afwijken. Het verdient daarom aanbeveling verder onderzoek te doen naar de uitwisselbaarheid van gegevens die met verschillende methodieken zijn verkregen.

5 DANKWOORD

Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door de welwillende toestemming van de diverse eigenaren van de onderzoeksgebieden om op hun terreinen te mogen bemonsteren; zij worden vermeld in tabel 1 van dit rapport. De volgende personen is dank verschuldigd voor hun medewerking aan onderdelen van het onderzoek: W. Denneman en J. Faber voor hun hulp bij de bemonstering van enkele gebieden, mw. J. Bierling, mw. A. van der Meer en P. Bode voor de chemische analyses met AAS en NAA en J.W. Kamerman voor de coördinatie bij de bodemanalyses. D. Verkaar gaf commentaar op een eerdere versie van het rapport.

LITERATUUR

- Churchfield, J.S. 1982. Food availability and the diet of the common shrew, *Sorex araneus*, in Britain. *J. Anim. Ecol.* 51:15-28.
- De Bakker, H., J. Schelling, D.J. Brus en C. van Wallenburg. 1989. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland, de hogere niveaus. Pudoc, Wageningen, 209 p.
- Edelman, T. 1984. Achtergrondgehalten van een aantal anorganische en organische stoffen in de bodem van Nederland: een eerste verkenning. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 150 p.
- Faber, J. and Wei-chun Ma 1986. Observations on seasonal dynamics in diet composition of the Field vole, *Microtus agrestis*, with some methodological remarks. *Acta Theriol.* 31:479-490.
- Grainger, J.P. and J.S. Fairley 1978. Studies on the biology of the Pygmy shrew *Sorex minutus* in the West of Ireland. *J.Zool.* 186:109-141.
- Lexmond, Th.M. en Th. Edelman 1987. Huidige achtergrondwaarden van het gehalte aan een aantal zware metalen en arseen in grond. In: C. van den Berg e.a. (red.). Handboek voor milieubeheer IV: Bodembescherming. Samson, Alphen a/d Rijn.
- Ma, Wei-chun 1982. The influence of soil properties and worm-related factors on the concentration of heavy metals in earthworms. *Pedobiol.* 24:109-119.
- Ma, Wei-chun 1987. Heavy metal accumulation in the Mole, *Talpa europea*, and earthworms as an indicator of metal bioavailability in terrestrial environments. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 39:933-938.
- Ma, Wei-chun 1989. Effect of soil pollution with metallic lead pellets in lead bioaccumulation and organ/body weight alterations in small mammals. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 18:617-622.
- Ma, Wei-chun 1990. Bioaccumulatie en effecten van schadelijke stoffen in het terrestrisch milieu, biomonitoring met regenwormen. *De Levende Natuur* 91 (5):168-172.
- Ma, Wei-chun 1993. Methodological principles of using terrestrial micromammals for biomonitoring and hazard assessment of chemical soil contamination. In: M.H. Donker *et al.* (eds.) *Ecotoxicology of Soil Pollution*. Lewis Publishers, in press.
- Ma, Wei-chun and H. van der Voet 1993. A risk-assessment model for toxic exposure of small mammalian carnivores to cadmium in contaminated natural environments. *Science Total Environ.*, in press.
- Ma, Wei-chun, W. Denneman and J. Faber 1991. Hazardous exposure of ground-living small mammals to cadmium and lead in contaminated terrestrial ecosystems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 20:266-270.
- Watts, C.H.S. 1968. Food habits of *Apodemus sylvaticus* and *Clethrionomys glareolus* at Wytham Woods. *J. Anim. Ecol.* 37:25-42.
-

RIN-rapporten en IBN-rapporten kunnen besteld worden door overschrijving van het verschuldigde bedrag op postbanknummer 94 85 40 van het DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO) te Wageningen onder vermelding van het rapportnummer. Uw girobetaling geldt als bestelformulier; toezending geschiedt franco.

