SLIBVERWERKING

SV 8 Landbouwkundige waarde van slib

ir. S. de Haan

Auteursrechten voorbehouden

Stichting Postakademiale Vorming
GEZONDHEIDSTECHNIEK

STICHTING POSTAKADEMIALE VORMING

GEZONDHEIDSTECHNIEK

Syllabus Cursus Slibverwerking, TH Delft, 1983

LANDBOUWKUNDIGE WAARDE VAN ZUIVERINGSSLIB

Ir. S. de Haan

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.)

INHOUD

1. Inleiding 3
2. Organische stof 6
3. Stikstof 9
4. Fosfor 12
5. Kalium 16
6. Kalk 17
7. Magnesium 20
8. Arseen 21
9. Cadmium 22
10. Chroom 26
11. Koper 27
12. Kwik 29
13. Nikkel 30
14. Lood 33
15. Zink 34
16. Zware metalen waarvoor geen maximaal toelaatbaar gehalte is vastgesteld 36
    16.1. Mangaan 36
    16.2. Cobalt 36
    16.3. Molybdeen 37
    16.4. Organische micro-verontreinigingen 39
    16.5. Parasieten en pathogene organismen 39
17. Samenvatting van de landbouwkundige waarde van zuiveringsslib 40
18. Waarde van zuiveringsslib bij maximaal toegestane concentraties aan zware metalen in Nederland, de Duitse Bondsrepubliek, Zwitserland en volgens een EG-voorstel 42
19. Samenvatting 43
20. Literatuur 44

1947 (1983)
(100)

1. INLEIDING

De levering van zuiveringsslib aan de landbouw gebeurt sinds 1 april 1980 op basis van de "Richtlijn voor de afzet van vloeibaar zuiveringsslib ten behoeve van gebruik op bouw- en grasland", opgesteld door de Unie van Waterschappen in overleg met de Ministeries van Landbouw en Visserij, van Verkeer en Waterstaat en van Volksgezondheid en Milieuhygiëne (thans van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiëne). Deze Regeling houdt het volgende in:

A. De maximale slibgift is op drogestofbasis 2 ton/ha per jaar voor bouwland en 1 ton/ha per jaar voor grasland.

B. De gehalten aan zware metalen in mg/kg droog slib zijn maximaal als volgt: arseen 10, cadmium 10, chroom 500, koper 600, kwik 10, nikkel 100, lood 500 en zink 2000. Gedurende een overgangsregeling van vier jaar mogen de gehalten van maximaal 2 elementen met uitzondering van cadmium, met maximaal 50% overschreden worden, mits het slib dan slechts eens in de twee jaar gegeven wordt. Voor cadmium gold een overgangsregeling van twee jaar, die inmiddels afgelopen is.

C. Slib met een landbouwkundige bestemming wordt minimaal viermaal per jaar door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek (BL) onderzocht op zijn gehalten aan organische stof, stikstof, fosfor, kali, kalk, magnesium en op de bovengenoemde zware metalen.

De uitslag van het onderzoek door het BL staat voor de jaren 1981 en 1982 in tabel 1. De afzonderlijke componenten worden op de volgende bladzijden behandeld en er wordt een waarde aan toegekend. Voor de zware metalen wordt nagegaan in hoeverre aan de bovengenoemde normen voor maximaal toelaatbare gehalten is voldaan.

Het onderzoek door het BL had in 1981 betrekking op 356 installaties en in 1982 op 339. De vermindering is voornamelijk een gevolg van het stoppen met periodieke bemonstering van installaties met te hoge gehalten aan zware metalen in het slib. Voor tabel 1 is uitgegaan van de gemiddelde waarden per zuiveringsinstallatie, dus niet van de afzonderlijke analyseresultaten.

TABEL I. Chemische samenstelling van zuiveringsslib met landbouwkundige bestemming in 1981 en 1982. Gehalten in % of mg/kg drogestof.

		Laagste	5%	Gemiddelde	95%	Hoogste waarde
% org. stof	1981	14,1	44,2	62,5	76,9	81,0
	1982	23,6	41,8	62,4	76,5	83,1
% N	1981	0,87	2,25	5,26	7,43	10,28
	1982	1,60	2,26	5,33	7,35	9,83
% P_2O_5	1981	0,80	1,68	5,10	8,15	19,5
	1982	1,08	1,94	5,24	8,73	19,2
% K_2O	1981	0,14	0,20	0,61	1,07	1,77
	1982	0,10	0,19	0,61	1,09	1,73
% CaO	1981	2,13	2,66	5,17	8,75	26,38
	1982	2,10	2,90	5,49	10,03	29,13
% MgO	1981	0,22	0,40	0,73	1,10	1,57
	1982	0,22	0,50	0,79	1,15	1,88
mg/kg As	1981	1,1	2,4	5,8	12,0	22,8
	1982	1,0	2,7	6,2	11,8	27,0
mg/kg Cd	1981	0,5	2,1	5,0	8,4	52,0
	1982	0,5	1,8	4,2	7,5	26,3
mg/kg Cr	1981	16	32	110	461	1124
	1982	24	29	81	238	821
mg/kg Cu	1981	115	186	499	911	3450
	1982	119	195	495	978	1733
mg/kg Hg	1981	0,2	0,6	2,2	5,2	37,3
	1982	0,4	0,6	2,0	4,6	22,0
mg/kg Ni	1981	7,5	15	45	105	1967
	1982	7,6	14	34	73	1600
mg/kg Pb	1981	55	129	329	591	1350
	1982	63	110	284	490	1275
mg/kg Zn	1981	345	614	1540	2450	7683
	1982	335	583	1420	2425	12225

Er worden ook enkele metalen behandeld, die niet in de Richtlijn genoemd worden, maar wel in het onderzoek van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB) betrokken zijn,of geweest zijn. Ook wordt nog iets gezegd over organische micro-verontreinigingen en organismen met een pathogeen karakter in zuiveringsslib.

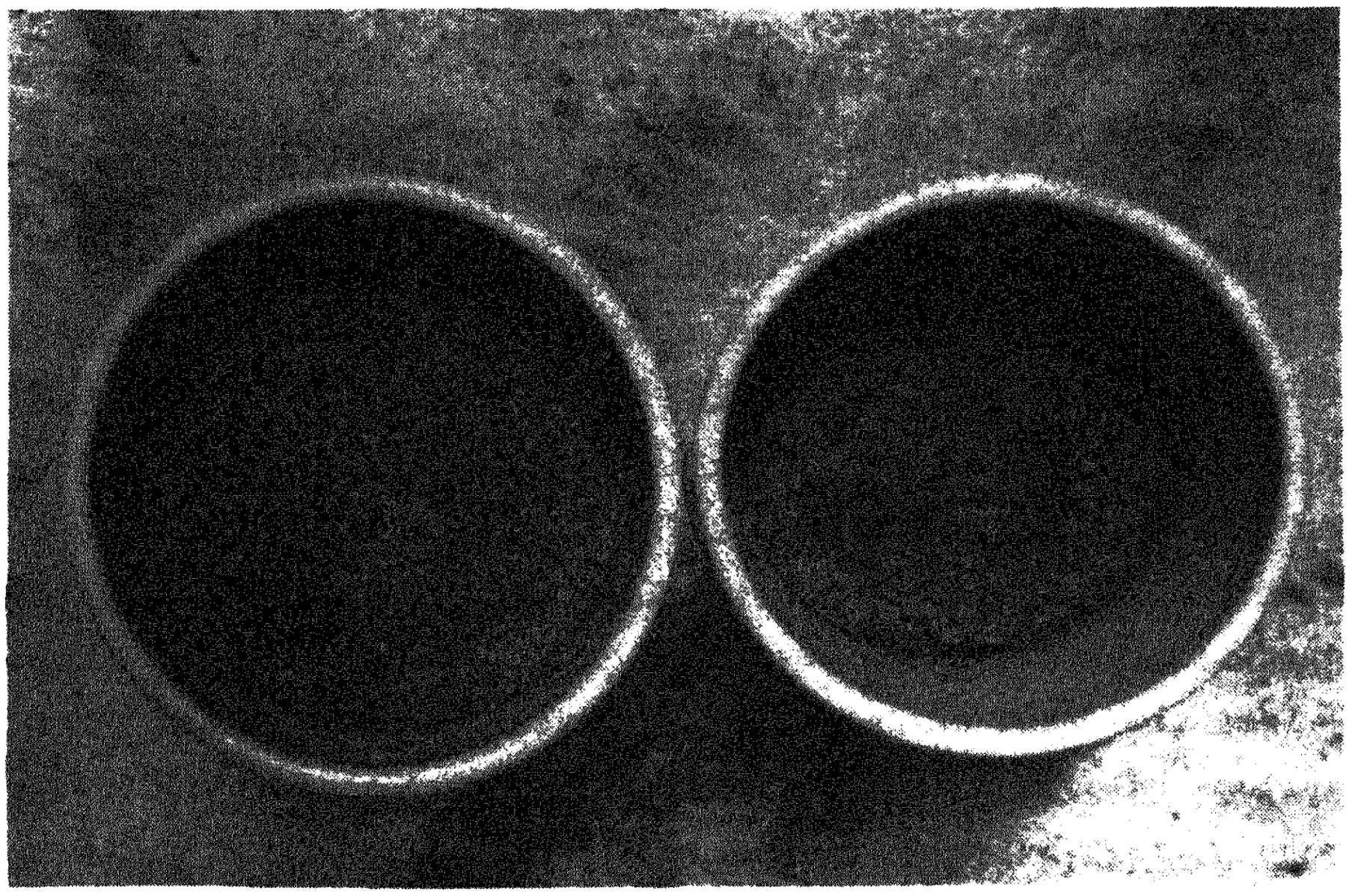
2. ORGANISCHE STOF

De organische stof vervult in de grond de volgende functies:

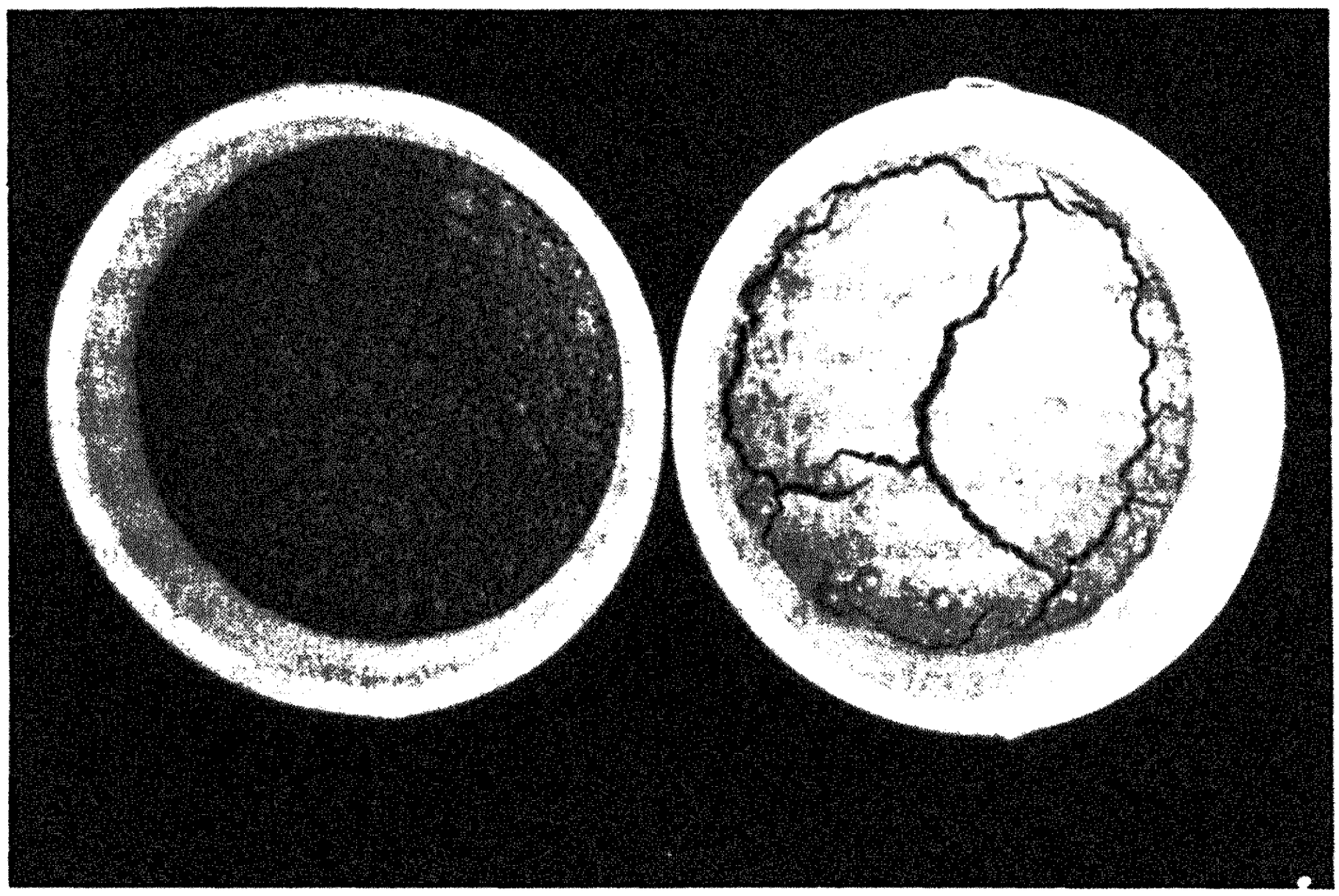
A. Voorzover hij wordt afgebroken levert hij plantevoedende stoffen, die door het gewas kunnen worden opgenomen, voorzover de micro-organismen, die de afbraak tot stand brengen, ze voor hun eigen groei niet nodig hebben, en voorzover ze niet uitspoelen (vnl. 's winters op bouwland, bij afwezigheid van een gewas). Van de in de grond aanwezige voorraad organische stof (= humus), gemiddeld ca. 100 ton/ha, alleen in de bouwvoor, wordt jaarlijks, afhankelijk van de ouderdom van de humus, ca. 1% afgebroken. Voor vers aan de grond toegevoegd organisch materiaal is dit percentage in het eerste jaar als regel veel hoger. Voor wortel- en stoppelresten (meestal de voornaamste bron voor het op peil houden van de organische-stofvoorraad van de grond) kan het op ca. 70% gesteld worden, voor stalmest op ca. 60% en voor zuiveringsslib op ca. 40%. De micro-organismen, die de afbraak van de organische stof in de grond tot stand brengen, hebben door het afscheiden van slijmstoffen een gunstige invloed op de structuur van de grond.

