

AFDELING ADDITIEVEN EN SPOORELEMENTEN

NOTA 80 R 18 80.47

Betreft: Toepassing ICP-AES op het RIKILT

1980-04-03

herzien

1980-09-21



NOTA 80 R 18 80.47

Betreft: Toepassing ICP-AES op het RIKILTVan: dr W.G. de Ruig

R

Aan: Directeur

---

De analyse van metalen in land- en tuinbouwprodukten geschiedde in het verleden, naast de gravimetrische en titrimetrische methoden, door kleurkoppeling, gevolgd door meting met een zichtbaar licht spectrofotometer. Deze laatste methode wordt nog wel als referentiemethode aanbevolen, o.a. door IDF voor melk. Voor de dagelijkse routine zijn de spectrofotometrische methoden grotendeels verdrongen door de atoomabsorptiespectrofotometrie (AAS), een techniek die rond 1963 ongeveer gelijktijdig uitgevonden werd door de Utrechtse hoogleraar Van Alkemade en de Australiër Walsh.

De atomaire emissie spectroscopie (AES) is in feite enkele decaden ouder. Wanneer een monster voldoende verhit wordt, dissociëren de chemische verbindingen, de dan gevormde metaal-atomen geraken voor een deel in "aangeslagen" toestand en gaan straling van specifieke golflengte uitzenden. De golflengte is een kwalitatieve en de intensiteit van de straling een kwantitatieve maat voor het desbetreffende element.

Een eenvoudige manier om atomen te exciteren is het verstuiven in een vlam. Behalve voor de bepaling van Na en K met de vlamfotometer heeft de AES in ons type laboratoria weinig of geen ingang gevonden. De acetylenevlam met een temperatuur van 3000°C is niet heet genoeg om andere dan de alkalimetalen in voldoende mate tot lichtemissie te brengen (maar was uitnemend geschikt voor de absorptie metingen van de AAS). Heteren lichtbronnen, die er wel waren: vlamboog (arc, Bogen) en vonk (spark, Funk) ontleding, zijn alleen geschikt voor vaste monsters, en daarom minder aantrekkelijk voor biologische en agriculture monsters die meestal in oplossing geanalyseerd worden. Deze AES technieken hebben reeds tientallen jaren uitgebreid toepassing gevonden in de metallurgie en de geochemie, en zijn nu tot een hoge graad van perfectie en automatisering ontwikkeld. Overigens blijft bij vaste monsters de ijking een zwak punt.

De nieuwe emissiebron, het argonplasma, combineert de hanteerbaarheid van de vlam met de hoge temperatuur van de elektrische ontleding.

### Werking argon plasma

De plasma fakkel of plasma toorts wordt gedefinieerd als een "electrisch neutraal, sterk geïoniseerd gas, bestaande uit ionen, electronen en neutrale deeltjes". Meestal is het gas een stroom argon, dat geïoniseerd wordt door een sterk electrisch veld. Naargelang de aard van de energietoevoer onderscheidt men:

gelijkstroomplasma (DCP, direct current plasma)

microgolfplasma (CMP, capacitively coupled microwave plasma)

inductief gekoppeld plasma (ICP, inductively coupled plasma)

Van deze technieken is het ICP het meest ontwikkeld en verbreid, en voor monsters in ons interessegebied ook het meest belovend.

De plasma fakkel bereikt een temperatuur van 7000 - 15000<sup>o</sup>C, voldoende om zelfs hoog smeltende metaaloxiden, zoals van Nb, Ta, Mg, Al enz. te dissociëren en te exciteren.

Het was al jaren lang technisch mogelijk, een stabiel plasma te verkrijgen. De moeilijkheden zaten in de monsterinvoer. Pas in de laatste tijd zijn er verstuivers ontwikkeld, waarmee een bevredigende monsterinvoer mogelijk bleek. En nog steeds is deze stap een zwak punt van plasma AES t.o.v. AAS - vooral bij een aanbod van variërende typen monsters. Figuur 1 geeft een beeld van een plasmatoorts met monsterinvoer.