Gebruik **geen verzamelgiro** omdat het **adres** van de besteller niet op onze bijschrijving komt zodat het bestelde niet kan worden toegezonden.

To order RIN and IBN reports advance payment should be made by giro transfer of the price indicated in Dutch guilders to postal account 94 85 40 of the

DLO Institute for Forestry and Nature Research, P.O.Box 23, 6700 AA Wageningen, The Netherlands. Please note that your payment is considered as an order form and should mention only the report number(s) desired. Reports are sent free of charge.

88/30 P.F.M. Verdonschot & R. Torenbeek, Lettercodering van de Nederlandse aquatische macrofauna voor mathematische verwerking. 75 p. f 10,-

88/31 P.F.M. Verdonschot, G. Schmidt, P.H.J. van Leeuwen & J.A. Schot, Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijkswateren. 109 p. f 16,-

88/35 A.J. de Bakker & H.F. van Dobben, Effecten van ammoniakemissie op epifytische korstmossen; een correlatief onderzoek in de Peel. 48 p. f 7,50

88/38 P. Opdam & H. van den Bijtelt, Vogelgemeenschappen van het landgoed Noordhout. 65 p. f 9,-

88/39 P. Doelman, H. Loonen & A. Vos, Ecotoxicologisch onderzoek in met Endosulfan verontreinigde grond: toxiciteit en sanering. 34 p. f 6,-

88/40 G.P. Gonggrijp, Voorstel voor de afwerking van de groeve Belvédère als archeologisch-geologisch element. 13 p. f 3,-

88/41 J.L. Mulder (red.), De vos in het Noordhollands Duinreservaat. Deel 1: Organisatie en samenvatting. 32 p.

88/42 J.L. Mulder, idem. Deel 2: Het voedsel van de vos. 78 p.

88/43 J.L. Mulder, idem. Deel 3: De vossenpopulatie. 129 p.

88/44 J.L. Mulder, idem. Deel 4: De fazantenpopulatie. 59 p.

88/45 J.L. Mulder & A.H. Swaan, idem. Deel 5: De wulpenpopulatie. 76 p.

De rapporten 41-45 worden niet los verkocht maar als serie van vijf voor f 25.

88/46 J.E. Winkelman, Methodologische aspecten vogelonderzoek SEP-proef-windcentrale Oosterbierum (Fr.). Deel 1. 145 p. f 19,50

88/48 J.J. Smit, Het Eemland en de polder Arkemheen rond het begin van de twintigste eeuw. 64 p. f 9,-

88/49 G.W. Gerritsen, M. den Boer & F.J.J. Niewold, Voedseleecologie van de vos in Nederland. 96 p. f 14,50

