

Emissie van zeven zware metalen naar landbouwgrond

R. Delahaye (CBS)

P.K.N. Fong (CBS)

M.M. van Eerdt (CBS)

K.W. van der Hoek (RIVM)

C.S.M. Olsthoorn (CBS)



Inhoud

Voorwoord	5
Samenvatting	6
1. Inleiding	7
2. Aan- en afvoerposten zware metalen	8
2.1 Mest	9
2.2 Netto export mest	15
2.3 Kunstmest	16
2.4 Overige: Zuiveringsslib	17
2.5 Overige: Bestrijdingsmiddelen	17
2.6 Overige: Gft-compost, Champost, Overige Compost	17
2.7 Overige: Corrosie tuinbouwkassen	17
2.8 Overige: Jacht	17
2.9 Gewasafvoer	21
2.10 Niet meegenomen aan- en afvoerposten	22
3. Zware-metalenbalansen	23
3.1 Emissiebalans	23
3.2 Emissietrends	25
4. Conclusies	27
5. Samenvatting van aanbevelingen	28
6. Nawoord	29
7. Referenties	30
Bijlagen	33

Voorwoord

In dit rapport zijn de resultaten verwerkt van een onderzoek naar de emissies van zware metalen naar de landbouwbodem door de doelgroep Landbouw. Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de VROM-Inspectie in het kader van doelgroepmonitoring. De CoördinatieCommissie Doelgroep-Monitoring (CCDM) onder voorzitterschap van de VROM-Inspectie laat jaarlijks een database samenstellen met gegevens over emissies en afval in Nederland. De emissie- en afvalcijfers worden door alle grote Nederlandse onderzoeksinstituten op het gebied van milieu gebruikt en liggen onder meer ten grondslag aan de jaarlijkse Milieubalans van het RIVM. De cijfers worden vastgesteld in zogenaamde taakgroepen waarin vertegenwoordigers zitting hebben van CBS, RIVM, RIZA, WUR en TNO. De CCDM-taakgroep Landbouw levert via het CBS cijfers over de emissies naar bodem door de doelgroep Landbouw van de drie zware metalen Cadmium, Koper, Zink. In de Milieubalans wordt daarnaast ook gerapporteerd over de emissies van Lood, Kwik, Chroom en Nikkel. De methode waarmee de emissies in de Milieubalans van de vier laatstgenoemde metalen worden berekend, is een andere dan de methode waarmee de emissies van Cadmium, Koper, Zink worden berekend. Dit verschil in methoden resulteert mogelijk in een verschil in kwaliteit en representativiteit van de emissies. Het belangrijkste doel van de voorliggende studie is een evaluatie van de huidige berekeningsmethoden van de verschillende metaalemissies tegen het licht van mogelijke nieuwe informatiebronnen. De studie dient een berekeningsvoorstel als resultaat op te leveren, dat optimaal gebruik maakt van de momenteel beschikbare informatie.

Een door de VROM-Inspectie samengestelde commissie heeft de werkzaamheden begeleid en van advies en kritisch commentaar voorzien. De begeleidingscommissie bestond uit mevr. ir. G.E.M. Alkemade (VROM-Inspectie) en de heren drs. J.C. van den Roovaart (RIZA) en ir. R.C.M. Merkelbach (Alterra).

Het CBS bedankt alle andere instellingen en hun medewerkers die op enigerlei wijze aan de uitvoering van dit onderzoek hebben bijgedragen. Zonder de inzet van alle betrokkenen had deze rapportage niet tot stand kunnen komen.

Samenvatting

In dit rapport wordt een voorstel gedaan voor de monitoring van de emissies van Cd, Zn, Cu, Pb, Hg, Ni en Cr naar de landbouwbodem. Dit voorstel moet bijdragen aan een betere afstemming van de rapportages in de Emissiemonitor en de Milieubalans.

Uit onderzoek blijkt dat de beschikbare databronnen niet meer voldoen om de metaalemissies met de huidige methoden te berekenen. Vooral de metaalaanvoer met dierlijke mest geeft problemen. Voor het bepalen van de Ni-, Cr-, Hg- en Pb-aanvoer (Milieubalans) wordt uitgegaan van voornamelijk schattingen. Voor het bepalen van de Cu-, Zn- en Cd-aanvoer (Emissiemonitor) wordt hoofdzakelijk uitgegaan van gehalten in veevoer. Enerzijds zijn deze gegevens onvolledig, anderzijds zijn de gegevens onnauwkeurig.

In dit rapport wordt een alternatieve methode voorgesteld waarmee, met de huidige beschikbare gegevens, de emissies van alle metalen berekend kunnen worden. Tevens worden enkele aanbevelingen gedaan om de kwaliteit van de beschikbare gegevens verder te verbeteren.

Verder worden in dit rapport aanbevelingen gedaan voor het vergaren van de noodzakelijke basisgegevens voor het gebruik van een meer geavanceerde methode. Daartoe moeten voor het berekenen van de aanvoer met dierlijke mest metaalgehalten in krachtvoer gemeten worden. Voor het berekenen van de aanvoer met de jacht moeten gegevens over de gebruikte hagelsoorten verzameld worden.

1. Inleiding

De Coördinatie Commissie Doelgroep Monitoring (CCDM) onder voorzitterschap van de VROM-inspectie laat jaarlijks een database samenstellen met gegevens over emissies en afval in Nederland (Emissiemonitor - EM). De CCDM-taakgroep Landbouw levert via het CBS cijfers over de emissies naar landbouwbodem van cadmium (Cd), koper (Cu) en zink (Zn). Daarnaast rapporteert het RIVM in de Milieubalans over de emissies van lood (Pb), kwik (Hg), chroom (Cr) en nikkel (Ni). De berekening van de emissies door het CBS en het RIVM zijn op sommige punten gebaseerd op verschillende methoden. Dit verschil in methoden resulteert mogelijk in een verschil in kwaliteit en representativiteit van de emissies. Dit rapport moet bijdragen aan een betere afstemming van de rapportage in de EM en de Milieubalans.

In dit rapport wordt een voorstel gedaan voor de monitoring van de emissies van Zn, Cu, Cd, Cr, Ni, Pb en Hg naar de landbouwbodem. Er wordt gekeken in hoeverre voor elk metaal betrouwbare emissies berekend kunnen worden die onderling vergelijkbaar zijn. De kwantiteit en kwaliteit van het beschikbare bronnenmateriaal zijn hierbij bepalend. In dit rapport worden de beschikbare bronnen en de bruikbaarheid van de verschillende berekeningsmethoden besproken. De metaalemissies worden berekend aan de hand van een methode die met de huidige beschikbare gegevens de beste resultaten geeft. Deze methode verdient echter niet de voorkeur. Daarom wordt tevens advies gegeven over de verzameling van aanvullende gegevens over zware metalen zodat het mogelijk wordt de meest nauwkeurige methode te gebruiken.

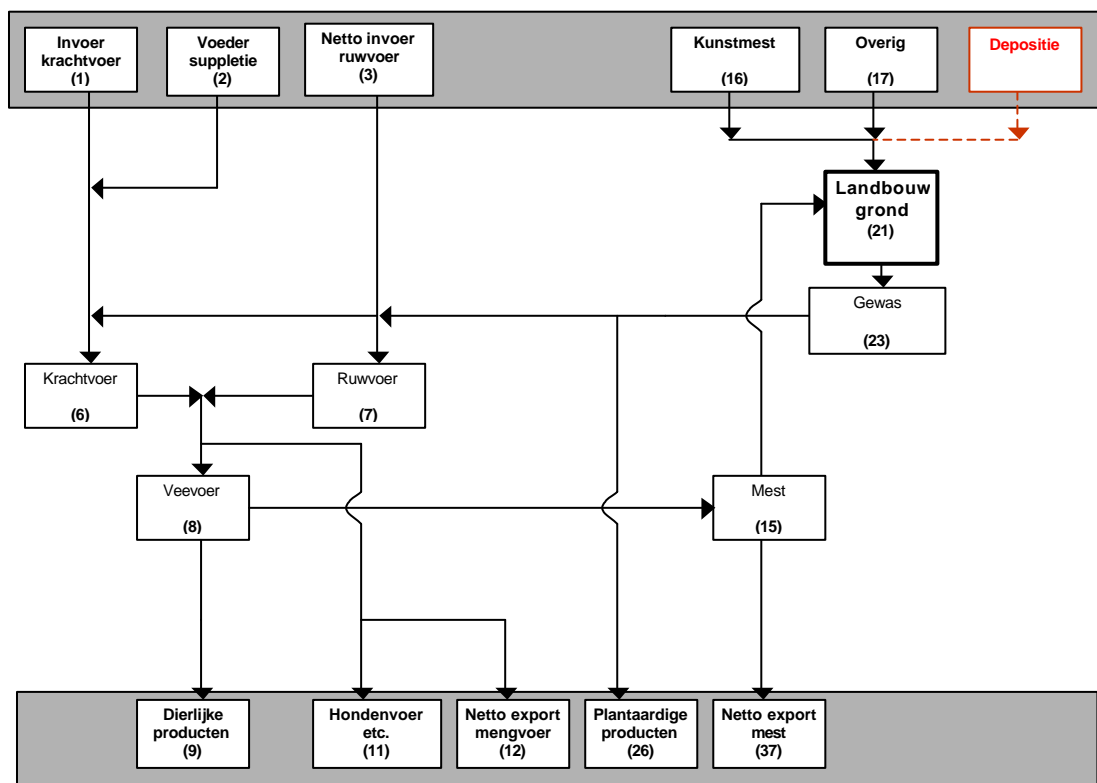
Het rapport is als volgt opgebouwd:

Allereerst zullen de verschillende aan- en afvoerposten voor metalen op de landbouwbodem besproken worden met behulp van een stroomschema (hoofdstuk 2). In hoofdstuk 3 volgen de resultaten van een berekeningsmethode die niet de voorkeur verdient maar die met de huidige beschikbare gegevens de beste resultaten oplevert. In hoofdstuk 4 volgen de conclusies en in hoofdstuk 5 worden de aanbevelingen voor monitoring samengevat.