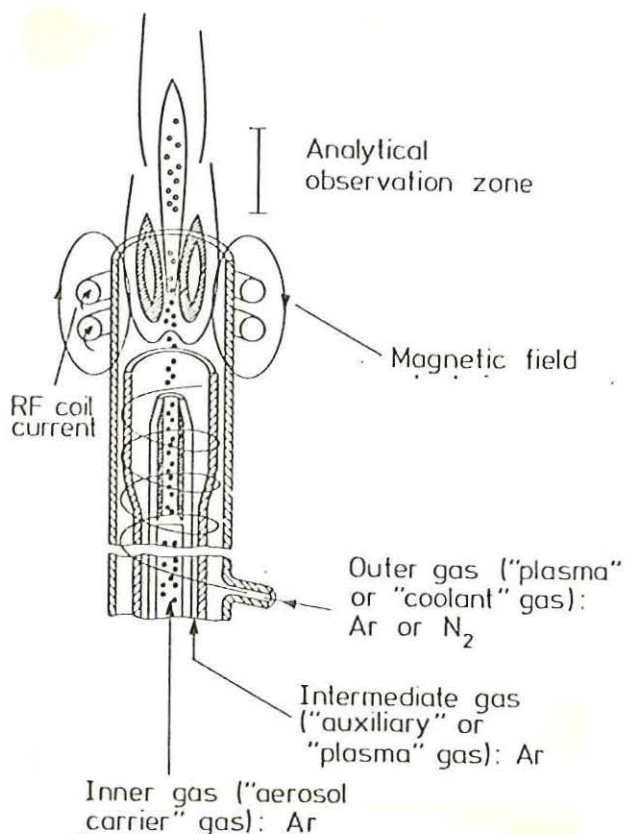


fig.1 Plasma toorts.

In de plasma fakkelt worden in principe "alle" aanwezige elementen geëxciteerd, en ze kunnen daardoor ook tegelijk gedetecteerd worden. Dit is een principiëel verschil met AAS, waarbij slechts één element tegelijkertijd gemeten kan worden (of hooguit twee), nl. alleen dat element waarvoor men licht van datzelfde element instraalt.

Bij ICP-AES worden twee manieren van lichtemissie detectie toegepast nl. simultaan en sequentieel.

Bij simultaanmeting wordt de geëmitteerde straling in een polychromator door middel van een rooster verstrooid over de z.g. Rowland cirkel, zie figuur 2. Op vooraf bepaalde golflengten zijn detectoren (fotovermenigvuldigers) zeer nauwkeurig geplaatst om de gewenste elementen te kunnen meten, desnoods tot 60 elementen tegelijk. Polychromators zijn voor boog en vonk emissiespectrofotometers reeds tientallen jaren met succes in gebruik.

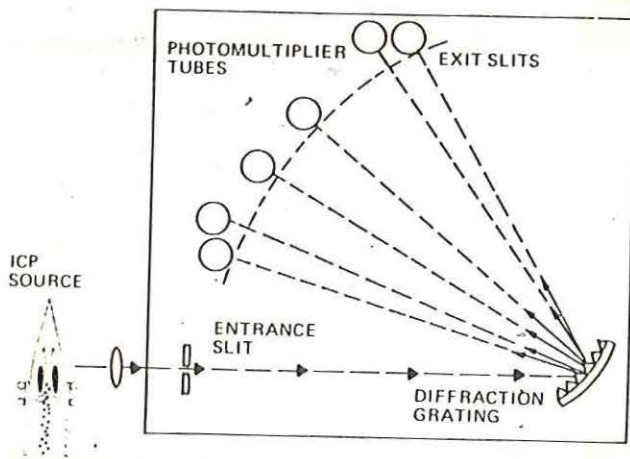


fig. 2 Polychromator, met vaste uittreespleten en detectoren.

Bij de sequentiële methode maakt men gebruik van een goede monochromator, die achtereenvolgens ingesteld wordt op de gewenste golflengten. Er zijn thans sequentiële apparaten (bezig) op de markt (te komen), waarbij dit instellen automatisch en zeer snel door middel van een computer gebeurt die dan tevens voor de overige sturing van het apparaat en voor de berekeningen gebruikt wordt. Wil men van simultaanmetingen het volle profijt hebben, dan is daarbij een computer zonder meer noodzakelijk.