- 88/50 G.P. Gonggrijp, Permanente geologische ontsluitingen in de taluds van Rijksweg A1 bij Oldenzaal. 18 p. f 4,50
- 88/52 H. Sierdsema, Broedvogels en landschapsstructuur in een houtwallandschap bij Steenwijk. 112 p. f 16,-
- 88/54 H.W. de Nie & A.E. Jansen, De achteruitgang van de oevervegetatie van het Tjeukemeer tussen Oosterzee (Buren) en Echten. 18 p. f 4,50
- 88/56 P.A.J. Frigge & C.M. van Kessel, Adder en zandhagedis op de Hoge Veluwe: biotopen en beheer. 16 p. f 3,50
- 88/62 K. Romeyn, Estuariene nematoden en organische verontreiniging in de Dollard. 23 p. f 5,-
- 88/63 S.E. van Wieren & J.J. Borgesius, Evaluatie van bosbegrazingsobjecten in Nederland. 133 p. f 18,50
- 88/66 K.S. Dijkema et al., Effecten van rijzendammen op opslibbing en omvang van de vegetatie-zones in de Friese en Groninger landaanwinningswerken. Rapport in samenwerking met RWS Directie Groningen en RIJP Lelystad. 130 p. f 19,-
- 88/67 G. Schmidt & J.C.M. van Haren, Achtergronden van een steekmuggenplaag; steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijkvenen 2. 162 p. f 21,-
- 88/68 R. Noordhuis, Maatregelen ter voorkoming en beperking van schade door zilverbreeuwen. 48 p. f 7,50
- 89/3 F. Maaskamp, H. Siepel & W.K.R.E. van Wingerden, Een monitoring experiment met ongewervelde dieren in graslanden op zandgrond. 44 p. f 13,50
- 89/5 R.J. Bijlsma, Remote sensing voor classificatie van de vegetatie en schatting van de biomassa op ganzenpleisterplaatsen in het waddengebied. 62 p. f 8,50
- 89/7 R. Ketner-Oostra, Lichenen en mossen in de duinen van Terschelling. 157 p. f 21,-
- 89/8 A.L.J. Wijnhoven, Effecten van aanleg, beheer en gebruik van golfbanen en mogelijkheden voor natuurtechnische milieubouw. 19 p. f 4,50
- 89/13 K. Lankester, Effecten van habitatversnippering voor de das (*Meles meles*); een modelbenadering. 101 p. f 15,-
- 89/14 A.J. de Bakker, Monitoring van epifytische korstmossen in 1988. 53 p. f 8,-
- 89/15 J.E. Winkelman, Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvarings-slachtoffers en verstoring van pleisterende eenden, ganzen en zwanen. 169 p. f 22,-
- 89/16 J.J.M. Berdowski et al., Effecten van rookgas op wilde planten. 108 p. f 16,-
- 89/17 E.C. Gleichman-Verheijen & W. Ma, Consequenties van verontreiniging van de (water)bodem voor natuurwaarden in de Biesbosch. 91 p. f 14,-
- 89/18 A. Farjon & J. Wiertz, Milieu- en vegetatieveranderingen in het schraalland van Koolmansdijk (gemeente Lichtenvoorde); 1952-1988. 134 p. f 18,50

- 89/19 P.G.A. ten Den, Achtergronden en oorzaken van de recente aantalsontwikkeling van de fazant in Nederland. 168 p. f 22,-
- 90/1 R.J. Bijlsma, Het RIN-bosecologisch informatiesysteem SILVI-STAR; documentatie van FOREYE-programmatuur en subprogramma's. 96 p. f 14,50
- 90/2 J.E. Winkelman, Vogelslachtoffers in de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) tijdens bouwphase en half-operationele situaties (1986-1989). 74 p. f 10,-
- 90/5 G.M. Dirkse & P.A. Slim, Naar een methode voor het monitoren van vegetatieontwikkeling in het waddengebied. 40 p. f 6,50
- 90/6 J.C.M. van Haren & P.F.M. Verdonschot, Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijkswen 3. 61 p. f 8,50
- 90/8 H. Sijpe et al., Effecten van verschillen in mestsoort en waterstand op vegetatie en fauna in klei-op-veen graslanden in de Alblasserwaard. 50 p. f 7,50
- 90/9 J.E. Winkelman, Verstoring van vogels door de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) tijdens bouwphase en half-operationele situaties (1984-1989). 157 p. f 21,-
- 90/10 P.J.H. Reijnders, I.M. Traut & E.H. Ries, Verkennend onderzoek naar de mogelijkheden voor het terugzetten van gerevalideerde zeehonden, *Phoca vitulina*, in de Oosterschelde. 36 p. f 6,-
- 90/11 M. Elbers & P. Doelman, Studie naar de mogelijke effecten op flora en fauna als gevolg van de inrichting van de Noordpunt Oost-Abtspolder als definitieve opslagplaats voor verontreinigde grond. 128 p. f 18,-
- 90/12 K. Kramer & P. Spaak, *meadowsim*, een evaluatie-instrument voor de kwaliteit van graslandgebieden voor weidevogels. 51 p. f 7,50
- 90/13 P.A. Slim & L.J. van Os, Effecten van natuurbeheer op de vegetatie in het veenweidegebied van de Donksche Laagten (Alblasserwaard). 45 p. f 7,-
- 90/14 F. Fennema, Effects of exposure to atmospheric SO₂, NH₃ and (NH₄)₂SO₄ on survival and extinction of *Arnica montana* and *Viola canina*. 60 p. f 8,50
- 90/16 J. Wiertz, Ontstaanswijze, grondwater en bijzondere plantesoorten van enkele duinvalleien op Oost-Ameland. 49 p. f 7,50
- 90/17 J.E. Winkelman, Nachtelijke aanvaringskansen voor vogels in de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.). 209 p. f 26,50
- 90/18 N.J.M. Gremmen & R.J.B. Zwanikken, De haalbaarheid van een kennis-systeem voor heidebeheer. 49 p. f 7,50
- 90/19 N. Dankers, K.S. Dijkema, P.J.H. Reijnders & C.J. Smit, De Waddenzee in de toekomst - waarom en hoe te bereiken? 137 p. f 18,50
- 90/21 W.J. Wolff, Verslag van de workshop op 2 oktober 1990 te Wageningen gewijd aan het Rapport van de Werkgroep II van het Intergovernmental Panel on Climate Change. 63 p. f 9,-