2. Aan- en afvoerposten zware metalen

Om het geheel overzichtelijk te maken zijn de posten met de belangrijkste bijdragen aan de metaalstromen in de Nederlandse landbouw weergegeven in een stroomschema (figuur 1). De emissie van een metaal naar landbouwgrond (21) is het totaal van de aanvoer met dierlijke mest (15), kunstmest (16) en overige bronnen (17) minus de export van dierlijke mest (37) en de afvoer met het gewas (23), volgens de volgende vergelijking:

$$\text{Landbouwgrond (21)} = \text{mest (15)} + \text{kunstmest (16)} + \text{overige bronnen (17)} - \text{netto export mest (37)} - \text{gewasafvoer (23)}$$



Figuur 1. Stroomschema van zware metalen in de landbouw.

Verschillende aan- en afvoerposten worden niet in het onderzoek betrokken: depositie, uit- en afspoeling bodem, baggerslib uit sloten, etc. (zie hoofdstuk 2.10). Dit betekent dat met de hier gepresenteerde resultaten geen uitspraak gedaan kan worden over de accumulatie van metalen in de bodem.

Gegevensbronnen om de verschillende posten te berekenen, zijn geïnventariseerd. Daarvoor is bij de voor de hand liggende instanties navraag gedaan naar beschikbare gegevens. Dit zijn onder andere geweest: LNV, PDV, BLGG, CLM, NMI, ID-DLO, VROM en de KNJV. Uit de reacties van deze instanties blijkt dat de laatste jaren

weinig gegevens beschikbaar zijn gekomen. Zo zijn bijvoorbeeld geen recente gegevens voorhanden over metaalgehalten in mengvoerders. Een niet eerder benutte bron is de databank van het PDV (PDV, 2002a). In deze databank staan onder andere gemeten metaalgehalten in krachtvoedergrondstoffen en gewassen. Ondanks dat het bronnenonderzoek als afgerond wordt beschouwd is het natuurlijk altijd mogelijk dat bronnen gemist zijn. De verworven gegevens die relevant zijn voor de aan- en afvoerposten worden hieronder besproken. Per post wordt eerst de berekeningsmethode samengevat zoals die nu gebruikt wordt. Daarna volgen eventueel alternatieve berekeningsmethoden. Indien van toepassing worden de berekeningsmethoden geëvalueerd en volgen er aanbevelingen voor monitoring.

2.1 Mest (15)

De post mest (15) wordt voor sommige methoden berekend aan de hand van andere posten (ruwvoer (7), krachtvoer (6), suppletie (2), dierlijke producten (9), hondenvoer (11) en netto export mengvoer (12)). In het belang van de consistentie van dit hoofdstuk zijn deze posten hier ook besproken.

2.1.1 Huidige methoden

Methode [1a]: Op basis van hoofdzakelijk schattingen (RIVM)

Het RIVM berekent de aanvoer met dierlijke mest van Pb, Cr, Ni en Hg (RIVM, 1995). De gebruikte methode is gedocumenteerd in “Het landbouwsce­nario in de nationale milieuverkenning 2; uitgangspunten en berekeningen” (Hoogervorst, 1991). Globaal verloopt de berekening als volgt: voor Pb is de aanvoer berekend met behulp van de voeropname per dier(soort). Voor Cr, Ni en Hg zijn de excretiefactoren berekend op basis van schattingen van de totale emissie op jaarbasis. De schattingen zijn in de begin jaren negentig gedaan (Slooff *et al.*, 1989 (Cr), 1992 (Ni), 1994 (Hg)). Voor Cr, Ni en Hg is de verdeling over de verschillende diersoorten gemaakt naar analogie van de verdeling van Pb. Voor alle vier genoemde zware metalen heeft dit geresulteerd in excretiecijfers per diersoort voor het jaar 1990. Aan de hand van het aantal aanwezige dieren (CBS, 2002e) is tot op heden jaarlijks de totale metaalaanvoer berekend. Het RIVM beschikt ook over gegevens van de metalen Cu, Zn en Cd. Berekeningen voor deze metalen zijn gebaseerd op de voeropname-methode per dier(soort) (Hoogervorst, 1991; RIVM, 1995). Echter, voor publicaties (RIVM, 2001) wordt de aanvoer van deze drie metalen integraal overgenomen van het CBS (Van Eerd *et al.*, 1999).

Methode [2a]: Metingen in veevoer (CBS)

Het CBS berekent de aanvoer van Cu, Zn en Cd aan de hand van het veevoer (Van Eerd *et al.*, 1999). Veevoer (8) bestaat uit ruwvoer (7) en krachtvoer (6). De uitscheiding van zware metalen met de mest (15) is gelijk gesteld aan de aanvoer met veevoer minus de afvoer met dierlijke producten (9). De metaalafvoer met hondenvoer (11) en netto export mengvoer (12) zijn niet meegenomen in de berekeningen. Dit is ook niet nodig aangezien deze methode uitgaat van mengvoer dat voor Nederlandse landbouwhuisdieren bestemd is.

$$\text{Mest (15)} = \text{krachtvoer (6)} + \text{ruwvoer (7)} - \text{dierlijke producten (9)}$$

Wat betreft het krachtvoer (6): krachtvoedergrondstoffen worden voor een klein gedeelte enkelvoudig, maar meestal als mengvoeders vervoerd. Hier wordt uitgegaan van gegevens over het mengvoer, incl. de enkelvoudig vervoerde grondstoffen. Cijfers over de hoeveelheden zware metalen in diverse mengvoeders voor landbouwhuisdieren zijn afgeleid uit de metaalgehalten en de afzet van het mengvoer (PDV, 1998; PDV, 2002b). Over de gehalten in mengvoer zijn sinds 1998 geen nieuwe gegevens meer beschikbaar. Tot die tijd werden deze gegevens verzameld met behulp van een enquête onder mengvoederfabrikanten. Deze enquête is echter gestopt vanwege onvoldoende respons. Omdat gegevens ontbreken over Ni-, Cr-, Pb- en Hg-gehalten in mengvoer, is deze methode voor deze metalen nooit toegepast.

Cijfers over de hoeveelheden zware metalen in ruwvoer (7) zijn afgeleid uit de metaalgehalten van het ruwvoer (BLGG, 2002) en het ruwvoergebruik (OPNV, 2002; CBS, 2002b). Deze gegevens zijn kwantitatief en kwalitatief goed zodat de aanvoer van Cu, Zn en Cd met ruwvoer vrij nauwkeurig berekend kan worden (bijlage 1). De afvoer met dierlijke producten (ook wel retentie) (9) van zware metalen is op 5% van de aanvoer met veevoer (8) gesteld omdat geen concrete gegevens voorhanden zijn (Van Eerd *et al.*, 1999).

2.1.2 Alternatieve methoden

Methode [1b]: Metingen in de mest

Met behulp van een alternatieve methode, die verwant is aan methode [1a], wordt de aanvoer direct aan de hand van metaalgehalten in de mest berekend. Metingen naar alle metalen zijn gedaan in de mest van verschillende diersoorten (Breimer en Smilde, 1986; Driessen en Roos, 1996; IKC, 1997; Meeuwissen en van Erp; 1995). Uit de metingen komen metaalgehalten per eenheid product (tabel 1). Vervolgens worden de gehalten uitgedrukt in metaal per eenheid fosfaat. De metaalaanvoer kan nu jaarlijks berekend worden met behulp van de hoeveelheden geproduceerd fosfaat (CBS, 2002a). Echter, de verhouding tussen fosfaat en metaal is door de jaren heen niet constant gebleven. Aangezien de laatste metingen in dierlijke mest dateren van 1995, zijn deze niet bruikbaar voor het berekenen van de huidige metaalaanvoer. Verder vertonen gehalten in de mest een grote spreiding (IKC, 1996). In tabel 1 staan enkele resultaten van de analyses op zware metalen in verschillende mestsoorten. Vooral voor Cr en Pb is de spreiding binnen de verschillende mestsoorten groot. De grote spreiding komt waarschijnlijk omdat mest een heterogeen product is dat moeilijk te bemonsteren en te analyseren is. Verder is het gehalte aan Hg vaak zo laag dat het beneden de detectiegrens van de meetapparatuur valt.

Tabel 1
Metaalgehalten in verschillende mestsoorten

	Cd	Cu	Zn	Pb	Hg	Cr	Ni
	<i>mg/kg ds</i>						
Melkvee regio Noord en West (n = 20)	0,21	42	166	14,0	0,04	8,0	11,0
<i>Variatiecoëfficiënt (%)</i>	44	16	39	98	30	78	31
Vleesvarkens (droog voer) (n = 28)	0,31	381	619	18,0	0,03	14,0	22,0
<i>Variatiecoëfficiënt (%)</i>	28	36	31	73	62	22	27
Leghennenbandmest (n = 20)	0,20	61	394	11,4	0,02	6,2	9,7
<i>Variatiecoëfficiënt (%)</i>	34	74	18	35	80	48	65

Bron: IKC, 1996

Methode [2b]: Metingen in krachtvoedergrondstoffen

Een tweede alternatieve methode is verwant aan methode [2a]. Met behulp van deze alternatieve methode [2b] wordt de metaalaanvoer met krachtvoer berekend door het sommeren van de aanvoer met krachtvoedergrondstoffen, suppletie (2) en verontreinigingen uit voederfosfaten.

