

# De waarde van zuiverings-slib als meststof of grondverbeteringsmiddel

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

Op grond van de resultaten van het in het volgende artikel beschreven eigen onderzoek en van literatuurgegevens waarop hier niet is ingegaan, kan worden gezegd dat zuiverings-slib een organische meststof is waarvan het effect op korte termijn vooral bepaald wordt door zijn stikstofgehalte, dat van geval tot geval sterk kan uiteenlopen. Ook de gehalten aan andere plantevoedende stoffen variëren sterk. Het kaligehalte is meestal zeer laag, het fosfaat- en kalkgehalte vrij belangrijk. Bij herhaald gebruik dient men te bedenken dat er in de grond een ophoping van zware metalen kan plaatsvinden. Het is daarom van belang dat deze gehalten niet hoger zijn dan in slib afkomstig van normaal huishoudelijk afvalwater. Bij gebruik van slib in grotere hoeveelheden voor grondverbetering dient het verder voldoende te zijn uitgerijpt. Men kan het dan zelfs zonder meer als cultuurgrond gebruiken.

Gezien de variabele samenstelling is het niet mogelijk een algemeen geldend advies te geven over het gebruik van zuiverings-slib als meststof of als grondverbeteringsmateriaal. De afnemer dient in elk geval een volledige chemische analyse van het produkt te verlangen. Deze moet van recente datum zijn. In geval van twijfel kan een gewassenproef worden verlangd, uit te voeren door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid op de hieronder aan te geven wijze. Desnoods kan met een kiemproof worden volstaan. De uitslag kan dan binnen enkele weken bekend zijn.

In Nederland kan het watervervuilend vermogen op ongeveer 25 miljoen inwoner-equivalenten (i.e.) gesteld worden. Onder één i.e. wordt verstaan de vervuiling door de gemiddelde inwoner per dag, die ca. 150 l afvalwater produceert met 190 gram droge stof, waarvan 110 gram organische stof. Voor de afbraak van deze organische stof is ca. 54 gram zuurstof nodig. In deze 25 miljoen i.e. is begrepen de industrie met uitzondering van die in de Veenkoloniën (24 miljoen i.e.). Ook de bio-industrie is hierin niet begrepen.

Tabel 1 Chemische samenstelling van monsters zuiverings-slib onderzocht in de periode 1963/70. Gehalten in procenten van droge stof

	Aantal mon-sters	Gemid-delde waarde	Laagste waarde	Hoogste waarde
gloeiverlies	231	43,5	6,9	89,3
stikstof (N-totaal)	235	2,35	0,22	7,83
fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	235	2,77	0,10	10,46
kali (K <sub>2</sub> O)	230	0,22	0,00	2,44
kalk (CaO)	110	3,86	0,31	16,77
magnesium (MgO)	86	0,30	0,08	0,68
natrium (Na <sub>2</sub> O)	30	0,20	0,01	1,27
chloor (Cl)	40	0,17	0,00	1,22
gloeirest	12	2,92	0,32	5,83
pH-KCl	23	6,90	5,3	10,2

Momenteel wordt het afvalwater van ca. 8 miljoen i.e. gezuiverd. Daarbij wordt per jaar ca. 1,6 miljoen m<sup>3</sup> zuiverings-slib geproduceerd met ca. 5% droge stof. Een deel van dit slib (ca. 10%) wordt rechtstreeks aan de landbouw (incl. tuinbouw en de recreatieve sector van het grondgebruik) geleverd. De rest wordt op natuurlijke of kunstmatige wijze gedroogd en dan aan de landbouw geleverd of gestort. Het laatste is het geval met ca. 50% van het geproduceerde slib. In verband met de noodzaak meer afvalwater te zuiveren, zal de produktie aan zuiverings-slib in de komende jaren belangrijk toenemen. Ook het aanbod van slib aan de landbouw, vooral in vloeibare toestand zal waarschijnlijk toenemen omdat dit meestal de goedkoopste vorm van slibafzet is. Dit geldt met name voor de kleinere installaties, waarbij de voor andere vormen van slibafzet vereiste dure voorzieningen moeilijk rendabel te maken zijn.

