

Voorwoord

In dit woord vooraf zal ik vanuit mijn eigen ervaring met duurzaam beheer van zware metalen in agro-ecosystemen onderstrepen waar ik zelf vóór ben. Het zal u niet verbazen dat de meeste van deze zaken ook terug te vinden zijn in dit interessante rapport over zware-metalenbalansen op De Marke.

Ik ben er vóór dat de aan- en afvoer van zware metalen op bedrijfsniveau in een goede balans gebracht worden. De zware-metalenbalans is een relatief eenvoudig, maar zeer krachtig instrument om dit streven nader invulling te kunnen geven. Ik ben er vóór dat er meer én meer gerichte metingen plaatsvinden aan in- en output producten en in bodems. Proefboerderijen lenen zich met name voor het volgen van ontwikkelingen in de tijd middels dergelijke metingen. Ik ben er vóór dat er meer transparantie komt ten aanzien van gehalten van zware metalen bij het gebruik in de keten van voederproducten, kunstmest en dierlijke mest. Met name het voorkomen van mogelijke afwenteling van problemen is daarbij het doel. Ik ben er daarom ook vóór dat processen en stofstromen in samenhang beschouwd worden. Hierdoor valt de genoemde probleemafwenteling te voorkomen en kan er, meer positief geformuleerd, nagedacht worden over het optimaliseren van de agrarische bedrijfsvoering en het wegen van eventuele tegengestelde belangen. In dit rapport geïllustreerd door diergezondheid enerzijds en mest- en bodemkwaliteit anderzijds.

Dit rapport geeft verrassende conclusies ten aanzien van de zware-metalenhuishouding van 'het schoolvoorbeeld' De Marke. Ondanks minimale aanvoer van voedermiddelen en kunstmest met het oog op N- en P- overschotten, leidt een verschuiving binnen het gebruik van voedermiddelen tot een grote verschuiving op de zware-metalenbalansen.

De ophoping van zware metalen in de bodem is een problematiek met een lange-termijn karakter en is daarom per definitie niet urgent. De bevindingen van dit onderzoek sterken mij in de overtuiging dat niet-urgente zaken wel degelijk zeer belangrijk kunnen zijn.

Ten slotte ben ik er dan ook vóór dat de aanbevelingen uit dit rapport ter harte worden genomen.

Dr.ir. Simon W. Moolenaar
Nutriënten Management Instituut NMI BV

Samenvatting

In dit rapport beschrijven we de balansen voor de zware metalen koper, cadmium en zink op De Marke voor de jaren 1995 tot en met 2001. Het overschot (of tekort) op de balans wordt bepaald door de omvang van aan- en afvoerposten.

Met voedermiddelen wordt de grootste hoeveelheid zware metalen aangevoerd. Daarvan wordt vanaf 1997 veruit het meeste koper en zink met mineralenmengsels aangevoerd. Dit is zelfs zoveel dat de totale aanvoer van koper en zink in voedermiddelen vanaf 1997 toeneemt met een factor twee tot drie.

De aanvoer van zware metalen met overige voedermiddelen is voor alle jaren vrij constant. Daarin is de aanvoer met krachtvoer de grootste post. Het gemiddelde kopergehalte in de gevoerde krachtvoerders is vrij constant. Het gemiddelde zinkgehalte is echter over de jaren heen afgenomen.

De aanvoer van zware metalen met kunstmest is gering in vergelijking met voedermiddelen. Wel zien we over de jaren heen een stijging in het zinkgehalte van KAS.

De afvoer van zware metalen (met melk, dieren en afspoeling) vertoont weinig variatie voor de beschouwde periode.

Door het toegenomen gebruik van mineralenmengsels zijn de overschotten op de balansen voor koper en zink vanaf 1997 sterk gestegen. Hiermee wordt de doelstelling voor zware metalen op De Marke ruimschoots overschreden. Het berekende overschot aan cadmium dat kan ophopen in de bodem is negatief, waardoor we kunnen aannemen dat we voor dit metaal wel aan de doelstelling voldoen. Daarbij constateren we echter dat de gegevens voor uitspoeling nadere specificering behoeven.

Omdat de overschotten voor koper en zink zo sterk zijn toegenomen door het gebruik van mineralenmengsels, gaan we kort in op de tegengestelde belangen van enerzijds een extra aanvoer van zware metalen die schadelijk kunnen zijn voor het milieu en anderzijds aanvoer van deze elementen om gezondheidsredenen. Omdat deze studie onvoldoende ruimte biedt om deze kwestie volledig te behandelen, doen we hier de aanbeveling om dat in vervolgonderzoek nader uit te werken. Dit is niet alleen van belang voor De Marke, maar ook voor de gehele Nederlandse melkveehouderij waar het gebruik van mineralenmengsels gemeengoed is. Deze studie geeft aan dat dit risico's geeft op toename van de belasting met zware metalen op landbouwgrond.

Met de sterk gestegen overschotten van zink en koper komt het moment waarop deze gehalten in de bodem de kritieke grens bereiken dichterbij. Was dat moment vóórdat mineralenmengsels in grotere mate werden versterkt nog enkele duizenden jaren verwijderd, met de versterking volgens de laatste jaren is dat moment nog maar enkele honderden jaren verwijderd.

Metingen geven aan dat het zinkgehalte in de bodem in de afgelopen tien jaar op De Marke is toegenomen. Voor koper en cadmium zien we een tegengesteld beeld dat in de ene bodemlaag het gehalte is toegenomen, terwijl in de andere bodemlaag deze lijkt af te nemen (niet significant). Verder behandelen we enkele metingen van zware metalengehaltes in het grondwater.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

1	Inleiding	1
2	Zware metalenbalansen op De Marke	2
2.1	De balans.....	2
2.2	Methode.....	2
2.3	Resultaten	2
2.3.1	Aankoop van voer en gehalten	2
2.3.2	Aankoop kunstmest en strooisel met gehalten	4
2.3.3	Aanvoer door depositie	5
2.3.4	Voorraden op het bedrijf.....	5
2.3.5	Afvoer met producten en uitspoeling.....	5
2.3.6	De balansen	6
3	Zware metalen in de bodem	9
3.1	Gehalten in de bodem.....	9
3.2	Opvultijd.....	10
3.3	Gehalten in grondwater.....	10
4	Discussie	12
5	Conclusies en aanbevelingen	15
	Bijlagen	17
	Bijlage 1 Analyseresultaten	17
	Bijlage 2 Gehalten volgens literatuur	18
	Bijlage 3 Aan- en afvoer en voorraadveranderingen	19
	Bijlage 4 De balansen.....	20
	Literatuur	23

1 Inleiding

Op veehouderijbedrijven wordt met veevoer, (kunst)mest, gewasbeschermingsmiddelen en atmosferische depositie een grote diversiteit aan elementen aangevoerd. Een gedeelte daarvan wordt aangemerkt als zware metalen. Voorbeelden daarvan zijn koper, cadmium, zink, chroom, nikkel, kwik en lood.

Zware metalen kunnen, indien zij in te hoge concentraties in bodem of water aanwezig zijn, schadelijk zijn voor mens, plant en dier. Een aantal zware metalen zijn echter ook onmisbare elementen voor levende dieren en planten, zoals zink en koper.

Ophoping van zware metalen in de bodem kan resulteren in te hoge risico's voor vee en gewas en leiden tot ongewenste uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Dit kan voorkomen worden door de aan- en afvoer op bedrijfsniveau in balans te brengen.

In de bedrijfsvoering van De Marke staat een duurzame melkveehouderij centraal. Dit houdt in dat milieubelasting zoveel mogelijk beperkt wordt zonder dat de bedrijfsresultaten te nadelig beïnvloed worden. De doelstelling van De Marke voor zware metalen is dan ook het voorkomen van verdere ophoping en waar nodig verminderen van de gehalten in de bodem. Daarnaast moet uitspoeling naar het grondwater zoveel mogelijk beperkt worden. Hierbij nemen we koper, zink en cadmium in beschouwing. Koper en zink omdat die essentiële elementen zijn maar bij te hoge concentraties toxische effecten veroorzaken. Cadmium omdat dit element in het verleden in de landbouw in hoge mate met fosfaatkunstmest werd aangevoerd.

De belangrijkste indicator voor deze doelstelling is de zware metalen balans op bedrijfsniveau. Om de doelstelling te realiseren streven we op De Marke naar een evenwicht in de aan- en afvoer van zware metalen, kortom een overschot van 0 kg op de zware metalenbalans. Een tweede indicator voor de realisatie van de doelstelling is het gehalte zware metalen in de bodem op De Marke. Daarvoor beschrijven we analyses van grondmonsters op deze elementen.

2 Zware metalenbalansen op De Marke

2.1 De balans

De zware metalenbalans geeft het verschil tussen aan- en afvoer van zware metalen op bedrijfsniveau. De aanvoer van zware metalen vindt op een melkveehouderijbedrijf plaats met aankoop van voer, kunstmest en dierlijke mest, strooisel, dieren en depositie. Afvoer van zware metalen vindt plaats met de afvoer van producten van het bedrijf zoals melk en dieren. Daarnaast vormt af- en uitspoeling van zware metalen in de bodem een afvoerpost.

Het overschot of tekort op deze balans geeft dan de hoeveelheid zware metalen die resp. ophoopt of afneemt in de bodem.

Om inzicht te krijgen in het overschot op de zware metalenbalans door landbouwkundige activiteiten nemen we alle posten op de balans exclusief depositie en uitspoeling, het zgn. landbouwkundig overschot.

Verder nemen we in de aan- en afvoer van producten ook de voorraadverschillen in voer en mest mee omdat voorraadvorming niet leidt tot ophoping van zware metalen in de bodem.

2.2 Methode

Voor bepaling van het overschot zijn gegevens nodig over de hoeveelheid aan- en afvoer en voorraadveranderingen met de gehalten zware metalen. Voor de hoeveelheden van de verschillende balansposten maken we gebruik van de registratie op De Marke voor de stikstof- en fosfaatbalans.

Voor de gehalten aan zware metalen in de producten wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van werkelijke gehalten. In de afgelopen jaren zijn van de meeste aangevoerde voer- en kunstmestsoorten analyses gedaan op gehalten koper, zink en cadmium (zie bijlage 1).