B. Voorzover de organische stof in de grond niet afbreekt, of nog niet afgebroken is, heeft hij ook een gunstig effect op de structuur van de grond (zie figuur 1), en verhoogt hij het vasthoudend vermogen van de grond voor plantevoedende stoffen (adsorptievermogen) en voor water. Het laatste kan in het voorjaar met het oog op de bewerkbaarheid van de grond een nadeel zijn.

Als leveranciers van plantevoedende stoffen kunnen organische meststoffen, waartoe ook zuiveringsslib gerekend kan worden, als regel niet concurreren met kunstmeststoffen, die gemakkelijker, beter gedoseerd en op het juiste moment toegepast kunnen worden. Organische meststoffen zijn vooral dan waardevol als ze een verhoging van het produktieniveau van de grond tot stand brengen, die met enkel kunstmest niet kan worden verkregen. Men noemt dit het organische-stofeffect, of ook wel resteffect, omdat het niet zeker is dat het een organische-stofeffect is. Het kan ook wel een effect zijn



Figuur 1a. Zandgrond zonder (rechts) en met organische bemesting (links).



Figuur 1b. Kleigrond zonder (rechts) en met organische bemesting (links).

van een of ander spoorelement, waarvan de voorziening van het gewas niet optimaal is, zonder dat dat bekend is. Op de in 1977 met subsidie van de STORA aangelegde proefvelden met zuiveringsslib op bouwland is verschillende malen een positief resteffect vastgesteld. Bij geregeld gebruik van zware-metaalrijke afvalstoffen kan het resteffect op de duur ook wel negatief worden. In IB-onderzoek is dat gebleken op proefvelden, die jaren lang met VAM-compost bemest zijn. VAM-compost is wat zijn zware-metaalgehalte betreft vergelijkbaar met zuiveringsslib van huishoudelijke herkomst.

Zuiveringsslib bevatte op drogestofbasis volgens tabel I zowel in 1981 als in 1982 gemiddeld 62,5% organische stof. De variatie is betrekkelijk gering, omdat het hier uitsluitend gaat om vloeibaar slib, dat voor het verlaten van de installatie alleen gestabiliseerd is door beluchting (aëroob) of gisting (anaëroob). Slib, dat nadien nog een "rijpingsproces" ondergaat op droogvelden, of een composteringsproces, heeft als regel een lager organische-stofgehalte. Ook toevoeging van anorganische toeslagstoffen als kalk verlaagt het organische-stofgehalte.

De volgens de Richtlijn van de Unie van Waterschappen toegestane slibhoeveelheden zijn zo klein, dat van de organische stof weinig effect verwacht kan worden. Dat geldt met name voor grasland, waar de hoeveelheid wortel- en grasresten erg groot is (ca. 10 ton/ha per jaar) en dat bovendien als regel veel organische stof in de vorm van uitwerpselen van weidend vee en van stalmest of drijfmest ontvangt. Voor bouwland zou aan de organische stof in zuiveringsslib enige waarde toegekend kunnen worden als het humusgehalte erg laag is (< 2%), of als het slib gebruikt wordt ter bescherming tegen winderosie, bijv. bij bietenteelt op stuifgevoelige gronden in het voorjaar.

De geldswaarde van organische stof zou in die gevallen waarin er werkelijk enig effect van verwacht kan worden op ca. *f* 0,20 per kg stabiele organische stof gesteld kunnen worden. Deze waarde geldt ook voor tuinturf bij afname van grotere hoeveelheden ineens. In de tuinbouw wordt dit materiaal gebruikt voor structuurverbetering van de grond. Voor gebruik in de landbouw is het als regel te duur. Gaat men uit van deze prijs, dan heeft zuiveringsslib een organische-stofwaarde van 625 x 60% x *f* 0,20 = *f* 75,- per ton droog slib.

3. STIKSTOF

Stikstof is het voornaamste plantevoedende element. Stikstofgebrek kan een aanzienlijke opbrengstreductie tot gevolg hebben. Stikstofovermaat kan ook gepaard gaan met een lagere opbrengst, maar bovendien met kwaliteitsverlies van het gewas. Overtollige stikstof spoelt gemakkelijk uit en kan de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater nadelig beïnvloeden. De marge tussen stikstofgebrek en -overmaat is vaak vrij smal. De stikstofbehoefte van de gewassen varieert van ca. 150 kg/ha voor granen tot ca. 400 kg/ha voor grasland bij intensief gebruik.

De voornaamste stikstofbronnen voor het gewas zijn de organische-stofvoorraad van de grond, organische meststoffen en kunstmest. Uit de organische stof komt stikstof vrij in de vorm van ammoniak. Organische meststoffen bevatten naast organische stikstof vaak nog minerale stikstof in de vorm van ammoniak. Kunstmest bevat de stikstof in de vorm van ammoniak en van nitraat.

Ammoniakstikstof kan door vervluchtiging verloren gaan. Dit geldt vooral voor organische meststoffen, die ammoniakstikstof bevatten, als de toediening plaats vindt onder sterk drogende weersomstandigheden en de meststof niet direct na toediening wordt ondergeploegd. In de grond wordt ammoniak als regel vrij snel omgezet tot nitraat. In deze vorm wordt de stikstof meestal door het gewas opgenomen, maar kan hij ook uitspoelen. De grond houdt het nitraation, in tegenstelling tot ammoniak, niet vast. Onder reducerende omstandigheden kan nitraat gedenitrificeerd worden en als vrije stikstof verloren gaan. De kans op stikstofverlies door vervluchtiging of uitspoeling is dus vrij groot en dit geldt ook voor de stikstof in zuiveringsslib.

Zuiveringsslib bevatte volgens tabel I op drogestofbasis in 1981 gemiddeld 5,25% N en in 1982 5,33%. Er is niet nagegaan in welke vorm de stikstof in dit slib voorkomt. Volgens buitenlandse gegevens bestaat ongeveer de helft van de stikstof in vloeibaar slib uit minerale stikstof. In principe is deze volledig voor het gewas beschikbaar. De beschikbaarheid van de organische stikstof hangt af van de afbraakcoëfficiënt van de organische stof, die voor slib op ca. 40% gesteld kan worden, en de

vastlegging van de vrijgekomen stikstof door micro-organismen. Bij een onderzoek van Furrer (1978) was de hoeveelheid door het gewas opgenomen stikstof gelijk aan 90% van de in het slib aanwezige ammoniakstikstof plus 25% van de organische stikstof. Het onderzoek werd uitgevoerd met behulp van potten, waarbij de stikstofverliezen tot een minimum beperkt zijn.

Aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid wordt onderzoek uitgevoerd met vloeibaar slib van Almelo en Alkmaar, dat in de periode 1972-1981 in hoeveelheden van 0, 7½, 15 en 22½ ton drogestof per hectare per jaar gegeven is aan een zandgrond bij gebruik als bouwland of als grasland. De door het gewas opgenomen hoeveelheden slib-stikstof als percentages van de met het slib gegeven stikstof zijn weergegeven in tabel II. Ze hebben betrekking op de periode 1973/77. In de andere jaren is de stikstofopname door het gewas niet bepaald.

TABEL II. Percentages opgenomen stikstof uit vloeibaar slib van Almelo en Alkmaar, dat jaarlijks in hoeveelheden 0, 7½, 15 en 22½ ton drogestof per hectare gegeven wordt aan een zandgrond, die gebruikt wordt als grasland of als bouwland. Gemiddelde waarden over de periode 1973/77.

Slibherkomst	Almelo			Alkmaar		
hoeveelheid t ds/ha/jr	7½	15	22½	7½	15	22½
N-opname % grasland	56,2	54,6	52,6	42,8	44,3	42,6
bouwland	34,4	34,6	34,1	40,5	32,7	38,4

Van de stikstof uit het slib van Almelo is door het gras ca. 55% opgenomen en uit het slib van Alkmaar ca. 40%. Voor bouwland zijn de percentages lager. Hier ging meer stikstof met het drainwater verloren, met name van de stikstof uit het slib van Almelo met een hoger stikstofgehalte dan het slib van Alkmaar. Dit onderzoek wordt uitgevoerd met behulp van grote potten (140 liter), met opvangmogelijkheid voor drainwater. Het slib werd in dit onderzoek in het voorjaar gegeven. In de praktijk wordt het op bouwland vaak in de herfst gegeven vóór de stoppel-

bewerking of het op wintervoor ploegen. Voor grasland wordt geadviseerd het slib niet na februari te geven ter voorkoming van mogelijke schade door ziektekiemen. De kans op stikstofverlies is daardoor onder praktijkomstandigheden veel groter.

De prijs van kunstmeststikstof is momenteel ca. *f* 1,50/kg. Houdt men deze prijs ook aan voor slibstikstof en rekent men met een stikstofgehalte van het slib van 5% op drogestofbasis en een werkzaamheid van deze stikstof van 40% dan komt men op een stikstofwaarde voor zuiveringsslib van 50 x 40% x *f* 1,50 = *f* 30,-/ton droog slib.

4. FOSFOR

Fosfor vervult een belangrijke functie in het energie-opslag- en -transportsysteem van de plant en als bouwsteen van belangrijke aminozuren als RNA en DNA. In de vorm van anorganisch fosfaat beschikt de plant over een zekere fosfaatreserve. Fosfaatgebrek komt vooral in het jeugdstadium van het gewas voor. Een normaal gewas bevat op drogestofbasis gemiddeld ca. 1% P_2O_5.

De grond bevat in de bouwvoor gemiddeld ca. 0,1% P_2O_5 of zo'n 2500 kg/ha. Daarvan is meestal minder dan 1 kg/ha direct voor het gewas beschikbaar in de vorm van $H_2PO_4^-$ of HPO_4^--ionen in de bodemoplossing. In de volle groei van het gewas moet het fosfaat in de bodemoplossing dagelijks één of meerdere malen vervangen worden. Daarvoor zijn de volgende bronnen aanwezig:

A. geadsorbeerd fosfaat. Als adsorbens dienen de (positief geladen) randzijden van kleimineralen, kalk en aluminium- en ijzeroxiden of -hydroxiden. De laatste komen vooral in (zure) zandgronden voor als concreties of als coatings op kwartsdeeltjes.

B. geprecipiteerde P-verbindingen: Ca-fosfaat (kalkhoudende kleigronden), Al- en Fe-fosfaat (zandgronden). De oplosbaarheid van deze P-verbindingen is pH-afhankelijk: die van Al- en Fe-P neemt toe met toenemende pH, die van Ca-P met afnemende pH. Tussen pH 6 en 7 is volgens de literatuur de beschikbaarheid van P in de grond in het algemeen het grootst. Met het ouder worden van de verbindingen neemt de oplosbaarheid van geprecipiteerd fosfaat af.

