

Zuiverings-slib als stikstofmeststof in de akkerbouw



Ir. S. de Haan
Instituut voor
Bodemvruchtbaarheid,
Haren (Gr).

Inleiding

De zuivering van afvalwater en de daarmee gepaard gaande produktie van zuiverings-slib zijn sedert de inwerkingtreding van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (1969) sterk toegenomen. In 1980 werd het afvalwater van ca. 17 miljoen inwoner-equivalenten, met inbegrip van de op de openbare riolering lozende industrieën, gezuiverd, waarbij op droge-stofbasis ca. 250 000 ton slib geproduceerd werd. In de nabije toekomst kan deze hoeveelheid oplopen tot ca. 400 000 ton. Momenteel vindt ongeveer 60% van het geproduceerde slib een bestemming als meststof of grondverbeteringsmiddel, waarvan ongeveer de helft in de landbouw (1).

Bij landbouwkundig gebruik is als regel het stikstofeffect, naast dat van fosfaat, het belangrijkste. In 1982 varieerde het N-gehalte, in 339 onderzochte slibmonsters, op droge-stofbasis van 1,6 tot 9,8%, bij een gemiddelde van 5,3%. (2)

Het gehalte en de werkzaamheid van stikstof in zuiverings-slib zijn vooral afhankelijk van het droge-stofgehalte daarvan. Slib ontstaat met een droge-stofgehalte van meestal niet meer dan 1 à 2%. Door indikking kan dit worden opgevoerd tot 5-10%. In deze vorm wordt het slib meestal aan de landbouw aangeboden. Is afzet in deze vorm niet mogelijk dan moet het slib eerst gedroogd worden. Bij het drogen gaat de in het vocht aanwezige en voor het gewas direct beschikbare minerale stikstof verloren. In vloeibaar slib kan wel de helft van de stikstof of meer in minerale vorm aanwezig zijn.

Er is over de werkzaamheid van stikstof in zuiverings-slib al vrij veel onderzoek verricht. In Nederland werd in 1977 op initiatief van de Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater (STORA) een serie van zes proefvelden aangelegd op akkerbouwgronden in verschillende delen van het land. Resultaten van dit onderzoek worden hier behandeld.

Uitvoering van het onderzoek

Het onderzoek is uitgevoerd op de proefboerderijen te Emmercompascuum (AGM 316), in de Wieringermeer (BEM 265), te Kloosterburen (FH 86), te Biddinghuizen (KL 289), te Colijnsplaat (RH 400) en te Wijndrade (WR 158). Enkele bodemchemische kenmerken van de proefvelden aan het begin van de proef staan in tabel 1.

In 1982 zijn dezelfde kenmerken per slibtrap bepaald. In elk voorjaar is als regel de hoeveelheid minerale N in het profiel tot een diepte van 100 cm bepaald, bijzonderlijk voor de lagen 0-20, 20-40 en 40-100 cm.

De in de periode 1977/82 op de proefvelden verbouwde gewassen zijn aardappelen, suikerbieten en granen. Zuiverings-slib is steeds aan de hakvruchten gegeven in hoeveelheden van 0, 10 en 20 ton droge-stof per ha. Als regel is het in deze periode drie maal toegediend, echter op WR 158 vier maal en op AGM 316 vijf maal. Er is op natuurlijke wijze op droogvelden ontwaterd slib gebruikt dat werd toegediend in de herfst voorafgaande aan het jaar van de hakvrucht. Alleen op AGM 316 is het slib in het voorjaar toegediend en is de eerste drie keer vloeibaar slib gebruikt.

Enkele gegevens betreffende de chemische samenstelling van het slib (gemiddelde waarden) zijn vermeld in tabel 2. Het slib werd steeds betrokken van een rioolwater-zuiveringsinstallatie in de buurt van het betreffende proefveld, en werd per toediening onderzocht.

Naast stikstof bevat het slib vrij veel fosfor en kalk. De gehalten aan kalium en magnesium zijn laag, evenals die aan andere gemakkelijk oplosbare bestanddelen, als natrium en chloor, die met het effluent de installatie verlaten.

De gehalten aan zware metalen liggen ruim beneden de in de Richtlijn van de Unie van Waterschappen genoemde grenswaarden (voor Cd, Cr, Cu, Ni, Pb en Zn resp. 10, 500, 600, 100, 500 en 2000 mg/kg droge-stof). De in de Richtlijn genoemde grenswaarden voor toe te dienen hoeveelheden (1 en 2 ton droge-stof/ha/jaar voor resp. gras- en bouwland) zijn in dit onderzoek niet aangehouden. Bij hoeveelheden van 1 of 2 ton/ha/jaar zou het jaren duren voor meetbare effecten zouden kunnen worden verkregen.

In de hakvruchtjaren waren er per slibtrap vijf kunstmest-N-trappen van resp. 0, 50, 100, 150 en 200 kg N/ha om het stikstofeffect van het slib te kunnen bepalen en om na te gaan in hoeverre het bereikbare opbrengstniveau door zuiverings-slib werd beïnvloed. De hakvruchten zijn als regel per stikstoftrap en per slibtrap onderzocht op gehalten

Tabel 1. Enkele kenmerken van de proefpercelen eind 1976. Gehalten in % of mg/kg van de droge grond, tenzij anders aangegeven.