Van de producten waar geen analyseresultaten van bekend zijn, zijn we uitgegaan van gehalten afkomstig uit literatuurbronnen (zgn. forfaits) (bijlage 2).

Een voorraadtoename van bijvoorbeeld mest of ruwvoer wordt in de balans meegenomen als afvoerpost. De zware metalen worden op die wijze namelijk (tijdelijk) aan het milieu onttrokken. Afname van voorraden betekent dat de zware metalen in die producten alsnog in het milieu kunnen terecht komen en dus als aanvoer geteld moeten worden.

2.3 Resultaten

2.3.1 Aankoop van voer en gehalten

Voer is de grootste aanvoerpost in kg's product op De Marke. Daarbij onderscheiden we krachtvoer, ruwvoer en overige voeders.

Krachtvoer

De aanvoer van krachtvoer varieert tussen de 1200 en 1800 kg/ha per jaar (zie bijlage 3). Dit zijn voornamelijk verschillende mengvoersoorten voor het melkvee.

Vanaf 1995 zijn voor de meest gebruikte krachtvoersoorten de gehalten Cu, Cd en Zn geanalyseerd. In bijlage 1 zijn de resultaten van de analyses op zware metalen gehalten van 1999 en 2000 opgenomen. In deze jaren schommelt het gehalte koper en zink tussen resp. 20-28 en 56-64 mg/kg product. Voor de gebruikte analysemethode in 1999 viel het gehalte cadmium onder de detectiegrens waardoor een exacte bepaling onmogelijk was. In deze gevallen is uitgegaan van de detectiegrens als waarde voor het cadmiumgehalte (0,05 of 0,25 mg/kg). Dit kan een overschatting van de cadmiumaanvoer betekenen. In 2000 konden de cadmiumgehalten in de geanalyseerde krachtvoerders wel nauwkeurig worden bepaald (0-0,04 mg Cd/kg product).

Een uitzondering op de bovengenoemde analyseresultaten vormde het Prelak pellet. Deze broksoort heeft veel hogere gehalten: koper 63, cadmium 0,41 en zink 274 mg/kg product. Deze broksoort is specifiek bedoeld voor melkvee in de droogstand en is in '00/'01 slechts in een zeer kleine hoeveelheid vervoederd (100 kg). Zodoende zal het dus weinig effect hebben op de totale aanvoer van zware metalen met krachtvoer.

In de gemiddelde gehalten aan zware metalen in krachtvoerders op De Marke zien we variatie tussen 1995 en 2001 (tabel 1).

Het kopergehalte schommelt tussen 22 en 28 mg/kg waarbij geen duidelijke stijgende of dalende trend waarneembaar is. Het cadmiumgehalte is constant tot en met 2000 en daalt in 2001 sterk naar 0,02 mg/kg. Dit komt echter vooral doordat in 2001 gebruik gemaakt is van een nauwkeuriger detectiemethode. Het zinkgehalte is gedaald van 70 mg/kg tot 57 mg/kg in 2001.

De gehalten aan zware metalen in krachtvoerders op De Marke liggen over het algemeen lager dan de gehalten waar Westhoek e.a. (1997) van uitgaan. Zij gaan uit van Cu-, Cd- en Zn-gehalte van resp. 28-53, 0,09-0,13 en 100-117 mg/kg ds bij een DVE van 90-120.

Tabel 1 Gemiddelde gehalten aan zware metalen in krachtvoerders op De Marke (mg/kg product)

	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
Koper	28,5	25,9	22,8	25,2	22,4	27,4
Cadmium	0,11	0,10	0,10	0,10	0,14	0,02
Zink	70,3	65,8	62,7	63,7	61,8	57,2

Ruwvoer

In het boekjaar '97/'98, '98/'99 en '99/'00 vormt de aanvoer van snijmais¹ (124 en 89 ton in resp. '97/'98 en '98/'99) en GPS (117 ton in '99/'00) een aanzienlijke aanvoerpost.

Voor het gehalte aan zware metalen van snijmais gaan we uit van Westhoek e.a. (1997): koper 4, cadmium 0,1 en zink 50 mg/kg DS.

Analyse van GPS in 1999 gaf aan dat dit product 2,3 mg koper en 13,2 mg zink per kg product bevat.

Verder zijn over de jaren heen hooi, stro en gedroogd gras aangevoerd. Opvallend is dat de analyses van hooi aangeven dat de gehalten aan zink en koper in 1999 ongeveer twee keer zo hoog zijn als in 2000. Voor het zinkgehalte in stro zien we juist het omgekeerde dat in 1999 het gehalte bijna drie keer zo laag is als in 2000. Voor de registratie van de aanvoer van zware metalen gaan we uit van de verschillende gehalten in de verschillende jaren in plaats van de verschillen te middelen over de jaren. Het is namelijk zeer goed mogelijk dat partijen ruwvoer tussen jaren aanzienlijk verschillen in kwaliteit en dus ook in het gehalte zware metalen.

Overige voeders

Onder overige voeders vallen enkelvoudige krachtvoerders, bijproducten, kalverbrok en mineralenmengsels. De mineralenmengsels behandelen we verder apart omdat deze afzonderlijke groep een groot aandeel heeft in de aanvoer van zware metalen.

De enkelvoudige krachtvoerders betreffen over de verschillende jaren heen soya- en raapschroot (vooral in '97/'98), tarwemeel en citruspulp (vooral in '97/'98). Daarnaast werd in verschillende jaren bierbostel (vooral in '99/'00), aardappelsnippers ('vooral in '96/'97) en perspulp (vooral in '95/'96) vervoederd. Onder overige krachtvoerders vallen kunstmelk en verschillende kalverbroksoorten.

Vanaf 1995 zijn de meeste enkelvoudige krachtvoerders geanalyseerd op zware metalengehaltes. In bijlage 1 zijn de resultaten voor 1999 en 2000 opgenomen. Over het algemeen blijkt dat het koper- en zinkgehalte (per kg product) van enkelvoudige krachtvoerders lager ligt dan bij mengvoerders, behalve het zinkgehalte in raapschroot dat vergelijkbaar is met dat in mengvoer. Tarwemeel en citruspulp bevatten relatief weinig zink ten opzichte van soya- en raapschroot. Het kopergehalte van soya-schroot is relatief hoog: minimaal twee keer zo hoog als dat van tarwemeel, citruspulp en raapschroot. Het gehalte aan koper en zink in bierbostel is vergelijkbaar met dat van tarwemeel (in mg/kg product).

Mineralenmengsels

Mineralenmengsels zijn samengestelde producten met bepaalde doseringen van essentiële spore-elementen (zoals koper, zink, molybdeen en selenium) en vitamines. Onder deze post hebben we ook kalk/krijt en magnesiaat geschaard. Op een deel van de melkveebedrijven worden deze producten in geringe mate aan het rantsoen toegevoegd om tekorten van essentiële voedingsstoffen zoals mineralen en vitamines te voorkomen.

Op De Marke worden vanaf de start van het bedrijf mineralenmengsels aan het vee gevoerd. De producten die gevoerd worden om de calciumvoorziening op peil te houden, zoals magnesiaat, kalk en krijt bevatten weinig zware metalen. De mineralenmengsels met de commerciële naam 'mervit subvitaal' bevatten hoge gehalten koper en zink. In deze mengsels is koper en zink in een bepaalde concentratie toegevoegd om zodoende mogelijke tekorten van deze essentiële mineralen in het rantsoen te compenseren. In de verschillende mengsels varieert het koper- en zinkgehalte resp. tussen 1500-1750 en 2000-4000 mg/kg product (zie bijlage 1 en 2). Dit is ongeveer een factor 50 hoger dan in mengvoer.

¹ Feitelijk is deze mais wel op het eigen bedrijf geteeld maar omdat de totale oppervlakte boven de doelstelling uitkwam voor De Marke (55 ha) is deze ± 2 ha mais niet meegenomen in de registratie als bedrijfsoppervlakte en is de mais als aanvoer aangemerkt.

Het cadmiumgehalte in deze producten is vergelijkbaar met dat van krachtvoer (0,07 mg/kg). Cadmium is geen essentieel mineraal en wordt dus niet extra toegevoegd aan deze voedermiddelen.

Aanvoer van zware metalen in aangekochte voer

Vanaf '95/'96 tot en met '00/'01 neemt de aanvoer van koper met voedermiddelen toe van ongeveer 56 g/ha tot 193 g/ha (tabel 2). Deze stijging is grotendeels te wijten aan de aanvoer van koper met mineralenmengsels die vanaf '96/'97 sterk toeneemt. De aanvoer van koper met voedermiddelen exclusief mineralenmengsels schommelt over de gehele periode van '95/'96 tot en met '00/'01 rond 50 g/ha. De aanvoer van koper met mineralenmengsels is echter in '97/'98 al twee keer zoveel als met krachtvoer; 104 g/ha (in '98/'99 en '99/'00 resp. 82 en 117 g/ha) en in '00/'01 neemt dit toe tot 144 g/ha. Door het gebruik van deze mineralenmengsels stijgt de aanvoer van koper in voedermiddelen met een factor 2 tot 3. In figuur 1 is de aanvoer van koper uiteengezet en is de bijdrage van de mineralenmengsels duidelijk te onderscheiden.

Tabel 2 De aanvoer van zware metalen met voedermiddelen (g/ha)

Koper	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
Krachtvoer	45	37	28	42	40	36
Ruwvoer (alleen aankoop)	1	3	3	4	8	0
Overige voeders*	7	13	10	10	14	13
Mineralenmengsels	3	28	104	82	117	144
Totale aanvoer met voedermiddelen	56	80	145	139	179	193

Cadmium	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
Krachtvoer	0,17	0,15	0,13	0,17	0,25	0,03
Ruwvoer (alleen aankoop)	0,02	0,05	0,09	0,09	0,22	0,02
Overige voeders*	0,11	0,14	0,10	0,09	0,19	0,13
Mineralenmengsels	nihil	nihil	nihil	nihil	nihil	nihil
Totale aanvoer met voedermiddelen	0,30	0,34	0,31	0,35	0,66	0,18

Zink	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
Krachtvoer	112	94	76	107	111	75
Ruwvoer (alleen aankoop)	5	18	40	39	46	3
Overige voeders*	26	58	37	36	64	49
Mineralenmengsels	4	30	129	134	173	234
Totale aanvoer met voedermiddelen	147	201	282	316	394	360

* = enkelvoudige krachtvoerders, bijproducten, kunstmelk, kalverbrok

Een vergelijkbaar patroon zien we bij de aanvoer van zink met voedermiddelen. Ook hier zien we dat door een toename in de aanvoer met mineralenmengsels in '97/'98 de aanvoer van zink met een grote sprong toeneemt, een kleine dip in '98/'99 en verder stijgt tot het laatste boekjaar. De mate waarin is echter wat minder dan bij koper. In '97/'98 vormt de aanvoer door de mineralenmengsels een verdubbeling tot bijna een verdrievoudiging in '00/'01.