## Landbouwkundige waarde van zuiverings-slib op grond van chemisch onderzoek

De belangstelling van zuiveringsinstanties voor de afzet van slib in de landbouw blijkt uit het aantal monsters dat voor chemisch onderzoek naar het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek wordt gezonden. Het aantal monsters, ingezonden in de periode 1963/70 en de uitslag van het onderzoek zijn weergegeven in tabel 1. Uit deze tabel blijkt dat alle gehalten een grote spreiding vertonen. Gedeeltelijk kan deze verklaard worden. Met toenemend droge-stofgehalte - samenhangend met toenemende ouderdom en rijping van het slib, voor zover de droging niet kunstmatig heeft plaatsgehad - nemen gloeiverlies en stikstofgehalte af (correlatiecoëfficiënten resp. -0,59 en -0,65). Met een toenemend gloeiverliescijfer neemt ook het stikstofgehalte toe (correlatiecoëfficiënt 0,69).

Gemiddeld bedraagt het organische-stofgehalte (= gloeiverliescijfer) 43,5% en het stikstofgehalte 2,35%. Per eenheid organische stof bedraagt het stikstofgehalte 5,4%. Dat is aanzienlijk meer dan het voor de afbraak van de organische stof vereiste gehalte van ca. 2%. Met een duidelijk stikstofeffect van het zuiverings-slib mag daarom in het algemeen rekening worden gehouden. Het effect van de andere plantevoedende stoffen zal minder sprekend zijn, tenzij de grond hieraan een sterke behoefte heeft. Het zuiverings-slib bevat vrijwel geen kali. Dit komt, evenals de andere opgeloste stoffen, in het effluent terecht. Het kalkgehalte van het slib is meestal tamelijk hoog, evenals het fosfaatgehalte.

## Gehalten aan zware metalen

Ten behoeve van ons onderzoek zijn vorig jaar door het laboratorium van het waterschap De Dommel 23 slibmonsters onderzocht op gehalten aan Fe, Cu, Cr, Zn, Pb, Ni en Cd. De uitslag van dit onderzoek is weergegeven in tabel 2. Het

blijkt dat ook deze gehalten zeer sterk variëren. Ze worden vooral bepaald door de aard van de op de betreffende zuiveringsinstallatie aangesloten industrieën.

De zware metalen komen in het slib voor als moeilijk oplosbare zouten of geadsorbeerd aan de organische stof. Als zodanig is hun activiteit gering. De activiteit kan toenemen als gevolg van afbraak van de organische stof, vooral bij een lage zuurstofspanning of in een zuur milieu. Het is daarom van belang dat de gehalten aan zware metalen niet te hoog zijn. Nauwkeurige grenzen kunnen nog niet worden aangegeven. In het algemeen kan worden gesteld dat slib afkomstig van normaal huishoudelijk afvalwater, wat zijn gehalte aan zware metalen betreft, niet schadelijk is. Dergelijk slib bevat maximaal 2000 ppm Zn, 500 ppm Cu, 500 ppm Pb en vrijwel geen Cr, Cd en Ni (zie tabel 2).

De zuiveringsinstanties zijn zelf bezig de zware metalen zoveel mogelijk buiten de riolering te houden, omdat ze in te grote concentraties schadelijk zijn voor de biologische zuivering van het afvalwater en de slibgisting.

#### Andere schadelijke stoffen in zuiveringsslib

Behalve door te hoge gehalten aan zware metalen en ook aan opzichzelf waardevolle plantevoedende bestanddelen, kan zuiveringsslib soms een negatief effect veroorzaken door een te hoog gehalte aan afvalolie, dat meestal na een jaar weer verdwenen is.

Wasmiddelen zijn in zuiveringsslib niet schadelijk. In de grond breken ze vrij snel af. Dit geldt met name voor de thans in gebruik zijnde zachte detergenten, die grotendeels al in de zuiveringsinstallatie worden afgebroken. Door hun hoog fosfaatgehalte dragen de detergenten wel bij tot vervuiling van het oppervlaktewater. Een deel van dit fosfaat komt in het slib terecht.

#### Hygiënisch aspect van het gebruik van zuiveringsslib

Uit hygiënisch oogpunt kunnen tegen het gebruik van zuiveringsslib bezwaren worden aangevoerd. Het slib vormt een potentiële bron voor besmetting met salmonella's en wormeieren. In de grond sterven deze meestal vrij snel af. Beter is het echter ze door pasteurisatie vooraf onschadelijk te maken. De zuiveringsinstallatie van Almelo begint binnenkort als eerste in ons land hiermee.