In tegenstelling tot methode [2a] omvat de aanvoer met krachtvoedergrondstoffen alle in Nederland beschikbaar gekomen krachtvoedergrondstoffen, dus zowel voor de landbouw- als de niet-landbouwhuisdieren. De hoeveelheden ten behoeve van de Nederlandse veestapel moeten dus gecorrigeerd worden voor het voer bestemd voor niet-landbouwhuisdieren en voor de export van mengvoerders. De excretie van zware metalen met de mest (15) wordt dan ook gelijk gesteld aan de aanvoer met krachtvoer (6) en ruwvoer (7) minus de afvoer met dierlijke producten (9), hondenvoer (11) en netto export mengvoer (12).

$$\text{Mest (15)} = \text{ruwvoer (7)} + \text{krachtvoedergrondstoffen} + \text{suppletie (2)} - \text{dierlijke producten (9)} - \text{hondenvoer (11)} - \text{netto export mengvoer (12)}$$

De aanvoer met krachtvoedergrondstoffen wordt berekend met behulp van de metaalgehalten (CVB, 1994; Heidemij, 1994; IRS, 2002; PDV, 2002a) en beschikbare hoeveelheden (PDV, 2002c). De metaalgehalten in de PDV-databank (PDV, 2002a) komen uit metingen die gedaan zijn sinds 1985. Deze databank wordt continue aangevuld met gegevens uit het bedrijfsleven en gegevens van door het PDV uitgevoerde metingen in producten. De beschikbare gehalten uit de PDV-databank vertonen soms een grote spreiding. Deze spreiding kan zowel bestaan voor resultaten uit metingen gedaan over verschillende jaren als voor metingen gedaan in eenzelfde periode. Het is niet duidelijk wat aan de spreiding ten grondslag ligt maar het PDV heeft aangegeven de database op onnauwkeurigheden in eenheden en analyses te controleren. Voor het gebruik van de databank is in dit rapport de data op een aantal punten aangepast: alle nulwaarden zijn verwijderd, vergissingen in

duizendtallen zijn zoveel mogelijk gecorrigeerd en waarden op de detectiegrens van de meetapparatuur zijn er zoveel mogelijk uitgehaald.

Om zoveel mogelijk gebruik te maken van de gegevens uit de databank, is in dit rapport gekozen om de metaalgehalten te berekenen als het gemiddelde van alle metingen aan een metaal in een product. De databank is niet compleet. Voor ontbrekende metaalgehalten in krachtvoergrondstoffen zijn andere publicaties geraadpleegd (zie bijlage 2 voor details). Gehalten in krachtvoergrondstoffen waarover niets in de literatuur is gevonden, zijn afgeleid volgens de methode gebruikt in De Boo (1995). Hierbij worden onbekende gehalten afgeleid van bekende gehalten in vergelijkbare producten.

Suppletie (2) vindt plaats voor de metalen Cu en Zn om de groeisnelheid en/of gezondheid van dieren te verbeteren. Ni, Cd, Hg en Cr worden niet gesuppleerd. In overleg met het ministerie van LNV en de mengvoederfabrikanten is op basis van

Tabel 2
Suppletie van koper en zink aan mengvoeders, 2000

	Max. toegevoegde gehalten ¹⁾		Mengvoeder- productie	Vracht	
	Cu	Zn		Cu	Zn
	<i>mg/kg</i>		<i>mln kg</i>	<i>1 000 kg</i>	
Biggenvoer	160	100	863	138,1	86,3
Vleesvarkensvoer	15	60	3688	55,3	221,3
Zeugenvoer	20	65	1450	29,0	94,2
Leghennenvoer	15	55	1816	27,2	99,9
Pluimvee opfokvoeders	15	55	1783	26,7	98,0
Totaal				276,4	599,7

¹⁾ Besluit PDV normen GMP diervoeder-sector 1999, ingegaan op 1-7-2000 (PDV, 1999).

een convenant gekomen tot een flinke afname van de suppletie per 1 juli 2000 (Boerderij, 1999; PDV, 1999). Over de metaalaanvoer met suppletie zijn, voor zover bekend, geen concrete cijfers beschikbaar. Wel is bekend wat de maximaal toegestane gehalten aan Zn- en Cu-suppletie in mengvoer per 1 juli 2000 zijn. De metaalaanvoer met suppletie wordt daarom berekend door deze gehalten te vermenigvuldigen met de mengvoederproductie voor de verschillende diersoorten (PDV, 2002b) (tabel 2). Dit betekent wel dat, aangezien de afname pas halverwege het jaar is ingevoerd, voor het jaar 2000 de aanvoer met suppletie waarschijnlijk is onderschat. Gegevens over de metaalaanvoer die voorkomt als verontreiniging van voederfosfaten zijn beschikbaar (Tessengerlo, 2002). De aanvoer uit deze post is nihil.

Wat betreft de metaalaanvoer met ruwvoer (7) geldt hetzelfde als voor methode [2a]. Over Ni-, Cr-, Hg- en Pb-gehalten zijn minder gegevens beschikbaar dan voor Cu, Zn en Cd (bijlage 1). Dit vormt echter geen groot probleem aangezien de netto bijdrage van ruwvoer aan de totale emissie beperkt is vanwege de retourstroom met de gewasafvoer. Het overgrote gedeelte van het afgevoerde gewas wordt als ruwvoer vervoerd. Het metaal uit het gewas komt zo dus weer met de mest op de landbouwbodem terecht (zie afvoer gewas (23)).

Voor het berekenen van de metaalafvoer met dierlijke producten (9) is uitgegaan van 5% van de metaalaanvoer met veevoeder (zie methode [2a]). De afvoer via hondenvoer etc. (11) wordt berekend door het geproduceerde voer voor niet-landbouwhuisdieren (PDV, 2002b) te vermenigvuldigen met de gemiddelde metaalgehalten per eenheid krachtvoer. De netto export mengvoer (12) wordt berekend door de netto export mengvoer (CBS, 2002d) te vermenigvuldigen met de gemiddelde metaalgehalten per eenheid krachtvoer.

2.1.3 Evaluatie mest (15)

Berekeningsmethode [1a] gaat hoofdzakelijk uit van schattingen uit de begin jaren negentig. Vanwege de onbetrouwbaarheid van deze gegevens zijn metaalemissies berekend volgens deze methode, ook onbetrouwbaar.

Voor het berekenen van de metaalaanvoer met methode [2a] zijn gegevens nodig over mengvoer en ruwvoer. De metaalgehalten in mengvoer komen uit een enquête. De gehalten zijn bepaald door een combinatie van analyses en berekeningen op basis van de gebruikte grondstoffen. Cd wordt niet opzettelijk toegevoegd zoals Cu en Zn en de hoeveelheden zijn klein. Daarom is de betrouwbaarheid van de Cd-gehalten minder dan die van Cu en Zn. Ondanks dat methode [2a] tot 2000 betrouwbare cijfers opleverde voor Cu, Zn, en in iets mindere mate Cd, is er geen bron meer beschikbaar om deze methode nog voor latere jaren te gebruiken. De gehalten in mengvoer van Cu en Zn uit 1998 zijn vanaf 1999 niet meer bruikbaar omdat de toegestane hoeveelheid suppletie in 2000 sterk is afgenomen (PDV, 1999; Boerderij, 1999). Met behulp van deze methode kunnen er geen emissies van Ni, Cr, Pb en Hg berekend worden vanwege het ontbreken van informatie over de gehalten aan deze metalen in mengvoer. Wat betreft de metaalgehalten in ruwvoer zijn er bruikbare gegevens over Cu, Zn en Cd beschikbaar. Gegevens over Ni-, Cr-, Pb- en Hg-gehalten in ruwvoer zijn onvolledig. Dit laatste is echter geen groot probleem aangezien de netto bijdrage van ruwvoer aan de totale emissie beperkt is.

Voor de berekeningsmethoden die uitgaan van gehalten in de mest (methode [1b]) zijn bronnen beschikbaar met gegevens over alle relevante metalen. De gegevens uit deze bronnen zijn echter te variabel en bovendien niet actueel genoeg (immers gekoppeld aan het fosfaatgehalte dat in de loop der jaren door het mestbeleid is afgenomen) om gebruikt te worden voor de berekening van emissies voor het jaar 2000.

De bronnen die gebruikt worden voor methode [2b] zijn onvolledig wat betreft de Ni-, Hg-, Cr- en Cd-gehalten in krachtvoedergrondstoffen en ruwvoer.

Onnauwkeurigheden komen voor in de metaalgehalten en de bepaling van de hoeveelheid suppletie. De berekening van de posten dierlijke producten (9), hondenvoer (11) en netto export mengvoer (12) zijn gebaseerd op aannames. Net als voor ruwvoer geldt dat dit geen probleem is aangezien deze posten een relatief kleine bijdrage leveren aan de totale emissie (bij elkaar gemiddeld ongeveer 10% van de emissie met dierlijke mest).