### Voor- en nadelen van ICP - AES t.o.v. AAS

#### Voordelen:

- 1 De mogelijkheid van multielementanalyse, simultaan of sequentieel, zoals hiervoor besproken is.
- 2 Bepaling van moeilijk smeltbare elementen. Bij een temperatuur van  $3000^{\circ}\text{C}$  zoals die bij AAS (vlam of electrothermisch) bereikt kan worden, kunnen veel elementen niet behoorlijk geatomiseerd worden, met name die welke hoogsmeltende oxiden vormen. Te noemen zijn Nb, Ta, Mg, Al, Af, Zr, Be, P, B, W, U, lanthaniden. Het is niet ondenkbaar, dat in de nabije toekomst J, S en C aan de lijst toegevoegd kunnen worden.
- 3 Groot dynamisch bereik. Door de grote verdunning van het monster in het plasma treedt, in tegenstelling tot bij AAS pas bij zeer hoge concentraties zelfabsorptie op, zodat de Wet van Beer over een veel groter concentratiegebied geldig is. Men heeft daardoor een lineair gebied van 4 tot 5 decaden, dat wil zeggen van bv. 10 ppb tot 1000 ppm! Dit is vooral van voordeel bij multielementanalyse die zonder noodzaak van verschillende verdunningen mogelijk is.
- 4 Vermindering van chemische interferenties. Bij AAS treden veelal matrix-effecten op door begeleidende verbindingen die het analytisch signaal onderdrukken. Bij de veel hogere plasmatemperatuur zijn veel van dit soort interferenties verdwenen.

#### Nadelen:

- 1 Detectiegrenzen zijn niet zo laag als bij electrothermische AAS of voltametrische polarografische methoden. In tabel 1 zijn een aantal detectiegrenzen verzameld.
- 2 Spectrale interferenties. Veel elementen hebben een zeer gecompliceerd lijnenspectrum. In figuur 3 is een klein deel van het ijzerspectrum weergegeven. Het risico bestaat dat op of vlak naast een te meten emissielijn een ander element eveneens emitteert.

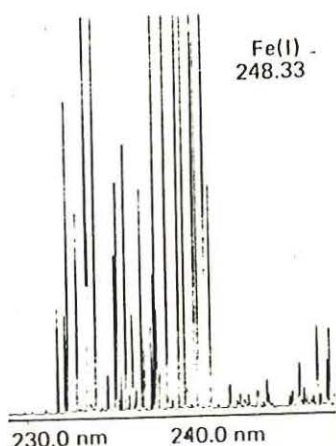


fig. 3 Deel van het spectrum van ijzer geëmitteerd door een plasma toorts.

Tabel 1

Detectiegrenzen in de meetoplossing voor verschillende analyse technieken  
(in  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

<u>Element</u>	<u>ICP<sup>1)</sup></u>	<u>DCP<sup>1)</sup></u>	<u>Vlam<sup>1)</sup></u>	<u>Electrothermische<sup>1)</sup></u> <u>AA</u>	<u>Heroplossings<sup>2)</sup></u> <u>voltametrie</u>
Al	10	5	20	0.004	-
As	15	30	100	0.06	0,1
B	2	5	1000	----	-
Cd	1	5	1	0.008	0.01
Co	2	20	5	0.03	-
Cr	2	10	3	0.005	10
Cu	2	5	2	0.008	0.1
Fe	1	3	5	0.003	5
Mn	0.5	50	3	0.004	-
Mo	5	40	10	0.06	-
Ni	5	50	8	0.02	20
P	30	40	10 <sup>5</sup>	3.0	-
Pb	15	200	10	0.03	0.1
Pt	20	200	50	0.45	-
Se	15	50	100	0.10	0.2
Si	10	400	60	0.10	-
Ti	1	50	50	0.30	-
U	75	2000	7000	---	-
V	2	---	20	0.15	-
Zn	1	5	0.6	0.0007	0,1

1) Ontleend aan fabrikanten publicatie, cijfers wel wat optimistisch, met name voor electrothermische AAS.