- 91/2 W.A. Teunissen, De uitstralingseffecten van geluidsproductie van de militaire 25 mm schietbaan in de Marnewaard op plaatskeuze en gedrag van watervogels in het Lauwersmeergebied binnendijs. 101 p. f 15,-
- 91/3 G.J.M. Wintermans, De uitstralingseffecten van militaire geluidsproductie in de Marnewaard op het gedrag en de ecologie van wadvogels. 60 p. f 8,50
- 91/6 J. Wiertz, De dassenpopulatie in Nederland 1960-1990. 76 p. f 10,-
- 91/8 H. van Dobben, Monitoring van epifytische korstmossen in 1989. 62 p. f 8,50
- 91/10 K.S. Dijkema et al., Natuurtechnisch beheer van kwelderwerken in de Friese en Groninger Waddenzee: greppelonderhoud en overig grondwerk. 156 p. f 20,50
- 91/12 A.J. Verkaik, Verspreidings- en verplaatsingspatronen van muskusratten *Ondatra zibethicus* in Flevoland. 79 p. f 13,-
- 1991-1 N. Dankers et al., The Wadden Sea in the future - why and how to reach? RIN contributions to research on management of natural resources. 108 p. f 16,-
- IBN-rapport 91/1 M.J.S.M. Reijnen & R.P.B. Foppen, Effect van wegen met autoverkeer op de dichtheid van broedvogels. Hoofdrapport 110 p. f 16,-
- IBN-rapport 91/2 *idem* Opzet en methoden 44 p. f 7,-
- 92/1 P.F.M. Verdonschot, J. Runhaar, W.F. van der Hoek, C.F.M. de Bok & B.P.M. Specken, Aanzet tot een ecologische indeling van oppervlaktewateren in Nederland. 174 p. f 23,50
- 92/2 J.E. Winkelman, De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels 1. Aanvaringsslachtoffers
- 92/3 J.E. Winkelman, *idem*; 2. Nachtelijke aanvaringskansen
- 92/4 J.E. Winkelman, *idem*; 3. Aanvliegggedrag overdag
- 92/5 J.E. Winkelman, *idem*; 4. Verstoring
- Rapport 92/2-5 wordt niet los verkocht maar als serie van vier voor f 77,50**
- 92/6 J.E. Winkelman, Methodologische aspecten vogelonderzoek Sep-proefwindcentrale Oosterbierum (Fr.), deel 2 (1988-1991) 123 p. f 18,50
- 92/7 J. Wiertz, Schatting van ontbrekende vocht- en stikstofindicatiegetallen van Ellenberg (1979). 32 p. f 6,-
- 92/8 H.N. Siebel, Omvorming naar een meer natuurlijk bos in het Spanderswoud. 118 p. f 17,-
- 92/9 A.A. Mabelis & M.C. van Velden, Bosjes in het cultuurlandschap als ecologische eilanden voor ongewervelden; de rol van oppervlakte en isolatie. 68 p. f 12,00
- 92/10 C.J.M. Philippart, K.S. Dijkema & N. Dankers, De huidige verspreiding en de mogelijke toekomst van het litoraal zeegras in de Nederlandse Waddenzee. 28 p. f 5,50