Geen van de onderzochte methoden lijkt met de huidige beschikbare bronnen geschikt voor het jaarlijks berekenen van nauwkeurige emissies naar de landbouwgrond. Op een zinvolle manier de nauwkeurigheid van de verschillende onderzochte methoden te kwantificeren is lastig. Dit komt omdat vaak meerdere factoren bepalend zijn. Bijvoorbeeld voor het bepalen van de nauwkeurigheid van emissies berekend volgens methode [2b], moet rekening gehouden worden met verschillende standaardafwijkingen rond de gemiddelde gehalten voor verschillende grondstoffen, de verhouding waarin grondstoffen gebruikt worden, de gehalten waarvan de standaardafwijking onbekend is en de gehalten die afgeleid zijn van andere gehalten.

De gegevens die gebruikt worden voor methode [2b], zijn waarschijnlijk de meest passende die op dit moment voorhanden zijn. De gegevens zijn gebaseerd op metingen in plaats van schattingen (methode [1a]). Deze metingen, aan krachtvoedergrondstoffen, zijn waarschijnlijk nauwkeuriger dan metingen in de mest (methode [1b]). De reden hiervoor is dat, in tegenstelling tot krachtvoedergrondstoffen, mest een niet-homogene samenstelling heeft. Verder houdt methode [2b] rekening met de afname in suppletie (in tegenstelling tot methode [2a]). Daarnaast kan met behulp van methode [2b] op een consistente wijze de emissies van *alle* metalen berekend worden (dit in tegenstelling tot methoden [1a] en [2a]). Dus, de gegevens die gebruikt worden voor methode [2b], zijn de meest volledige en tevens meest betrouwbare gegevens die op dit moment voorhanden zijn. Daarom wordt methode [2b] gebruikt om de aanvoerpost dierlijke mest in tabel 4 te berekenen. Let wel dat methode [2b] gekozen is vanwege de beschikbaarheid van gegevens en niet omdat het de beste methode is. Bij methode [2b] is het niet mogelijk de bijdrage van de verschillende diercategorieën aan te geven. Hiervoor ontbreken recente cijfers over de samenstelling van mengvoerders bestemd voor de verschillende diercategorieën.

2.1.4 Aanbevelingen mest

De methode die de voorkeur zou verdienen, is die waarbij de metaalgehalten (van Cu, Zn, Cd, Hg, Cr, Ni en Pb) van mengvoer worden gemonitord door middel van metingen in mengvoer (methode [2a]). Op basis van deze gegevens is een nauwkeurige en actuele berekening van de metaalhoeveelheden in mest mogelijk. Als dit eenmaal gedaan is, zou voor de volgende jaren volstaan kunnen worden met meting van de metaalgehalten waarin naar verwachting verandering is opgetreden. Een voordeel van deze methode is dat geen rekening gehouden hoeft te worden met de componenten waaruit mengvoer bestaat. Het berekenen van de bijdrage van deze afzonderlijke componenten (vooral suppletie) brengt weer de nodige

onnauwkeurigheden met zich mee. Nadeel is dat de realisatie van deze metingen tijd en geld kost. De reden waarom methode [2a] in dit rapport niet is gebruikt om de emissiebalans op te stellen, is het gebrek aan bruikbare actuele gegevens.

Als alternatief kan methode [2b] aanbevolen worden. Ondanks dat deze methode niet de voorkeur verdient, is vanwege het beschikbaar zijn van gegevens, deze methode gebruikt voor het opstellen van de emissiebalans (tabel 4). Deze methode wordt ook gebruikt voor de mineralenbalans (CBS, 1992). Vanwege, bijvoorbeeld praktische redenen, zou toch voor deze methode gekozen kunnen worden. Mocht dit zo zijn dan moet de databank van het PDV (PDV, 2002a), met de gehalten in krachtvoedergrondstoffen, op onnauwkeurigheden gecontroleerd worden. Het PDV heeft medegedeeld dat ze binnenkort de databank zullen opschonen en aanvullen met gegevens. Als voor de alternatieve methode gekozen wordt is het ook wenselijk om ontbrekende gegevens aan te vullen met behulp van extra metingen. Deze metingen zouden vooral gedaan moeten worden aan krachtvoedergrondstoffen die sterk bepalend zijn voor de balans. Zo zijn er nog geen gegevens over bijvoorbeeld Cr in sojaschroot en Cr en Ni in tapioca (bijlage 2). Verder is het wenselijk dat concrete cijfers over de aanvoer met suppletie beschikbaar komen.

2.2 Netto export mest (37)

2.2.1 Huidige methode

Bij de berekening door het RIVM van de emissie naar de landbouwbodem van Cr, Ni, Hg en Pb wordt de netto mestexport niet meegenomen (RIVM, 2002). Het CBS (Van Eerd *et al.*, 1999) schat de Zn-afvoer met mest op 50 ton (ongeveer 2,5% van de totale aanvoer met de mest). Voor Cu en Cd wordt de export geschat op minder dan de helft van de kleinste eenheid waarin ze door het CBS worden uitgedrukt. Vandaar dat voor Cu en Cd de afvoer met de mest op nul is gesteld.

2.2.2 Alternatieve methode

De netto export van alle zeven metalen via de mest kan geschat worden aan de hand van de netto export van fosfaat (CBS, 2002f). Deze komt neer op ongeveer 7% van de totale hoeveelheid geproduceerd fosfaat. Voor het schatten van de netto export kan 7% van de totale hoeveelheid metaal dat met de mest wordt geproduceerd, genomen worden.

2.2.3 Evaluatie

Er zijn geen concrete cijfers beschikbaar over de metaalafvoer met de netto export van mest. Alleen voor Zn is een schatting van de metaalafvoer bekend. Om toch voor alle metalen een schatting te doen is in dit rapport gebruik gemaakt van de hierboven beschreven alternatieve methode. Deze methode is niet nauwkeurig omdat er geen rekening mee gehouden is dat de geëxporteerde mest voor 95% uit kippenmest bestaat. Er wordt dus van uitgegaan dat de metaalgehalten in kippenmest overeenkomen met de gehalten van de andere mestsoorten. Uit de tabel met gehalten

aan zware metalen per eenheid fosfaat in verschillende mestsoorten (IKC, 1997) lijkt dit een plausibele aanname.

2.2.4 Aanbevelingen

Ondanks het ontbreken van concrete cijfers lijkt de schatting van de metaalafvoer aan de hand van de netto fosfaatexport afdoende. Omdat deze post niet al te groot is wordt aanbevolen om deze berekeningsmethode te gebruiken.

2.3 Kunstmest (16)

2.3.1 Huidige methoden

Op basis van metingen (CBS)

Zware metalen in kunstmest komen vooral voor als verontreiniging van de gebruikte kunstmeststoffen. Het CBS berekent de Cu-, Zn-, en Cd-aanvoer aan de hand van de metaalgehalten en de beschikbare hoeveelheden van elke kunstmestsoort (Van Eerdt *et al.*, 1999). Hierbij wordt de aanvoer van Cu dat als sporenelement wordt toegevoegd, opgeteld (CBS, 2002d). Er zijn jaarlijks cijfers beschikbaar over de hoeveelheid gebruikte kunstmest (LEI/CBS, 2002) en het Cd-gehalte (NKF, 2001). Gehalten aan Cu en Zn zijn voor de meeste kunstmestsoorten bekend (onder andere Driessen en Roos, 1996; IKC, 1997; Meeuwissen en van Erp; 1995).

Op basis van hoofdzakelijk schattingen (RIVM)

Evenals bij dierlijke mest baseert het RIVM de gehalten voor Hg, Cr en Ni op schattingen van de totale emissie op jaarbasis als gevolg van de aanwending van kunstmest (RIVM, 1995; Slooff *et al.*, 1989 (Cr), 1992 (Ni), 1994 (Hg)). De verdeling over de verschillende kunstmestsoorten is gemaakt aan de hand van de verdeling van Cd. Op deze manier is voor het jaar 1990 een overzicht gemaakt van de zware-metaalgehalten van NPK-kunstmestsoorten. Aan de hand van de hoeveelheid gebruikte kunstmest is tot op heden jaarlijks de totale metaalaanvoer berekend. Het RIVM beschikt ook over gegevens van de metalen Cu, Zn Cd, en Pb (Hoogervorst, 1991; RIVM, 1995). Echter, voor publicaties (RIVM, 2001) is de aanvoer van deze vier metalen integraal overgenomen van het CBS (Van Eerdt en Stiggelbout, 1992 (Pb); Van Eerdt *et al.*, 1999 (Cu, Zn en Cd)).

2.3.2 Evaluatie

De berekeningsmethode van het RIVM gaat uit van minder betrouwbare gegevens (zie paragraaf 2.1.3 over de mest). De methode die gebruikt wordt door het CBS lijkt betrouwbaar ondanks dat veel van de Cu- en Zn-gehalten voor 1995 gemeten zijn. Er wordt niet verwacht dat in de loop der jaren veel verandert in de metaalgehalten van kunstmest. De meeste van de gehalten aan Ni, Cr, Hg en Pb in kunstmest zijn bekend (onder andere Heidemij, 1994; IKC, 1997; zie ook bijlage 3). In dit rapport is de CBS-methode dan ook toegepast om de aanvoer van metalen met kunstmest te berekenen.

2.3.3 Aanbevelingen

De berekeningsmethode die uitgaat van metingen in kunstmest, kan gebruikt worden aangezien de huidige beschikbare gegevens nauwkeurig en volledig genoeg zijn.

2.4 Overige (17): Zuiveringsslib

AWZI-slib is afkomstig uit afvalwaterzuiveringsinstallaties van bedrijven. Dit slib wordt voor een deel over de landbouwgrond verspreid. De aanvoer van alle metalen via AWZI-slib wordt berekend aan de hand van metaalgehalten en de beschikbare hoeveelheden (RIVM/CBS, 2002). Van deze kleine post zijn jaarlijks betrouwbare gegevens beschikbaar.