2) Eigen ervaring. Heroplossingsvoltametrie is in de praktijk o.m. voor Pb en Cd gevoeliger dan electrothermische AAS.

### Vergelijking simultane en sequentiële metingen

Simultaanmeting met een polychromator trekt ongetwijfeld het meeste profijt uit de potentiële mogelijkheden van plasma AES. In luttele seconden kunnen tot 60 elementen gelijktijdig bepaald worden (als alles goed is).

Het is de aangewezen techniek voor routine massa-onderzoek van eenzelfde soort monsters. Anderzijds is het tevens een star systeem: de gewenste te meten golflengten moeten van tevoren opgegeven worden. De polychromator wordt dan "op maat" gemaakt en kan niet op eenvoudige wijze gewijzigd of aangevuld worden. Of er spectrale interferenties optreden kan niet of moeilijk opgespoord worden.

Bij sequentiële metingen met behulp van een monochromator ziet men af van het grote voordeel van gelijktijdige detectie. Men verkrijgt echter de mogelijkheid om het spectrum door te scannen. Daardoor kan het emissieprofiel bepaald worden, en daarmee het optreden van spectrale interferentie. Een monochromator is derhalve van groot nut bij het uitzoeken van methodes en het meten van een niet al te groot aantal elementen in niet al te ingewikkelde matrices.

Met de zeer moderne computergestuurde monochromatoren duurt één analyse van 10 elementen bij hogere concentraties 2 à 3 minuten. Bij lage concentraties kan dit oplopen tot zo'n 20 minuten. In dit laatste geval worden hoge eisen gesteld aan de stabiliteit van de monochromator en het elektronische systeem. Bij handelsapparaten voorzien van een polychromator bestaat in veel gevallen de mogelijkheid tot een (echte of namaak) additionele monochromator.

Een ruwe prijsindicatie: een polychromator-ICP met alles d'r op en d'r aan komt op 250-350 k f; een gecomputeriseerde monochromator-ICP is al leverbaar < 200 k f.

In tabel 2 is een aantal handelsapparaten vermeld. Voor gedetailleerde beschrijving zie verslag 80 G 10.

### Vergelijking verschillende moderne instrumentele technieken

Behalve AAS en ICP zijn er nog andere moderne instrumentele technieken beschikbaar voor metaalspooranalyse in biologisch materiaal. In tabel 3 zijn de mogelijkheden en de kosten van de verschillende technieken op een rijtje gezet.



Tabel 2. Commenciële ICP-apparatuur.

Hersteller	Typ	ICP-Generator	Spektralapparat
Applied Research Laboratories	35 000 ICP	2 kW, 27,12 MHz frequentiekonstant	1 m Monochromator
	34 000 ICP	idem	1 m Polychromator
Instrumentation Laboratories	IL Plasma 100	2 kW, 27,12 MHz frequentiekonstant	Doppelmonochromator
Instruments S.A.	JY 38 P	27,12 MHz frequentiekonstant Standard 1,6 kW Option 11 2,5 kW Option 12 4,0 kW	1 m Monochromator
	JY 48	idem	1 m Polychromator
Jarrell Ash	Atomcounter ICP	2 kW, 27,12 MHz frequentiekonstant	0,75 m Polychromator
Kontron	PSS 2000	4 kW, 27,12 MHz freilaufend	0,6 m Monochromator
	PSS 1000	2 kW, 27,12 MHz freilaufend	0,6 m Monochromator
	—	Generatoren: 2 kW und FS 4, 7, 10—4, 7 oder 10 kW; 27,12 MHz freilaufend	1 m Polychromator 2 m Spektrograaf 0,6 m Monochromator
Labtest Equipment	Plasmascan 700 Model 2100/ CRT 1000 ICAP	2 kW, 27,12 MHz frequentiekonstant idem	0,35 m Monochromator  Polychromatoren V 25, 2100, 310 und 71
	Linn GmbH	—	Generatoren: 2 kW und FS 4, 7, 10—4, 7 oder 10 kW; 27,12 MHz freilaufend
Perkin Elmer	—	2 kW, 27,12 MHz frequentiekonstant	0,5 m Monochromator Model 5000
Philips	PV 8490	2 kW, 50 MHz freilaufend	Polychromatoren PV 8210 und PV 8350
Plasma-Therm Inc.	HFP 1500 D HFP 2000 D	1,5 und 2 kW, 27,12 MHz, frequentiekonstant	—
Radyne	—	R50P: 4,5 kW/15 kW, 27,12 MHz	—
Rank Hilger	ICAP	2 kW, 27,12 MHz frequentiekonstant	Polychromatoren E 960 und E 1000