C. organisch fosfaat. Van het totaal fosfaat in de grond varieert het organisch aandeel van minder dan 20 (minerale gronden) tot meer dan 80 (veengronden). Van het organisch fosfaat wordt jaarlijks ca. 1% geminera-liseerd en in deze vorm door het gewas opgenomen of vastgelegd in één van de bovengenoemde vormen.

D. onverweerde mineralen, vnl. apatiet. In deze vorm is P voor het gewas niet opneembaar.

E. neerslag. In deze vorm wordt jaarlijks per ha ca. 3 kg P_2O_5 aan de grond toegevoegd. Door uitspoeling gaat jaarlijks ca. 1 kg P_2O_5/ha verloren.

Uit de fosfaatvoorraad van de grond komt meestal niet voldoende fosfaat vrij voor een optimale groei van het gewas. Er moet dan een aanvullende bemesting gegeven worden. Gemiddeld wordt in Nederland per ha per jaar ca. 40 kg P_2O_5 gegeven als kunstmest en ca. 60 kg in de vorm van dierlijke mest. Daarvan wordt in het jaar van toediening als regel niet meer dan 10 à 20% door het gewas opgenomen.

Met name op akkerbouwbedrijven zou zuiveringsslib als fosfaatmeststof gebruikt kunnen worden. Het P_2O_5-gehalte van zuiveringsslib bedroeg in de jaren 1981 en 1982 gemiddeld ruim 5%, met een variatie van minder dan 2 tot meer dan 8% (tabel I). De variatie hangt voor een deel af van het zuiveringsproces: alleen mechanisch-biologisch, of een aanvullende defosfatering met behulp van kalk of aluminium- en/of ijzerzouten. Bij alleen mechanisch-biologische zuivering wordt met het slib ca. 30% van het fosfaat uit het afvalwater verwijderd, met aanvullende defosfatering tot 90% of meer. De slibhoeveelheid neemt bij defosfatering met ca. 50% toe.

Het fosfaat in zuiveringsslib bestaat voor niet meer dan 10% uit organisch fosfaat. De rest komt voornamelijk voor als verbinding van calcium, aluminium of ijzer. Gezien de vele mogelijkheden van fosfaatvastlegging in slib en grond is het moeilijk op grond van alleen analysegegevens een uitspraak over de fosfaatwerking van zuiveringsslib te doen.

In eerder door het IB uitgevoerd onderzoek werden voor de fosfaatwerking van verschillende soorten (= herkomsten) zuiveringsslib zeer verschillende uitkomsten verkregen. Zeer lage waarden werden gevonden voor slib verkregen door behandeling van oppervlaktewater of effluent van zuiveringsinstallaties met aluminium- en/of ijzerzouten (De Haan, 1980).

Inmiddels heeft een nieuw onderzoek plaats gevonden naar het effect van defosfatering op het fosfaatgehalte van zuiveringsslib en de opneembaarheid van dit fosfaat voor het gewas. Het onderzoek maakte deel uit van een meeromvattend onderzoek, dat door het Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO te Delft werd uitgevoerd in opdracht van het "Centre Européen d'Etudes des Polyphosphates" (Heide *et al.*, 1981). Het onderzoek naar de beschikbaarheid van het fosfaat (en zware metalen) voor het gewas werd door het IMG uitbesteed aan het IB.

Het betrof slib van de zuiveringsinstallaties Bodegraven, Gouda en Nieuwveen, zonder en met defosfatering m.b.v. ijzersulfaat (Bodegraven en Nieuwveen) of een mengsel van aluminium- plus ijzersulfaat (Gouda). De

gehalten aan fosfaat en de zware metalen cadmium, koper, nikkel en zink staan in tabel III. Het is duidelijk, dat het fosfaatgehalte door defosfatering is verhoogd en het gehalte aan zware metalen verlaagd. Het laatste kan worden beschouwd als een verdunningseffect.

TABEL III. Gehalten aan fosfaat (% P_2O_5) in de drogestof) en de zware metalen cadmium, koper, nikkel en zink (mg/kg ds) in zuiveringsslib van Bodegraven, Gouda en Nieuwveen, zonder en met defosfatering.

	Bodegraven		Gouda		Nieuwveen	
	zonder	met	zonder	met	zonder	met
fosfaat	5,41	8,36	6,88	12,95	4,63	5,35
cadmium	5,17	2,54	14,78	6,85	6,07	4,34
koper	438	363	729	407	321	266
nikkel	35	30	133	50	35	30
zink	1375	1023	2258	1386	1334	1137

De slibsoorten zijn op hun fosfaatwerking getest, door ze op basis van gelijke fosfaathoeveelheden en met uitschakeling van de overige effecten te vermengen met een zandgrond en een kleigrond met een pH-KCl van resp. 4,4 en 7,4. Als referentie werd monocalciumfosfaat (MCF), het werkzame bestanddeel van superfosfaat, als fosfaatmeststof gebruikt. Het onderzoek werd uitgevoerd in potten met een inhoud van 6,6 liter en met Engels raaigras als proefgewas, waarvan drie sneden zijn geoogst en geanalyseerd. De opnamepercentages voor fosfor staan in tabel IV. Ze zijn voor de slibsoorten lager dan voor MCF, en voor de slibsoorten met defosfatering lager dan voor die zonder defosfatering.

Stelt men de opnamepercentages voor MCF op 100 dan verkrijgt men de waarden van tabel V. De gemiddelde waarde is voor slib zonder defosfatering ca. 80% voor de zandgrond en ca. 60% voor de kleigrond, voor slib met de fosfatering ca. 60% voor de zandgrond en ca. 50% voor de kleigrond. De waarden voor MCF-P waren voor de kleigrond hoger dan voor de zandgrond.

Stelt men het opnamepercentage voor slib-P gemiddeld op 60% in verge-

lijking met superfosfaat-P = 100% en de prijs van P in superfosfaat op *f* 1,50/kg P_2O_5, dan vertegenwoordigt zuiveringsslib met een gemiddeld fosfaatgehalte als fosfaatmeststof een waarde van 50 kg x 60% x *f* 1,50 = *f* 45,-/ton drogestof.

TABEL IV. Opname van fosfaat uit monocalciumfosfaat (MCF) en zuiveringsslib van Bodegraven, Gouda en Nieuwveen, zonder en met defosfatering, in drie sneden van het proefgewas Engels raaigras op zandgrond en kleigrond. Hoeveelheden als percentages van de gegeven hoeveelheden.

	MCF	Bodegraven		Gouda		Nieuwveen	
		zonder	met	zonder	met	zonder	met
zandgrond							
snede 1	6,7	6,2	4,8	5,2	3,7	6,5	5,3
2	9,8	8,2	6,2	8,3	4,7	8,0	6,8
3	8,2	6,0	4,5	6,7	4,5	6,2	5,5
1+2+3	24,7	20,3	15,5	20,2	12,8	20,7	17,7
kleigrond							
snede 1	7,3	6,2	4,2	3,2	3,2	6,2	5,2
2	11,2	6,8	5,3	5,7	5,2	7,3	6,2
3	9,7	6,0	4,7	5,8	4,5	5,3	4,7
1+2+3	28,2	19,0	14,2	14,7	12,8	18,8	16,0

TABEL V. Als tabel IV als de opnamepercentages voor MCF-P op 100 gesteld worden, voor sneden 1+2+3.

	MCF	Bodegraven		Gouda		Nieuwveen	
		zonder	met	zonder	met	zonder	met
zandgrond	100	82	63	82	52	84	72
kleigrond	100	67	50	52	46	67	57

5. KALIUM

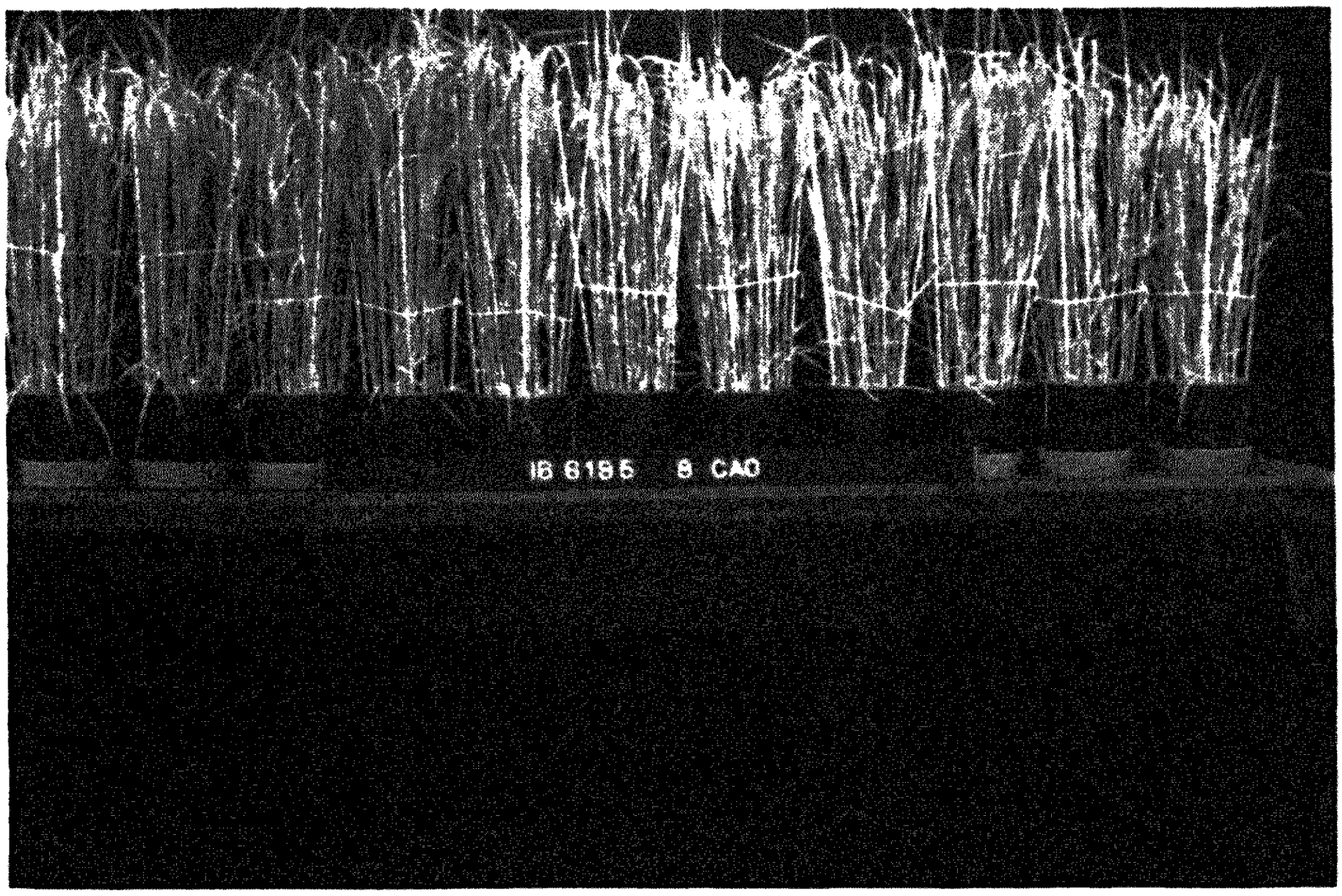
Kali is met stikstof en fosfor één van de drie hoofdvoedingselementen van het gewas, maar zuiveringsslib kan voor de kalivoorziening van het gewas nauwelijks van betekenis zijn. Het bevat gemiddeld slechts 6 kg K_2O per ton drogestof. Deze hoeveelheid is gezien de kalibehoefte van het gewas (200-300 kg/ha) verwaarloosbaar klein. De prijs van kali bedraagt momenteel ca. *f* 0,50/kg K_2O.