De stijging in aanvoer van koper en zink met mineralenmengsels in '97/'98 is te wijten aan een verhoogde gift van het product 'mervit subliviaal 1' (zie tabel B3.1). De jaren daarna is de hoge aanvoer ook voor een belangrijk deel te wijten aan andere mineralenmengsels met een hogere concentratie koper en zink (mervit subliviaal 3 en 4, zie tabel B1.1).

2.3.2 Aankoop kunstmest en strooisel met gehalten

Kunstmest

Over alle jaren heen is de meeste kunstmest aangevoerd in de vorm van kalkamonsalpeter (KAS), ongeveer 300 kg product/ha per jaar. Daarnaast is in '99/'00 ook ruim 700 kg/ha van een kalkmeststof ('Betacal Flow') aangewend. KAS is vanaf 1995 bijna jaarlijks geanalyseerd en het valt vooral op dat het zinkgehalte fors is toegenomen van 3,2 mg/kg in 1995 tot 38 mg/kg in 2001 (tabel 3). Westhoek e.a. (1997) gaan uit van een koper-, cadmium- en zinkgehalte van resp. 2,3, 0,1 en 7,0 mg/kg product. Het zinkgehalte is dus vooral in de recente analyses van KAS op De Marke fors hoger. Bij deze cijfers moeten we wel in beschouwing nemen dat de gemiddelde gehalten gebaseerd zijn op slechts enkele analyses. Mogelijk geeft dit geen representatief beeld. Voor koper en cadmium is het gehalte lager dan de detectiegrens (resp. 2 en 1 mg/kg product). In de analyse gaan we uit van de detectiegrens als gehalte koper en cadmium. Dit kan een overschatting geven.

Tabel 3 Gemiddelde gehalten aan zware metalen in KAS volgens Westhoek e.a. (1997) en op De Marke (mg/kg product)

	Westhoek e.a. (1997)			De Marke			
	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	
Koper	2,3	1,0	1,4	0,6	-	<2	<2
Cadmium	0,1	0,37	1,0	0,2	-	<1	<1
Zink	7,0	3,2	9,2	27,8	-	38	38

Strooisel

Met zaagsel en verschillende strosoorten als strooisel voor het melk- en jongvee vindt ook aanvoer van zware metalen plaats. Het gebruik van strooisel in kg product varieert tussen de 400 en 900 kg/ha per jaar. Voor de gehalten in zaagsel is gebruik gemaakt van literatuurwaarden (bijlage 2), voor stro is gebruik gemaakt van analysewaarden indien voor dat jaar bekend en anders een literatuurwaarde.

Over de jaren heen schommelt de aanvoer van koper, cadmium en zink daarmee tussen de resp. 0,4-1,4, 0,0-0,2 en 3-11 g/ha.

2.3.3 Aanvoer door depositie

De depositie van zware metalen wordt als constante meegenomen in de balans. Voor koper, cadmium en zink gaan we uit van resp. 17,5, 0,674 en 163,5 g/ha. Deze getallen zijn gebaseerd op RIVM-gegevens van 1990 uit Westhoek e.a. (1997).

2.3.4 Voorraden op het bedrijf

De toe- of afname in mest- en ruwvoervoorraad is resp. een af- of aanvoerpost op de zware metalenbalans. De voorraden kenmerken zich door een sterk verloop tussen jaren. In '95/'96 neemt de voorraad van zowel mest als ruwvoer af, gevolgd door een toename in '96/'97. In '97/'98 zien we toename van de ruwvoervoorraad terwijl de mestvoorraad afneemt. Hierop volgt een jaar waarin de voorraden afnemen. De laatste twee boekjaren ('99/'00 en '00/'01) nemen de voorraden echter weer toe.

Eenzelfde schommelend beeld komt dus terug in de posten voorraadverschillen in de balansen van de verschillende zware metalen. Voor koper, cadmium en zink schommelt het voor de ruwvoervoorraden tussen resp. 1, 0,02 en 6 g/ha aanvoer (met een voorraadafname) en resp. 5, 0,12 en 56 g/ha afvoer (met een voorraadtoename) tot zelfs 30, 0,66 en 177 g/ha afvoer in '00/'01. De voorraadvorming van zink in ruwvoer in '00/'01 is daarmee groter dan de aanvoer van zink met krachtvoer. In de voorraden dierlijke mest schommelt de op- en afbouw van koper, cadmium en zink tussen 16, 0,16 en 26 g/ha aanvoer en 16, 0,17 en 28 g/ha afvoer.

*2.3.5 Afvoer met producten en uitspoeling**Melk en dieren*

De insteek van De Marke is om de kringloop van nutriënten op het bedrijf zoveel mogelijk gesloten te houden. Dit betekent dat alle mest op het eigen bedrijf wordt aangewend en er zo min mogelijk ruwvoer wordt aangevoerd. Dit betekent ook dat melk en dieren de enige afvoerposten van mineralen en zware metalen zijn op het bedrijf. De afgelopen zes jaar heeft De Marke steeds tussen de ± 640.000 en 700.000 kg melk afgeleverd. Dit is een melkproductie tussen ruim 11.000 en ruim 13.000 kg melk per ha. Bij een constant gehalte aan koper, cadmium en zink van resp. 0,1 0,0004 en 3,5 mg/kg melk (Westhoek e.a., 1997) is dit een afvoer van resp. rond de 1,2, 0,005 en 44 g/ha. De afvoer van dieren schommelde, teruggerekend naar kg's per ha, 300-400 kg/ha/jr. Dit is een afvoer van ongeveer 0,02 koper, 0,035 cadmium en 1,9 g zink/ha.

Uitspoeling

De uitspoeling van zware metalen wordt als constante meegenomen in de balans. Voor koper, cadmium en zink nemen we resp. 78, 2,6 en 207 g/ha (Erp/van Lune, 1991 In Westhoek e.a., 1997).

In bijlage 3 zijn de aan- en afvoer en voorraadveranderingen van producten voor de verschillende boekjaren uitgewerkt.

2.3.6 De balansen

De aanvoer min de afvoer bepaalt het resultaat van de bedrijfsbalans voor de zware metalen. In de meeste gevallen zal het resultaat positief zijn wat duidt op een overschot aan het betreffende metaal op bedrijfsniveau. We maken een onderscheid in het landbouwkundig en werkelijk overschot. Het landbouwkundig overschot geeft het overschot (of tekort) op de balans aan die het resultaat zijn van landbouwkundige activiteiten. Bijvoorbeeld de aanvoer van krachtvoer en kunstmest en de afvoer van melk en dieren.

Het werkelijke overschot is het landbouwkundige overschot plus de aanvoer van zware metalen door depositie en de afvoer door uitspoeling. Dit overschot geeft aan wat de ophoping van zware metalen in landbouwgrond is.

In tabel 4 zijn de resultaten van de balansen voor koper, cadmium en zink voor de beschouwde boekjaren op De Marke uiteengezet. Bijlage 4 geeft een overzicht van de balansen met alle afzonderlijke aan- en afvoerposten.

De aanvoer van koper, cadmium en zink met voeding, kunstmest, voorraadverschillen etc. (exclusief depositie) is in bijna alle boekjaren groter dan de afvoer met dierlijke producten (exclusief uitspoeling). Alleen voor cadmium is in het laatste boekjaar de afvoer groter dan de aanvoer.

Dit betekent dat door landbouwkundige activiteiten er sprake is van een netto aanvoer van zware metalen op De Marke.

Zoals we in paragraaf 2.3.1 al hebben beschreven zorgt de aanvoer van koper en zink met mineralenmengsels vooral vanaf '97/'98 tot een forse toename van de totale (landbouwkundige) aanvoer. Doordat de (landbouwkundige) afvoer nagenoeg gelijk blijft zien we dat de landbouwkundige overschotten voor zink en koper in die jaren ook in dezelfde mate toenemen. Deze toename wordt nog enigszins getemperd door een voorraadtoename van mest en ruwvoer in de boekjaren '99/'00 en '00/'01 (geldt vooral voor zink in '00/'01) die we als negatieve aanvoer meenemen in de balans. De landbouwkundige overschotten koper en zink zijn door het gebruik van de mineralenmengsels ruim verdubbeld in de boekjaren '97/'98 tot en met '00/'01 ten opzichte van de boekjaren '95/'96 en '96/'97.

Het werkelijke overschot aan zware metalen is het landbouwkundige overschot plus depositie en uitspoeling. Uitspoeling is in vele gevallen een grote afvoerpost van zware metalen. Vooral voor cadmium geldt dat de uitspoeling groter is dan de totale aanvoer waardoor het werkelijke overschot voor alle jaren negatief is. We moeten hierbij aanmerken dat we hier zijn uitgegaan van een gemiddelde waarde voor uitspoeling en depositie gebaseerd op studies uit begin jaren '90.

Voor koper en zink zien we bij het werkelijke overschot een vergelijkbaar beeld als bij de landbouwkundige overschotten dat vanaf '96/'97 de werkelijke overschotten fors toenemen. Bij koper lag het werkelijk overschot in de eerste twee boekjaren maar net iets boven 0 en voldeed daarmee redelijk aan de doelstelling van een overschot van 0 g/ha op de balans. Voor zink lag het werkelijke overschot in dezelfde periode met ± 100 g/ha al ruim boven de doelstelling. In de jaren na '96/'97 liggen de werkelijke overschotten koper en zink ruimschoots boven de doelstelling van 0 g/ha.