	AGM 316	BEM 265	FH 86	KL 289	RH 400	WR 158
pH-KCl (1n)	5,8	7,2	7,1	7,1	7,3	6,3
% afslibbaar	n.b.	26	12	52	40	28
% humus	14,7	3,9	2,0	4,0	5,0	3,2
% N (totaal)	0,24	0,11	0,07	0,18	0,13	0,10
Pw-getal (mg/liter)	25	10	57	20	8	29
kaligehalte (mg/100g)	11	16	14	50	27	14
% kalk (Ca)	0,86	6,72	0,66	5,74	8,28	0,35
MgO/NaCl (mg/kg)	134	74	133	336	138	111
mg/kg Cd (totaal)	0,18	0,07	0,04	0,05	0,06	0,46
mg/kg Cu (0,43 HNO ₃)	8,5	14,6	2,6	6,1	3,6	5,6
mg/kg Mn (totaal)	216	500	178	854	384	483
mg/kg Ni (totaal)	1,8	14,1	7,0	27,9	17,6	12,3
mg/kg Zn (totaal)	27	56	29	100	64	87

Tabel 2. Chemische samenstelling van het op de verschillende proefpercelen gebruikte zuiveringsslib, gemiddeld over de proefperiode. Gehalten in % of mg/kg droog slib.

	AGM 316	BEM 265	FH 86	KL 289	RH 400	WR 158
pH-H ₂ O	7,2	7,3	6,8	7,2	7,4	7,1
% organische stof	47,7	37,4	53,5	38,3	64,5	61,6
% N-totaal	4,83	2,66	2,11	1,75	3,00	2,20
% N-mineraal	1,82	0,84	0,19	0,44	0,25	0,18
% P ₂ O ₅	3,35	4,82	2,81	1,83	3,76	4,11
% K ₂ O	0,46	0,24	0,24	0,13	0,27	0,22
% Cao	2,36	4,46	3,15	1,82	4,07	3,70
% MgO	0,42	0,53	0,39	0,19	0,33	0,35
% Na ₂ O	0,25	0,11	0,10	0,06	0,11	0,05
% Cl	0,24	0,12	0,12	0,05	0,16	0,06
mg/kg Cd-totaal	4,33	4,77	3,75	2,78	4,99	5,66
id. Cu-totaal	533	308	400	82	480	287
id. Mn-totaal	199	1556	394	574	542	700
id. Ni-totaal	17	25	15	24	29	84
id. Zn-totaal	930	1588	868	536	1193	1071

aan stikstof en fosfor. De aardappelen zijn bovendien onderzocht op onderwatergewicht en sortering (< 35, 35-55 en > 55 mm) en de bieten op suikergehalte en gehalten aan alpha-amino N, K en Na in het suikerfiltraat. Alle gewassen zijn per slibtrap onderzocht op gehalten aan calcium, koper, mangaan, nikkel en zink. Dat zijn de zware metalen die het duidelijkst door slibtoediening worden beïnvloed.

Het effect bij mangaan kan negatief zijn als gevolg van een zink-mangaan-antagonisme en/of een negatief effect van de kalk in het slib op de beschikbaarheid. Mangaan gebrek kan hiervan het gevolg zijn.

Alleen de proefvelden AGM 316 en BEM 265 worden na 1982 nog een aantal jaren voortgezet. Het onderzoek staat onder leiding van het Proefstation voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Volle Grond (PAGV) in Lelystad. Het chemisch onderzoek van slib, grond en gewas wordt uitgevoerd onder verantwoordelijkheid van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB) te Haren.

Resultaten van het onderzoek met het proefgewas aardappelen

De hoeveelheid minerale N (N_{min}) in het profiel in het voorjaar als maat voor de stikstofwerking van het slib

De hoeveelheden N_{min} in het profiel in het voorjaar zijn voor de verschillende aardappelproefjaren weergegeven in tabel 3. Voor de objecten met slib (S1 en S2) is ook de toename vermeld t.o.v. het object zonder slib (SO). Ter vergelijking is ook de hoeveelheid N_{min} in de dat jaar toegediende slib gegeven die als maat voor het te verwachten stikstofeffect van het slib gebruikt kan worden.

Uit de tabel blijkt, dat de toename van N_{min} in het profiel door slib als regel groter is geweest dan de hoeveelheid N_{min} in het slib, maar er zijn uitzonderingen. In een bepaald geval (WR 158-1982) is nagenoeg alle N_{min} uit het profiel verdwenen.

Tabel 3. Hoeveelheid N_{\min} in het profiel (0-100 cm) in het voorjaar zonder slib en de toename door slib met ter vergelijking de hoeveelheid N_{\min} in het slib. S0, S1, S2 is resp. 0, 10 en 20 ton slib/ha als droge stof.