- 92/11 Wei-chun Ma, H. van Wezel & D van de Ham, Achtergrondgehalten van vijftien metaalelementen in de bodem, de vegetatie en de bodemfauna van twaalf natuurgebieden in Nederland. 67p. f12,00
- 92/12 F.J.J. Niewold Onbedoelde vangsten bij de bestrijding van muskusratten *Ondatra zibethicus*. 97p. f15,50
- 92/15 N. Dankers & J. de Vlas, Multifunctioneel beheer in de Waddenzee; integratie van natuurbeheer en schelpdiervisserij. 18 p. f 4,50
- 92/16 H.J.P. Vercrujssse, Schouwse zilvermeeuwen nader bekeken: resultaten van het kleurringonderzoek in 1991. 155 p. f 20,50
- 92/17 A. Brenninkmeijer & E.W.M. Stienen, Ecologisch profiel van de grote stern (*Sterna sandvicensis*). 107 p. f 15,50
- 92/18 E.W.M. Stienen & A. Brenninkmeijer, Ecologisch profiel van de visdief (*Sterna hirundo*). 128 p. f 18,-
- 92/21 H.F.van Dobben, G.M. Dirkse, C.J.F. ter Braak & C.O. Tamm, Effects of acidification, liming and fertilization on the undergrowth of a pine forest stand in central Sweden. 26 p.f 6,00
- 92/22 H.F.van Dobben & M.J.M.R. Vocks, Effect van bekalking en bemesting met fosfor, magnesium en kalium op de ondergroei van eiken- en dennenopstanden op arme grond. 24 p. f 6,00
- 92/23 H.F. van Dobben & W. Wamelink, Effects of atmospheric chemistry and bark chemistry on epiphytic lichen vegetation in The Netherlands. 34 p. f 7,-
- 92/25 H. Buesink, A.J. Beintema & L.M.J. van den Bergh, Een kwart eeuw watervogeltellingen. 82 p. f 14,00
- 92/26 M.A.J.M. Verstegen, H. Siepel, A.H.P. Stumpel & H.A.H. Wijnhoven, Heide en heidefauna: indicaties voor het beheer 112 p. f 16,00
- 92/27 H. Koop, M. Leten, P. Boddez, T. Tielens & M. Hermy, Bosstructuur en soortensamenstelling van het Rodebos. 65 p. f 10,00
- 92/28 H. Koop, M. Leten, P. Boddez, T. Tielens & M. Hermy, Bosstructuur en soortensamenstelling van het Walenbos. 100 p. f 16,50
- 92/29 H. Koop, M. Leten, P. Boddez, T. Tielens & M. Hermy, Bosstructuur en soortensamenstelling van het Hannecartbos. 30 p. f 6,50
- 92/30 R. van Halewijn, L.W.G. Higler & A.L. Spaans, Ecologisch onderzoek Bubali-plas, Aruba .139 p. f 20,00
- 92/31 J. Wiertz De grondwaterkwaliteit in enkele duinvalleien op Oost-Ameland 1990-1991. 38p. f 7,00
- 92/33 H. Siepel, Bosgebonden fauna: een faunistische aanvulling op Bosgemeenschappen . 68 p. f12,00
- 92/36 H.F. van Dobben Natuurwaarden in relatie tot milieufactoren in het studiegebied Ramspol. 45 p. f 7,50