Tabel 4 Balansen (g/ha) voor koper, cadmium en zink voor De Marke over de boekjaren '95/'96 tot en met '00/'01

Koper	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
Totale aanvoer (exclusief depositie)	74	65	155	142	172	155
Totale afvoer (exclusief uitspoeling)	1,15	1,23	1,18	1,27	1,36	1,30
Landbouwkundig overschot	73	65	155	141	171	154
Werkelijk overschot (inclusief depositie ¹ en uitspoeling ¹)	13	4	94	80	110	94

¹ = depositie is 17,5 g Cu/ha en uitspoeling is 78 g Cu/ha

Cadmium	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
Totale aanvoer (exclusief depositie)	0,8	0,7	0,5	0,5	1,0	-0,3
Totale afvoer (exclusief uitspoeling)	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04
Landbouwkundig overschot	0,8	0,6	0,5	0,4	1,0	-0,3
Werkelijk overschot (inclusief depositie ¹ en uitspoeling ¹)	-1,2	-1,3	-1,5	-1,5	-1,0	-2,3

¹ = depositie is 0,674 g Cd/ha en uitspoeling is 2,6 g Cd/ha

Zink	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
Totale aanvoer (exclusief depositie)	191	185	261	341	381	187
Totale afvoer (exclusief uitspoeling)	42	44	42	46	49	47
Landbouwkundig overschot	149	141	218	295	332	140
Werkelijk overschot (inclusief depositie ¹ en uitspoeling ¹)	106	98	175	252	288	97

¹ = depositie is 163,5 g Zn/ha en uitspoeling is 207 g Zn/ha

Westhoek e.a. (1997) hebben met een aantal scenarioberekeningen de landbouwkundige zware metalen balansen voor de melkveehouderij berekend. Voor het meest met De Marke vergelijkbare scenario (1,5 melkkoe/ha op zand en gebruik van NP(K) meststoffen) komen zij voor het jaar 1995 uit op een (landbouwkundig) overschot van -0,6 g Cd, 72,3 g Cu en 164,9 g Zn per ha. Voor het jaar 2010 berekenen zij een (landbouwkundig) overschot van 0,5 g Cd, 70,8 g Cu en 152,4 g Zn per ha. Dit ligt op een lager niveau omdat gerekend is met een strengere mestwetgeving en dus een lager bemestingsniveau.

De landbouwkundige overschotten van De Marke voor koper en zink zijn in de eerste twee jaren boekjaren vergelijkbaar of iets lager dan de scenarioberekeningen van Westhoek e.a. (1997). Vanaf '97/'98 is het overschot voor koper en zink ongeveer tweemaal zo hoog als scenarioberekening voor 1995. Dit verschil is te verklaren doordat Westhoek e.a. (1997) geen rekening gehouden hebben met aanvoer van koper en zink met mineralenmengsels.

Voor cadmium is het beeld anders; Hier ligt het overschot voor de boekjaren tot en met '98/'99 rond het niveau van de scenarioberekening van 1995. In het boekjaar '99/'00 schiet het Cd-gehalte omhoog tot 1,0 g/ha. In het laatste boekjaar is het Cd-overschot echter weer gedaald tot een tekort op de balans van -0,3 g Cd/ha.

Als onderdeel van het project Koeien en Kansen zijn sinds 1997 de zware metalen balansen berekend voor 17 melkveebedrijven verspreid over Nederland (tabel 5). Dit is een project waarin 17 praktijkbedrijven zich inspannen voor een duurzame bedrijfsvoering met als hoofddoelstelling het realiseren van de strenge eindnormen van de mestwetgeving vooruitlopend op toekomstige wetgeving.

Tabel 5 Gemiddelde landbouwkundig overschot aan zware metalen (g/ha) voor Koeien en Kansen bedrijven in de afgelopen jaren

	1997/98*	1999	2000
Koper	205	176	128
Cadmium	1,0	1,1	0,5
Zink	533	587	260

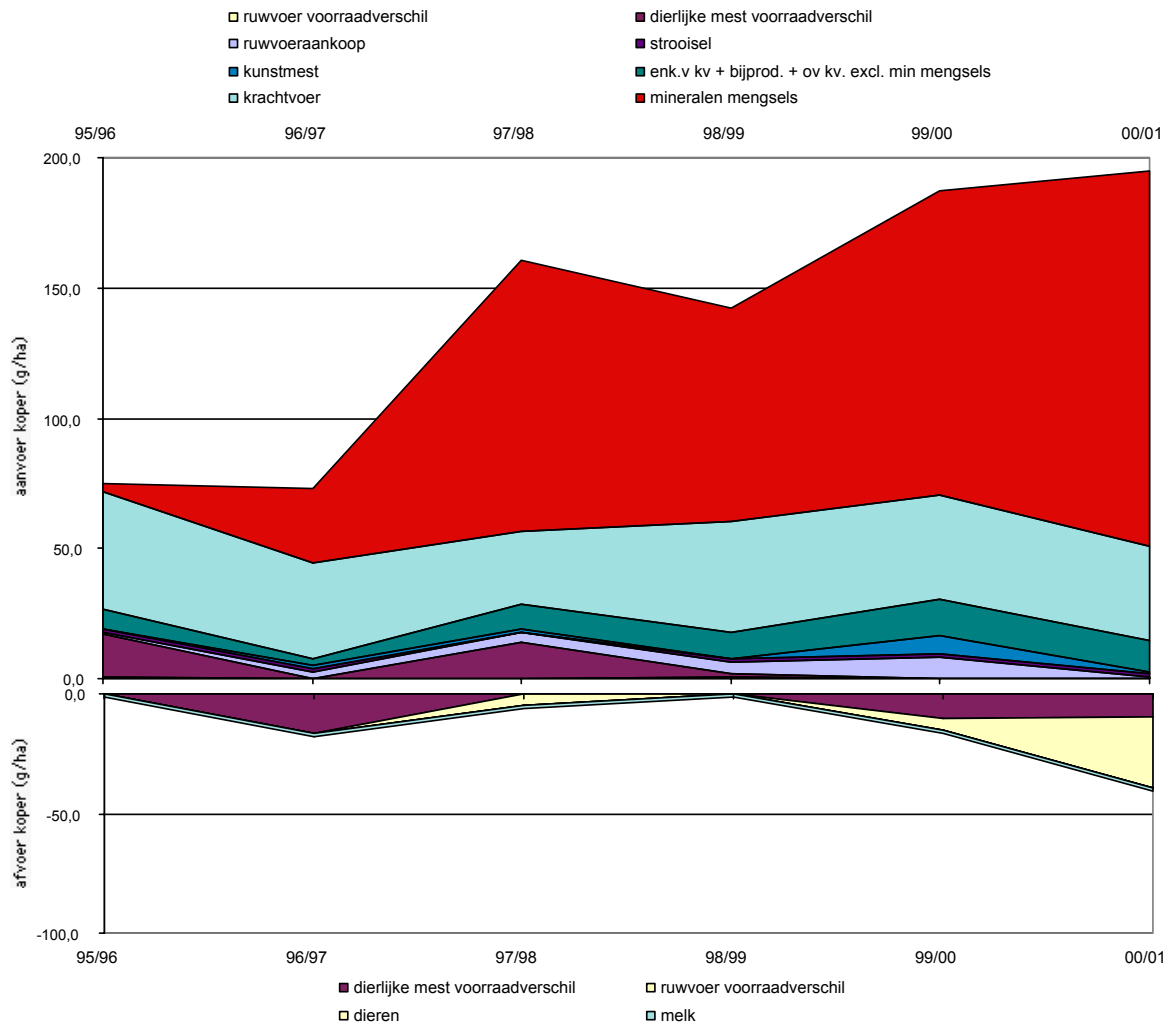
* 12 bedrijven zijn in 1997 met het project gestart, 5 bedrijven zijn in 1998 aan het project toegevoegd

Op deze melkveebedrijven zien we een duidelijke daling in de overschotten aan zware metalen tussen 1997 en 2000. Deze daling is echter voor een belangrijk deel te wijten aan de gebruikte systematiek. In 1997 tot en met 1999 is vooral gebruik gemaakt van forfaits voor gehalten zware metalen in krachtvoer en kunstmest. In 2000 zijn meer analyses gedaan van de gehalten zware metalen in kunstmest en krachtvoer en deze bleken duidelijk lager te liggen dan de forfaits. Een aantal Koeien en Kansen bedrijven maakt ook gebruik van mineralenmengsels. Bij het schrijven van dit rapport zijn daar nog onvoldoende gegevens van bekend om mee te kunnen vergelijken. De analyse van het gebruik van de mineralenmengsels op de Koeien en Kansen bedrijven zal enkele maanden na het publiceren van dit rapport afgerond worden met een rapportage.

Een vergelijk tussen de zware metalen overschotten van De Marke en Koeien en Kansen is mogelijk met de volgende beperkingen. Binnen Koeien en Kansen zijn op veel mindere schaal analyses uitgevoerd en is meer uitgegaan van forfaits dan voor De Marke. Daarnaast vormen de getallen van Koeien en Kansen een gemiddelde van een breed scala aan bedrijven op klei, zand, veen en löss, een intensiteit van 9.000 tot 20.000 kg melk/ha en met mestaan- of afvoer.

Als we de overschotten van 2000 van Koeien en Kansen toch vergelijken met het overschot op De Marke voor de boekjaren '99/'00 en '00/'01 dan blijkt dat De Marke een hoger koperoverschot heeft en een vergelijkbaar cadmium- en zinkoverschot behaalt.

Figuur 1 De aan- en afvoerposten van koper (exclusief depositie en uitspoeling) op De Marke van '95/'96 tot en met '00/'01



3 Zware metalen in de bodem

3.1 Gehaltes in de bodem

In de afgelopen tien jaar zijn op vier momenten op vaste plekken op De Marke grondmonsters genomen om het zware metalengehalte te bepalen. In tabel 6 zijn de gemiddelde gehalten in de bovenste twee grondlagen weergegeven.

Tabel 6 De gemiddelde gehalten koper, cadmium en zink in de bodem op De Marke (mg/kg droge stof)

	Koper		Cadmium		Zink	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
1991 (n=27)	13,8	7,8	0,22	0,14	30	20
1995 (n=27)	12,5	9,0	0,22	0,17	34	26
1999 (n=30)	12,9	9,5	0,22	0,18	34	26
2001 (n=31)	12,9	8,9	0,21	0,15	33	23

In beide bodemlagen is in 2001 één extreem hoge koperwaarde gevonden (59 en 86,3 mg/kg droge stof). Deze data beïnvloeden het gemiddelde van 2001 sterk. Met deze metingen komt het gemiddelde voor koper in de lagen 0-20 en 20-40 cm op resp. 14,3 en 11,3 mg/kg ds. Waarschijnlijk betreft het hier een meetfout en daarom laten we deze data verder buiten beschouwing.