2.5 Overige (17): Bestrijdingsmiddelen

Van de Cu- en Zn-aanvoer met bestrijdingsmiddelen zijn jaarlijks cijfers beschikbaar (CBS, 2002h). De aanvoer van Cu is verwaarloosbaar. Zn komt vooral voor in de bestrijdingsmiddelen Mancozeb, Zineb en Metiram. Voor de overige metalen zijn geen cijfers beschikbaar. De aanvoer van deze metalen is in dit rapport op nul gesteld vanwege de geringe bijdrage van bestrijdingsmiddelen aan de belasting van de landbouwgrond (Van Eerdt *et al.*, 1999). Voor deze post worden geen aanbevelingen voor monitoring gedaan.

2.6 Overige (17): Gft-compost, Champost, Overige Compost

Jaarlijks zijn er cijfers beschikbaar over de aanvoer van alle metalen met GFT-compost, champost en overige compost. De aanvoer wordt berekend uit beschikbare hoeveelheden en de metaalgehalten (bijlage 4). Voor GFT-compost zijn er gegevens over de gehalten en de hoeveelheden beschikbaar (Werkgroep Afvalregistratie, 2001). De metaalgehalten van champost (CNC, 2000) en overige compost (IKC, 1997) zijn ook beschikbaar. De hoeveelheden champost en overige compost zijn ingeschat (CBS, 2002d).

2.7 Overige (17): Corrosie tuinbouwkassen

De Zn-aanvoer op de landbouwbodem met de corrosie van verzinkt staal van tuinbouwkassen is beschikbaar in de Emissiemonitor (CCDM, 2002). De emissie wordt geschat op 5,75 ton Zn voor het jaar 2000. Hiervan komt ca. 75% (4,3 ton) op de bodem terecht.

2.8 Overige (17): Jacht

In dit rapport wordt alleen uitgegaan van hagelpatronen omdat deze bijna de gehele bijdrage leveren aan de metaalaanvoer. Officieel mag vanaf 1994 niet meer met Pb worden geschoten. Uit geregistreerde overtredingen blijkt echter dat dit nog steeds gebeurt (VROM, 2001). Uit verkoopcijfers over het jaar 1997 blijkt dat naast Pb ($\pm 20\%$), ook Zn- ($\pm 8\%$), Fe- ($\pm 45\%$) en bismut-patronen ($\pm 25\%$) verkocht worden (De Straat, 1999). Het is echter niet duidelijk of de in Nederland verkochte patronen

ook daadwerkelijk in Nederland verschoten worden. Daarnaast is het waarschijnlijk dat deze percentages in de loop der jaren niet constant blijven (in verband met het Pb-hagelverbod). In alle onderstaande berekeningsmethoden worden deze aannames wel gedaan. Ook wordt voor alle methoden de verdeling tussen hagelpatronen die op de bodem en in het water terechtkomen, gehouden op 85:15 (Van Bon en Boersma, 1988).

2.8.1 *Huidige methode*

Op basis van hoofdzakelijk ramingen

Het RIZA berekent de Pb- en Zn-aanvoer via de jacht naar de bodem (RIZA, 2002). De metaalaanvoer wordt door het RIZA niet specifiek voor de landbouwgrond berekend. Op basis van een rapport van De Straat (1999) is voor het jaar 1997 de totale metaalaanvoer ingeschat (190 ton), waarvan 20% Pb en 8% Zn. Bij gebrek aan gegevens, is ook voor de jaren 1994 tot en met 1996 deze totale metaalaanvoer aangehouden. Voor de Zn-vracht is vervolgens lineair geïnterpoleerd tussen 0% in 1994 en 8% in 1997. Voor het jaar 1995 heeft het RIVM (1995) op basis van importcijfers en gesprekken met deskundigen de hoeveelheid verschoten Pb geschat (48 ton). Vervolgens is de Pb-aanvoer voor 1996 berekend door lineaire interpolatie tussen de aanvoer in 1995 en 1997. Voor het jaar 1998 is nog een extrapolatie gemaakt. Op basis van de indruk dat de daling in het gebruik van Pb nog wel doorzet, maar afvlakt is een getal van 36 ton aangehouden. Voor Zn is de stijging van 2% per jaar in de periode vanaf 1993 geëxtrapoleerd naar 10% in 1998. Voor de jaren 1999 en 2000 zijn bij gebrek aan informatie dezelfde getallen als voor 1998 aangehouden. Nadat de verdeling tussen bodem en water is gemaakt (85:15) komt de metaalaanvoer voor 2000, berekend op basis van bovengenoemde schattingen, neer op 30,6 ton Pb en 16,1 ton Zn.

Het RIVM gebruikt voor haar berekeningen een Pb-aanvoer met de jacht van 120 ton. Deze aanvoer is een gedeelte van de gepubliceerde, totale Pb-aanvoer op de landbouwbodem (RIVM, 2001). Deze waarde berust op een schatting en ligt waarschijnlijk te hoog (RIVM, 2002).

2.8.2 *Alternatieve methoden*

Op basis van afschotcijfers

De emissies van metalen kunnen berekend worden op basis van de afschotcijfers. Afschotcijfers per diersoort zijn bekend (KNJV, 2002a). De totale hoeveelheid verschoten hagel kan berekend worden aan de hand van het aantal misschoten (Van Bon en Boersma, 1988). De hoeveelheid hagel die op het landbouwgebied terechtkomt, kan berekend worden met het percentage van de afzonderlijke diersoorten die op het landbouwgebied geschoten worden (KNJV, 2002b). Met behulp van deze gegevens (tabel 3a) kan het percentage hagel dat boven landbouwgebied verschoten wordt, berekend worden. Dit komt neer op ca. 94%.

De emissie uit de jacht kan nu berekend worden met behulp van de aanname dat een gemiddeld hagelpatroon 32 g weegt (CUWVO, 1997), het percentage hagel dat op

de bodem in plaats van in het water terecht komt (85%), het percentage hagel dat op het landbouwgebied terecht komt (94%) en het verkochte aandeel Zn- (8%) en Pb- patronen (20%) (tabel 3b).

Tabel 3a

Verschoten hagelpatronen boven landbouwgebied (water én bodem), 2000

	Afschot	Patronen per dier	Verschoten patronen	Afschot boven landbouwgebied	Verschoten patronen boven landbouwgebied
	1 000 stuks		%	1 000 stuks	
<i>Wildsoort</i>					
Wilde eend	376,2	3,5	1316,7	90	1185,0
Overige eenden ¹⁾	12,7	3,5	44,5	100	44,5
Ganzen	24,7	2,5	61,8	100	61,8
Fazant	128,0	2,5	320,0	90	288,0
Houtduif	434,0	4	1736,0	100	1736,0
Zwarte kraai, kauw	271,6	4	1086,4	100	1086,4
Ekster, gaai	102,2	4	408,8	100	408,8
Hazen	220,0	2	440,0	90	396,0
Konijnen	78,0	3	234,0	50	117,0
Grofwild ²⁾	14,3	1,5	21,4	0	0,0
Totaal			5669,5		5323,4

¹⁾ Meerkoet en smient.

²⁾ Ree (11,5), edelhert (0,5) en wildzwijn (2,25).

Tabel 3b

Aanvoer door jacht: afschotcijfers, 2000

	Hoeveelheid
	1 000 kg
<i>Hagelpatronen</i>	
Totaal verschoten ¹⁾	181
w.v.	
op de bodem (85%)	154
w.v.	
boven landbouwgebied (94%)	145
w.v.	
Zn (8%)	12
Pb (20%)	29

¹⁾ 32 g per patroon * aantal patronen uit tabel 4a.

Op basis van afzetcijfers

De metaalemissies met de jacht kunnen ook berekend worden aan de hand van de afzetcijfers van hagelpatronen (CBS, 2002c). Het gewicht aan afgezette hagelpatronen wordt gelijkgesteld aan het totale gewicht aan gebruikte hagelpatronen. Hiervan moeten dan de patronen gebruikt voor het kleiduivenschieten (5 mln. stuks) worden afgetrokken en de patronen die illegaal het land binnenkomen (0,5 mln. stuks) worden opgeteld (De Straat, 1999; Van Bon en Boersma, 1988). Het gewicht van deze posten wordt berekend door uit te gaan van 32 gram per patroon.

Het totale gewicht aan verbruikte patronen wordt vervolgens vermenigvuldigd met het percentage hagel dat op de bodem terechtkomt (85%) en het percentage hagel dat boven het landbouwgebied verschoten wordt (94%). Met de gegevens over de verkochte percentages Zn- (8%) en Pb-patronen (20%) kunnen de emissies berekend worden (tabel 3c).