Tabel 3.

Characteristics and Costs of Instrumental Determination Methods for Trace Metal Analysis in Biological Specimens (see also refs. 9,12,65)

Method	Typical Costs 10 <sup>3</sup> \$	Determ. Limit in Biolog. Specimen $\mu\text{g}/\text{kg}$	Sample/day (real time/h)	Accessible Metals	Remarks
ZAF (oligo- element method)	50-60 (wave length- dispersive)	$\geq 100$	10-20(8)		No digestion required; destruc- tion less method.
(multi-ele- ment method)	80 (energy-disper- sive)	100	100 (24)	all above Z = 15	Resolutions: 3eV wave length-dis- persive, 150eV energy-dispersive
AES with ICP (multi- element method)	100-200	1-10	100(8)	practically all metals	after digestion; equipment in- clusive data pro- cessing devices
SSMS (multi- element method)	250	$\geq 0.4$	4(8)	practically all metals	after digestion or mixing with graphite for con- ductivity
ISMS (se- quential single ele- ment method)	80-100	$\leq 0.01$	$\leq 4(8)$	up to 60 me- tals among them all toxic metals.	particularly effi- cient digestion and special sub- sequent pretreat- ment, chemical or electrochem. separ- ation of trace metals required
NAA (multi- element method)	50-100	0.01 usually, but 1 for Hg, As, Cu; 100 for Cd, 1000 for Ni, Se, Zn, Bi, 10 <sup>5</sup> for Pb. (Conditions: 10h irradiation at 10 <sup>13</sup> neutrons cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> , $\gamma$ -spectro- metry with NaI-dec- tor)	10(24)	many but unsuitable for most toxic metals	Usually prior di- gestion; costs in- clude not neutron source and required equipment for radio- chemical separa- tions and manipula- tions in special radiochemical labo- ratory
AAS (se- quential single ele- ment method)	10-20 (flame)	$\geq 100$	25(8)	about 60 metals, in- cluding all <i>a priori</i> and potentially toxic metals	usually prior di- gestion required
	20-60 (electro- thermal, cold vapour)	$\geq 0.2$	25(8) 50-70(24)	about 40 me- tals, auto- mated inclu- ding all <i>a priori</i> and po- tentially toxic metals	usually prior di- gestion required
Voltammetry (oligo-sub- stance method)				all <i>a priori</i> and poten- tially toxic metals except Be,	Prior digestion required, if not natural water sam- ples; up to 6 me- tals determinable simultaneously;
Polarography/ DME	3-10	10			
Inverse Vol- tammetry/HMDE or Au	3-10	$\geq 0.1$	10-12(8)	heavy and transition metals,	low cost instru- ments for 3000 \$ only with dc-and DPP-mode with fixed parameters
Inverse Vol- tammetry/MFE	20 (automa- ted)	$\geq 0.01$		As, Sb, Se; and many or- ganic sub- stances by polarography refs. 39, 66)	

RIKILT - interesse in elementanalyses

De eigen interesse van het RIKILT concentreert zich op de elementen Pb, Cd, Hg, As. Dit betreft de volgende projecten.