	AGM 316			BEM 265	FH 86	KI 289		RH 400	WR 158	
	1978	1980	1982	1979	1979	1977	1981	1979	1978	1982
N_{\min} in profiel kg/ha										
S0	32	72	73	40	30	289	136	42	26	2
toename door slib, kg/ha										
S1	29	65	-24	32	20	46	25	23	24	0
S2	59	70	4	63	43	47	67	77	40	9
N_{\min} in slib, kg/ha										
S1	100	28	15	13	16	73	14	14	15	19
S2	200	56	30	26	32	146	28	28	30	38

De hoeveelheid stikstof in het gewas als maat voor de stikstofwerking van het slib en de uit de organische stof van het slib tijdens het groeiseizoen vrijgekomen stikstof

De stikstofwerking van het slib kan het beste worden bepaald aan de hand van de hoeveelheid N die uiteindelijk in het gewas terecht komt. Een nadeel is, dat deze hoeveelheid pas bekend is als het gewas geoogst en geanalyseerd is.

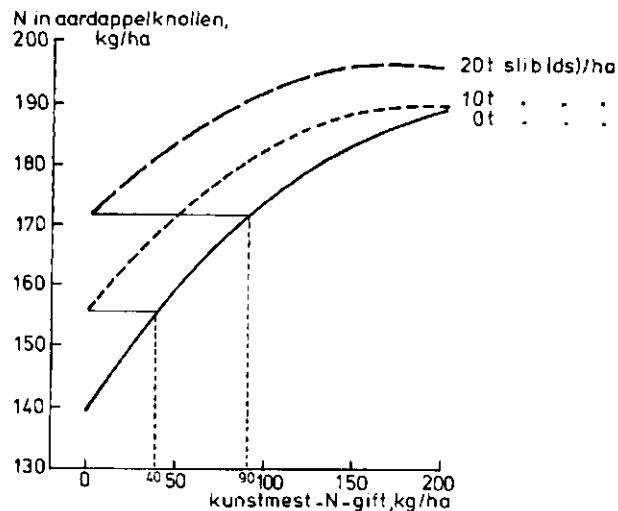
De hoeveelheid N in het gewas aardappelen is bij wijze van voorbeeld voor KL 289-1977 weergegeven in tabel 4. De N-werking van het slib kan hieruit worden afgeleid met behulp van figuur 1. In deze figuur zijn de N-hoeveelheden in het gewas weergegeven door lijnen, die verkregen zijn door vereffening van de waarden in tabel 4.

Uit de figuur kan men aflezen, dat de N-werking van S1 overeenkomt met 40 kg en die van S2 met 90 kg kunstmest-N. Vermindert men deze waarden met de hoeveelheid N_{\min} in het profiel in het voorjaar dat van slib afkomstig is (46 en 47 kg/ha voor resp. S1 en S2; zie tabel 3), dan zou tijdens het groeiseizoen uit het slib -6 en 43 kg N/ha voor resp. S1 en S2 vrijgekomen moeten zijn. Gemiddeld is dat 12 kg N per 10 ton slib of 8% van de organisch gebonden N in het slib. Op dezelfde wijze is ook voor de andere proefvelden en -jaren de uit de organische stof van het slib tijdens het groeiseizoen vrijgekomen N-hoeveelheid berekend, met dien verstande, dat voor AGM 316-1980 en 1982, BEM 265-1979 en FH 86-1979 niet is uitgegaan van de N-hoeveelheden in de knol, maar van de knolopbrengsten, omdat in deze gevallen het gewas niet op N is geanalyseerd. Het maakt in principe weinig uit of voor de berekening van de N-werking van het slib van de N-hoeveelheden in het gewas wordt uitgegaan of van de opbrengst.

Het resultaat van deze berekening is weergegeven in tabel 5. Het blijkt dat zowel de hoeveelheden als percentages van geval tot geval sterk verschillen. Een afdoende verklaring hiervoor is niet gevonden. De conclusie is der-

Tabel 4. Hoeveelheid N in het gewas aardappelen bij de oogst op het proefveld KL 289 in 1977 onder invloed van bemesting met zuiveringsslib

kunstmest-N-gift kg/ha	0	50	100	150	200	
slib, ton ds/ha	0	138	163	174	182	191
	10	156	171	184	190	190
	20	168	194	186	197	198



Figuur 1. Bepaling van het stikstofeffect van zuiveringsslib.

Tabel 5. Uit het slib tijdens het groeiseizoen vrijgekomen organische N in kg/ha, gemiddeld per 10 ton droog slib in kg N en als percentage van de organisch gebonden N in het slib bij de toediening. S1 en S2 is resp. 10 en 20 ton droog slib/ha.

	AGM 316			BEM 265	FH 86	KI 289		RH 400	WR 158	
	1978	1980	1982	1979	1979	1977	1981	1979	1978	1982
vrijgekomen N										
S1	81	107	89	48	30	-6	-5	57	-14	90
S2	*	124	126	77	7	43	28	73	120	121
gemiddeld per 10 ton slib	81	77	72	42	12	12	8	43	35	70
idem in % van N org. in slib	12	36	64	17	7	8	5	12	18	33

* niet te bepalen (oneindig)

halve, dat het vrijkomen van organisch gebonden stikstof tijdens het groeiseizoen een onzekere faktor is in de waardering van zuiveringsslib als stikstofmeststof.