Tabel 3c
Aanvoer door jacht: afzetcijfers, 2000

	Hoeveelheid
	1 000 kg
<i>Hagelpatronen</i>	
Totale afzet (a)	264
w.v.	
voor kleiduivenschieten (b) ¹⁾	160
illegaal geïmporteerd (c) ¹⁾	16
Afzet voor jacht (a-b+c)	120
w.v.	
op de bodem (85%)	102
w.v.	
boven landbouwgebied (94%)	96
w.v.	
Zn (8%)	8
Pb (20%)	19

¹⁾ 32 g per patroon * aantal patronen (zie tekst)

2.8.3 *Evaluatie*

Aanvoer van Zn en Pb met de jacht kan alleen berekend worden uitgaande van een aantal aannames. Voor de methode van het RIZA zijn geen recente cijfers meer beschikbaar. Daarom wordt, in dit rapport, deze methode niet gebruikt. De aanvoer geschat door het RIVM is niet betrouwbaar en wordt daarom ook niet gebruikt. De resultaten van beide alternatieve methoden (afzet- en afschotcijfers) wijken van elkaar af. Een reden hiervoor zou de onnauwkeurigheid van de gegevens, gebruikt

voor het berekenen van het totaal verbruikte gewicht aan lagel, kunnen zijn. De berekening aan de hand van afschotcijfers lijkt enigszins betrouwbaarder aangezien er geen rekening gehouden hoeft te worden met het kleiduivenschieten en de illegale import. De aanvoerpost jacht in tabel 4 is daarom berekend aan de hand van de methode die uitgaat van afschotcijfers.

2.8.4 Aanbevelingen

Alle onderzochte methoden gaan er vanuit dat de in Nederland verkochte percentages Pb- en Zn-patronen ook daadwerkelijk in Nederland verschoten worden en dat deze percentages in de loop der jaren niet veranderen. Deze aannames zijn gedateerd en onnauwkeurig. Er wordt dan ook aanbevolen om recente gegevens te vergaren over het percentage of de hoeveelheid verschoten Pb- en Zn-patronen in Nederland.

2.9 Gewasafvoer (23)

2.9.1 Huidige methode

De afvoer van metalen met het gewas wordt berekend op basis van de jaarlijkse gewasproductie (CBS, 2002b) en de metalengehalten (in BLGG, 2002; De Boo, 1995; IKC, 1997; PDV, 2002a). Gehalten aan Cu, Zn en (in mindere mate) Cd kunnen voor vrijwel alle gewassen in de literatuur gevonden worden. Voor de overige metalen is er minder bekend over de gehalten en moeten er gehalten afgeleid worden (bijlage 5).

2.9.2 Evaluatie

Voor de berekening van de metaalafvoer met het gewas is er een gebrek aan gegevens over de Ni-, Cr-, Hg-, en Pb-gehalten in de verschillende gewassen. Dit gebrek speelt ook bij de aanvoer via ruwvoer een rol aangezien het vaak over dezelfde gewassen gaat. Het meeste ruwvoer en vochtrijke diervoeders (afvalven voedingsmiddelenindustrie) zijn afkomstig van gewassen die in Nederland van de landbouwbodem zijn afgevoerd. Slechts een klein gedeelte wordt ingevoerd (CBS, 1992). Het grootste gedeelte van het gewas dat wordt afgevoerd, wordt vervolgens als ruwvoer weer opgegeten door het Nederlandse vee (vooral als snijmaïskuil en graslandproducten). Een klein gedeelte wordt als plantaardige krachtvoedergrondstoffen vervoerd en een klein gedeelte wordt afgevoerd via plantaardige producten (26).

Een consequentie van deze retourstroming is dat onnauwkeurigheden van de metaalhoeveelheden in de aanvoer met ruwvoer en in de afvoer met het gewas elkaar grotendeels compenseren. Dus het gebrek aan gegevens over de metaalgehalten in de verschillende gewassen is een minder groot probleem dan het in eerste instantie lijkt. Dit betekent wel dat de absolute hoeveelheid Ni, Cr, Hg en Pb die afgevoerd wordt met het gewas (en die dus ook geconsumeerd wordt met het ruwvoer) relatief onnauwkeurig is vanwege een gebrek aan gegevens over metaalgehalten.

In dit rapport wordt de metaalafvoer met het gewas volgens bovenstaande methode berekend.

2.9.3 Aanbeveling

Er wordt geen aanbeveling gedaan voor monitoring van gehalten in gewas dat afgevoerd wordt, omdat de post een relatief kleine netto bijdrage levert aan de totale metaalemissie op de landbouwbodem.

2.10 Niet meegenomen aan- en afvoerposten

Er zijn enkele aan- en afvoerposten die niet zijn meegenomen in de berekening van de metaalemissies naar de landbouwbodem. Omdat het om emissies gaat worden depositie en uit- en afspoeling (als overdrachten van het ene naar het andere compartiment) niet in het onderzoek meegenomen. Om toch een idee te krijgen over de bijdrage van depositie aan de belasting van de landbouwgrond zijn cijfers hierover weergegeven in tabel 4. De aanvoer van natte en droge depositie is bekend voor Cd, Zn, Cu en Pb (RIVM, 2002). Deze cijfers zijn voor Cu, Zn en Cd, in afgeronde vorm, gepubliceerd in het Milieucompendium 2002 (RIVM en CBS, 2002). Voor de andere metalen zijn geen cijfers beschikbaar. Voor uit- en afspoeling van metalen uit de landbouwbodem zijn voorsnog ook geen gegevens beschikbaar.

Sloten rond landbouwgebieden worden uitgebaggerd om de waterafvoer optimaal te houden. De bagger die hiermee op de landbouwgrond terecht komt, wordt niet meegenomen in de emissieberekening. Eén van de redenen hiervoor is dat de aanvoer zeer lokaal is (alleen rond de sloten). Verder stroomt een groot deel van de bagger waarschijnlijk weer terug de sloot in (retourstroom) zodat de netto emissie gering is. De aanvoer van metalen als gevolg van overstromingen wordt niet meegenomen omdat de gegevens voor deze berekening per locatie zeer kunnen verschillen (Hanegraaf *et al.*, 1992).

Met de corrosie van hoogspanningsmasten hoeft geen rekening gehouden te worden. Deze zijn dusdanig gecoat dat de corrosie nihil is. Over de metaalaanvoer als gevolg van de corrosie van hoogspanningskabels zijn geen gegevens beschikbaar.

3. Zware-metalenbalansen

3.1 Emissiebalans

In dit hoofdstuk wordt een vergelijking gemaakt tussen de emissies zoals die in dit rapport berekend zijn (tabel 4) en zoals die in officiële publicaties voorkomen (tabel 5). Mogelijke oorzaken van verschillen in emissies worden besproken.

Tabel 4

Belasting van landbouwgrond met zware metalen (op basis van dit rapport), 2000

	Cd	Cu	Zn	Pb	Hg	Cr	Ni
	<i>1 000 kg</i>						
Krachtvoer	1,25	149,9	627,7	10,33	0,150	35,05	43,97
Ruwvoer	2,18	86,5	480,7	18,66	0,216	11,08	34,88
Suppletie	-	276,4	599,7	-	-	-	-
Voederfosfaten	0,07	0,8	5,2	0,07	0,000	2,69	0,27
<i>Totaal aanvoer (mest) (a)</i>	<i>3,49</i>	<i>514</i>	<i>1713</i>	<i>29,06</i>	<i>0,37</i>	<i>48,82</i>	<i>79,12</i>
Netto export mengvoer	0,09	11,2	46,7	0,77	0,011	2,61	3,27
Hondenvoer etc.	0,04	5,0	21,0	0,35	0,005	1,17	1,47
Dierlijke producten	0,17	24,9	82,3	1,40	0,018	2,44	3,72
Netto export mest	0,23	33,9	112,1	1,90	0,024	3,07	5,07
<i>Totaal afvoer (mest) (b)</i>	<i>0,53</i>	<i>75</i>	<i>262</i>	<i>4,42</i>	<i>0,06</i>	<i>9,10</i>	<i>13,53</i>
Dierlijke mest (a-b)	2,96	438,6	1451,3	24,64	0,308	39,72	65,59
Kunstmest	1,96	48,6	55,4	4,89	0,109	25,74	20,70
Gft-compost	0,08	5,9	32,0	11,42	0,024	3,06	1,43
Champost	0,08	6,0	28,8	2,50	0,010	2,88	0,58
Overige compost ¹⁾	0,07	3,3	18,4	6,63	0,021	2,31	1,53
AWZi-slib	0,02	1,3	4,7	0,45	0,008	0,56	0,29
Bestrijdingsmiddelen	-	0,0	75,0	-	-	-	-
Corrosie tuinbouwkassen	-	-	4,3	-	-	-	-
Jacht	-	-	11,6	28,96	-	-	-
Aanvoer landbouwgrond	5,16	504	1681	79,48	0,48	74,26	90,11
Afvoer met gewas	2,69	103,6	582,3	22,84	0,237	19,79	38,04
Emissie	2,5	400	1099	56,6	0,24	54,5	52,1
<i>Depositie</i>	<i>0,5</i>	<i>17</i>	<i>67</i>	<i>18,2</i>	<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>

¹⁾ Bloembollenafval, glastuinbouw en heideplaggen.

De emissiebalans wordt berekend als het totaal van de aanvoer met dierlijke mest ((15)-(37)), kunstmest (16) en overige bronnen (17) minus de afvoer met het gewas (23). In tabel 4 staan de metaalvrachten van alle aan- en afvoerposten waaruit de emissies op landbouwgrond berekend zijn. In hoofdstuk 2 is aangegeven welke methoden zijn gebruikt om elke afzonderlijke metaalvracht te berekenen. De posten met een relatief grote bijdrage (tabel 4, vetgedrukte waarden) zijn: dierlijke mest voor alle metalen, kunstmest voor Cd, Hg, Cr en Ni en jacht voor Pb. Elk van deze posten maakt meer dan 20% uit van de totale aanvoer.