Tabel 3 Invloed van verschillende vormen van organische bemesting op de opbrengsten van de gewassen aardappelen (knol), suikerbieten (biet) en graan (korrel) in procenten van het object zonder organische bemesting bij een uniforme kunstmeststikstofgift. Gemiddelde waarden over de periode 1952/71 (Pr. 1255)

Object*	I	II	III	IV	V	VI	VII
aardappelen (7 proefjaren)	100	100	102	99	104	97	103
suikerbieten (6 proefjaren)	100	106	122	122	107	86	105
granen (7 proefjaren)	100	99	105	107	113	95	100
Resultaten grondonderzoek 1968 (humus en N-totaal 1971)							
pH-KCl	5,03	5,11	5,28	5,20	5,01	5,02	4,97
% humus	2,25	2,47	2,85	2,87	2,59	3,54	2,39
N-totaal	163	168	174	172	171	178	164
P-totaal	235	265	250	238	302	235	245
P-AL	26	40	31	29	48	31	27
P-getal	2,1	3,2	2,0	2,3	3,5	2,2	2,3
K-gehalte	13,1	14,4	13,1	13,4	12,9	13,5	13,5
MgO	403	405	386	385	366	430	395

\* object I = geen organische bemesting; II = 15 ton stalmest/ha/jaar; III = idem VAM-compost gebroeid; IV = idem ongebroeid; V = 15 ton/ha/jaar zuiveringsslib; VI = 7,5 ton/ha/jaar turfmoelm; VII = groenbemesting.

#### Veldproef met zuiveringsslib

Het is niet mogelijk alleen op grond van scheikundig onderzoek een uitspraak te doen over de waarde van een produkt als zuiveringsslib. Daarvoor zijn ook proeven met gewassen nodig. Sedert 1952 loopt bij het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid een veldproef waarin het effect van zuiveringsslib naast dat van andere vormen van organische bemesting wordt nagegaan. De resultaten van deze proef, gelegen op zware rivierklei in de Bommelerwaard, zijn weergegeven in tabel 3. Op dit proefveld worden vanaf 1954 in vaste volgorde aardappelen, suikerbieten en granen verbouwd. Het gewas aardappelen heeft tot dusver vijf maal van de werking van de organische bemesting geprofiteerd en twee keer van de nawerking, het gewas bieten resp. drie en drie keer en graan resp. vier en drie keer.

Vóór 1968 werd de organische bemesting om de twee jaar toegepast en werd het dubbele gegeven van de in tabel 3 vermelde hoeveelheden.

Uit deze tabel blijkt dat zuiveringsslib bij aardappelen en granen van alle vormen van organische bemesting het beste resultaat heeft gegeven. Bij bieten was de werking van gebroeide en ongebroeide compost beter, waarschijnlijk in verband met de pH-verhogende invloed van deze meststoffen. Zuiveringsslib had geen invloed op de pH. De werking berust hier waarschijnlijk uitsluitend op de stikstofcomponent. Het humusgehalte is door zuiveringsslib ook duidelijk verhoogd: per eenheid organische stof 1,5 maal zoveel als door stalmest. Verder is de fosfaattoestand van de grond duidelijk verbeterd en het magnesiumgehalte gedaald.

Op verzoek van de Stichting Verwijdering Afvalstoffen te Amersfoort is vorig jaar o.a. op dit proefveld de invloed van compost en zuiveringsslib op het gehalte van de grond aan

Tabel 2 Gehalten (in ppm) aan zware metalen in 23 zuiverings-slibmonsters in 1971

Metalen	Gemiddelde waarde	Laagste waarde	Hoogste waarde
Fe	20800	5200	36000
Cu	1200	100	4700
Cr	870	0	2600
Zn	3060	700	8800
Pb	1300	300	7900
Cd	71	0	600
Ni	96	0	900

zware metalen nagegaan. Zowel door compost als door slib bleek het gehalte aan verschillende zware metalen te zijn verhoogd. Het op dit proefveld gebruikte slib is afkomstig van normaal huishoudelijk afvalwater.