6. KALK

Kalk is niet in de eerste plaats van betekenis als plantevoedend element. Kalkgebrek komt zelden voor. Kalk is in de eerste plaats een bodemverbeteringsmiddel. Op kleigronden kan de structuur door kalk verbeterd worden. De grootste betekenis heeft kalk als regulateur van de pH van de grond. Dit is vooral van belang in verband met zuiveringsslib. De mobiliteit van zware metalen in de grond kan door bekalking verlaagd worden. Figuur 2 laat dat duidelijk zien. In figuur 2a zien we het gewas haver op een zandgrond, die van links naar rechts vervangen is door opklimmende hoeveelheden zuiveringsslib (0, 10, 20 vol.% enz.) met een hoog gehalte aan zware metalen en een pH, die na een bewaartijd van het slib van enkele jaren in het vrije veld van 7 naar 5 gedaald was. Het gewas vertoont vanaf 20 vol.% slib zeer duidelijk symptomen van schade door zware metalen (nikkel). Figuur 2b laat hetzelfde gewas zien nadat de pH van het slib door bekalking weer op 7 was gebracht.

Zuiveringsslib bevat gemiddeld ca. 50 kg kalk (CaO) per ton drogestof, maar de hoeveelheid variëert nogal sterk. De prijs kan momenteel op ca. *f* 0,10 per kg CaO gesteld worden.

Figuur 2a. Haver op zandgrond, die van links naar rechts vervangen is door van 0-100 opklimmende volumepercentages zuiveringsslib met een hoog gehalte aan zware metalen en een pH van 5.



Figuur 2b. Hetzelfde gewas nadat de pH van het slib door bekalking van 5 op 7 gebracht is.

7. MAGNESIUM

Wat van kalium gezegd is geldt ook voor magnesium. De betekenis van zuiveringsslib als magnesiumleverancier is alleen relatief wat groter omdat de behoefte van het gewas aan magnesium, uitgedrukt in kg/ha, geringer is dan aan kali. Zuiveringsslib bevat gemiddeld ca. 7 kg MgO/ton drogestof. De prijs van magnesium kan momenteel op ca. *f*1,-/kg MgO gesteld worden.

8. ARSEEN

Arseen is geen plantevoedend element. Met cadmium, kwik en lood is het één van de vier elementen, die uit een oogpunt van volksgezondheid als het meest verdacht beschouwd worden. Het maximaal toelaatbaar geachte gehalte aan arseen is voor de meeste voedingsgewassen op 0,2 mg/kg vers produkt gesteld. In het algemeen kan aan deze norm ruimschoots worden voldaan.

Tot dusver is in IB-onderzoek geen duidelijk verband gevonden tussen arseen in zuiveringsslib en het arseengehalte van het gewas. Het maximaal toelaatbare arseengehalte is voor zuiveringsslib op 10 mg/kg ds gesteld. In 1981 voldeden van 356 onderzochte installaties 326 (92%) aan de norm, in 1982 van 339 installaties 302 (89%). Het gemiddelde gehalte lag in beide jaren bij 6 mg/kg ds.

De indruk bestaat, dat men vooral in kleigebieden nogal eens moeite heeft met de grenswaarde van 10 mg/kg ds. Daar komen waarschijnlijk nogal wat kleideeltjes in het slib terecht en kleigrond heeft, afhankelijk van de zwaarte, vaak van nature al een arseengehalte van meer dan 10 mg/kg droge grond (Van Driel en Smilde, 1981). In dergelijke gebieden is een eis van maximaal 10 mg/kg droog slib uiteraard weinig zinvol. Dit is te meer het geval als men bedenkt, dat met 1 ton droog slib maximaal 10 g As/ha gegeven wordt, terwijl bij het doodspuiten van aardappelloof met arseniet zo'n 10 kg/ha gegeven wordt.

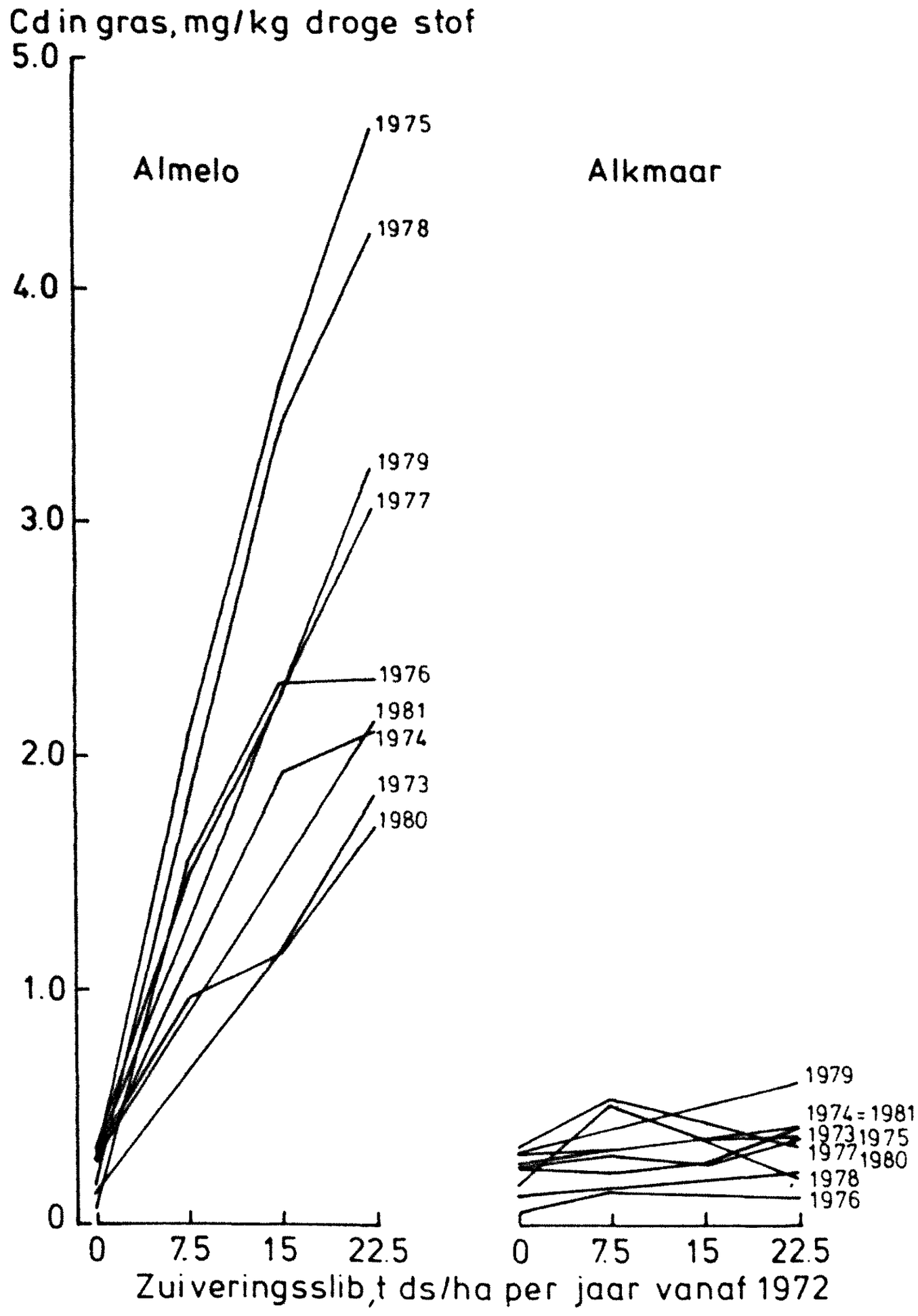
9. CADMIUM

Evenals arseen is cadmium een element zonder plantevoedende waarde. Uit een oogpunt van menselijke voeding is het één van de meest verdachte elementen sinds het voor de Itai Itai ziekte verantwoordelijk is gesteld, die in Japan veel slachtoffers heeft geëist. Het maximaal toelaatbaar gehalte is voor de meeste consumptiegewassen op 0,1 mg/kg vers produkt gesteld. In het algemeen kan aan deze norm wel worden voldaan. Alleen in bladgroenten kan het gehalte wel eens te hoog zijn, maar dit kan ook een kwestie van uitwendige contaminatie van het gewas met cadmium uit de lucht zijn. Het cadmiumgehalte van de grond ligt als regel beneden de 1 mg/kg droge grond (Van Driel en Smilde, 1981).

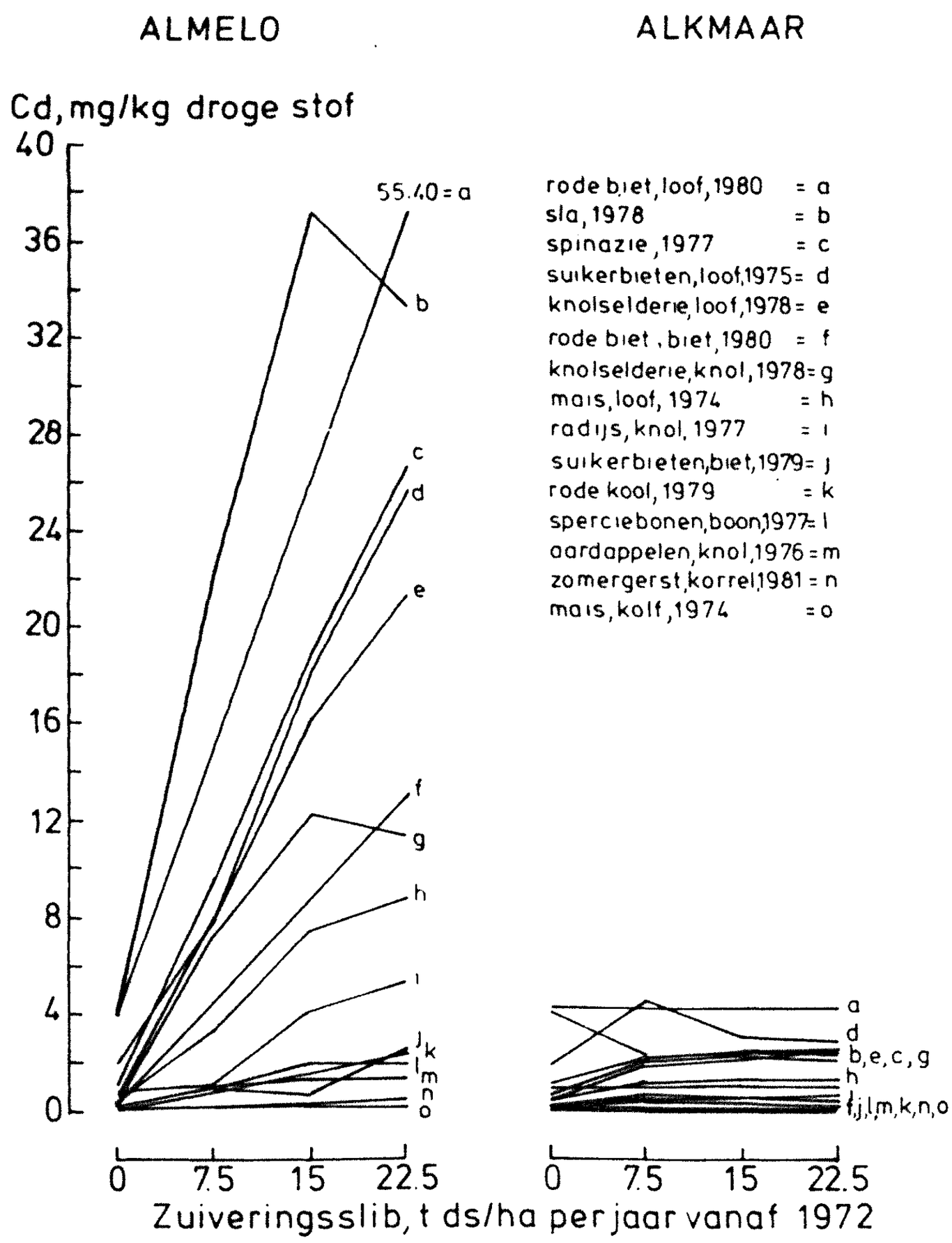
De grenswaarde voor het maximaal toelaatbare cadmiumgehalte in zuiveringsslib voor landbouwkundig gebruik is op 10 mg/kg droog slib gesteld. In 1981 voldeden van 356 installaties 343 (96%) aan deze eis, in 1982 van 339 installaties 332 (98%). Het gemiddelde gehalte was in 1981 5,0, in 1982 4,2 mg/kg droog slib. De daling kan een gevolg zijn van sanering aan de bron, maar ook van stopzetting van de sliblevering door installaties met een te hoog gehalte.

Cadmium wordt in het algemeen door het gewas vrij goed opgenomen. Toch is het effect van slib, dat aan de norm voldoet, op het cadmiumgehalte van het gewas gering. Dit blijkt uit de figuren 3 en 4. Deze hebben betrekking op het al eerder genoemde onderzoek met vloeibaar slib van Almelo en Alkmaar, dat in de periode 1972/81 tien maal gegeven is in hoeveelheden tot 22,5 ton drogestof/ha per jaar of een totaal van 225 ton drogestof/ha. Dat is meer dan het honderdvoudige van de jaarlijks toegestane gift voor bouwland.

