

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU
BILTHOVEN

STOWA rapport nr. 99-02

RIVM Rapport 733007 005

**Vergelijking van voorspelde metaalgehalten in
landbodems met (eco)toxicologische risiconiveaus**

S. van Dijk, P.R.G. Kramer¹, R.O.G. Franken,
L. Posthuma

november1999

¹ Thans Rijkswaterstaat, Directie Limburg

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer met medefinanciering door het Directoraat Generaal Milieubeheer, Directie Bodem, in het kader van het project Waterbodems, projectnr. 733007.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,
telefoon: 030 - 274 91 11, fax: 030 - 274 29 71

Verzendlijst

1	Directoraat-Generaal voor Milieubeheer, Directie Bodem, t.a.v. Mr. A.B. Holtkamp	
2	Directoraat-Generaal voor Milieubeheer, Directie Drinkwater, Water en Landbouw, t.a.v. Drs. G.J.A. Al	
3	Directoraat-Generaal voor Milieubeheer, Directie Stoffen, Veiligheid en Straling, t.a.v. Dr. C.M. Plug	
4	(1e) Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Dr. Ir. B.C.J. Zoeteman	
5	Dr. S. Boekhold	DGM/Bo
6	Dr. G.H. Crommentuijn	DGM/Bo
7	Drs. W.H. Munters	DGM/Bo
8	Drs. J.S. Raad	DGM/Bo
9	Dr. J.M. Roels	DGM/Bo
10	Drs. N.H.S.M. de Wit	DGM/Bo
11	Drs. M. van der Gaag	DGM-DWL
12	Drs. D. Jonkers	DGM-DWL
13	Dr. M. E.J. van der Weiden	DGM-SVS
14	Drs. B. van der Wal	STOWA
15	Ir. J.J.H. van den Akker	STOWA-bgl.cie. / Alterra
16	Ing. C.J.H. Bes	STOWA-bgl.cie. / Provincie N-Holland, afd. Water en Groen, Bureau Bodem
17	Ir. A.J. Baks	STOWA-bgl.cie. / Provincie Gelderland, Dienst Milieu & Water
18	Drs. T. Bakker	STOWA-bgl.cie. / RIZA
19	Dr. P. den Besten	STOWA-bgl.cie. / RIZA
20	Dr.ir. J.E.M. Beurskens	STOWA-bgl.cie. / Waterschap de Maaskant
21	Ir. C. van Bladeren	STOWA-bgl.cie. / Unie van Waterschappen
22	Drs. J. Brils	STOWA-bgl.cie. / TNO-MEP, Den Helder
23	Dr. ir. C.A.M. van Gestel	STOWA-bgl.cie. / VU-Amsterdam
24	Drs. J. Harmsen	STOWA-bgl.cie. / Alterra
25	Ing. P. Hotsma	STOWA-bgl.cie. / IKC-Landbouw
26	Ing. R. Kampf	STOWA-bgl.cie. / HUSHN
27	Drs. P.R.G. Kramer	STOWA-bgl.cie. / Rijkswaterstaat, Directie Limburg
28	Ing. J. van der Plicht	STOWA-bgl.cie. / Waterschap Rijn en IJssel
29	MSc. R. Schuiling	STOWA-bgl.cie. / Zuiveringsschap Drente
29-229	Verzendlijst STOWA	
230	Drs. L. de Poorter	Aqua Sense
231	Drs. M.M.H.E. van den Berg	Gezondheidsraad
232	Drs. S. Ouboter	PGBO
233	Drs. C. van de Guchte	RIZA
234	Dr. J.J. Vegter	TCB
235	Prof. dr. H.J.P. Eijsackers	Vrije Universiteit Amsterdam
236	Prof. dr. N.M. van Straalen	Vrije Universiteit Amsterdam
237	Dr. N.M. de Rooij	Waterloopkundig Laboratorium
238	Drs. B. Muijs	Witteveen en Bos
239	Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie	
240	Directie RIVM	
241	Dr. ir. G. de Mik	RIVM-Sector III / IV
242	Ir F. Langeweg	RIVM-Sector V
243	Dr. W.H. Könemann	RIVM-CSR
244	Drs. J.H. Canton	RIVM-ECO
245	Dr. H.A. van 't Klooster	RIVM-LAC
246	Ir. R. van den Berg	RIVM-LBG
247	Ir. T. Bresser	RIVM-LWD
248	Dr. D. Sijm	RIVM-CSR
249	Dr. A.P. van Wezel	RIVM-CSR
250	R. Baerselman	RIVM-ECO
251	Ing. A.C.de Groot	RIVM-ECO
252	Drs. D.T. Jager	RIVM-ECO
253	Dr. W.J.G.M. Peijnenburg	RIVM-ECO
254	Dr. L. Posthuma	RIVM-ECO
255	Ir. C. Roghair	RIVM-ECO
256	Dr. A. Sterkenburg	RIVM-ECO
257	Dr. J. Struijs	RIVM-ECO