Invloed van zuiveringsslib op de maximale knolopbrengst en economisch optimale kunstmest-N-gift in vergelijking met de geadviseerde kunstmest-N-gift

Van wezenlijk belang voor de rentabiliteit van organische bemesting in het algemeen is de vraag of het opbrengst-niveau erdoor verhoogd (of verlaagd) wordt t.o.v. het met enkel kunstmest bereikbare niveau. Dit zgn. resteffect kan een organisch-stofeffect zijn of/een een specifiek effect van de tijdens het groeiseizoen vrijkomende stikstof, of/een een effect van één of meer ander voedingselementen uit de organische meststof die niet of onvoldoende gecompenseerd zijn. Bij zuiveringsslib kan het resteffect in extreme situaties negatief zijn als gevolg van een te hoog gehalte aan zware metalen (3).

Het effect van zuiveringsslib op de maximale knolopbrengst (voor AGM 316 uitbetalingsgewicht vanwege fabrieksaardappelen) en daarbij horende kunstmest-N-gift is weergegeven in tabel 6. Er is hier uitgegaan van de economisch optimale N-gift, d.w.z. de N-gift waarbij een verdere verhoging van de opbrengst niet meer economisch is. Criteria daarvoor waren een prijs voor consumptie-aardappelen van f 0,30 per kg veldgewas, voor fabrieksaardappelen van f 0,10/kg en voor kunstmest-N van f 1,50/kg. Uit tabel 6 blijkt, dat de maximale opbrengst in een aantal gevallen duidelijk door slib is verhoogd. Dit lijkt in de eerste plaats een specifiek effect van de tijdens het groeiseizoen uit de organische stof van het slib vrijgekomen N te zijn, omdat in al deze gevallen deze hoeveelheid vrij groot was. Ook voor AGM 316-1982 en WR 158 (S2) was deze hoeveelheid echter vrij groot zonder een duidelijk resteffect. Van een duidelijk effect is hier in verband met de vrij grote bepalingsfout sprake als het opbrengstniveau met minstens ca. 10% wordt verhoogd.

Tabel 6. Invloed van zuiveringsslib op de maximale knolopbrengsten en daarbijbehorende optimale kunstmest-N-giften, met ter vergelijking de geadviseerde kunstmest-N-giften. S0, S1 en S2: resp. 0, 10 en 20 ton slib/ha als droge stof

	AGM 316			BEM 265	FH 86	KI 289		RH 400	WR 158	
	1978	1980	1982	1979	1979	1977	1981	1979	1978	1982
maximale knolopbrengsten, kg/are										
S0	463	509	470	487	517	554	624	470	560	566
S1	485	580	476	560	442	546	665	509	512	547
S2	518	588	484	615	435	560	649	590	578	613
optimale N-giften, kg/ha										
S0	150	150	110	180	300	190	180	180	300	180
S1	100	100	0	190	240	220	300	160	230	160
S2	0	150	0	240	300	140	240	140	300	250
geadviseerde N-giften, kg/ha										
S0	280	220	220	270	280	0	130	270	290	330
S1	140	90	240	220	250	0	90	230	250	330
S2	0	60	190	180	220	0	30	150	230	310

Voor FH 86-1979 is het resteffect negatief. Het gaat hier echter om waarden die door extrapolatie verkregen zijn. De optimale kunstmest-N-gift is in ongeveer de helft van de gevallen door slib verlaagd en in een aantal gevallen verhoogd. Het is dus moeilijk deze vooraf vast te stellen. De geadviseerde N-gift is soms lager (KL 289) maar meestal hoger dan de berekende optimale N-gift. Voor AGM 326 is de geadviseerde N-gift voor de objecten met slib verminderd met de minerale N in het in het voorjaar gegeven slib.

De geadviseerde N-gift is bepaald met behulp van de formule:

$N_{adv.} = 320 \text{ kg N/ha} - 1,5 N_{min}$ in het profiel in het voorjaar.

Effect van zuiveringsslib op het fosforgehalte van de aardappelen

Bij de op de Richtlijn van de Unie van Waterschappen gebaseerde giften (1 of 2 ton ds/ha) kan zuiveringsslib nog het beste als fosfaatmeststof gebruikt worden, omdat bij deze lage giften het N-effect veelal te verwaarlozen is. Uit ander onderzoek is gebleken, dat de fosfaatwerking van zuiveringsslib meestal geringer is dan die van superfosfaat (De Haan, 1980).

Dit onderzoek was niet bedoeld om de werking van zuiveringsslib als fosfaatmeststof te toetsen. Het fosfaat in zuiveringsslib (ca. 300 kg P_2O_5 per 10 ton slib) is hier gegeven naast een bemesting met kunstmestfosfaat, die op basis van de fosfaattoestand van de grond voldoende was voor een maximale opbrengst. Onder deze omstandigheden is het effect van zuiveringsslib op het fosfaatgehalte van het gewas gering geweest. Wel was er een verbetering van de fosfaattoestand van de grond aan het einde van de proef.