Het slib van Almelo bevatte in de periode 1972/81 gemiddeld 10 mg Cd/kg drogestof. Het effect van dit slib op het cadmiumgehalte van gras is nauwelijks aantoonbaar (fig. 3). Het voor veevoeding maximaal toelaatbare gehalte van 0,6 mg/kg droog gras werd nergens overschreden. Een geheel ander beeld geeft het slib van Almelo. Het cadmiumgehalte van dit slib was gemiddeld 85 mg/kg drogestof. Figuur 4 laat hetzelfde nog eens zien voor bouwland- en groentegewassen. Alleen lagen de cadmiumgehalten van



Figuur 3. Cadmiumgehalte van gras, vierde snede, in de periode 1973-81, onder invloed van bemesting met vloeibaar zuiveringsslib van Almelo of Alkmaar in hoeveelheden van 0, 7½, 15 en 22½ t ds/ha per jaar in de periode 1972-81.



Figuur 4. Effect van vloeibaar zuiveringsslib van Almelo en Alkmaar in hoeveelheden van 0, 7½, 15 en 22½ t ds/ha per jaar vanaf 1972 op het cadmiumgehalte (mg/kg drogestof) van land- en tuinbouwgewassen verbouwd in de periode 1974-81.

het gewas nu in het algemeen hoger, met name die van de bladgewassen (sla) of van blad als deel van het gewas (rode bietenloof).

Hoewel het effect van cadmium in slib, dat aan de norm voldoet, gering is moet bij geregeld gebruik van slib op de langere duur aan cadmium een negatieve waarde worden toegekend. Deze kan op ca. *f* 1000,- per kg cadmium gesteld worden als men bedenkt, dat een cultuurgrond met een waarde van *f* 40.000,-/ha vrijwel waardeloos gemaakt zou kunnen worden door er 40 kg cadmium aan toe te voegen. Dit zou het cadmiumgehalte van de bouwvoor op ca. 15 mg/kg droge grond brengen. Een dergelijke grond is onder de gegeven omstandigheden uit milieuhygiënisch oogpunt onaanvaardbaar. Bij een gemiddeld cadmiumgehalte van 5 mg/kg drogestof heeft zuiveringsslib een negatieve cadmiumwaarde van *f*5,-/ton droog slib.

10. CHROOM

Chroom is geen noodzakelijk voedingselement voor de plant, maar wel voor het dier. De voorziening van de mens met chroom schijnt eerder aan de lage dan aan de hoge kant te zijn. Het chroomgehalte van het gewas is als regel laag (< 1 mg/kg ds). Het chroomgehalte van de grond varieert van ca. 20 voor zandgronden tot ca. 100 voor kleigronden.

In IB-onderzoek is tot dusver geen invloed van chroom in zuiveringsslib op de groei of het chroomgehalte van het gewas gevonden. De grenswaarde voor chroom in zuiveringsslib is op 500 mg/kg droog slib gesteld. In 1981 voldeden 340 (96%) van 356 installaties aan deze norm, in 1982 333 (98%) van 339 installaties. De gemiddelde gehalten waren 110 en 81 mg/kg droog slib in resp. 1981 en 1982 (tabel I).

11. KOPER

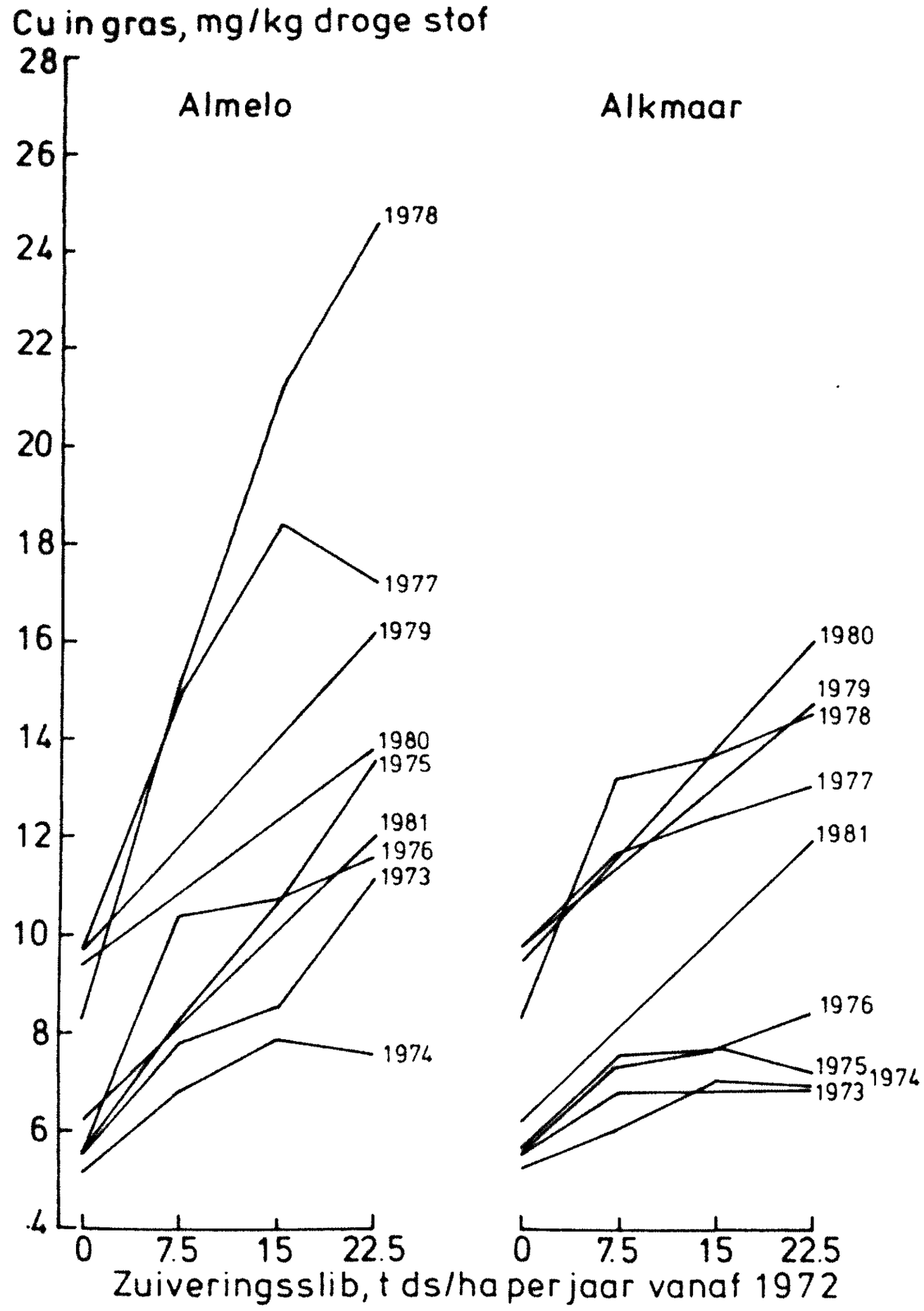
Koper is een noodzakelijk plantevoedend element. Kopergebrek kwam in het verleden veelvuldig voor op pas ontgonnen veen- en heidegronden als gevolg van een sterk kopervastleggend vermogen van de organische stof in deze gronden. Koperovermaat is in Nederland onder praktijkomstandigheden niet waargenomen. Het kopergehalte van het gewas varieert meestal tussen 5 en 10 mg/kg ds, in de grond van 10-50 mg/kg ds (Van Driel en Smilde, 1981).

De grenswaarde voor maximaal toelaatbaar koper in zuiveringsslib is op 600 mg/kg ds gesteld. In 1981 voldeden van 356 installaties 253 (71%) aan deze norm, in 1982 van 339 installaties 241 (71%). In gebieden met "hard" water kan men als gevolg van corrosie van koperen leidingen moeilijk aan de norm van 600 mg/kg ds voldoen. In verband daarmee is het aantal installaties met een hoger gehalte vrij groot. Het gemiddelde gehalte lag zowel in 1981 als in 1982 bij 500 mg/kg ds.

Het effect van koper in zuiveringsslib op het kopergehalte van het gewas kan gedemonstreerd worden met resultaten van het reeds genoemde onderzoek met vloeibaar slib van Almelo en Alkmaar. De kopergehalten van deze slibsoorten waren gemiddeld over de tienjarige toedieningsperiode resp. 1414 en 531 mg/kg ds. Figuur 5 laat het effect op het kopergehalte van gras zien. Gras met een kopergehalte van meer dan 20 mg/kg ds moet als gevaarlijk worden beschouwd voor schapen, die zeer gevoelig zijn voor kopervergiftiging. Dit gehalte wordt met het slib van Almelo in 1978 overschreden, maar niet met het slib van Alkmaar.

In Nederland zijn nog steeds percelen met een te lage kopertoestand, waar zuiveringsslib als kopermeststof een positief effect zou kunnen hebben. Bij geregeld gebruik van zuiveringsslib moet echter op langere termijn met een negatief effect van koper rekening worden gehouden als gevolg van een te hoog kopergehalte van de grond. De negatieve koperwaarde van zuiveringsslib kan onder deze omstandigheden op ca. *f* 20,-/kg koper gesteld worden als voor cadmium een negatieve waarde van *f* 1000,-/kg wordt aangenomen. Deze verhouding berust op de "zink-equivalent" waarde van Chumbley (1971), later door El-Bassam en Tietjen (1977)

aangevuld met een waarde voor cadmium. De zink-equivalent waarde zegt, dat als in geval van overmaat het negatief effect van zink 1 is, dit voor koper 2, nikkel 10 en cadmium 100 is. Op grond hiervan heeft zuiverings-slib bij een kopergehalte van 500 mg/kg ds een negatieve koperwaarde van *f* 10,-/ton droog slib.



Figuur 5. Kopergehalte van gras, vierde snede, in de periode 1973-81, onder invloed van bemesting met vloeibaar slib van Almelo of Alkmaar in hoeveelheden van 0, 7½, 15 en 22½ t ds/ha per jaar in de periode 1972-81.

12. KWIK

Kwik is geen noodzakelijk plantevoedend element. Zijn slechte reputatie uit een oogpunt van volksgezondheid dankt het aan het feit, dat zaaizaad en pootgoed met kwikbevattende ontsmettingsmiddelen behandeld worden. Als gevolg daarvan kan kwik in voor de consumptie bestemd graan en in eetaardappelen terecht komen. Voor graan geldt een maximaal toelaatbaar gehalte van 0,3 en voor aardappelen 0,02 mg/kg vers produkt. Voorzover kwik door het gewas uit de grond wordt opgenomen blijft het in hoofdzaak in de wortels achter.

Het maximaal toelaatbaar geachte kwikgehalte is voor zuiveringsslib op 10 mg/kg ds gesteld. In 1981 lagen van 356 installaties slechts 6 boven deze norm en in 1982 van 339 installaties slechts 4. Het gemiddeld gehalte ligt bij 2 mg/kg ds (tabel I). Ongeveer 95% van de waarden liggen beneden 5 mg/kg ds. De grenswaarde zou dus wel verlaagd kunnen worden als kwik in zuiveringsslib als een gevaarlijk element beschouwd zou moeten worden. Dit is echter niet het geval. In IB-onderzoek is nooit een duidelijk verband tussen kwik in zuiveringsslib en kwik in het gewas gevonden.