258	Dr. R. Ritsema	RIVM-LAC
259	Ir. R.O.G. Franken	RIVM-LBG
260	Dr. ir. F. Swartjes	RIVM-LBG
261	Dr.ir. A. de Jong	RIVM-LOC
262	Drs. E. van der Velde	RIVM-LOC
263	Drs. T. Aldenberg	RIVM-LWD
264	Drs. P. van Puijenbroek	RIVM-LWD
265	SBD/Voorlichting & Public Relations	
266	Bureau Rapportenregistratie	
267-268	Bibliotheek RIVM	
269-287	Reserve-exemplaren Bureau Rapportenbeheer	
288-300	Reserve-exemplaren	

Inhoud

ABSTRACT	7
SAMENVATTING.....	9
1. AANLEIDING EN DOELSTELLING	11
2. HUIDIGE (ECO)TOXICOLOGISCHE RISICOBEOORDELING VAN LANDBODEM.....	13
3. RISICONIVEAUS EN SIGNAALWAARDEN WAARAAN GETOETST WORDT	15
4. TOETSING METAALGEHALTEN AAN RISICONIVEAUS EN SIGNAALWAARDEN	21
5. CONCLUSIES EN DISCUSSIE.....	27
REFERENTIES	29
BIJLAGEN	FOUT! BLADWINZER NIET GEDEFINIËRD 46
Bijlage 1.	Leden van de begeleidingscommissie
Bijlage 2.	Belangrijkste resultaten modellering metaalgehalten landbodem onder invloed van specie verspreiding
Bijlage 3.	Procentuele kans op overschrijding van verschillende risiconiveaus als gevolg van 4 maal op de kant zetten van specie met weergegeven verontreinigingsklasse in een periode van 50 jaar.

✓ 33

Abstract

Regional waters are being dredged once every 5 to 20 years to maintain the water discharge. This study contributes to the determination of the quality objectives which are to be met by the dredged material if it is to be disposed of in the adjacent soil. In a preceding study the present and future sediment quality with respect to the concentration of PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons) and heavy metals are investigated. Also the accumulation of cadmium, copper, lead and zinc in the adjacent soil by repeatedly distributing contaminated sediments on different categories of landuse and soiltype are modelled. In this report the predicted heavy metal soil concentrations from the above-mentioned study are used to calculate the probability to exceed different (eco)toxicological standards. This implies a first rough estimation of (eco)toxicological risks caused by the distribution of contaminated sediment.

The goals and accuracy of the different (eco)toxicological standards differ substantially. Some of the standards for copper and zinc are already exceeded without the distribution of contaminated sediment. In case of most of the metals the majority of the (eco)toxicological standards are exceeded by the distribution of sediment with a so called pollution level of "class 2". Further investigation is recommended with respect to the (eco)toxicological meaning of this exceeding of toxicological standards.