Effect van zuiveringsslib op het gehalte van aardappelen aan cadmium, koper, mangaan, nikkel en zink

Dit effect is gemiddeld over tien proefjaren weergegeven in tabel 7. Het effect van zuiveringsslib op de gehalten aan deze elementen is gering geweest. Alleen voor koper en zink was het effect statistisch (voor 95%) betrouwbaar. De zware metalen hebben de groei van het gewas en de stikstofhuishouding zeker niet in negatieve zin beïnvloed. In één proef is een positief effect niet uit te sluiten, omdat daar de gehalten aan koper, mangaan en zink in de aardappelen sub-optimaal waren.

Tabel 7. Effect van zuiveringsslib op het gehalte aan cadmium, koper, mangaan, nikkel en zink in aardappelknollen (mg/kg droge-stof), gemiddeld over 10 proefjaren.

		Cd	Cu	Mn	Ni	Zn
z.slib t ds/ha	0	0,12	4,0	5	0,3	13
	10	0,14	4,7	5	0,3	15
	20	0,14	4,8	5	0,3	15

Proefgewas suikerbieten

De hoeveelheid N_{min} in het profiel in het voorjaar

In de periode 1977/82 zijn op de zes proefvelden in totaal elf maal suikerbieten verbouwd. In de meeste gevallen is de hoeveelheid N_{min} in het profiel in het voorjaar bepaald. De toename van N_{min} in het profiel door slib is als regel groter dan de hoeveelheid N_{min} in het slib bij toediening, maar uitzonderingen bevestigen ook hier de regel. Per ton droog slib is de toename gemiddeld niet meer dan 2 kg N. Bij slibgiften van 1 of 2 ton ds/ha is dit effect dus te verwaarlozen.

Tabel 8. Tijdens het groeiseizoen voor het gewas uit de organische stof van het slib vrijgekomen N, berekend uit de N-hoeveelheden in de suikerbieten, met de N-hoeveelheden, die gemiddeld per 10 ton droog slib zijn vrijgekomen, in kg en in % van organisch gebonden N in het slib bij toediening. S1 = 10 en S2 = 20 ton droog slib/ha

	AGM 316		BEM 265		FH 86		RH 400	WR 158	
	1981	1977	1981	1977	1981	1981	1977	1980	
vrijgekomen N, kg/ha									
S1	59	56	77	6	28	68	70	1	
S2	101	127	96	28	70	*	114	5	
id. gemiddeld per 10 ton droog slib, kg									
S1 + S2	53	61	58	11	33	68	61	2	
id. in % van N org. in slib									
S1 + S2	21	18	38	5	19	22	24	1	

* niet te bepalen (oneindig)

Uit de organische stof van het slib tijdens het groeiseizoen voor het gewas vrijgekomen N

Gemiddeld is op basis van de toegepaste berekening per 10 ton slib 45 kg N tijdens de groei voor het gewas beschikbaar gekomen, met een variatie van 0-70 kg. Ook hier is deze stikstof dus een onzekere factor in het bemestingsadvies. Dit is met name voor suikerbieten ongunstig, omdat bij een teveel het N-gehalte van de biet toeneemt en het suikergehalte afneemt (tabel 8, pag. (13))

Invloed van zuiveringsslib op het N-gehalte van de suikerbiet

Deze is gemiddeld over 10 proefjaren weergegeven in tabel 9. Het effect van zuiveringsslib op het N-gehalte van de biet is vrij groot. Het effect van S1 (bij 0 N) komt overeen met het effect van 100 kg kunstmest-N en het effect van S2 met 150 kg. Dat is meer dan men op grond van de toename van N_{\min} in het profiel in het voorjaar door slib en de tijdens het groeiseizoen uit de organische stof van het slib vrijgekomen N zou verwachten.

Tabel 9. Effect van zuiveringsslib op het stikstofgehalte van suikerbieten (% N in de droge stof), gemiddeld over 10 proefjaren.

kunstmest-N-gift kg/ha	0	50	100	150	200	
slib, ton ds/ha	0	0,62	0,63	0,67	0,72	0,77
	10	0,68	0,71	0,76	0,78	0,85
	20	0,72	0,77	0,80	0,85	0,87

Invloed van zuiveringsslib op het suikergehalte van de biet

Zuiveringsslib heeft het suikergehalte vrij sterk verlaagd (tabel 10). De waarde voor S1 komt bij 0 N overeen met een waarde tussen 150 en 200 N bij SO, de waarde voor S2 met een waarde van meer dan 200 N.

Tabel 10. Invloed van zuiveringsslib op het suikergehalte van suikerbieten, gemiddeld over 11 proefjaren

kunstmest-N, kg/ha	0	50	100	150	200	
slibn, ton ds/ha	0	17,22	17,27	17,12	16,93	16,59
	10	16,67	16,75	16,44	16,28	15,87
	20	16,37	16,25	16,07	15,85	15,62

Invloed van zuiveringsslib op de maximale suikeropbrengst bij de economisch optimale kunstmeststikstofgift

Zuiveringsslib heeft de maximale suikeropbrengst soms iets verhoogd en soms iets verlaagd. Gemiddeld over alle proefjaren is er geen effect. De optimale kunstmest-N-gift is soms hoger en soms lager dan de geadviseerde N-gift, maar in het algemeen stemmen de optimale en geadviseerde giften vrij goed met elkaar overeen. De geadviseerde kunstmest-N-gift is in dit geval gelijk aan 220 kg N/ha verminderd met 1,7 x de hoeveelheid

N_{\min} in het profiel in het voorjaar tot een diepte van 100 cm. Het officiële advies is gelijk, maar gaat uit van een profieldiepte van 60 cm.