#### Potproeven met zuiverings-slib

Om zuiverings-slib snel op zijn waarde te kunnen toetsen worden potproeven genomen. Hierbij wordt de grond (een normale pleistocene zandgrond) voor respectievelijk 0, 1, 2, 5, 10, 20, 50 en 100 volumeprocent vervangen door zuiverings-slib om de geschiktheid van dit slib als *meststof* (laagste giften), *grondverbeteringsmiddel* (middelmatige giften) of als *cultuurgrond of stormateriaal* (hoogste gift) na te gaan. Een pot bevat 1 liter van het grond/slibmengsel.

Er worden verschillende gewassen na en soms ook naast elkaar verbouwd, elk met een groeiduur van ca. 5 weken. Elk gewas ontvangt een volledige bemesting met kunstmest. Van stikstof wordt echter slechts een halve gift (150 mg per pot) gegeven om zowel stikstoflevering als -binding door het slib te kunnen vaststellen. Voor zover nodig en mogelijk (in verband met de kosten) vindt gewasanalyse plaats. Ook het drainwater kan worden onderzocht om na te gaan in hoeverre het milieu door het gebruik van zuiverings-slib kan vervuilen. Daartoe wordt het grond/slibmengsel doorgespoeld met een hoeveelheid water overeenkomende met de hoeveelheid die in ons klimaat in de natuur jaarlijks door de grond afvloeit.

Op bovenstaande wijze wordt voor zuiveringsinstallaties tegen een geringe vergoeding slib onderzocht. Om in dergelijke gevallen een beter gefundeerd advies te kunnen uitbrengen is in 1971 een onderzoek begonnen met 15 slibsoorten van verschillende herkomst. Enkele resultaten van dit onderzoek worden hier meegedeeld.

#### Resultaten verkregen met slib van Tubbergen, Eindhoven en Assen

De resultaten met deze slibsoorten werden meegedeeld omdat zij de meest uiteenlopende slibsoorten vertegenwoordigen. Het slib van Tubbergen was vers slib met een hoog stikstofgehalte, dat van Eindhoven vers slib met een laag stikstofgehalte (het bevat alleen het bezinksel van de eerste zuiveringstrap) en dat van Assen uitgerijpt slib met een middelmatig stikstofgehalte. De stikstofgehalten van deze slibsoorten waren omgerekend op droge stof voor Tubbergen, Eindhoven en Assen respectievelijk 37, 12 en 23 mg per 100 g en de volumegewichten 611, 436 en 438 g per liter. Het volumegewicht van de grond was 1500 g per liter. De proefgewassen waren tot dusver achtereenvolgens snijmoes, haver, sla, snijmoes, haver. Het laatste gewas ontving geen bemesting met kunstmest. De droge-stofopbrengsten zijn weergegeven in tabel 4.

Uit de tabel blijkt dat het slib van Tubbergen bij niet te grote giften een duidelijk opbrengstverhogend effect heeft. Het maximum ligt bij 5 volumeprocent slib. Bij hogere giften daalt de opbrengst snel. Overmaat aan stikstof is daarvan bij dit slib de voornaamste oorzaak. Deze conclusie is gebaseerd op de resultaten van een onderzoek dat de schrijver in 1965 uitvoerde met 15 organische producten, variërend in stikstofgehalte van zeer laag tot zeer hoog. Vanaf een bepaalde gift werd met stikstofrijke producten (aardappel-eiwit, bloedmeel) geen opbrengst meer verkregen. Het zaad kiemde niet meer of het gewas stierf kort na de kieming af. Met de stikstofarme producten (suiker, cellulose) handhaafde het gewas zich ook bij de hoogste giften nog wel, maar vertoonde dan vrijwel geen groei en sterke symptomen van stikstofgebrek. Men dient hierbij te bedenken dat met het slib van Tubbergen bij volledige vervanging (100 volumeprocent) 22,6 g stikstof per pot is gegeven of bij een bouwvoordikte van 20 cm 45200 kg per ha. Gerekend kan

Tabel 4 Droge-stofopbrengsten in g/pot verkregen met slib van Tubbergen, Eindhoven en Assen