Samenvatting

Inleiding

Aangezien verontreinigde baggerspecie een diffuse belasting vormt voor de landbodem is voor het verspreiden specifiek beleid geformuleerd. Uit nader onderzoek moet blijken aan welke toekomstige eisen de samenstelling van baggerspecie bij verspreiding moet voldoen. Hiervoor is in november 1995 bij het RIVM het "REGWABO" project gestart. Met behulp van een modelleringstudie is een prognose van de gehalten van PAK en zware metalen in de landbodem van regionale wateren onder invloed van het verspreiden van baggerspecie gemaakt. *In dit rapport wordt door toetsing van de in voornoemd onderzoek voorspelde metaalgehalten aan een aantal bestaande (eco)toxicologische risiconiveaus of signaalwaarden een eerste indicatie gegeven van de mogelijke risico's ten gevolge van het verspreiden van met metalen verontreinigde baggerspecie.* De risiconiveaus en signaalwaarden waaraan getoetst wordt zijn de nieuw voorgestelde Maximaal Toelaatbare Risiconiveaus (MTR), LAC-signalwaarden, eisen voor Minimale bodemkwaliteit voor tuinen en volkstuinten, Deense Soil Quality Criteria (SQC) en Amerikaanse Benchmarks. De overschrijdingskansen voor de verschillende (eco)toxicologische risiconiveaus en signaalwaarden worden voornamelijk kwalitatief besproken.

Resultaten

◆ Risiconiveaus en signaalwaarden

Goed onderbouwde en eenduidige relaties tussen verontreinigingsgraad en actuele effecten op levensgemeenschap of (eco)systeemniveau zijn nog niet voor handen. Er bestaan grote onderlinge verschillen in doelstellingen, afleidingen en getalswaarden van de huidige risiconiveaus met betrekking tot metaalverontreiniging in de landbodem.

◆ Cadmium

Met uitzondering van de Deense Soil Quality Criteria (SQC) is de kans op overschrijding van de risiconiveaus met betrekking tot cadmiumgehalten in de bodem over het algemeen klein bij het op de kant zetten van tot de bovengrens van klasse 1 verontreinigde specie. Pas bij het op de kant zetten van midden klasse 2 en bovengrens klasse 2 specie neemt de kans op overschrijding van een aantal toxiciteitsgrenzen voor cadmium toe (tot 100%).

◆ Koper

De kans op overschrijding van een aantal risiconiveaus (o.a. SQC, MTR, LAC) voor koper is in enkele situaties waarin geen specie op de kant wordt afgezet reeds groot (tot 84% voor SQC). Over het algemeen is de toename van de kans op overschrijding van de verscheidene risiconiveaus niet groot indien klasse 1 en 2 specie wordt verspreid.

◆ Lood

Enkele risiconiveaus (o.a. Benchmark, minimale bodemkwaliteit voor nitrificatie) worden volgens de modeluitkomsten niet overschreden bij het op de kant zetten van klasse 1 specie op basis van lood. De overschrijdingskans voor de overige risiconiveaus is met name voor graslanden echter erg groot (veelal 100%). Voor lood bestaan geen aparte klassengrenzen voor klasse 2 en 3 specie zodat verspreiding van klasse 2 specie niet van toepassing is.

◆ Zink

De zinkgehalten in de landbodem overschrijden zonder specieverspreiding in een groot aantal gevallen (tot zelfs 100%) een aantal risiconiveaus (o.a. Benchmark, minimale bodemkwaliteit tuinen, SQC). Het verspreiden van midden klasse 2 en bovengrens klasse 2 specie leidt tot zeer grote kans op overschrijding van bijna alle risiconiveaus voor zink.