Het gehalte aan schadelijke stikstof (alpha-amino N) en kalium en natrium in het suikerfiltraat

Het gehalte aan alpha-amino N wordt door zuiveringsslib vrij sterk verhoogd, zoals blijkt uit tabel 11. S1 komt overeen met het effect van ca. 150 kg kunstmest-N en S2 met 200 kg kunstmest-N. De kritieke waarde 17 meq/100 g suikerfiltraat wordt gemiddeld over de proefjaren met S2 al bereikt zonder aanvullende bemesting met kunstmest-N. Er zijn echter grote verschillen tussen de proefvelden en voor hetzelfde proefveld nog weer tussen de jaren. Voor sommige proefvelden is er een nauw verband tussen het N-gehalte van de bieten en het gehalte aan α -amino N in het suikerfiltraat, voor andere is dit verband veel minder duidelijk.

Ook de gehalten aan kalium en natrium in het suikerfiltraat worden door zuiveringsslib sterker verhoogd dan men op grond van de stikstofwerking zou verwachten. De verklaring kan mogelijk liggen in de aanvoer van deze elementen met het slib. Tien ton slib bevat gemiddeld 25 kg K_2O en 10 kg Na_2O . Door kunstmest-N wordt kalium in het suikerfiltraat in de meeste gevallen verhoogd, maar soms verlaagd. Het gehalte aan natrium in het suikerfiltraat wordt door kunstmest-N in alle gevallen verhoogd.

Tabel 11. Invloed van zuiveringsslib op de gehalten aan alpha-amino N, K en Na in het suikerfiltraat, gemiddeld over 11 proefjaren met suikerbieten.

kunstmest-N-gift, kg/ha	0	50	100	150	200	
alpha-amino N, meq/100 g suikerfiltraat						
slib, ton ds/ha	0	10,8	11,3	12,6	14,5	17,2
	10	14,6	15,1	17,7	19,3	21,9
	20	17,1	18,7	20,9	22,5	24,9
K, meq/100 g suikerfiltraat						
slib, ton ds/ha	0	28,7	29,0	28,7	29,4	30,3
	10	31,5	30,4	31,2	31,5	32,7
	20	32,3	32,4	33,0	33,7	35,2
Na, meq/100 g suikerfiltraat						
slib, ton ds/ha	0	2,0	2,3	2,5	2,8	3,2
	10	3,3	3,1	3,9	4,0	4,6
	20	3,7	4,1	4,6	4,9	5,3

Invloed van zuiveringsslib op het fosforgehalte van suikerbieten

Zuiveringsslib heeft het P-gehalte van de bieten slechts in geringe mate verhoogd (tabel 12). Voor alle proefjaren va-

Tabel 12. Invloed van zuiveringsslib op het fosforgehalte (% P_2O_5 in de droge stof) van suikerbieten, gemiddeld over 10 proefjaren.

kunstmest-N, kg/ha	0	50	100	150	200	
slib, ton ds/ha	0	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39
	10	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41
	20	0,44	0,43	0,43	0,43	0,42

rieerde het fosforgehalte van de bieten onder invloed van bemesting met zuiveringsslib en kunstmeststikstof van 0,31-0,48 (aardappel 0,31-0,80).

Invloed van zuiveringsslib op de gehalten aan cadmium, koper, mangaan, nikkel en zink in de biet

Deze gehalten zijn weergegeven in tabel 13. Alleen het zinkgehalte is door zuiveringsslib (betrouwbaar) verhoogd. De suikerbiet onderscheidt zich van de aardappelknol vooral door een hoger mangaangehalte. Het is niet bekend welk gehalte in de biet op mangaangebrek wijst. In het blad is dit een gehalte van ca. 20 mg/kg droge-stof. Mangaangebrek is tijdens de groei van het gewas niet waargenomen. Het mangaangehalte werd noch in de biet, noch in loof + kop door zuiveringsslib beïnvloed.

Tabel 13. Invloed van zuiveringsslib op het gehalte (in mg/kg droge stof) aan cadmium, koper, mangaan, nikkel en zink in de suikerbiet, gemiddeld over 11 proefjaren.

	Cd	Cu	Mn	Ni	Zn	
slib, ton ds/ha	0	0,17	3,9	37	0,3	22
	10	0,18	4,0	41	0,4	29
	20	0,19	4,0	36	0,3	29

De gehalten in loof + kop aan deze elementen zijn op droge stof basis ongeveer 2,5 à 3 maal zo hoog als in de biet.