Op het eerste gezicht laten de gemiddelde gehalten van zware metalen in de bodem een vrij wisselend beeld zien. De gehalten in 1995 en 1999 liggen in het algemeen wat hoger dan in 1991 en zakken of blijven gelijk in 2001. De veranderingen in gehalten zijn getoetst op significantie ($P < 0,05$), de resultaten zijn als volgt:

Van 1991 tot 1995 nemen de gehalten koper, cadmium en zink significant toe in de laag 20-40 cm. In de bodemlaag van 0-20 cm verandert het cadmium- en zinkgehalte niet significant maar neemt het kopergehalte significant af met gemiddeld 1,3 mg/kg ds.

Vanaf 1995 tot 1999 stijgt het kopergehalte in de bodemlaag 20-40 cm significant verder tot 9,5 mg/kg ds. De gehalten van de overige zware metalen in beide bodemlagen en koper in de laag 0-20 cm veranderen in die periode niet significant.

Van 1999 tot 2001 zien we een significante daling voor cadmium en zink in beide bodemlagen. Het kopergehalte verandert in beide bodemlagen niet significant.

Over de gehele periode tussen 1991 en 2001 is het zinkgehalte in beide bodemlagen significant toegenomen. Voor cadmium en koper is echter in dezelfde periode het gehalte in de laag 0-20 cm significant afgenomen. De resultaten voor de bodemlaag 20-40 cm wijzen hier op een toename van Cu en Cd-gehalte maar dat is niet significant.

De gemeten gehalten zware metalen vertonen weinig verschil met literatuurgegevens. Lagas en Groot (1996) vermelden voor maïs- en grasland op zandgrond een cadmiumgehalte van resp. 0,14 en 0,19, een kopergehalte van resp. 10,8 en 11,9 en een zinkgehalte van resp. 33 en 44 mg per kg droge stof.

De gehalten aan zware metalen blijven ruimschoots onder de bodemkwaliteitsnormen. In tabel 7 geven we een overzicht van de bodemkwaliteitsnormen aangaande zware metalen. Westhoek e.a. (1997) gebruiken de term 'streefwaarde' voor het maximum niveau waar beneden de bodem nog schoon en multifunctioneel is. Dit betekent dat deze waarde een maximaal toelaatbaar gehalte aangeeft en niet zozeer streefwaarde. Een werkelijke streefwaarde zal veel lager liggen dan het maximaal toelaatbare. Daarom gebruiken we hier de term MTR (Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau) voor de streefwaarden volgens Westhoek e.a. (1997).

De interventiewaarde geeft het niveau aan waarbij sprake is van ernstige bodemverontreiniging en tot sanering moet worden overgegaan. Voor zandgrond geven Westhoek e.a. (1997) een gecorrigeerde MTR omdat op zandgrond het organisch stof- en lutumgehalte lager is dan de standaardbodem waarvan uit wordt gegaan in Leidraad Bodembescherming (1995).

Tabel 7 Interventie- en MTR-waarden (mg/kg ds) voor zware metalen in een standaard bodem (Leidraad Bodembescherming, 1995) en de gecorrigeerde MTR-waarden voor zandgrond (Westhoek e.a., 1997)

		Cu	Cd	Zn
Interventiewaarde		190	12	720
MTR		36	0,8	140
Gecorrigeerde MTR voor zandgrond	Grasland	22	0,6	75
	Maisland	19	0,5	66

3.2 Opvultijd

In deze paragraaf berekenen we het effect van de overschotten op de zware metalenbalansen op het verloop van het zware metalengehalte in de bodem. Daarvoor gebruiken we de opvulruimte gecombineerd met de opvulsnelheid zoals beschreven door Westhoek e.a. (1997). De opvulruimte is het verschil tussen het actuele gehalte en de MTR van zware metalen in de bodem. De opvulsnelheid geeft aan hoelang het duurt voordat bij een bepaald overschot de opvulruimte is opgevuld (dus dat de actuele gehalte gelijk is aan de MTR). Daarvoor gebruiken we het werkelijk overschot want dat geeft de hoeveelheid metalen aan die in de bodem achterblijven. Westhoek e.a. (1997) gebruiken het landbouwkundig overschot om de opvulsnelheid te berekenen. Dat is echter onvolledig omdat ook depositie en uitspoeling effect hebben op de gehalten in de bodem.

De opvulsnelheid geeft een globaal inzicht in de risico's van een balansoverschot van zware metalen. In principe zouden de gehalten aan zware metalen natuurlijk niet moeten stijgen in de bodem. Met de opvulsnelheid is het niet de bedoeling de indruk te wekken dat het geen probleem is dat de gehalten tot de MTR's stijgen. Voor de bepaling van de opvulsnelheid is het alleen zinvol om de metalen met de positieve overschotten mee te nemen. In dit geval valt cadmium dan af. Voor de bepaling van de opvulruimte gaan we uit van verschillende waarden om zo een bandbreedte te geven waarbinnen de opvulruimte ligt. Als actuele gehalten nemen we de in 2001 gemeten gehalten van koper en zink in de bodemlaag 0-20 cm en 20-40 cm. Als MTR nemen we de gecorrigeerde MTR voor zandgrond (Westhoek e.a., 1997) voor gras- en bouwland. De opvulruimte voor koper varieert dan van 24,2 tot 40 kg/ha voor maisland en van 36-51,9 kg /ha voor grasland. Voor zink varieert de opvulruimte van 132-169 kg/ha voor maisland en van 168 tot 205 kg/ha voor grasland. Grasland heeft een ruimere opvulruimte omdat de MTR's hoger liggen. Daarnaast geldt de ruimste opvulruimte binnen gras- en maisland voor de diepere bodemlaag van 20-40 cm omdat het actuele gehalte daar lager ligt dan in de bovenste bodemlaag.

Aan de hand van de werkelijke overschotten op de balansen voor koper en zink kunnen we de opvultijd bepalen. Met de overschotten koper en zink van het boekjaar '99/00 varieert de opvultijd, afhankelijk van gras- of bouwland en bodemlaag, tussen 220-472 jaar voor koper en 459 en 712 jaar voor zink. Als we uitgaan van het lage koper- en zinkoverschot in '96/'97 (resp. 4 en 98 g/ha) dan is de opvultijd veel langer; tussen 6040 en 13.000 jaar voor koper en tussen 1350 en 2090 jaar voor zink. Hieruit blijkt overduidelijk dat door de toename van de overschotten op de balansen van koper en zink de opvultijd aanzienlijk verkort is. Met de overschotten van '96/'97 was het bereiken van de MTR nog ruim een millennium (1000 jaar) verwijderd. Met de hogere overschotten door het gebruik van mineralenmengsels is dit moment veel dichterbij gekomen tot enkele eeuwen.

In paragraaf 2.3.6 bleek al dat de overschotten van De Marke vanaf 1997 over het algemeen hoger zijn dan vergelijkbare scenarioberekeningen van Westhoek e.a. (1997). De opvultijden voor De Marke zijn dan ook aanmerkelijk korter dan die op basis van de vergelijkbare scenarioberekeningen (melkveebedrijf op zandgrond met 1,5 koe/ha en gebruik van NP(K) meststoffen) van Westhoek e.a. (1997). Zij kwamen op opvultijden (op basis van werkelijke overschotten) van 3000-3500 jaar voor koper en 1000-1100 jaar voor zink.

3.3 Gehaltes in grondwater

In 2000 en 2001 heeft het RIVM een aantal analyses gedaan van de zware metalen gehalten in het grondwater op De Marke. Het betreft voor koper en cadmium slechts twee en voor zink slechts drie metingen. Dit geeft niet meer dan een indicatie van het gehalte in het grondwater. Op basis van deze enkele metingen kunnen we geen gefundeerde uitspraken doen. Ter indicatie hebben we in tabel 8 wel enkele literatuurwaarden opgenomen. De gehalten die we in dit onderzoek hanteren voor uitspoeling zijn gebaseerd op Erp en Van Lune (1991). De omvang van uitspoeling is gerelateerd aan het gehalte in het grondwater. Immers hoe hoger het gehalte in het grondwater hoe hoger de uitspoeling zal zijn.

Als we dan het gehalte in het grondwater volgens Erp en Van Lune (1991) vergelijken met de (enkele) metingen op De Marke dan valt op dat zowel het koper, cadmium- als het zinkgehalte ruim lager ligt.

Overigens is het gemeten kopergehalte in het grondwater op De Marke ongeveer vergelijkbaar met de overige literatuurwaarden en is het cadmium- en zinkgehalte lager.

Op het moment dat we dit rapport schrijven is een onderzoek gaande naar de uitspoeling van zware metalen binnen het project 'Sturen op Nitraat'. Dit onderzoek zal een goed beeld geven van de recente uitspoeling van zware metalen op landbouwgrond (Romkens, 2002). Deze binnenkort te publiceren gegevens kunnen een waardevolle aanvulling zijn bij het opstellen van zware metalen balansen.

Tabel 8 Koper, cadmium en zink (mg/m³) in het grondwater op De Marke (Boumans, 2002) en literatuurwaarden voor landbouwgrond op zandgrond (uit Westhoek e.a., 1997)

	Cu	Cd	Zn
Mei 2000	10,3	0,18	42,5
Juli 2001	12,1	0,34	26,2
Juli 2001	-	-	45,8
RIVM 1996 gras	6,6-14,0	0,52-0,91	81,8-146,4
RIVM 1996 maïs	7,1-14,9	0,65-1,16	150,8-202,2
P.J. van Erp en P. van Lune 1991, akkerbouw	23	0,8	60
KIWA 1991	10	1,4	250
P. del Castilho 1990 grasland zand/leem	18,7	2,92	218
P. del Castilho 1990 bouwland zand/leem	20,3	2,37	235
CCRX, 1993	-	-	135

4 Discussie

Zware metalen in verschillende producten

Aan- en afvoer van producten op De Marke bepalen over de jaren heen de balans van zware metalen op De Marke. Samen met de omvang van de aan- of afvoer vormt het gehalte aan zware metalen in producten de aan- of afvoer van zware metalen.