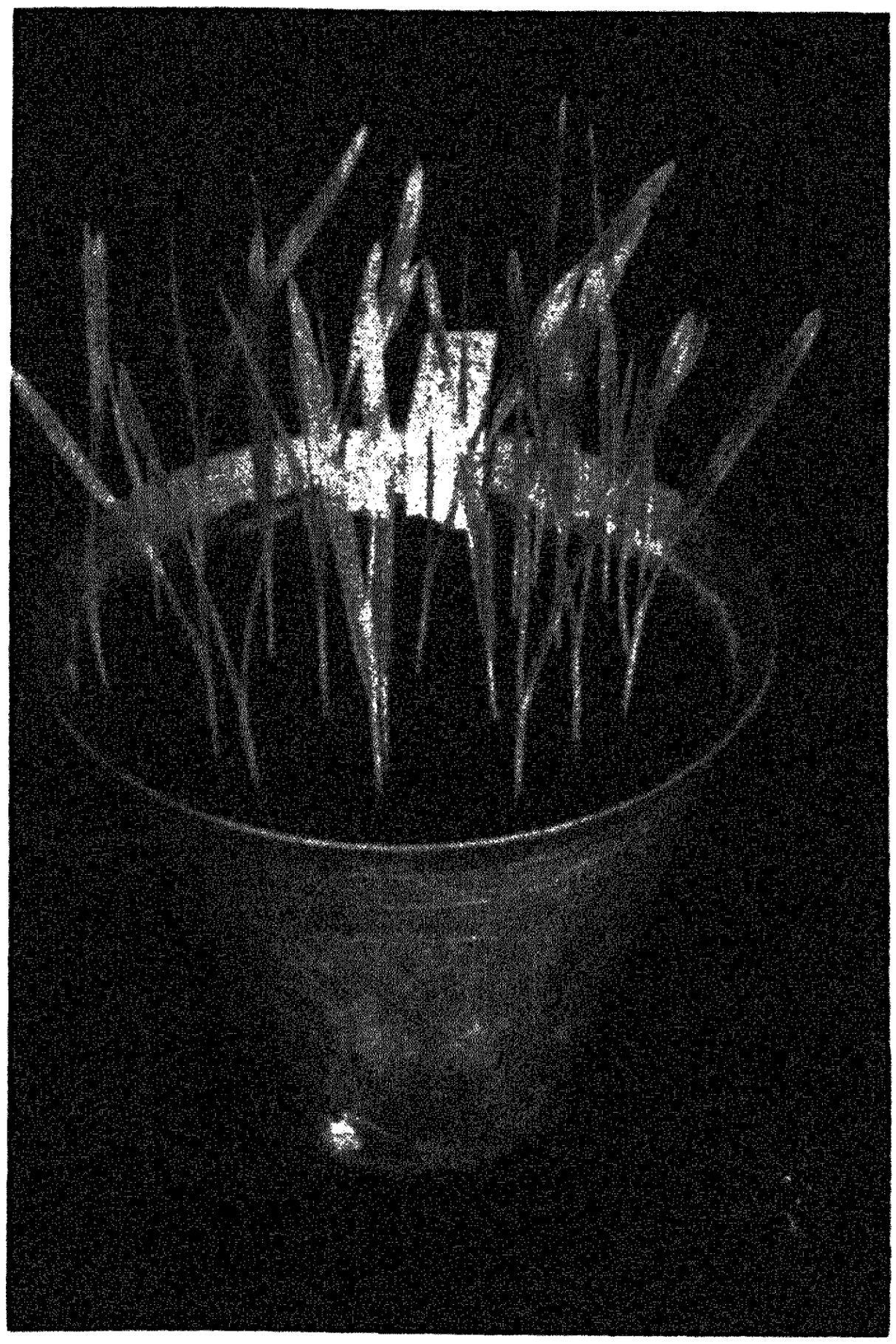
13. NIKKEL

Nikkel is geen essentiëel plantevoedend element. Het nikkelgehalte van het gewas is in het algemeen vrij laag (1-2 mg/kg ds) en voor de menselijke of dierlijke voedselketen vormt nikkel tot dusver geen bedreiging. Nikkel wordt wel vrij gemakkelijk door het gewas opgenomen. Bij zeer hoge giften zuiveringsslib met een hoog nikkelgehalte kan nikkelvergiftiging in het gewas optreden, met in elk geval bij granen zeer specifieke symptomen (figuur 6).

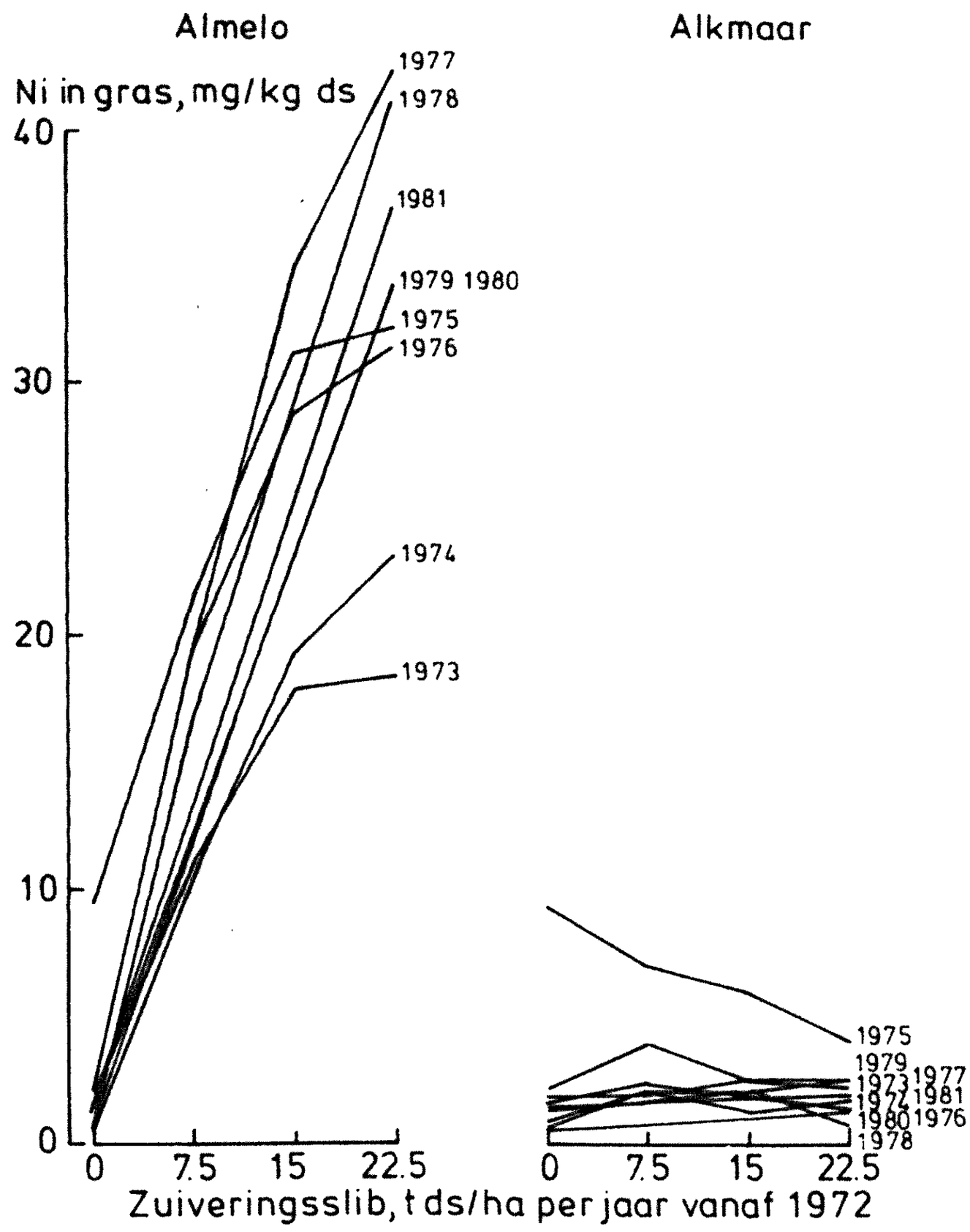
De grenswaarde voor nikkel in zuiveringsslib is vastgesteld op 100 mg/kg drogestof. Zowel in 1981 als in 1982 voldeed slechts één van resp. 356 en 339 installaties niet aan deze norm. Het gemiddeld gehalte was in 1981 45 en in 1982 34 mg/kg droog slib (tabel I).

Figuur 7 laat het effect van tien jaar toediening van vloeibaar slib van Almelo en van Alkmaar op het nikkelgehalte van gras zien. Het slib van Alkmaar met een gemiddeld nikkelgehalte van 30 mg/kg ds had nauwelijks invloed op het nikkelgehalte van gras, in tegenstelling tot het slib van Almelo met gemiddeld 216 mg Ni/kg ds.

Om dezelfde reden als voor koper moet ook aan nikkel in zuiveringsslib bij langdurig gebruik een negatieve waarde worden toegekend. Op basis van een zink-equivalentwaarde van 10 (zie koper) kan deze voor nikkel op *f* 100,-/kg gesteld worden. Bij een gemiddeld nikkelgehalte van 40 mg/kg ds heeft zuiveringsslib dan een negatieve nikkelwaarde van *f* 4,-/ton droog slib.



Figuur 6. Symptomen van nikkelovermaat in het gewas.
Substraat: zuiveringsslib met een hoog nikkelgehalte.



Figuur 7. Nikkelgehalte van gras, vierde snede, in de periode 1973-81, onder invloed van bemesting met vloeibaar slib van Almelo of Alkmaar in hoeveelheden van 0, 7½, 15 en 22½ t ds/ha per jaar in de periode 1972-81.

14. LOOD

Lood is geen plantevoedend element. Zijn slechte reputatie uit een oogpunt van menselijke of dierlijke voeding is als regel een gevolg van uitwendige contaminatie, bijv. door Pb-bevattende uitlaatgassen langs autowegen. Lood uit de grond wordt door het gewas zeer moeilijk opgenomen, ook als het afkomstig is van zuiveringsslib. In IB-onderzoek is nooit een duidelijk verband tussen lood in zuiveringsslib en lood in het gewas gevonden.

Het maximaal toelaatbare loodgehalte is voor zuiveringsslib op 500 mg/kg ds gesteld. In 1981 voldeden van 356 onderzochte installaties 322 (90%) aan deze eis, in 1982 van 339 onderzochte installaties 324 (96%). Het gemiddelde loodgehalte was in 1981 329, in 1982 284 mg/kg ds. Het is vooral afkomstig van loden leidingen en uitlaatgassen, die op het wegdek condenseren.

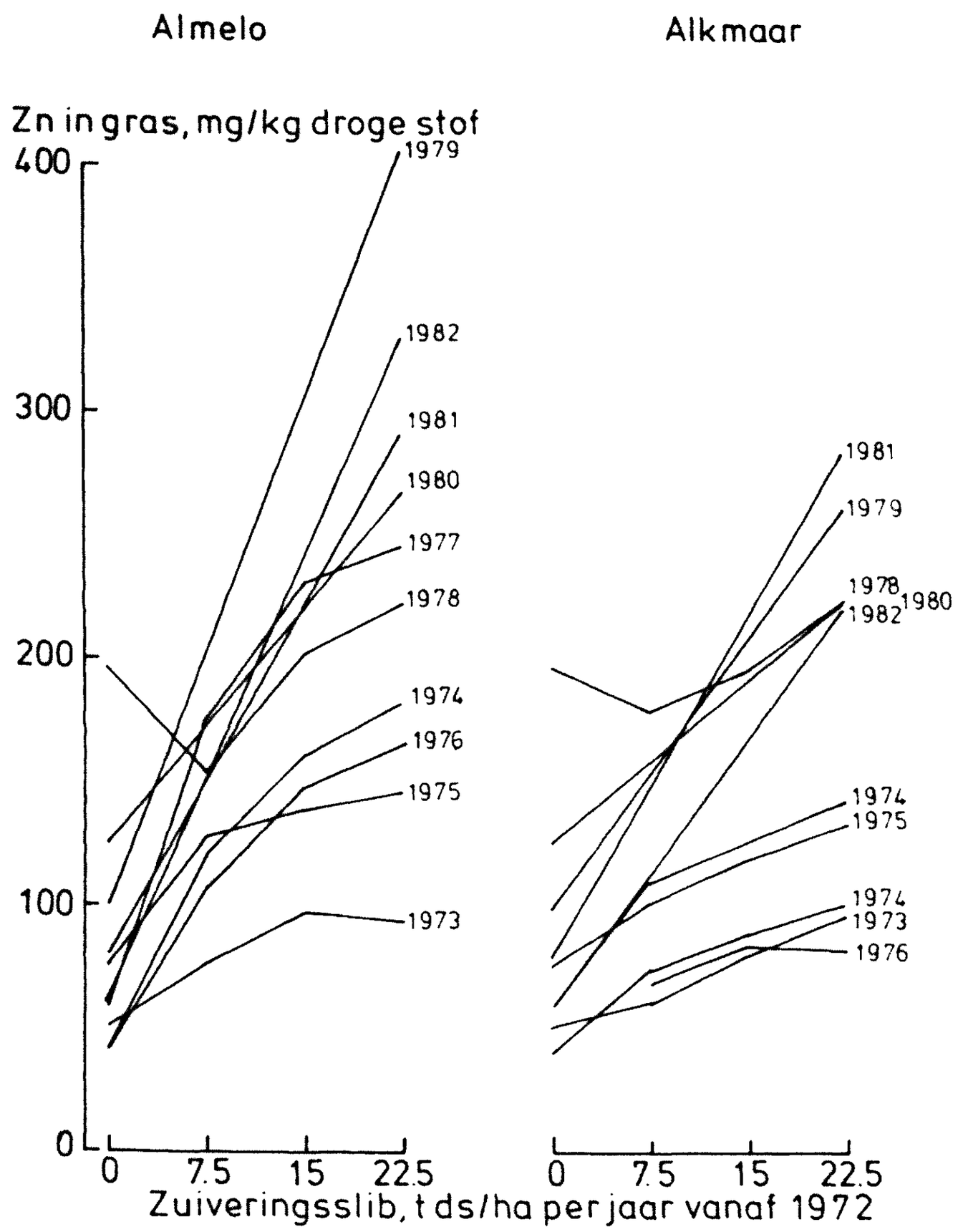
15. ZINK

Zink is een noodzakelijk plantevoedend element. Van alle micro-elementen wordt zink in de grootste hoeveelheid door het gewas opgenomen. Het gehalte in het gewas bedraagt vaak wel enkele honderden mg/kg ds. Zinkgebrek is in Nederland wel eens in de fruitteelt geconstateerd bij een hoge fosfaattoestand van de grond. Zinkovermaat is geconstateerd in het overstromingsgebied van het riviertje De Dommel. Mens en dier kunnen vrij hoge zinkgehalten in het voedsel verdragen.