Nawerkingseffecten van zuiveringsslib bij het proefgewas granen

Granen zijn in totaal 15 maal verbouwd. Uit tabel 14 blijkt dat de hoeveelheid N_{\min} in het profiel iets is verhoogd, gemiddeld met 1 kg N per ton droog slib. Met deze toename is bij de vaststelling van de kunstmest-N-gift soms wel en soms geen rekening gehouden. Gemiddeld is de kunstmest-N-gift met slib iets lager dan zonder slib. De korrelopbrengst is door slib duidelijk verhoogd.

Tabel 14. Effect van zuiveringsslib (nawerking) op de hoeveelheid minerale N in het profiel (0-100 cm) in het voorjaar, de kunstmest-N-gift en de korrelopbrengst, gemiddeld over 15 graanjaren (korrelopbrengst 14 jaar)

	N_{\min} , kg/ha	N-gift, kg/ha	opbrengst, kg/are	
slib ton ds/ha	0	60	98	71,2
	10	73	95	75,2
	20	76	85	77,6

De gehalten aan cadmium, koper, mangaan, nikkel en zink zijn gemiddeld over de proefjaren weergegeven in tabel 15. Het enig statistisch betrouwbare effect is een ge-

ringe verhoging van het zinkgehalte door de hoogste slibgift.

Tabel 15. Effect van zuiveringsslib (nawerking) op de gehalten (mg/kg droge stof) aan cadmium (Cd), koper (Cu), mangaan (Mn), nikkel (Ni) en zink (Zn) in graankorrels, gemiddeld over 15 proefjaren.

	Cd	Cu	Mn	Ni	Zn	
slib ton ds/ha	0	0,10	4,0	34	0,3	32
	10	0,12	4,1	34	0,2	33
	20	0,12	4,1	35	0,2	35

Bespreking van de resultaten

Zuiveringsslib is als stikstofmeststof een nogal onberekenbare meststof. Dat geldt voor alle organische meststoffen, vooral als ze in de herfst worden gegeven op akkerbouwgronden, zoals met slib vaak het geval is. Bij de toediening van het slib kan een deel van de minerale stikstof, die vrijwel uitsluitend in de vorm van ammoniak aanwezig is, door vervluchtiging verloren gaan. Bij toediening in de herfst kunnen bovendien verliezen optreden als gevolg van uitspoeling en denitrificatie. Een onzekere faktor is verder het vrijkomen van organisch gebonden stikstof. Voorzover deze in de herfst of winter vrijkomt wordt hiermee rekening gehouden via de bepaling van de minerale stikstof in het profiel in het voorjaar.

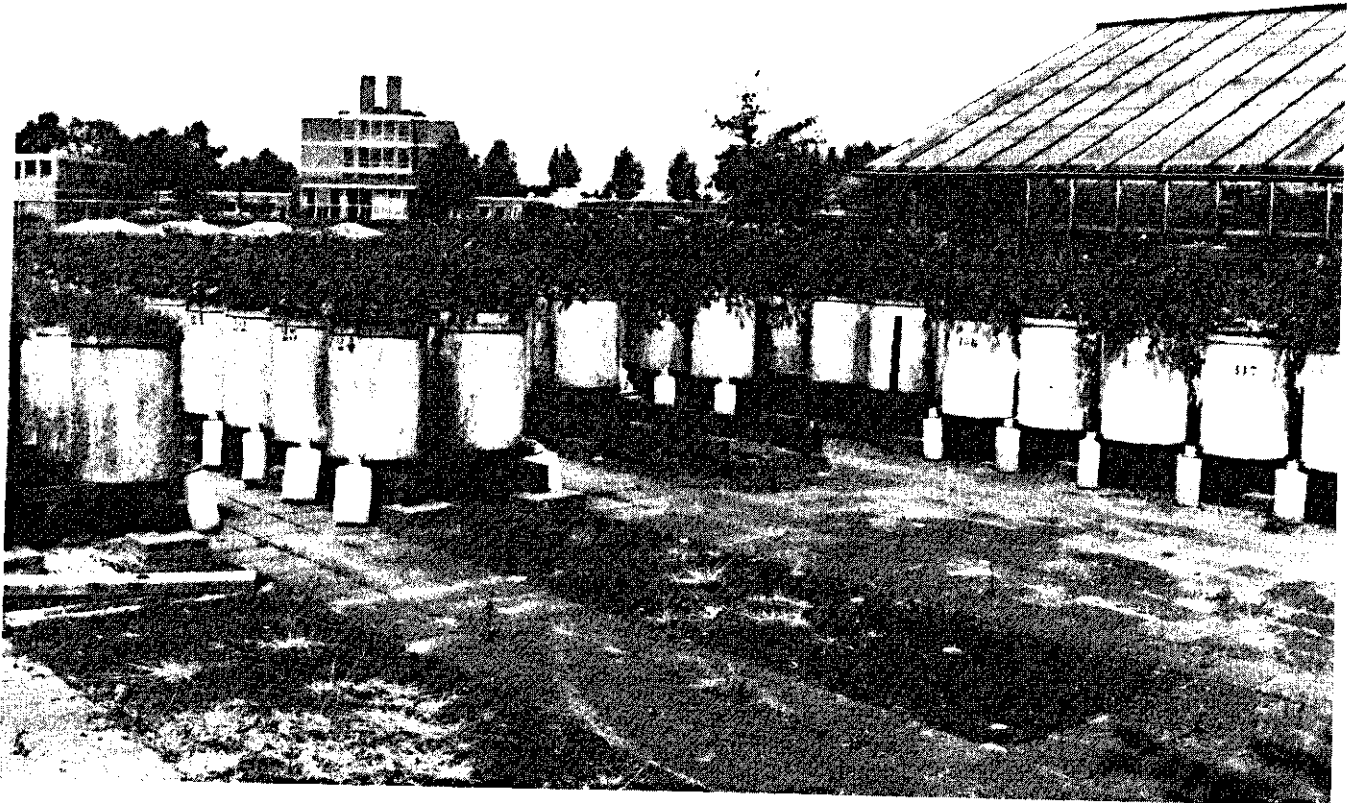
Onzeker blijft dan nog hoeveel stikstof er gedurende het groeiseizoen door mineralisatie ter beschikking komt. In dit onderzoek bleek deze hoeveelheid zeer variabel te zijn.