In het aangevoerde mengvoer is het zinkgehalte gemiddeld genomen gedaald. Het kopergehalte vertoont variatie over de jaren zonder een duidelijk trend.

Uit de variatie in koper- en zinkgehalten tussen enkelvoudige krachtvoersoorten blijkt dat er mogelijkheden zijn om met een gerichte grondstoffenkeuze het zware metalengehalte te beperken. Zo kan door vervanging van sojaschroot als eiwitbron door raapschroot het kopergehalte verlaagd worden. In de praktijk is deze keuze echter ook afhankelijk van andere factoren die van groter belang kunnen zijn. Zo is op De Marke het raapschroot juist vervangen door soja als eiwitbron omdat soja veel minder fosfaat bevat dan raap en daarmee de fosfaataanvoer verlaagd.

Voor een dergelijke afweging op basis van het zware metalengehalte zijn echter wel voldoende onderbouwde gegevens nodig over die gehalten. Deze studie biedt die gegevens onvoldoende en kan slechts als een aanzet daartoe gezien worden.

Het koper- en zinkgehalte in mengvoerders voor melkvee is gebonden aan Europese normen. Deze normen voor melkvee gelden echter voor het totale rantsoen. Afhankelijk van de hoeveelheid ruwvoer in het rantsoen en de gehalten koper en zink in dat ruwvoer kunnen de gehalten koper en zink in mengvoer dus variëren om te voldoen aan de Europese normen. De geldende Europese normen zijn 35 mg Cu en 250 mg Zn per kg totaal rantsoen (omgerekend naar 88% ds) (Jongbloed e.a., 2001). Er zijn plannen om de huidige Europese normen aan te scherpen. De meest recente voorstellen zijn: 30 mg Cu en 120 mg Zn per kg totaal rantsoen (Jongbloed e.a., 2001). In Nederland zijn voor mengvoerders voor melkvee, in tegenstelling tot mengvoerders voor varkens en pluimvee, geen convenanten afgesloten voor een beperking van de toevoeging van koper en zink in mengvoerders.

Binnen deze studie is de voorziening van koper en zink in het rantsoen niet beoordeeld. Om echter toch een indicatie te geven van de voorziening in het rantsoen is een momentopname gedaan. Hieruit bleek dat het koper- en zinkgehalte in het rantsoen van het melkvee op De Marke resp. ± 15 en ± 50 mg/kg ds totaal rantsoen is. Op basis hiervan lijkt het rantsoen van De Marke ruimschoots aan de normen en ook de nieuw-voorgestelde normen te voldoen.

Bij de meest gebruikte kunstmestsoort KAS zien we dat het zinkgehalte de laatste jaren fors is toegenomen. Het is echter mogelijk dat dit geen representatief beeld geeft omdat de gehalten slechts gebaseerd zijn op enkele analyses. In verhouding vormt kunstmest slechts een geringe aanvoer van zink. Dat neemt niet weg dat stijging van deze aanvoer altijd voorkomen dient te worden. In het verleden is wel een concept-convenant opgesteld om het gehalte zware metalen in kunstmest te beperken maar dit is nooit ingevoerd. Dit convenant was vooral gericht op de te hoge gehalten cadmium in fosfaatkunstmest.

De gehalten aan zware metalen in stro en hooi zijn nogal wisselend tussen jaren. Oorzaken hiervoor zouden bemesting, gewaskeuze en oogststadium kunnen zijn.

In de balansberekeningen gaan we uit van depositie- en uitspoelingscijfers die gebaseerd zijn op gegevens uit begin jaren negentig. Met het feit dat dit gemiddelde data zijn geeft aan dat deze getallen een behoorlijke mate van onzekerheid bevatten. Voor de uitvoering van dit onderzoek waren dit echter de best beschikbare data. Binnenkort zullen recente onderzoeksgegevens over de omvang van uitspoeling van zware metalen op landbouwgrond gepubliceerd worden.

Overigens doet deze onzekerheid niets af aan de hoogte van de landbouwkundige overschotten waarin deze posten immers niet worden meegenomen.

Overschotten in vergelijking met doelstelling

De doelstelling van De Marke voor zware metalen is het voorkomen van verdere ophoping en waar nodig verminderen van de gehalten in de bodem. Daarnaast moet uitspoeling naar het grondwater zoveel mogelijk beperkt worden.

Als belangrijkste indicator voor de mate waarin deze doelstelling gehaald wordt hanteren we in deze studie de overschotten op de zware metalen balans.

Uit deze studie blijkt dat de werkelijke overschotten koper en zink fors hoger zijn dan de doelstelling van 0 g/ha. Deze zijn vanaf 1997 sterk toegenomen.

Vóór 1997 kwam het (werkelijke) overschot koper nog wel in de buurt van de doelstelling, zink zat er toen ook al ruim boven. Het is opvallend dat de overschotten koper en zink op De Marke over het algemeen hoger liggen dan de scenarioberekeningen van Westhoek e.a. (1997). De Marke realiseert immers zeer lage N- en P-verliezen door minimale aanvoer van voedermiddelen en kunstmest. Duidelijk is dat het gebruik van mineralenmengsels de overschotten koper en zink sterk verhoogd hebben op De Marke.

Het blijkt dat cadmium een negatief overschot heeft als we uitspoeling en depositie meetellen. Daarbij moeten we wel opmerken dat is uitgegaan van algemene depositie- en uitspoelingscijfers uit de jaren '90. Het is niet ondenkbaar dat de werkelijke uitspoeling en depositie tegenwoordig op De Marke op een ander niveau ligt. Maar vooralsnog kunnen we op basis van deze gegevens aannemen dat De Marke voor cadmium wel aan de doelstelling voldoet.

Gehalten in bodem en grondwater

Vanaf 1997 zijn de overschotten zink en koper sterk toegenomen op De Marke. Een logisch gevolg hiervan lijkt een toenemende ophoping van zware metalen in de bodem.

Uit bodemanalyses op De Marke blijkt dat inderdaad het zinkgehalte significant is toegenomen (met 10%) in de afgelopen 10 jaar. Voor dezelfde periode daalt het kopergehalte echter significant in de bovenste bodemlaag met ongeveer 6%. Maar het kopergehalte lijkt in de onderste bodemlaag toe te nemen (niet significant).

In paragraaf 3.2 is beschreven dat koper en zink een opvultijd van resp. 220-472 en 459-712 jaar hebben bij het overschot van het boekjaar 1999/2000. Omgerekend betekent dit dat bij een constant tempo van opvulling volgens dat boekjaar in een periode van 10 jaar het koper- en zinkgehalte in de bodem met resp. 0,28 en 0,73 mg/kg ds zou toenemen. Relatief is dat een stijging van het koper- en zinkgehalte van resp. 2,1-4,5% en 1,4-2,2% in 10 jaar. Dit geeft aan dat in een tijdsbestek van 10 jaar de veranderingen in de zware metalengehalten in de bodem door hoge bedrijfsoverschotten slechts gering zijn en moeilijk waarneembaar zullen zijn.

Daarnaast worden bodemgehalten door vele andere factoren beïnvloed die tussen seizoenen sterk kunnen verschillen waardoor een lange termijn effect vertroebeld wordt. Zo kan de depositie over de jaren heen veranderen en is de uitspoeling afhankelijk van neerslag.

Als we de gemeten stijging van de bodemgehalten vergelijken met de verwachte stijging dan zien we dat het zinkgehalte veel meer is toegenomen (10%) dan we op basis van de overschotten (1-2%) kunnen verwachten. Het kopergehalte zou op basis van de verwachting met 2-4% toenemen maar de metingen geven een onduidelijk beeld (daling in de bovenste en toename in onderste bodemlaag).

Het cadmiumgehalte is in de bovenste bodemlaag gemiddeld met 7% gedaald in de afgelopen 10 jaar. De daling komt overeen met de negatieve overschotten voor cadmium op de balans. Echter de gemeten daling is groter dan verwacht kan worden op basis van de negatieve overschotten, (1,1% in 10 jaar op basis van het overschot in 1999/2000).

Een vraag die opkomt wanneer we kijken naar de veranderingen in gehalten zware metalen in de bodem is in hoeverre die veranderingen doorspelen in gehalten in het ruwvoer dat wordt geteeld op De Marke. Dit is met name van belang voor de voorzieningsgraad van zware metalen van het vee dat we verderop in dit hoofdstuk behandelen.

De enkele metingen van zware metalen gehalten in het grondwater op De Marke duiden op lage concentraties in vergelijking met literatuurwaarden. Dit geldt met name voor de literatuurbron waarop de omvang van de uitspoeling is gebaseerd. Dit zou kunnen betekenen dat de werkelijke uitspoeling van zware metalen op De Marke lager is dan we hier aannemen. Deze veronderstelling sluit aan bij het feit dat de zinkgehalten in de bodem sterker zijn toegenomen dan mag worden verwacht op basis van de zinkoverschotten. Deze sterkere stijging kan verklaard worden doordat de overschotten in werkelijkheid groter zijn omdat we in de berekening van de overschotten zijn uitgegaan van een grotere uitspoeling dan in werkelijkheid.

Omdat we slechts enkele metingen in het grondwater beschikbaar hebben kunnen we hier echter geen uitspraken over doen.

Nut van mineralenmengsels

De overschotten zink en koper zijn op De Marke sterk toegenomen door het gebruik van mineralenmengsels in het rantsoen voor het melkvee. Deze mineralenmengsels zijn aan het rantsoen toegevoegd omdat een lage voorziening van deze mineralen of spore-elementen in het rantsoen werd voorzien om de volgende redenen: De Marke is gesitueerd op arme zandgrond waardoor een lagere voorziening van spore-elementen in het ruwvoer niet ondenkbaar is. Verder wordt in het rantsoen op De Marke relatief veel maïs ten opzichte van gras gevoerd. Snijmaïs is armer aan spore-elementen dan gras. Tenslotte worden op De Marke krachtvoervangers geteeld en gevoerd waardoor minder krachtvoer wordt aangevoerd en er dus via deze route minder spore-elementen kunnen worden aangevoerd.