IB inventarisatieonderzoek:	grond en gewas
IVVO overdrachtsproeven:	vlees, organen, melk, veevoeder
VREK:	vlees, nieren
LAC - visverontreiniging:	vis, mosselen
IB bodemmonitoring:	grond

Andere elementen:

LAC vis omvat in totaal: Pb, Cd, Hg, As, Cu, Zn, Cr, Ni, 32 monsters/ jaar

Het IB bodemmonitoring programma: As, Cd, Cu, F, Hg, Pb, Zn, NO<sub>3</sub>

Veevoeder (AID), controle produktschapsverordening 1975:

Pb, Hg, As en/of Cu, meestal alleen Cu.

Meststoffen (AID): Cu en/of Ca

CLO/ACV: veevoerders: Cu en/of Mg en/of Ca

premixen: Mn en/of Zn en/of Fe

Zuiveringsslib ca. 8 elementen 2 monsters/ maand

In tabel 4 zijn voor de elementen Pb, Cd, Hg en As de gehalten in de verschillende produkten verzameld, met de detectiegrenzen voor ICP. Voor deze laatste is uitgegaan van - de zeker niet pessimistische - fabrikantgegevens uit tabel 1 voor de detectiegrens in de meetoplossing, en is aangenomen dat de detectiegrens in het produkt 10 x zo hoog is.

Tabel 4. Gehaltes van Pb, Cd, As en Hg in produkten.

	Pb	Cd	As	Hg
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
grond, grenzen	2 - 580	< 0,05 - 37	1 - 103	< 0,01 - 4,9
grond, normaal	10 - 100	0,2 - 1,0	2 - 50	0,01 - 0,30
gewas	- 0,5	- 0,15	- 0,1	- 0,03
vlees	0,05	0,005	0,005	0,003
organen (lever, nier)	0,2 - 0,5	0,03 - 0,6	0,006 - 0,02	0,004 - 0,02
ICP det. grens (produkt)	0,15	0,01	0,15	n.a.

Kwik is uiteraard, door zijn grote vluchtigheid, niet met ICP te bepalen. Uit de tabel blijkt dat Pb, Cd en As gehalten in grond met een ICP meetbaar zijn, voor gewas en dierlijke organen is het kiele-kiele, en vlees gaat niet. De overige hierboven genoemde elementen zullen, wat de detectiegrenzen betreft, geen moeilijkheden opleveren.

In tabel 4 zijn gehalten verzameld genoemd in de Verordening Diervoeders 1975 en in tabel 5 die van de Richtwerte 1976 en 1979 en de CRV en LAC ontwerp normen.

Interesse van andere landbouwinstituten

Interesse in Fe, Mn, Zn, Cu (Mo), Mg, K, Na, P, Pb, Cd, Hg. Voor Mo thans geen goede bepalingmethode 50.000 grondmonsters/ jaar. Daarnaast ook gewasmonsters en diverse monsters.

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren

In principe geïnteresseerd in "alle" elementen. Men heeft bepalingmethodes voor Cd, Ca, Cr, K, Cu, Pb, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Fe, Zn.

Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek Mariendaal te Oosterbeek

Elementen: Al, As, Cd, Ca, Cr, Co, K, Cu, Hg, Pb, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Fe, Zn.