Discussie

Onderhavig rapport beschrijft de resultaten van een eerste indicatie van de mogelijke (eco)toxicologische risico's van het verspreiden van met metalen verontreinigde baggerspecie. Door onzekerheid en variatie omgeven risiconiveaus en modelresultaten zijn daarbij als uitgangspunt genomen. Voor een zorgvuldige onderbouwing van de kwaliteitseisen waaraan baggerspecie bij verspreiding op land moet voldoen, dient toekomstig onderzoek naar de diffuse metaalbelasting van de landbodem en de (eco)toxicologische consequenties van verhoogde metaalgehalten in ogenschouw genomen te worden. Het verdient aanbeveling hiervoor aansluiting te zoeken bij de huidige ontwikkeling van methoden voor (eco)toxicologische risicobeoordeling van bodemverontreiniging.

Vanwege het niet of nauwelijks voorhanden zijn van (eco)toxicologische risiconiveaus of signaalwaarden met betrekking tot gehalten aan PAK in de landbodem wordt geen schatting gemaakt van de actuele risico's ten gevolge van het op de kant zetten van met PAK verontreinigde baggerspecie.

1. Aanleiding en doelstelling

Een groot deel van de watergangen in het landelijk gebied wordt eens in de vijf tot twintig jaar gebaggerd. Hierbij komen jaarlijks enkele miljoenen m³ baggerspecie vrij die grotendeels op het aangrenzende land worden verspreid. Aangezien verontreinigde baggerspecie een diffuse belasting kan vormen voor de landbodem is voor het verspreiden specifiek beleid geformuleerd. Als beleidsstandpunt is geformuleerd dat in principe het verspreiden van klasse 2 specie na het jaar 2000, en na 2010 het op de kant zetten van klasse 1 specie niet meer is toegestaan. Onlangs is echter een evaluatierapportage (VROM, 1998) verschenen die aangeeft dat de huidige klassenindeling te ongenueanceerd is voor de beoordeling van verspreiding, gelet op de milieurisico's en kosteneffectiviteit. Uit nader onderzoek moet blijken aan welke eisen de samenstelling van baggerspecie bij verspreiding moet voldoen. Ter onderbouwing van bovengenoemd nader onderzoek is in november 1995 bij het Laboratorium voor Water en Drinkwateronderzoek van het RIVM het project 'Regionale waterbodempkwaliteit en beïnvloeding van de landbodem door specie op de kant' gestart. In de reeds afgeronde fasen van deze studie is een prognose van de gehalten van Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK) en zware metalen in waterbodem en landbodem van regionale wateren onder invloed van het verspreiden van baggerspecie gemaakt (Kramer *et al.*, 1997; Huiting *et al.*, 1997; Kramer *et al.*, 1998; Van Dijk *et al.*, 1998). Daarbij zijn de voorspelde gehalten in de landbodem getoetst aan de streefwaarde. De ecotoxicologische onderbouwing van de huidige normstelling ten aanzien van PAK en metalen in de landbodem is echter nog onvoldoende uitgewerkt (Bakker *et al.*, 1994; Klepper & van de Meent, 1997). *In dit rapport wordt door toetsing van de voorspelde metaalgehalten (uit bovengenoemde modelstudies) aan een aantal bestaande (eco)toxicologische risiconiveaus of signaalwaarden een eerste indicatie gegeven van de mogelijke risico's ten gevolge van het verspreiden van met metalen verontreinigde baggerspecie. Daarbij worden de overschrijdingskansen van de verschillende (eco)toxicologische risiconiveaus en signaalwaarden voornamelijk kwalitatief besproken.*

De studie is in nauwe samenwerking met een begeleidingscommissie uitgevoerd. De leden van de begeleidingscommissie komen zowel uit enkele waterschappen als uit de wetenschappelijke- en beleidswereld. De samenstelling van de begeleidingscommissie is weergegeven in Bijlage 1.

2. Huidige (eco)toxicologische risicobeoordeling van landbodern

Voor de landbodern bestaan momenteel twee wettige milieukwaliteitsnormen, de streef- en de interventiewaarde (MILBOWA, 1991; Circulaire interventiewaarde bodernsanering, 1994). Het betreft generieke normen voor heel Nederland. Voor een locatie specifieke, actuele risicoschatting van effecten van metalen in de landbodern is een nadere (eco)toxicologische analyse gewenst (Klepper, 1997; Rutgers & Notenboom, 1997). De risiconiveaus die in dit hoofdstuk worden besproken hebben alle een duidelijke (eco)toxicologische basis. De toxicologische onderbouwing en nauwkeurigheid verschillen echter sterk.