De grenswaarde voor zink in zuiveringsslib voor landbouwkundig gebruik is vastgesteld op 2000 mg/kg ds. In 1981 voldeden 298 (84%) van 356 onderzochte installaties aan deze norm, in 1982 309 (91%) van 339 installaties. Het gemiddelde gehalte was in 1981 1540 en in 1982 1420 mg/kg ds.

Figuur 8 laat het effect van vloeibaar slib van Almelo en van Alkmaar op het zinkgehalte van gras zien. Het slib van Almelo had in de tienjarige toedieningsperiode een gemiddeld zinkgehalte van 1800 mg/kg ds, dat van Alkmaar 1890 mg/kg ds. Beide slibsoorten verhoogden het zinkgehalte van het gras, maar het slib van Almelo sterker dan het slib van Alkmaar, ondanks een hoger zinkgehalte van het laatste. De oorzaak van dit verschil is het verschil in effect op de pH van de grond. Het slib van Almelo had een zwak negatief effect op de pH van de grond en het slib van Alkmaar een duidelijk positief effect.

Hoewel van zink in zuiveringsslib bij landbouwkundig gebruik op korte termijn geen negatieve effecten te verwachten zijn moet bij geregeld gebruik op langere termijn de waarde ervan toch negatief beoordeeld worden. De negatieve waarde kan op basis van het genoemde zink-equivalentprincipe op *f* 10,-/kg gesteld worden. Bij een gemiddeld gehalte van 1500 mg/kg ds heeft zuiveringsslib dan een negatieve zinkwaarde van *f* 15,-/ton droog slib.



Figuur 8. Zinkgehalte van gras, eerste snede, in de periode 1973-81, onder invloed van bemesting met vloeibaar slib van Almelo of Alkmaar in hoeveelheden van 0, 7½, 15 en 22½ t ds/ha per jaar in de periode 1972-81.

16. ZWARE METALEN WAARVOOR GEEN MAXIMAAL TOELAATBAAR GEHALTE IS VASTGESTELD

16.1. Mangaan

Mangaan is een noodzakelijk plantevoedend micro-element. Mangaangebrek komt vooral voor op zandgronden met een te hoge pH en kan ook door zinkovermaat geïnduceerd worden. Mangaanovermaat kan op zeer zure zandgronden voorkomen.

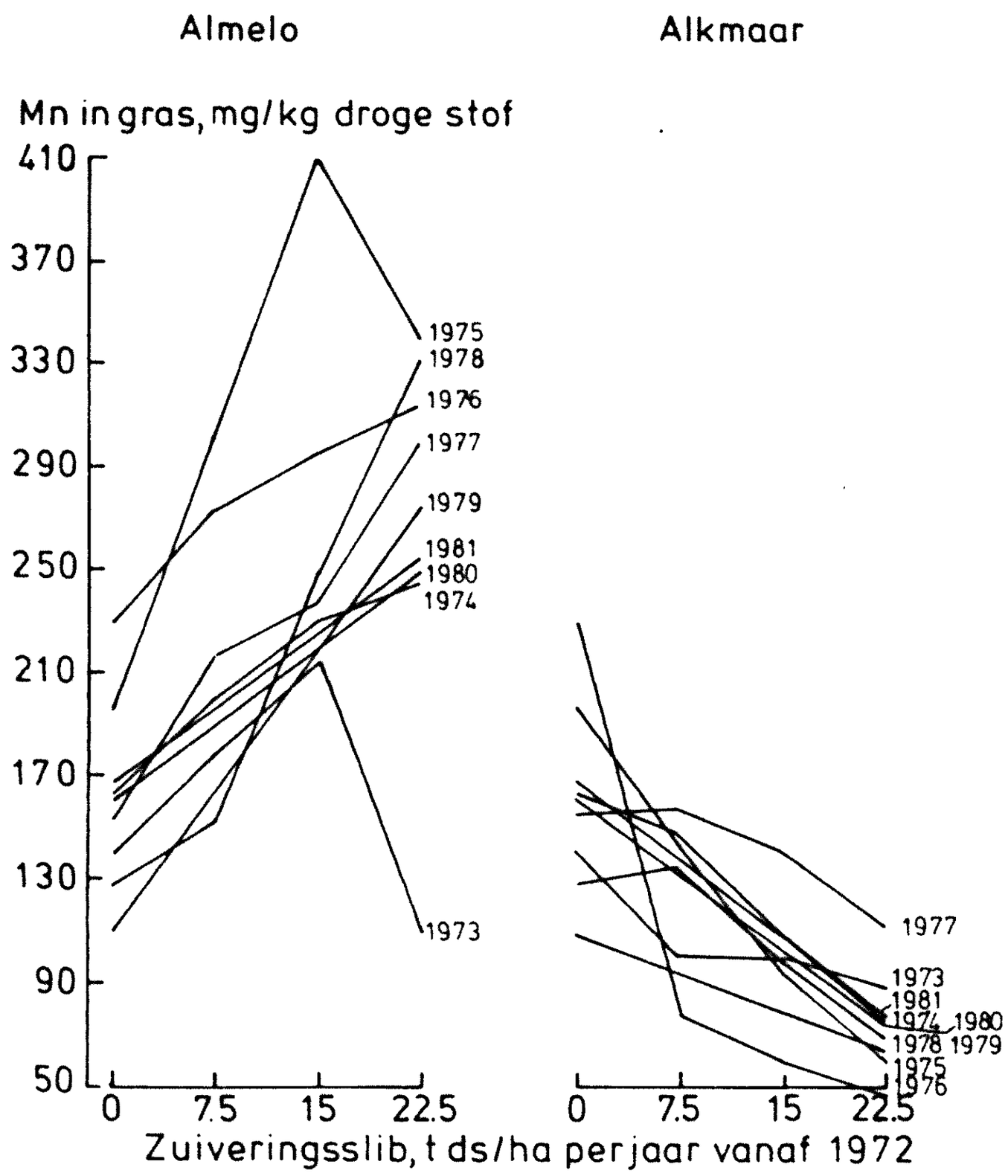
Voorzover bekend kent alleen Frankrijk een grenswaarde voor het mangaangehalte van zuiveringsslib, nl. 500 mg/kg ds. Volgens vroegere gegevens ligt van Nederlandse slibmonsters een vrij groot aantal boven deze norm (De Haan, 1978). Het lijkt weinig zinvol voor mangaan een maximaal toelaatbaar gehalte vast te stellen en zeker niet op het Franse niveau. Veel kleigronden hebben in Nederland een veel hoger mangaangehalte dan 500 mg/kg ds.

Ondanks een vrij hoog mangaangehalte kan zuiveringsslib het mangaangehalte van het gewas verlagen als gevolg van een verhogend effect op de pH van de grond. In figuur 9 is dat het geval met het slib van Alkmaar. Het mangaangehalte van dit slib was 330 mg/kg ds, terwijl het mangaangehalte van de zandgrond waar het slib aan werd toegevoegd 57 mg/kg ds was. Het slib van Alkmaar verhoogde echter de pH van de grond, in tegenstelling tot het slib van Almelo. Dit slib had bovendien een veel hoger mangaangehalte (1134 mg/kg ds).

16.2. Cobalt

Cobalt is niet essentiëel voor de voeding van de plant, maar wel voor die van het dier. Het is een bestanddeel van vitamine B12 en als zodanig ook voor de menselijke voeding van belang.

De Zwitserse "Klärschlammverordnung" kent een maximaal toelaatbaar cobaltgehalte voor zuiveringsslib van 100 mg/kg ds. Volgens vroegere gegevens liggen de waarden in Nederlands slib veel lager (De Haan, 1978). Er is in IB-onderzoek geen verband gevonden tussen het cobaltgehalte van zuiveringsslib en dat van het gewas. Het vaststellen van een maximaal toelaatbaar cobaltgehalte voor zuiveringsslib lijkt daarom voor Nederland niet noodzakelijk.



Figuur 9. Mangaangehalte van gras, vierde snede, in de periode 1973-81, onder invloed van bemesting met vloeibaar slib van Almelo of Alkmaar in hoeveelheden van 0, 7½, 15 en 22½ t ds/ha per jaar in de periode 1972-81.

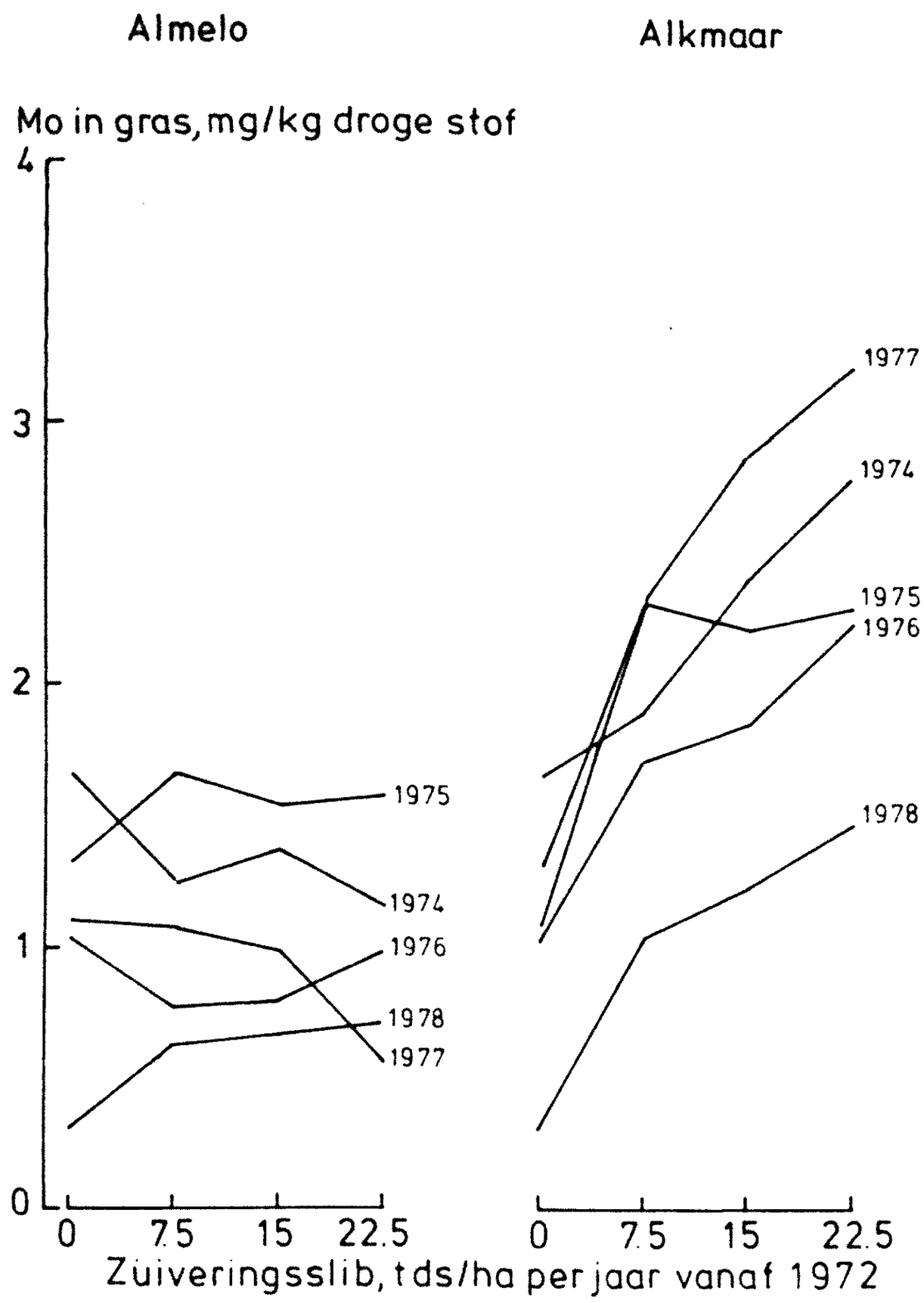
16.3. Molybdeen

Molybdeen is een noodzakelijk plantevoedend element. Molybdeengebrek kan voorkomen in gewassen op ijzerhoudende beekbezinkingsgronden. Te hoge molybdeengehalten in het gewas, met name in klavers, kunnen voorkomen op jonge zeekleigronden. Dit kan een verstoring van de koperhuishouding bij rundvee, gepaard gaande met diarrhee, tot gevolg hebben.