Plaats en gewas	Volumeprocenten slib							
	0	1	2	5	10	20	50	100
<i>Tubbergen</i>								
snijmoes	7,18	8,48	9,33	9,62*	1,87	0,27	0,00	0,00
haver	14,83	16,00	18,34	19,40*	15,89	3,37	0,02	0,00
sla	1,70	2,53	1,98	2,27	3,67*	0,26	0,12	0,00
snijmoes	5,46	5,15	5,68*	5,01	4,77	0,68	0,14	0,00
haver	3,75	3,48	3,62	3,93	4,24	8,12*	4,45	0,44
som	32,92	35,56	38,95	40,23*	30,44	12,70	4,73	0,44
<i>Eindhoven</i>								
snijmoes	7,18*	5,88	3,92	1,38	0,43	0,10	0,13	0,12
haver	14,83	14,48	14,36	14,44	15,80*	15,19	9,69	11,54
sla	1,70	2,97	3,44	3,46*	3,38	3,13	2,87	2,35
snijmoes	5,46	4,24	3,46	3,42	4,26	4,96	5,78*	3,58
haver	3,75	2,83	3,00	3,28	3,44	4,98	6,10	9,83*
som	32,92*	30,40	28,18	25,98	27,31	28,36	24,57	27,42
<i>Assen</i>								
snijmoes	7,25	7,03	7,47	7,91	7,22	8,85	8,90*	8,31
haver	13,48	14,02	14,09	14,57	14,83	16,32	17,57	17,62*
sla	1,07	1,99	2,48	3,42	3,97	4,31	4,50	4,51*
snijmoes	4,98	4,87	4,63	4,10	4,42	4,76	6,09	7,06*
haver	3,70	3,31	2,82	3,36	4,42	6,92	7,60	8,49*
som	30,48	31,22	31,49	33,26	35,46	41,16	44,66	45,99*

\* = maximale opbrengst

worden dat hiervan het derde deel op korte termijn werkzaam is. Het maximum verplaatst zich in de loop van de tijd naar een hoger slijbpercentage in verband met het rijpingsproces, dat het slijb doormaakt. Daarbij verdwijnt een deel van de stikstof. Omdat er bij potten normaal geen uitspoeling plaatsheeft, is dat alleen maar mogelijk door verlichting (als ammoniak of als eindprodukt van het denitrificatieproces).

Met het slijb van Eindhoven is bij volledige vervanging 10400 kg per ha gegeven. Op korte termijn levert dit slijb geen stikstof maar is er zelfs een tekort in verband met het feit dat er voor de afbraak van organische stof stikstof nodig is. Dit blijkt uit het resultaat van het eerste gewas. Bij het tweede gewas begint de hierbij vastgelegde stikstof al weer vrij te komen. Gesommeerd over de gewassen is het effect tot en met het vijfde gewas echter nog negatief. Dat was ook zo bij de produkten suiker en cellulose in de bovengenoemde proeven.

Het slijb van Assen geeft een met de slijbgift toenemend positief effect. Bij het eerste gewas werd het maximum bereikt bij 50 vol. %, bij de volgende gewassen bij 100 vol. %. Het slijb van Assen kon dus zonder meer als cultuurgrond gebruikt worden.

#### Gesommeerde droge-stofopbrengsten van verschillende slijbsoorten

De over deze eerste vijf gewassen gesommeerde droge-stofopbrengsten zijn - uitgedrukt in procenten van de opbrengst

Tabel 5 Gesommeerde droge-stofopbrengsten van de gewassen 1 /tm 5, uitgedrukt in % van de opbrengst van het object zonder slijb, verkregen met 15 slijbsoorten van verschillende herkomst, gerangschikt naar afnemend stikstofgehalte

Plaats	Volumeprocenten slijb							
	0	1	2	5	10	20	50	100
Oosterwolde	100	108	128*	110	64	38	23	0
Delden	100	115	119*	113	61	45	11	3
Tubbergen	100	108	118	122*	92	39	14	1
Leiden	100	109	113	116*	108	75	6	4
Boxtel	100	104	102	103	107*	78	11	4
Noordwijkerhout	100	112	116	115	122*	87	32	31
Almelo	100	102	105	107*	97	80	30	13
Glanerbrug	100	101	104	112*	105	81	36	11
Haarlem	100	109	103	110	117*	103	50	73
Heerlen	100	104	109	115	118*	115	44	60
Enschede	100	105	110*	97	79	84	13	3
Assen	100	102	103	109	116	135	146	151*
St. Michielsgestel	100	99	99	98	100	102	114	123*
Eindhoven	100*	92	86	79	83	86	75	83
Schinveld	100	108	106	110	112	115*	107	19