Zuiver als meststof gezien kunnen organische meststoffen 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 resteffect hebben, dat wil zeggen een verhoging van het produktieniveau tot stand brengen, die met alleen kunstmest niet kan worden verkregen.

Bij het gewas aardappelen was soms sprake van een duidelijk resteffect en soms niet. Misschien ligt dit aan de tijdens het groeiseizoen uit de organische component vrijkomende stikstof, maar een afdoende verklaring geeft dit niet.

Bij suikerbieten is er gemiddeld over de proefjaren bij de hoogste kunstmest-N-gift nog een zwak resteffect op de bietenopbrengst, maar bij de suikeropbrengst is deze verdwenen als gevolg van een negatief effect op het suikergehalte. Vooral de stikstofhoeveelheid in loof + kop wordt door slib belangrijk verhoogd. In het suikerfiltraat worden vooral de gehalten aan alpha-amino-N en aan natrium door slib verhoogd, dat van kalium in mindere mate.

Door de fosfaataanvoer heeft slib het fosfaatgehalte van het gewas iets verhoogd. Negatieve effecten als gevolg



←



Uitrijden van vloeibaar slib, zoals
dat enkele jaren geleden gebeurde.

←

Onderzoek van zuiveringsslib en huisvuilcompost
in vaten met een inhoud van 140 liter
met opvangmogelijkheid voor drainwater
op het terrein van het IB te Haren.
Proefgewas (1983) aardappelen.

van een te hoog gehalte aan micro-elementen (zware metalen) in het slib zijn niet opgetreden. Daarvoor waren zowel de slibhoeveelheden als de gehalten te laag. Bij het gewas granen vertoonde slib in nawerking een vrij duidelijk effect op de korrelopbrengst, waarschijnlijk in de eerste plaats als gevolg van het vrijkomen van minerale stikstof uit de organische stof tijdens het groeiseizoen.

Conclusie

Als stikstofmeststof is zuiveringsslib een onzekere meststof, vooral bij toediening in de herfst. Door bepaling van de hoeveelheid minerale N in het profiel in het voorjaar kan met de stikstofwerking van slib rekening worden gehouden. Een onzekere factor blijft de hoeveelheid stikstof die daarna tijdens het groeiseizoen vrijkomt. Deze hoeveelheid varieerde in dit onderzoek van 0-80 kg N/10 ton droog slib.

In een aantal gevallen werd de met kunstmest maximaal bereikbare knolopbrengst bij aardappelen door zuiveringsslib duidelijk verhoogd. In het uitbetalingsgewicht (fabriksaardappelen) uitte dit zich minder sterk als gevolg van een negatief effect van slib op het onderwatergewicht.

De met kunstmest maximaal bereikbare suikeropbrengst werd bij suikerbieten door zuiveringsslib niet verhoogd. Het suikergehalte werd door slib vrij sterk verlaagd en de gehalten aan alpha-amino-N en natrium in het suikerfiltraat vrij sterk verhoogd.

De nawerking van de bemesting met zuiveringsslib op de korrelopbrengst van granen was vrij duidelijk positief.

In dit onderzoek werd bij de bemesting met het fosfaat in het slib geen rekening gehouden. Negatieve effecten als gevolg van micro-elementen (zware metalen) in het slib zijn in dit onderzoek niet naar voren gekomen.

LITERATUUR

1. DUVOORT-VAN ENGERS, L.E. 1983. Enquête betreffende de productie, bestemming en kwaliteit van zuiveringsslib in Nederland in het jaar 1980. H₂O, no. 6. 129-130.
2. HAAN, S. DE 1980. Einfluss von Organischen Düngung auf das maximal erreichbare Ertragsniveau in langjährigen niederländischen Feldversuchen. Landw. Forsch., Sonderheft 36: 389-404.
3. Idem, 1983. Landbouwkundige waarde van zuiveringsslib, Syllabus Stichting Postacademiale Vorming Gezondheidstechniek, Cursus slibverwerking, 44 pag.