Tabel 5
Belasting van landbouwgrond met zware metalen, gepubliceerde cijfers 2000 ¹⁾

	Cd	Cu	Zn	Pb	Hg	Cr	Ni
	<i>1 000 kg</i>						
<i>Bron</i>							
Dierlijke mest	3	700	1900				
Kunstmest	2	50	60				
Overige bronnen ²⁾	0	10	140				
Totaal aanvoer landbouwgrond	5	760	2100				
Afvoer met gewas	3	100	570				
Emissie (gepubliceerd)	2	660	1530	170	1	46	31
Emissie (dit rapport)	2,5	400	1100	57	0,2	55	52

¹⁾ Bron: EmissieMonitor (CCDM, 2002) en Milieucompendium (RIVM en CBS, 2002): Cd, Zn en Cu; Milieubalans (RIVM, 2001):Pb, Hg, Cr en Ni.

²⁾ Zuiveringsslib, bestrijdingsmiddelen, GFT-compost en champost.

Tabel 5 geeft een overzicht van de emissie van zware metalen zoals die voor het jaar 2000 gepubliceerd zijn. De totale emissies van Cu, Zn en Cd staan in de EmissieMonitor (CCDM, 2002). Deze emissies zijn berekend door het CBS. In de EmissieMonitor staat ook de Pb-emissie naar landbouwgrond. Bij de berekening van deze post is echter alleen de aanvoer met de jacht meegenomen. In tabel 5 is dit cijfer dan ook niet overgenomen. In het Milieucompendium 2002 (RIVM en CBS, 2002) staan dezelfde cijfers voor Cu, Zn en Cd als in de EmissieMonitor, maar dan onderverdeeld naar verschillende aan- en afvoerposten. Deze cijfers zijn voor het definitieve jaar 2000. De emissies van Cr, Hg, Ni en Pb komen uit de Milieubalans 2001 (RIVM, 2001) en zijn voor het voorlopige jaar 2000. Deze cijfers zijn dezelfde als die voor 1998 gepubliceerd zijn. In de Milieubalans worden alleen de totale emissies gepubliceerd en geen afzonderlijke aan- en afvoerposten. In de

Milieubalans 2002 komen de metaalemissies naar landbouwgrond niet meer voor. Per metaal zal in het kort ingegaan worden op de gepubliceerde cijfers (tabel 5) en de cijfers berekend in dit rapport (tabel 4).

Voor alle metalen geldt dat kleine verschillen tussen de tabellen veroorzaakt kunnen worden doordat:

- 1) in tegenstelling tot de cijfers in tabel 4, de cijfers in tabel 5 afgerond worden op hele getallen.
- 2) de post “Overige compost” niet voorkomt in tabel 5.
- 3) er in tabel 4 soms gebruik is gemaakt van recentere gehalten dan die gebruikt zijn in tabel 5.

Punten 1 en 2 verklaren volledig het verschil in emissie van Cd. Verschillen tussen beide tabellen in de emissies van Cu en Zn kunnen verklaard worden door de afname van suppletie in 2000. In tabel 5 is geen rekening gehouden met deze afname. Het verschil tussen de Zn-afvoer met het gewas in tabel 4 en 5 komt door het gebruik van iets andere gehalten. Naast de bovengenoemde punten zit voor Pb, Cr, Hg en Ni het verschil tussen beide tabellen vooral in de verschillen methoden die gebruikt zijn om de aanvoer met dierlijke mest en kunstmest te berekenen (zie hoofdstuk 2). Wat betreft de Pb-emissie is in tabel 5 voor de aanvoer met de jacht een hoeveelheid aangenomen (120 ton) die te hoog is (zie 2.8.1).

In hoofdstuk 2 zijn de huidige berekeningsmethoden beschreven voor enerzijds Cu, Cd en Zn en anderzijds voor Ni, Cr, Hg en Pb. Voor de eerste serie van 3 zware metalen zijn meer en betrouwbare data voorhanden dan voor de tweede serie van 4 zware metalen. De voorgestelde methode houdt in dat de emissie van alle 7 zware metalen op identieke wijze wordt berekend (tabel 4). Met betrekking tot de zware metalen Ni, Cr, Hg en Pb wordt in hoofdstuk 2 aangegeven dat vaak de databronnen een knelpunt vormen. Volgens paragraaf 2.1.3 is de informatie voor de gehalten van deze zware metalen in krachtvoedergrondstoffen en ruwvoer onvolledig. In paragraaf 2.3.2 staat vermeld dat de meeste gehalten van deze zware metalen in kunstmest bekend zijn, er is evenwel een grote variatie tussen de beschikbare bronnen. Tenslotte memoreert paragraaf 2.9.2 dat er een gebrek is aan gehalten van deze zware metalen in van het land afgevoerde gewassen. Aangezien de keten zo sterk is als de zwakste schakel, is de totale emissie van Ni, Cr, Hg en Pb naar de landbouwbodem minder betrouwbaar dan de emissie van Cu, Cd en Zn. De nauwkeurigheid van de Ni-, Cr-, Hg- en Pb-emissies komt door gebruik te maken van de voorgestelde methode niet op het niveau van de betrouwbaarheid van de Cu-, Cd- en Zn-emissies. Er resteren nogal wat schattingen omdat immers veel data ontbreken over de Ni-, Cr-, Hg- en Pb-gehalten.

3.2 Emissietrends

In dit rapport worden geen cijfers over emissietrends gegeven. Uitgaande van de hier gebruikte berekeningsmethoden kan met de beschikbare gegevens geen consistente

tijdreeks worden opgesteld. Voor de jaren 2000 en eerder wordt derhalve vastgehouden aan de gepubliceerde cijfers.

De berekeningsmethoden die gebruikt zijn voor het maken van tabel 4, zijn de beste die nu voorhanden zijn. Mocht er in de toekomst nieuwe informatie beschikbaar komen dan kunnen wellicht nauwkeuriger berekeningen voor bepaalde posten worden toegepast. Alvorens nieuwe cijfers te publiceren op basis van de voorgestelde methode is het in ieder geval zinvol om de correcties en aanvullingen van de PDV-database voor metaalgehalten van krachtvoedergrondstoffen af te wachten.

4. Conclusies

De beschikbare databronnen voldoen niet meer om de metaalemissies te berekenen volgens de methoden zoals die tot nu toe gebruikt werden. Vooral de berekening van de metaalaanvoer met dierlijke mest geeft problemen. Enerzijds zijn de gebruikte gegevens voor een deel niet meer beschikbaar, anderzijds zijn ze onnauwkeurig. Voor het gebruik van een alternatieve methode (methode [2b]) zijn wel gegevens beschikbaar. Ondanks dat deze methode niet de meest betrouwbare is levert deze wat betreft nauwkeurigheid en volledigheid op dit moment de beste resultaten op. In dit rapport is deze methode dan ook gebruikt voor de berekening van de emissiebalans (tabel 4). Voor het gebruik van de meer geavanceerde methode [2a] zijn geen actuele gegevens meer beschikbaar. Dit rapport adviseert in de eerste plaats dan ook gegevens te verzamelen zodat deze methode [2a] gebruikt kan worden, en dan niet zoals in het verleden alleen voor Cu, Zn en Cd maar voor alle zeven onderzochte metalen. Mocht dit niet mogelijk zijn dan kan de alternatieve methode [2b] gebruikt worden. Aanbevolen wordt dan wel om de kwaliteit en kwantiteit van de gegevens die nodig zijn voor methode [2b] te verbeteren.

Naast de metaalaanvoer met de mest vertoont de berekening van de aanvoer van Pb met de jacht onnauwkeurigheden. Om dit te verbeteren zijn gegevens nodig over de in Nederland verschoten hagelsoorten. De gegevens over kunstmest, ruwvoer en gewasafvoer lijken voldoende nauwkeurig om voor de balansberekening gebruikt te worden. De andere posten zijn van minder belang aangezien ze maar een kleine rol spelen bij de totale metaalemissie op de landbouwbodem. Wanneer over deze posten geen gegevens beschikbaar zijn, kunnen ze redelijk goed geschat worden.

5. Samenvatting van aanbevelingen

- Voor wat betreft de metaalaanvoer via dierlijke mest wordt in de eerste plaats aanbevolen om de metaalgehalten in mengvoer te monitoren door middel van metingen (methode [2a]). Dit zou moeten gebeuren voor alle metalen (Cu, Zn, Cd, Hg, Cr, Ni en Pb). Als eenmaal een volledige monitoring heeft plaatsgevonden, zou voor de volgende jaren volstaan kunnen worden met de monitoring van de metaalgehalten waarin naar verwachting, verandering is opgetreden.
- Mocht realisatie van de bovenstaande methode, om bijvoorbeeld praktische redenen, niet haalbaar zijn, wordt aanbevolen om de metaalaanvoer via dierlijke mest te berekenen uitgaande van de afzonderlijke veevoercomponenten (methode [2b]). Als voor deze methode gekozen wordt, zal de databank van het PDV (PDV, 2002a), met de gehalten aan krachtvoedergrondstoffen, op onnauwkeurigheden gecontroleerd moeten worden. Daarnaast is het wenselijk om extra metingen te laten doen. Deze metingen zouden gedaan moeten worden aan krachtvoedergrondstoffen die sterk bepalend zijn voor de balans en waarvan nog weinig of niets bekend is.
- Wat betreft de metaalaanvoer met de jacht wordt aanbevolen om recente gegevens te vergaren over het percentage of de hoeveelheid verschoten Pb-houdende munitie in Nederland. Het is niet duidelijk waar deze gegevens vandaan moeten komen aangezien de voor de hand liggende organisaties (onder andere: munitiehandelaar, de KNJV en de faunabescherming) hier tot nu toe niks over kwijt kunnen.