\* maximale opbrengst

Tabel 6 Chemische samenstelling van het gewas met en zonder slijb

Samenstelling gewas	Eerste gewas (snijmoes)		Tweede gewas (haver)	
	zonder slijb	met slijb	zonder slijb	met slijb
N (%)	1,74	3,41 (1,51-5,06)	0,97	2,38 (1,32-3,97)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0,98	1,44 (1,07-1,83)	0,83	1,67 (0,76-2,58)
K <sub>2</sub> O (%)	3,13	3,25 (2,61-3,76)	1,97	2,58 (1,62-5,17)
Ca (%)	2,39	2,89 (2,06-5,09)	0,49	1,40 (0,85-2,58)
Mg (%)	0,52	0,54 (0,42-0,68)	0,33	0,49 (0,35-0,70)
Fe (ppm)	325	152 (91-242)	67	93 (68-145)
Mn (ppm)	112	77 (30-134)	188	53 (10-420)
Zn (ppm)	83	199 (65-423)	40	180 (64-343)
Cu (ppm)	8	14 (7-28)	4	12 (5-20)
B (ppm)	39	49 (29-74)	8	20 (4-54)
Mo (ppm)	1,9	3,4 (0,8-16,3)	0,3	3,1 (0,2-37,9)

zonder slijb - voor alle 15 onderzochte slijbsoorten weergegeven in tabel 5. De hoogste opbrengsten zijn met een sterretje aangegeven. De slijbsoorten zijn gerangschikt naar afnemend stikstofgehalte.

Uit tabel 5 blijkt dat alle slijbsoorten positief gewerkt hebben met uitzondering van het slijb van Eindhoven. In het algemeen was de maximale opbrengst het hoogst als het slijb stikstofrijker was; dit maximum werd bij stikstofrijker slijb bij een lager slijbgehalte bereikt.

Op deze regel zijn echter tal van uitzonderingen, vooral in verband met het verschil in rijpheid van het slijb. Behalve het slijb van Assen kon ook dat van St. Michielsgestel en Schinveld in grote hoeveelheden gegeven worden. Bij het laatste bleef het effect bij de hoogste gift echter negatief. Dit slijb wekt de indruk dat het stikstofgehalte hoger lag dan de uitslag van de analyse aangaf (0,8%).

#### Chemische samenstelling van het gewas

Bij gelijke opbrengst was het vochtgehalte van het gewas met slijb duidelijk hoger dan zonder slijb. Vooral bij het gewas sla werden duidelijke verschijnselen van succulentie waargenomen. Bij enkele slijbsoorten werden bij hoge giften verschijnselen waargenomen die aan ijzergebrek deden denken. Om gegevens te krijgen over de mogelijke oorzaak daarvan zijn de eerste twee gewassen onderzocht op gehalten aan N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B en Mo. Het resultaat is weergegeven in tabel 6. In deze tabel heeft 'met slijb' betrekking op de slijbgift waarbij de maximale op-

brengrst werd verkregen of althans een zo hoog mogelijke opbrengst. Dit om over voldoende materiaal te kunnen beschikken voor de analyse. Soms moesten enkele objecten worden samengevoegd.

Uit de tabel blijkt dat alle gehalten met slib gemiddeid hoger waren dan zonder slib, met uitzondering van Fe en Mn bij het eerste gewas en Mn bij het tweede gewas. De spreiding was echter zo groot dat de waarden voor 'zonder slib' meestal lagen binnen de grenzen van die voor 'met slib'.

Er wordt nog nagegaan in hoeverre de gehalten in het gewas samenhangen met de gehalten in het slib en in hoeverre zij onderling samenhangen. Op dit moment kan al worden geconclueerd dat bij bemesting met slib ook bij een op het oog volkomen normaal gewas veranderingen in de chemische samenstelling en met name in de gehalten aan zware metalen kunnen optreden. Over de consequenties daarvan voor de waarde van het gewas als voedings- of voedermiddel is nog weinig bekend.