Een duidelijk nadelig gevolg van het gebruik van deze mengsels is de aanzienlijke stijging van de koper- en zinkoverschotten, waardoor niet voldaan kan worden aan de doelstellingen voor zware metalen op De Marke. Hierdoor rijst dan ook de vraag in hoeverre het gerechtvaardigd en zinvol is om koper en zink in dergelijke hoeveelheden extra aan het rantsoen toe te voegen om een mogelijk tekort in het rantsoen aan te vullen. Deze vraag kan ook worden doorgetrokken naar de rest van de Nederlandse melkveehouderij waar de laatste jaren steeds meer mineralenmengsels verstrekt worden. Dat beeld zien we in het praktijkproject Koeien en Kansen waarvan een rapport over zware metalen in voorbereiding is.

Deze studie biedt niet voldoende ruimte om deze vraag geheel te beantwoorden. We geven hier echter wel de belangrijkste punten aan die in de discussie rond de noodzaak van mineralenmengsels moeten worden meegewogen.

Allereerst is duidelijkheid nodig over de behoefte en voorziening aan koper en zink en spore-elementen bij melkkoeien. Vanuit het onderzoek is nog geen voldoende eenduidig beeld over de behoefte aan spore-elementen. Jongbloed e.a. (2001) beschrijven verschillende waarden die in de literatuur gegeven worden voor behoeftes. Probleem hierbij is dat achtergronden (zoals productieniveau en gebruik van 'veiligheidsmarges') van cijfers vaak verschillen. Daarnaast blijkt de wetenschappelijke basis smal omdat meerdere cijfers zijn gebaseerd op dezelfde onderzoeken (Jongbloed, 2002).

Ter illustratie geven we hier een indicatie van de koper- en zinkvoorziening op De Marke. Dit is met het rantsoen in september 2002 ± 15 mg Cu en ± 50 mg Zn per kg ds totaal rantsoen. Als we uitgaan van een behoefte aan koper en zink van resp. 10 en 25 mg/kg ds (Jongbloed e.a., 2001) dan betekent dit een voorziening van koper en zink van resp. 50% en 100% boven de norm. Dit geeft aan dat de koper- en zinkvoorziening op De Marke waarschijnlijk ruim boven de normen is. Bij nader onderzoek naar de voorziening dienen ook de gehalten in ruwvoer nauwkeurig bepaald te worden. Wellicht dat deze de laatste jaren verandert zijn door de veranderde bodemgehalten aan zware metalen.

Verder dient ook duidelijk te worden wat het verband is tussen mineralenvoorziening en diergezondheid zoals de gesteldheid van klauwen en huid. In de hedendaagse praktijk wordt vaak een bevorderend effect van mineralentoevoeging aan het rantsoen op diergezondheid in het algemeen en deze punten in het bijzonder, aangedragen. Probleem hierbij is dat dergelijke verbanden echter onvoldoende wetenschappelijk zijn onderbouwd. Gevolg hiervan kan wel zijn dat melkveehouders dergelijke producten gaan toevoegen in de overtuiging dat het helpt of met de veronderstelling 'baat het niet dan schaadt het niet'.

Deze studie toont echter aan dat door het gebruik van mineralenmengsels de belasting met de zware metalen koper en zink op een melkveebedrijf kunnen toenemen met alle mogelijke schadelijke gevolgen voor bodem en grondwater. Verder is het niet ondenkbaar dat bij hoge toevoegingen zelfs schadelijke effecten op de diergezondheid kunnen optreden (Jongbloed e.a., 2001). En tenslotte zijn dergelijke mineralenmengsels duur in aanschaf.

Met mineralenmengsels wordt een grote verscheidenheid aan essentiële elementen gevoederd. Als we de aanvoer van koper en zink met mineralenmengsels willen verminderen kan de voorziening met andere elementen op peil blijven omdat de concentratie in die mengsels geheel reguleerbaar is. Zink en koper kunnen in elke gewenste concentratie aan mineralenmengsels worden toegevoegd en dus ook geheel worden weggelaten.

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk geven we de belangrijkste conclusies uit dit onderzoek. Daarnaast doen we enkele aanbevelingen welke *cursief* zijn aangegeven.

De overschotten koper en zink liggen vanaf 1997 ruim boven de doelstelling. Vóór 1997 kwam het (werkelijke) overschot koper nog wel in de buurt van de doelstelling, zink zat er toen ook al ruim boven.

Deze overschrijding is bijna geheel toe te schrijven aan het gebruik van mineralenmengsels met hoge gehalten koper en zink op De Marke.

Om af te wegen in hoeverre de extra aanvoer van koper en zink met mineralenmengsels gerechtvaardigd is, om (gedeeltelijk) in de behoefte te voorzien, is inzicht nodig in de behoefte aan deze elementen. Het is gewenst om in vervolgonderzoek gedetailleerd in te gaan op de behoefte en voorziening van deze elementen op dierniveau op De Marke en na te gaan of verlaging van de voorziening mogelijk is.

Vanuit onderzoek zijn gegevens over de behoefte aan sporenelementen bekend. Deze hebben echter beperkingen (smalle basis en niet vergelijkbare uitgangssituaties) en daarom verdient het aanbeveling om deze nader te onderzoeken en te onderbouwen met recente en gespecificeerde data.

Op basis van de negatieve (werkelijke) overschotten van cadmium voor het gehele tijdstraject kunnen we aannemen dat voor dit zware metaal de doelstelling wel gehaald wordt. Daarbij moet wel in ogenschouwing genomen worden dat depositie- en uitspoelingscijfers gebaseerd zijn op algemene cijfers uit de jaren '90.

Voor een betrouwbaardere benadering van de werkelijke aan- en afvoer van zware metalen op bedrijfsniveau zijn gedetailleerdere gegevens nodig over resp. depositie en uitspoeling. Voor uitspoeling komt binnenkort recent onderzoek beschikbaar.

Met de huidige hoge jaarlijkse overschotten aan koper en zink op De Marke is de MTR (maximaal toelaatbaar risico) van deze metalen in de bodem na 220-472 jaar voor koper en na 459-712 jaar voor zink bereikt.

In de afgelopen tien jaar is het zinkgehalte in de bodem (significant) gestegen. Voor cadmium en koper is het beeld diffuus; in de bovenste bodemlaag is het (significant) afgenomen maar in de onderste laag wijzen de resultaten op een toename (niet significant).

Regelmatige monitoring van de gehalten zware metalen in de bodem zijn gewenst. Hiermee kan worden nagegaan of de (sterke) stijging van het zinkgehalte doorzet en of er een duidelijk beeld ontstaat voor het verloop van het cadmium- en kopergehalte.

De toename van het zinkgehalte en de afname van het cadmiumgehalte in de bodem op De Marke is sterker dan verwacht mag worden op basis van de bedrijfsoverschotten van deze elementen op De Marke.

Het gemiddelde zinkgehalte in de op De Marke gevoerde krachtvoerders is gedaald tussen 1995 en 2001.

De variatie in gehalten zware metalen tussen enkelvoudige krachtvoerders die ook als mengvoedergrondstof gebruikt kunnen worden, geeft aan dat er mogelijkheden zijn om met een gerichte keuze van mengvoedergrondstoffen het gehalte aan zware metalen in mengvoerders te beperken. Deze keuze wordt echter beperkt door andere afwegingen die van belang zijn bij grondstoffenkeuze, zoals fosfaatgehalte.

Om met een gerichte grondstoffenkeuze het zware metalengehalte in mengvoerders te beperken is meer inzicht nodig in de relatie met overige afwegingen (bijv. fosfaatgehalte) en is meer onderzoek nodig naar gehalten zware metalen in mengvoedergrondstoffen.

We constateren een forse stijging van het zinkgehalte in de kunstmestsoort KAS die de afgelopen jaren op De Marke is toegepast.

Nader onderzoek naar het zinkgehalte in kunstmest in het algemeen en KAS in het bijzonder is wenselijk. Als dat onderzoek het beeld bevestigt dat het zinkgehalte inderdaad fors is toegenomen in KAS dan is het wenselijk om het zinkgehalte in KAS te beperken door bijvoorbeeld het concept-convenant over zware metalen in kunstmest weer nieuw leven in te blazen.

Bijlagen

Bijlage 1 Analyseresultaten

Tabel B1.1 De analyseresultaten van zware metalengehalten (mg/kg product) in voeders en kunstmest

	Koper		Cadmium		Zink	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000
Krachtvoerders						
Extramix	20,8		<0,05*		60	
Grasmix	24,4		<0,25		64	
Fermentmix	20,8		<0,05		60	
Componentbrok		28,4		0,00		56
Efficientbrok		24,5		0,04		58
Prelak pellet		63,0		0,41		274
Enkelvoudige krachtvoerders , bijproducten en overige krachtvoerders						
Tarwemeel	3,8		<0.1		24	
Raapschroot	5,4	5,5	<0.25	0,06	59	53
Soyaschroot	14,1		<0.1		46	
Mervobest	12,7	11,9	<0.25	0,06	49	51
Citruspulp	6,3		<0.1		12	
Bierbostel	3,9				22,4	
Subliviaal 1	1500	1500	0,07	0,07	2000	2000
Subliviaal 3	1500	1500			3000	3000
Subliviaal 4	1750	1750			4000	4000
Ureum	8,8	8,8	0,11	0,11	13	13
Ruwvoerders						
Hooi	5,4	2,6			33,3	15,8
Stro	2,3	2,3			13,3	38,1
Gedroogd gras	5,0				22,8	
GPS	2,3				13,2	
Kunstmest						
KAS	<2	<2	<1	<1	38	38

* analyseresultaten met < geven aan dat het gehalte van dit zware metaal onder de detectiegrens van de toegepaste analysemethode ligt