dR/MA



Nr.	Elementen	Toevoegingsmiddelen	Chemische formule	Volledig dier-voeder voor:	Maximale gehalte van het element in grammen per 1.000 kg voeder
E 1	I. Spoorelementen IJzer-Fe	IJzer (II) fumarate	$FeC_4H_2O_4$	Alle diersoorten	1.250 (totaal)
		IJzer (II) citraat	$Fe_3(C_6H_5O_7)_2 \cdot 6H_2O$		
		IJzer (II) carbonaat	$FeCO_3$		
		IJzer (II) chloride	$FeCl_2 \cdot 4 H_2O$		
		IJzer (III) chloride	$FeCl_3 \cdot 6 H_2O$		
		IJzer (III) oxyde	$Fe_2O_3$		
		IJzer (II) sulfaat	$FeSO_4 \cdot 7 H_2O$		
		IJzer (II) lactaat	$Fe(C_3H_5O_3)_2 \cdot 3H_2O$		
E 2	Jodium-J	Calciumjodaat	$Ca(JO_3)_2 \cdot 6 H_2O$	Alle diersoorten	40 (totaal)
		Watervrij calciumjodaat	$Ca(JO_3)_2$		
		Natriumjodide	$NaJ$		
		Kaliumjodide	$KJ$		
E 3	Kobalt-Co	Kobalt (II) acetaat	$Co(CH_3COO)_2 \cdot 4 H_2O$	Alle diersoorten	10 (totaal)
		Kobalhydroxidecarbonaat	$2 CoCO_3 \cdot 3 Co(OH)_2 \cdot H_2O$		
		Kobalt (II) chloride	$CoCl_2 \cdot 6 H_2O$		
		Kobalt (II) sulfaat	$CoSO_4 \cdot 7 H_2O$		
		Kobalt (II) sulfaat, monohydraat	$CoSO_4 \cdot H_2O$		
		Kobalt (II) nitraat	$Co(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O$		
E 4	Koper-Cu	Koper (II) acetaat	$Cu(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$	Mestvarkens	200 * (totaal)
		Koper-hydroxydecarbonaat, monohydraat	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2 \cdot H_2O$	Fokvarkens	50 (totaal)
		Koper (II) chloride	$CuCl_2 \cdot 2 H_2O$	Andere diersoorten	50 (totaal)
		Koper (II) oxyde	$CuO$		
		Koper (II) sulfaat	$CuSO_4 \cdot 5 H_2O$		
E 5	Mangaan-Mn	Mangaan (II) carbonaat	$MnCO_3$	Alle diersoorten	250 (totaal)
		Mangaan (II) chloride	$MnCl_2 \cdot 4 H_2O$		
		Mangaan (II) monowaterstoffsulfaat	$MnHPO_4 \cdot 3 H_2O$		
		Mangaan (II) oxyde	$MnO$		
		Mangaan (III)	$Mn_2O_3$		
		Mangaan (II) sulfaat	$MnSO_4 \cdot 4 H_2O$		
		Mangaan (II) sulfaat, monohydraat	$MnSO_4 \cdot H_2O$		
1	Molybdeen			Alle diersoorten	2,5
2	Selenium			Alle diersoorten	0,5

Tabel 9

treedt in werking op 1 oktober 1976.

Nr.	Elementen	Toevoegingsmiddelen	Chemische formule	Volledig dier-voeder voor:	Maximale gehalte van het element in grammen per 1.000 kg voeder
E 6	Zink-Zn	Zinklactaat	$Zn(C_3H_5O_3)_2 \cdot 3 H_2O$	Alle diersoorten	250 (totaal)
		Zinkacetaat	$Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2 H_2O$		
		Zinkcarbonaat	$ZnCO_3$		
		Zinkchloride, monohydraat	$ZnCl_2 \cdot H_2O$		
		Zinkoxyde	$ZnO$		
		Zinksulfaat	$ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$		
		Zinksulfaat, monohydraat	$ZnSO_4 \cdot H_2O$		

Stoffen, produkten	Diervoeders	Maximumgehalte in mg/kg (ppm) in het voeder, herleid tot een vochtgehalte van 12 %
<p>A. Stoffen (ionen of elementen)</p> <p>1. Arseen</p> <p>2. Lood</p>	<p>Enkelvoudige diervoeders met uitzondering van:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gemalen groenvoeder, luzernemeel en klavermeel alsmede al dan niet gemelasseerde gedroogde suikerbietenpulp</li> <li>- fosfaten en diervoeders, verkregen door verwerking van vis of andere zeedieren</li> </ul> <p>Volledige diervoeders</p> <p>Enkelvoudige diervoeders met uitzondering van:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- groenvoeder</li> <li>- fosfaten</li> <li>- gist</li> </ul> <p>Volledige diervoeders</p>	<p>2</p> <p>4</p> <p>10</p> <p>2</p> <p>10</p> <p>40</p> <p>30</p> <p>5</p> <p>5</p>
<p>4. Kwik</p>	<p>Enkelvoudige diervoeders met uitzondering van:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- veevoeders, verkregen door verwerking van vis of andere zeedieren</li> </ul> <p>Volledige diervoeders</p>	<p>0,1</p> <p>0,5</p> <p>0,1</p>