6. Nawoord

Bij het ter perse gaan van dit rapport verscheen een publicatie van het project De Marke, (Kool en Koskamp, 2003) met als titel “Zware metalen op De Marke”. Het rapport beschrijft een inventarisatie van zware-metalenbalansen op dit melkveehouderijbedrijf. Het onderzoek heeft betrekking op de metalen Cadmium, Koper en Zink. Uit een analyse van de aanvoerstromen blijkt dat na 1995 de aanvoer van zink en koper met mineralenmengsels voor melkvee een in belang toenemende aanvoerpost is geworden. Op De Marke vormt deze bron in 2000/01 voor koper en zink veruit de belangrijkste bijdrage, in de grootte-orde van 50-75% van de totale metaalaanvoer.

Het belang van deze aanvoerpost heeft deels te maken met bijzondere bedrijfsomstandigheden op De Marke (Kool en Koskamp, 2003). Het kan echter niet worden uitgesloten dat deze bron ook landelijk de laatste jaren steeds belangrijker is geworden. Een globale inventarisatie bij enkele belangrijke producenten van mineralenmengsels toont aan dat deze mengsels in 2002 landelijk =5% aan de emissie van koper en zink bijdragen. Hoewel de aanvoer van koper en zink landelijk niet dat belang heeft zoals dat uit de gegevens van De Marke blijkt, verdient het toch aanbeveling om bij toekomstige inventarisaties deze aanvoerpost in de emissie-inventarisaties mee te nemen.

7. Referenties

- BLGG (Bedrijfslaboratorium voor grond en gewasonderzoek), 2002. www.blgg.nl.
- Bon van, J. en Boersma, J.J., 1988. “Metallisch lood bij de jacht, de schietsport en de sportvisserij”. IVEM, Rapportnummer 24, Groningen.
- Boerderij, 1999. “Minder zink en koper in de varkensvoerders”. nr. 16, blz. 34.
- Boo de, W., 1995. “Zware metalenbalans Nederlandse landbouwgrond in 1992 en 2000, Gevolgen van het afvalstoffenbeleid”. De Boo en Partner, Bleiswijk.
- Breimer, T., en Smilde, K.W., 1986. “De effecten van organische mestdoseringen op de zware-metaalgehalten in de bouwvoor van akkers”. Themadag “Organische stof in de akkerbouw”, nr. 7, pag. 54-66, PAGV Lelystad.
- CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek), 1992. “Mineralen in de landbouw 1970-1990. Fosfor, stikstof en kalium”. 's-Gravenhage sdu/uitgeverij/cbs-publicaties.
- CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek), 2002a. Productie mest en mineralen, Statline (www.cbs.nl), Voorburg.
- CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek), 2002b. Oogstramingen en Graslandgebruik, Statline (www.cbs.nl), Voorburg.
- CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek), 2002c. Import-export cijfers munitie voor gebruik in jacht en schietsporten, Persoonlijke mededeling Hr Franssen, Heerlen.
- CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek), 2002d. Persoonlijke mededelingen Mevr. Fong, Voorburg.
- CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek), 2002e. Landbouwtelling, Statline (www.cbs.nl), Voorburg.
- CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek), 2002f. Transport en gebruik van mest en mineralen, Statline (www.cbs.nl), Voorburg.
- CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek), 2002h. Persoonlijke mededelingen Hr. Loorij, Voorburg.
- CCDM (Coördinatiecommissie Doelgroepmonitoring), 2002. Emissiemonitor, www.emissieregistratie.nl.
- CNC (Coöperatieve Nederlandse Champignonkwekersvereniging), 2000. Persoonlijke mededeling via Mevr. Fong (CBS).
- CUWVO (Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren), 1997. “Handreiking regionale aanpak diffuse bronnen – werkgroep VI.”, 's-Gravenhage
- CVB (Centraal Veevoeder Bureau), 1994. Veevoedertabel, Lelystad.

- Driessen, J.J.M. en Roos, A.H., 1996. “Zware metalen, organische microverontreinigingen en nutriënten in dierlijke mest, compost, zuiveringslib, grond en kunstmeststoffen”. Rapport 96.14, RIKILT-DLO, Wageningen.
- Eerdt van, M., Meij van der, T. en Fong N., 1999. “Belasting van landbouwgrond met zware metalen, 1990-1997”. Kwartaalbericht milieustatistieken (CBS) 99/3, p12-19.
- Eerdt van, M. en Stiggelbout, C., 1992. “Belasting van landbouwgrond met zware metalen, 1980-1990”. Kwartaalbericht milieustatistieken (CBS) 92/3, p4-10.
- Hanegraaf, M.C., Meij van der, T., Vos, P. en Graaf de, H.J., 1992 “Natuur en milieu in de landbouw – relaties voor beleid en onderzoek. 3. Zware metalen en arseen”, Leiden.
- Heidemij, 1994 “Invloed van het meststoffengebruik op de zware-metalenaanvoer in Nederlandse landbouwgronden”, Heidemij advies BV.
- Hoogervorst, N.J.P., 1991. “Het landbouwscenario in de nationale milieuverkenning 2. Uitgangspunten en berekeningen”. RIVM, Rapportnummer 251701005, Bilthoven.
- IKC (Informatie en KennisCentrum Landbouw), 1996. “Gehalten aan zware metalen in meststoffen”. Ede.
- IKC (Informatie en KennisCentrum Landbouw), 1997. “Aan- en afvoerbalansen van zware metalen van Nederlandse landbouwgronden”. Ede.
- IRS (Instituut voor Rationele Suikerproductie), 2002, Persoonlijke mededeling Hr. Wilting.
- KNJV (Koninklijke Nederlandse Jagersvereniging), 2002a. Fauna in cijfers, WBE-Databank, Nieuwsbrief 5, Amersfoort.
- KNJV (Koninklijke Nederlandse Jagersvereniging), 2002b. Persoonlijke mededeling Hr. Siebenga.
- Kool, A en G.J. Koskamp, 2003. “Zware metalen op De Marke, Rapport 33, februari 2003. Wageningen UR en CLM, Wageningen/Utrecht.
- LEI (Landbouw Economisch Instituut)/CBS, 2002. Land- en tuinbouwcijfers, 2002. 's-Gravenhage/Voorburg.
- Meeuwissen, P.C., en van Erp P.J., 1995. “Invloed van het meststoffengebruik op de zware-metalenaanvoer in Nederlandse landbouwgronden”. Heidemij Advies, Arnhem.
- NKF (Nederlandse Kunstmest Federatie), 2001. Cadmium monitoring. Persoonlijke mededeling via Mevr. Fong (CBS).
- OPNV (Overleggroep producenten natte veevoeders), 2002. “Afzet van vochtrijke veevoeders in 2000”.
- PDV (Productschap Diervoeder), 1998. Monitoring mineralen in diervoeders in 1997. 's-Gravenhage

- PDV (Productschap Diervoeder), 1999. “Besluit PDV normen GMP diervoeder-sector 1999 (artikel 9)”, ‘s-Gravenhage.
- PDV (Productschap Diervoeder), 2002a. Persoonlijke mededeling Hr. Hoekstra uit Databank ongewenste stoffen en producten.
- PDV (Productschap Diervoeder), 2002b. Mengvoederenquête, 2000. ‘s-Gravenhage.
- PDV (Productschap Diervoeder), 2002c. Internet, www.pdv.nl.
- RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu), 1995. Achtergronddocument bij de Nationale Milieuverkenning 3, Rapportnummer 251701016, Bilthoven.
- RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu), 2001. Milieubalans 2001, Het Nederlandse Milieu verklaard. Kluwer. Alpen a/d Rijn.
- RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu), 2002. Persoonlijke mededeling Hr. Van der Hoek.
- RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu)/CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek), 2002. Milieucompendium 2002, Het Milieu in cijfers. Internet (www.milieucompendium.nl).
- RIZA (Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling), 2002. Persoonlijke mededeling Hr. Van de Roovaart.
- Slooff, W., Cleven, R.F.M.J., Janus, J.A., Van der Poel, P. e.a., 1989. “Basisdocument chroom”, RIVM, Rapportnummer 758701001, Bilthoven.
- Slooff, W., Bont, P.F.H., Janus, J.A., en Loos, B., 1992. “Exploratory report nickel and nickel compounds”, RIVM, Rapportnummer 71041017, Bilthoven.
- Slooff, W., Beelen, P., van, Annema, J.A. en Janus, J.A. (eds), 1994. “Basisdocument kwik”, RIVM, Rapportnummer 710401023, Bilthoven.
- Straat de, Milieu adviseurs, 1999. “Survey on steel versus lead shot: - Bismuth and zinc shot, - Ricochet. Nr. B4498, Delft.
- Tessengerlo, 2002. Persoonlijke mededeling Hr. Zwart.
- VROM (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer), 2001. “Emissiereductiedoelstellingen prioritaire stoffen Bijlage”. Notitie in het kader van NMP4.
- Werkgroep afvalregistratie, 2001. “Afvalverwerking in Nederland, gegevens 2000”, Rapportnummer VVAV01006IR.R.

Bijlagen

- 1. Aanvoer van zware metalen met ruwvoer, 2000**
- 2. Aanvoer van zware metalen met beschikbare krachtvoeder-
grondstoffen, 2000**
- 3. Aanvoer van zware metalen met kunstmest, 2000**
- 4. Aanvoer van zware metalen met verschillende composten, 2000**
- 5. Afvoer van zware metalen met land- en tuinbouwgewassen**