Bijlage 2 Gehalten volgens literatuur**Tabel B2.1** Zware metalengehalten in voeders, mestsoorten, melk, dieren en overige producten volgens literatuurbronnen

	eenheid	Koper	Cad- mium	Zink	Bron
Krachtvoerders					
Brok 90 DVE	mg/kg DS	28	0,09	100	Westhoek e.a., 1997
Brok 120 DVE	mg/kg DS	32	0,11	108	Westhoek e.a., 1997
Brok 180 DVE	mg/kg DS	53	0,13	117	Westhoek e.a., 1997
Enkelvoudige krachtvoerders , bijproducten en overige krachtvoerders					
Kunstmelk	mg/kg product	27,7	0,1	63,8	Koskamp en Van Kuik, 1999
Kalverbrok	mg/kg product	27,7	0,1	63,8	Koskamp en Van Kuik, 1999
Magnesiet	mg/kg product	6,2	0,1	19,3	Koskamp en Van Kuik, 1999
Kalk/krijt	mg/kg product	6,2	0,1	19,3	Koskamp en Van Kuik, 1999
Melasse	mg/kg product	9	0,2	20	Koskamp en Van Kuik, 1999
Bierbostel	mg/kg product		0,1		Koskamp en Van Kuik, 1999
Ruwvoerders					
Vers gras	mg/kg DS	9	0,2	70	Westhoek e.a., 1997
Kuilgras	mg/kg DS	9	0,2	60	Westhoek e.a., 1997
Snijmaïs	mg/kg DS	4	0,1	50	Westhoek e.a., 1997
MKS	mg/kg DS	4	0,1	50	Gebruik forfait van snijmaïs
Hooi	mg/kg product		0,1		Koskamp en Van Kuik, 1999
Stro	mg/kg product		0,08		Westhoek e.a., 1997
Kunstmest					
Betacal Flow	mg/kg product	8	0,3	32	Bakker, 2001
Graszout	mg/kg product	0	0	0	Bakker, 2001
Stikstofmagnesia	mg/kg product	0	0	0	Bakker, 2001
N-P-K 12-10-18	mg/kg product	0	0	0	Bakker, 2001
Organische mest					
Melkvee drijfmest	mg/kg product	3,01	0,03	5,03	Koskamp en Van Kuik, 1999
Strooisel					
	mg/kg product	1,3	0,23	12,3	Westhoek e.a., 1997
Melk					
	mg/kg product	0,1	0,0004	3,5	Westhoek e.a., 1997
Dieren					
	mg/kg product	0,05	0,1	5	Westhoek e.a., 1997

Bijlage 3 Aan- en afvoer en voorraadveranderingen

In deze bijlage geven we de hoeveelheid aan- en afvoer en voorraadveranderingen van producten op De Marke.

Tabel B3.1 Aanvoerposten op De Marke (kg product per ha per boekjaar)

	'95/'96	'96/'97	'97/'98	'98/'99	'99/'00	'00/'01
Krachtvoer	1591	1435	1220	1677	1796	1318
Overige voeders ¹	609	1272	765	902	1994	1173
Mineralenmengsels	13	37	79	53	78	94
Ruwvoerders	545	731	2372	2121	2867	167
Kunstmest	408	386	306	342	1082	222
Strooisel ed.	877	898	446	482	441	527

¹ Onder de post 'overige voeders' vallen alle voedermiddelen behalve krachtvoer, ruwvoer en mineralenmengsels, bijvoorbeeld enkelvoudige krachtvoerders, bijproducten en kalverbrok.

Tabel B3.2 Voorraadverschillen (eind- min beginvoorraad, een positief getal is een voorraadtoename en een negatief getal is een voorraadafname) (kg product per ha per boekjaar)

	'95/'96	'96/'97	'97/'98	'98/'99	'99/'00	'00/'01
Ruwvoer	- 221	51	3223	- 310	1882	6337
Organische mest	- 5310	5532	- 4676	- 417	3353	3232

Tabel B3.3 Afvoer posten op De Marke (kg product per ha per boekjaar)

	'95/'96	'96/'97	'97/'98	'98/'99	'99/'00	'00/'01
Dieren	418	340	319	394	397	375
Melk	11284	12115	11664	12523	13438	12765

Bijlage 4 De balansen

In deze bijlage geven we de uitgebreide balansen van koper (Cu), cadmium (Cd) en zink (Zn) voor De Marke.

Tabel B4.1 De uitgebreide balans van koper (g/ha) voor De Marke van de boekjaren '95/'96 tot en met '00/'01

	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
AANVOER						
Krachtvoer	45	37	28	42	40	36
Ruwvoer (alleen aankoop)	1	3	3	4	8	0
Overige voeders ¹	7	13	10	10	14	13
Mineralenmengsels	3	38	104	82	117	144
Kunstmest	0	1	1	0	7	0
Strooisel	1	1	0	1	1	1
Ruwvoer voorraadverschil	1	-0,1	-5	1	-5	-30
Dierlijke mest voorraadverschil	16	-17	14	1	-10	-10
TOTAAL AANVOER (exclusief depositie)	74	65	155	142	172	155
Depositie	18	18	18	18	18	18
TOTAAL AANVOER (inclusief depositie)	92	83	173	160	190	173
AFVOER						
Dieren	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Melk	1,13	1,21	1,17	1,25	1,34	1,28
TOTAAL AFVOER (exclusief uitspoeling)	1,15	1,23	1,18	1,27	1,36	1,30
Uitspoeling	78	78	78	78	78	78
TOTAAL AFVOER (inclusief uitspoeling)	79	79	79	79	79	79
OVERSCHOT , Landbouwkundig (exclusief depositie en uitspoeling)	73	65	155	141	171	154
OVERSCHOT, Werkelijk (inclusief depositie en uitspoeling)	13	4	94	80	110	94

¹ Onder de post 'overige voeders' vallen alle voedermiddelen behalve krachtvoer, ruwvoer en mineralenmengsels, bijvoorbeeld enkelvoudige krachtvoerders, bijproducten en kalverbrok.

Tabel B4.2 De uitgebreide balans van cadmium (g/ha) voor De Marke van de boekjaren '95/'96 tot en met '00/'01

	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
AANVOER						
Krachtvoer	0,17	0,15	0,13	0,17	0,25	0,03
Ruwvoer (alleen aankoop)	0,02	0,05	0,09	0,09	0,22	0,02
Overige voeders ¹	0,11	0,14	0,10	0,09	0,19	0,13
Mineralenmengsels	nihil	nihil	nihil	nihil	nihil	nihil
Kunstmest	0,12	0,29	0,05	0,05	0,53	0,22
Strooisel	0,20	0,21	0,12	0,05	0,04	0,05
Ruwvoer voorraadverschil	0,02	0,00	-0,12	0,02	-0,12	-0,66
Dierlijke mest voorraadverschil	0,16	-0,17	0,14	0,01	-0,10	-0,10
TOTAAL AANVOER (exclusief depositie)	0,80	0,67	0,50	0,47	1,01	-0,30
depositie	0,674	0,674	0,674	0,674	0,674	0,674
TOTAAL AANVOER (inclusief depositie)	1,47	1,35	1,17	1,15	1,69	0,37
AFVOER						
Dieren	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Melk	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
TOTAAL AFVOER (exclusief uitspoeling)	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04
Uitspoeling	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
TOTAAL AFVOER (inclusief uitspoeling)	2,65	2,64	2,64	2,64	2,65	2,64
OVERSCHOT, Landbouwkundig (exclusief depositie en uitspoeling)	0,75	0,63	0,46	0,43	0,97	-0,34
OVERSCHOT, Werkelijk (inclusief depositie en uitspoeling)	-1,18	-1,29	-1,47	-1,50	-0,96	-2,27

¹ Onder de post 'overige voeders' vallen alle voedermiddelen behalve krachtvoer, ruwvoer en mineralenmengsels, bijvoorbeeld enkelvoudige krachtvoerders, bijproducten en kalverbrok.

Tabel B4.3 De uitgebreide balans van zink (g/ha) voor De Marke van de boekjaren '95/'96 tot en met '00/'01

	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
AANVOER						
Krachtvoer	112	94	76	107	111	75
Ruwvoer (alleen aankoop)	5	18	40	39	46	3
Overige voeders ¹	26	58	37	36	64	49
Mineralenmengsels	4	30	129	134	173	234
Kunstmest	1	3	7	7	36	8
Strooisel	11	11	3	10	7	12
Ruwvoer voorraadverschil	6	-1	-56	6	-41	-177
Dierlijke mest voorraadverschil	27	-28	24	2	-17	-16
TOTAAL AANVOER (exclusief depositie)	191	185	261	341	381	187
Depositie	164	164	164	164	164	164
TOTAAL AANVOER (inclusief depositie)	354	349	424	504	544	350
AFVOER						
Dieren	2	2	2	2	2	2
Melk	39	42	41	44	47	45
TOTAAL AFVOER (exclusief uitspoeling)	42	44	42	46	49	47
Uitspoeling	207	207	207	207	207	207
TOTAAL AFVOER (inclusief uitspoeling)	249	251	249	253	256	254
OVERSCHOT, Landbouwkundig (exclusief depositie en uitspoeling)	149	141	218	295	332	140
OVERSCHOT, Werkelijk (inclusief depositie en uitspoeling)	106	98	175	252	288	97

¹ Onder de post 'overige voeders' vallen alle voedermiddelen behalve krachtvoer, ruwvoer en mineralenmengsels, bijvoorbeeld enkelvoudige krachtvoerders, bijproducten en kalverbrok.

Literatuur

- Bakker, R. , 2001.
Persoonlijke mededeling. NMI, Wageningen
- Boumans, L.J.M., 2002.
Persoonlijke mededeling. RIVM, Bilthoven
- Jongbloed A.W., A.M. van den Top, A.C. Beynen, J.D. van der Klis, P.A. Kemme and H. Valk 2001.
Consequences of newly proposed maximum contents of copper and zinc in diets for cattle, pigs and poultry on animal performance and health. ID-Lelystad, report no. 2097, Lelystad
- Jongbloed, A.W. 2002.
Persoonlijke mededeling. ID-TNO Diervoeding, Lelystad
- Koskamp, G.J. en M. van Kuik 1999.
Zware metalen op De Marke. Interne notitie. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht
- Lagas, P. en M.S.M. Groot 1996.
Bodemkwaliteitskartering van de Nederlandse landbouwgronden. RIVM, Bilthoven
- Leidraad Bodembescherming 1995.
Een vervolgwerk uitgegeven in opdracht en onder redactie van het Ministerie van VROM. Sdu, Den Haag
- Romkens, P.F.A.M. 2002.
Persoonlijke mededeling. Alterra, Wageningen
- Westhoek, H.J., L. Beijer, W.J. Bruins, P.H. Hotsma, J.W.M. Janssen en E.J.R. Maathuis 1997.
Aan- en afvoerbalansen van zware metalen van Nederlandse landbouwgronden. Informatie- en KennisCentrum Landbouw, Ede