Tabel 4  
vervolg

	Arseen				Cadmium			Kwik			Lood		
	BRD		CRV	LAC	BRD	CRV	LAC	BRD	CRV	LAC	BRD	CRV	LAC
	1976	1979	1978	1979	1979	1978	1979	1979	1978	1979	1979	1978	1979
granen	(0,5)	---	0,1	0,5 <sup>*</sup>	0,1	0,1	0,15 <sup>x</sup>	0,03	0,02	0,03	0,5	0,2	0,5
aardappelen	0,2	---	0,1	0,1	0,1	0,08	0,1 <sup>x</sup>	0,02	0,02	0,02	0,2	0,2	0,2
groenten	(0,2)	---	0,1	0,1	0,1 (blad) 0,05 (wortel)	0,05	0,1 0,15 <sup>x</sup> (spinazie)	---	0,02	0,03	1,2 (blad) 0,5 (wortel) 0,2 (vrucht)	0,3	0,3 <sup>x</sup>
vruchten	0,2	---	0,1	0,1	0,05	0,03	0,03 <sup>x</sup>	---	0,02	0,02	0,5	0,3	0,3 <sup>x</sup>
peulvruchten	---	---	---	---	---	0,05	---	---	---	---	---	0,5	---
vruchtensap	---	---	0,1	---	0,02	0,03	---	---	0,02	---	0,2	---	---
melk	(0,1)	---	0,1	0,1 <sup>*</sup>	0,0025	0,005	0,005	-	0,001	0,01	0,05	0,05	0,05
melkprodukten	---	---											
kaas	---	---	0,1	---	---	0,1	---	---	0,03	---	---	0,3	---
rundvlees	(0,05)	---	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1 <sup>*</sup>	0,02	0,05	0,1	0,3	0,3	0,3
varkensvlees	0,1	---	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1 <sup>*</sup>	0,05	0,05	0,1	0,3	0,5	0,3
kippevlees	0,1	---	0,1	0,1	(0,1)	0,1	0,1 <sup>*</sup>	(0,08)	0,05	0,1	(0,5)	0,5	0,3
runderlever	(0,25)	---	0,25	0,5 <sup>*</sup>	0,5	0,5	1,0 <sup>*</sup>	0,1	0,05	0,2	0,8	0,8	2,0 <sup>*</sup>
varkenslever	0,25	---	0,25	0,5 <sup>*</sup>	0,8	0,8	1,0 <sup>*</sup>	0,1	0,05	0,2	0,8	0,8	1,0 <sup>*</sup>
kippelever	0,1	---	0,1	0,5 <sup>*</sup>	(0,1)	0,5	1,0 <sup>*</sup>	(0,08)	0,05	0,2	(0,8)	0,5	0,5
rundernier	---	---	0,25	0,5 <sup>*</sup>	(1,0)	1,0	5,0 <sup>*</sup>	---	0,05	0,4	(0,8)	1,0	2,0 <sup>*</sup>
varkensnier	---	---	0,25	0,5 <sup>*</sup>	(2,0)	2,0	5,0 <sup>*</sup>	(0,5)	0,05	0,4	(0,5)	0,5	1,0 <sup>*</sup>
Kipscieren	0,1	---	0,1	0,1	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,1	0,2	0,15	0,2

Gebruikte notatie:

--- geen uitspraak c.q. geen voorstel t.a.v. normen.

\* nadere onderzoekresultaten afwachten, normvoorstel voorlopig aan de hoge kant.

x nadere onderzoekresultaten afwachten, normvoorstel voorlopig aan de lage kant.

N.B. voor de BRD zijn hier de Richtwerte 1979 ingevuld, voorzover deze zijn gegeven. Bij afwezigheid hiervan zijn de Richtwerte 1976 tussen haakjes ingevuld.

Tabel 5