In de Zwitserse "Klärschlammverordnung" is de grenswaarde voor molybdeen in zuiveringsslib vastgesteld op 20 mg/kg ds. In Nederlandse slibmonsters kwamen in de periode 1972/77 hogere gehalten voor (De Haan, 1978).

Het effect van molybdeen in slib van Almelo en van Alkmaar op het

molybdeengehalte van gras is in de periode 1972/78 onderzocht. Figuur 10 geeft het resultaat. Het gemiddelde molybdeengehalte was voor het slib van Almelo 30 en voor het slib van Alkmaar 8,6 mg/kg ds. Desondanks had het slib van Almelo geen invloed op het molybdeengehalte van gras en het slib van Alkmaar een duidelijk positieve invloed. Dit moet weer worden toegeschreven aan het verschillend effect van beide slibsoorten op de pH van de grond. Molybdeen is als anion, in tegenstelling tot de andere zware metalen, beter opneembaar bij een hoge pH van de grond.



Figuur 10. Molybdeengehalte van gras, eerste snede, in de periode 1974-78, onder invloed van bemesting met vloeibaar slib van Almelo of Alkmaar in hoeveelheden van 0, 7½, 15 en 22½ t ds/ha per jaar vanaf 1972.

16.4. Organische micro-verontreinigingen

Behalve zware metalen komen in zuiveringsslib ook organische micro-verontreinigingen voor, waaraan in principe een negatieve waarde moet worden toegekend. De gehalten zijn echter meestal niet onrustbarend hoog. Fieggen (1980) heeft dit aangetoond voor pesticiden en PCB's. Er is één geval bekend van een te hoog dieldringehalte in melk als gevolg van jaren lang gebruik van zuiveringsslib in hoeveelheden van 500 m^3/ha per jaar. Het slib was waarschijnlijk besmet door lozingen van een industrie, die geïmporteerde wol verwerkte.

Wat voor pesticiden en PCB's is opgemerkt geldt op grond van buitenlandse gegevens ook voor persistente polycyclische aromatische koolwaterstoffen als benz(o)-pyreen en benzfluorantheen, waaraan kankerverwekkende eigenschappen worden toegeschreven. Deze stoffen komen ook in normale grond voor, maar meestal in geringere concentraties dan in zuiveringsslib.

16.5. Parasieten en pathogene organismen

In zuiveringsslib kunnen ook parasieten en pathogene organismen als wormeieren, salmonella's en virussen voorkomen. Bij normale slibbehandeling vindt een sterke reductie van het aantal ziektekiemen plaats, echter zonder dat een volledige garantie voor het uitblijven van schadelijke effecten gegeven kan worden. Het grootst wordt het risico geacht voor weidend vee. Boeren wordt geadviseerd slib op grasland zoveel mogelijk in de winter te geven of anders direct na het maaien of beweiden van percelen, waarvan de volgende snede bestemd is voor het winnen van wintervoer.

Het Zwitserse "Milchlieferungsregulativ" van 1971 schrijft voor alle slib tijdens het weideseizoen te pasteuriseren. In Nederland bevindt slibpasteurisatie zich nog in het proefstadium. Het kan worden toegepast als de praktijk er om vraagt. De slibafzet moet dan wel voor langere tijd verzekerd zijn.

17. SAMENVATTING VAN DE LANDBOUWKUNDIGE WAARDE VAN ZUIVERINGSSLIB

Tabel VI geeft een samenvatting van de landbouwkundige waarde van de verschillende componenten van zuiveringsslib, voorzover er een waarde aan toegekend is, op basis van de gemiddelde samenstelling. Het totaal van de positieve waarden is *f* 165,-/ton droog slib als ook aan de organische stof een waarde wordt toegekend en *f* 90,- als dat niet het geval is. Het totaal van de negatieve waarden is *f* 34,-/ton droog slib en het saldo is hier duidelijk positief.

TABEL VI. Landbouwkundige waarde van zuiveringsslib, in guldens per ton droog slib.

Component	Hoeveelheid kg	Werkingsfactor %	Prijs/kg	Waarde/ton droog slib
organische stof	600	60	*f* 0,20	*f* 75,-
stikstof (N)	50	40	*f* 1,50	*f* 30,-
fosfor (P_2O_5)	50	60	*f* 1,50	*f* 45,-
kali (K_2O)	6	100	*f* 0,50	*f* 3,-
kalk (CaO)	50	100	*f* 0,10	*f* 5,-
magnesium (MgO)	7	100	*f* 1,00	*f* 7,-
totaal positieve waarden incl. organische stof				*f* 165,-
zonder organische stof				*f* 90,-
cadmium (Cd)	0,005	100	-*f* 1000,-	-*f* 5,-
koper (Cu)	0,5	100	-*f* 20,-	-*f* 10,-
nikkel (Ni)	0,04	100	-*f* 100,-	-*f* 4,-
zink (Zn)	1,5	100	-*f* 10,-	-*f* 15,-
totaal negatieve waarden				-*f* 34,-
Verschil, incl. organische stof				*f* 131,-
zonder organische stof				*f* 56,-

Hierbij moet wel worden opgemerkt, dat men in de praktijk niet van gemiddelde waarden uit kan gaan, maar steeds de samenstelling van het betreffende slib als uitgangspunt moet nemen. Bovendien moet met nog een aantal factoren rekening worden gehouden. Als het slib in de herfst of vroege winter wordt gegeven is de waarde voor stikstof twijfelachtig. Deze kan dan het beste worden vastgesteld door de grond in het voorjaar op minerale stikstof te laten onderzoeken. Het fosfaat in slib heeft alleen waarde als op bais van grondonderzoek de noodzaak van fosfaatbemesting is vastgesteld. Kali en magnesium kunnen in het slib in het algemeen verwaarloosd worden. Bij incidenteel gebruik van slib is het niet noodzakelijk aan de zware metalen een negatieve waarde toe te kennen. In bepaalde omstandigheden kan de waarde van koper en ook van andere spoorelementen wel positief zijn.

Geen waarde is toegekend aan de elementen arseen, chroom, kwik en lood, die in de vorm van slib in het algemeen door het gewas niet worden opgenomen, en aan de niet in de Richtlijn genoemde elementen cobalt, mangaan en molybdeen, die in het algemeen positief gewaardeerd kunnen worden.

18. WAARDE VAN ZUIVERINGSSLIB BIJ MAXIMAAL TOEGESTANE CONCENTRATIES AAN ZWARE METALEN IN NEDERLAND, DE DUITSE BONDSREPUBLIEK, ZWITSERLAND EN VOLGENS EEN EG-VOORSTEL

In het buitenland zijn de maximaal toegestane concentraties aan zware metalen in zuiveringsslib meestal belangrijk hoger dan in Nederland. In tabel VII is uitgegaan van de maximaal toegestane concentraties aan cadmium, koper, nikkel en zink volgens de Nederlandse Richtlijn, de Duitse en Zwitserse "Klärschlammverordnung" en een voorstel van de Europese Economische Gemeenschap, dat nog in behandeling is. In het EG voorstel wordt onderscheid gemaakt tussen D(wingende) waarden, die voorlopig gelden, en R(ichtwaarden), waar men op de langere duur naar toe wil.

In tabel VII is verder uitgegaan van de voor Nederland voorgestelde negatieve waarde voor de elementen cadmium, koper, nikkel en zink en de gemiddelde positieve waarde voor Nederlands slib, zonder aan de organische stof een waarde toe te kennen. Het blijkt dan, dat de waarde van zuiveringsslib op basis van de maximaal toegestane concentraties in Duitsland, Zwitserland en het EG voorstel negatief is.

TABEL VII. Waarde van zuiveringsslib in guldens/ton droog slib op basis van maximaal toegestane concentraties aan zware metalen in Nederland, de Duitse Bondsrepubliek, Zwitserland en volgens een EG voorstel

	NL	BRD	CH	EG	
				D	R
Cd	10	20	30	40	20
Cu	12	24	20	30	20
Ni	10	20	20	40	30
Zn	20	30	30	30	25
Som	52	94	100	140	95
Pos. waarde zonder os	90	90	90	90	90
Verschil	+38	- 4	- 10	- 50	- 5

19. SAMENVATTING

De chemische samenstelling is behandeld van zuiveringsslib, dat op basis van de Richtlijn van de Unie van Waterschappen wordt afgevoerd naar de Nederlandse landbouw. In het algemeen voldoet dit slib aan de in de Richtlijn genoemde normen voor maximaal toelaatbare gehalten aan zware metalen. Het aantal installaties, dat in 1982 op een totaal van 339 onderzochte installaties niet aan de norm voor de verschillende zware metalen voldeed was voor arseen 27, cadmium 7, koper 98, chroom 6, kwik 4, nikkel 11, lood 15 en zink 30. In gebieden met hard water is het moeilijk aan de norm voor koper te voldoen. Deze zou daarvoor op ca. 800 mg/kg gebracht moeten worden. In kleigebieden geeft arseen soms moeilijkheden. De grenswaarde zou voor dit element tot 20 verhoogd kunnen worden. Voor cadmium, chroom, kwik en nikkel zouden de grenswaarden verlaagd kunnen worden. Het lijkt op dit moment niet nodig normen te stellen voor andere zware metalen. Dit geldt ook voor organische microverontreinigingen en pathogene organismen in zuiveringsslib, waarvan nog onvoldoende kennis aanwezig is.

Aan de verschillende componenten van zuiveringsslib is op basis van proefgegevens een waarde toegekend. Voor de zware metalen cadmium, koper, nikkel en zink is deze bij geregeld gebruik van zuiveringsslib op langere termijn negatief. Een samenvattend overzicht van de hieruit resulterende landbouwkundige waarde van zuiveringsslib is op één van de voorafgaande bladzijden gegeven. Bij gehalten aan zware metalen, zoals die in het buitenland zijn toegestaan en door de EG zijn voorgesteld, kan de landbouwkundige waarde van zuiveringsslib negatief worden als geen rekening wordt gehouden met het gehalte aan organische stof, waarvan de waarde vaak twijfelachtig is.

20. LITERATUUR

Chumbley C.G. Permissible levels of toxic metals in sewage sludge used on agricultural land. A.D.A.S. Advisory Paper No. 10, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Wolvershampton, England (1971).

Driel, W. van, and K.W. Smilde. Heavy-metal contents of Dutch arable soils. Landwirtschaftliche Forschung, 38. Sonderheft: Kongressband Münster 1981, pp. 305-313.

El-Bassam N., and C. Tietjen. Municipal sludge as organic fertilizer with special reference to the heavy metal constituents. Soil Organic Matter Studies Vol. II pp. 253-258. International Atomic Energy Agency, Vienna, 1978.

Fieggen W. Pesticides and PCB's in sewage sludge. Paper presented at the meeting of Working Parties 4 and 5 of 10-11 June 1980 in Groningen. Cost Project 68 Bis. Final Report III. Technical Annexes pp. 631-643.

Haan S. de. Landbouwkundig gebruik van zuiveringsslib. Syllabus Stichting Postakademiale Vorming Gezondheidstechniek, Cursus Slibverwerking 1978.

Idem. Sewage sludge as a phosphate fertilizer. Phosphorus in Agriculture, 34.78 (1980) 33-41.

Heide B.A., R. Kampf and S. de Haan. Influence of phosphate removal on biological treatment of wastewater, on dewaterability and agricultural use of sludge. Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO, Delft, 1981.