De waardering voor de kwaliteit van de bodern en het actuele risico van bodernverontreiniging is afhankelijk van het boderngebruik. De huidige generieke (eco)toxicologische risiconiveaus zijn veelal toegespitst op menselijk/landbouwkundig boderngebruik (humane of landbouwkundige risico's) of op de natuurlijke functie van de bodern (ecologisch risico). Bij humane/landbouwkundige risico's wordt uitgegaan van een mogelijk toxisch effect voor de mens of een belemmering in het (landbouwkundig) gebruik van de bodern. Een voorbeeld hiervan is de LAC-sigitaalwaarde. Ecologische risiconiveaus zoals bijvoorbeeld het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) zijn gericht op het mogelijke effect van toxicanten op ecosystemen of onderdelen daarvan.

Voor beide soorten risico's zijn goed onderbouwde en eenduidige relaties tussen verontreinigingsgraad en actuele effecten op levensgemeenschap of (eco)systeemniveau nog niet voor handen. Momenteel vindt onderzoek en theorievorming naar effecten van toxicanten vooral plaats op het niveau van soorten en populaties (Traas *et al.*, 1997). De huidige (eco)toxicologische risiconiveaus zijn gebaseerd op schattingen van het (eco)systeemeffect op basis van de (voornamelijk in het laboratorium waargenomen) effecten op onderdelen hiervan zoals afzonderlijke soorten en populaties. Bij deze schattingen blijkt toch vaak dat er onvoldoende specifieke gegevens voorhanden zijn. Zeker als het gaat om meer gebiedsgerichte, locatiespecifieke uitwerking van de veelal generieke risiconiveaus. Er zijn te weinig stof-specifieke gegevens over het milieuchemisch gedrag en de toxiciteit van de vele chemicaliën onder verschillende en wissellende milieuecondities, er is weinig informatie over de variatie in gevoeligheid van de vele soorten, en nog minder over de invloed van stoffen op de interacties tussen soorten op het niveau van levensgemeenschappen en ecosystemen (Van der Guchte *et al.*, 1996; Traas *et al.*, 1997). Ook zijn grote onzekerheden verbonden aan het gebruik van gegevens uit laboratoriumexperimenten voor veldsituaties. Bij de afleiding van (eco)toxicologische risiconiveaus of sigitaalwaarden wordt verschillend omgegaan met bovengenoemde onzekerheden (zie Hoofdstuk 3.).

3. Risiconiveaus en signaalwaarden waaraan getoetst wordt

Alleen toetsing van metaalgehalten in de landbodem

Op basis van de beschikbaarheid van literatuurgegevens met betrekking tot (ecologische)risiconiveaus, de vermoedelijke ecologische relevantie (Van Hesteren *et al.*, 1998; Balk *et al.*, 1993) en de uitkomsten van de voorgaande fasen van dit onderzoek is gekozen voor het toetsen van alleen de voorspelde metaalgehalten en het buiten beschouwing laten van de (eco)toxicologische risico's van PAK in de landbodem onder invloed van specieverspreiding. Voor PAK zijn weinig tot geen signaalwaarden of risiconiveaus voorhanden (Denneman, C.A.J. & Gestel, C.A.M. van, 1990; TCB, 1998). De dit onderzoek betrokken risiconiveaus voor metalen zijn voor PAK alleen schattingen van de (niet herziene) MTR's aanwezig (Kalf *et al.* 1995).

Minimale bodemkwaliteit van tuinen en volkstuinten

In Van Hesteren *et al.* (1998) worden in opdracht van de TCB (Technische Commissie Bodembescherming) vanuit een bodemecologisch perspectief minimale bodemkwaliteitseisen gegeven voor verschillende typen bodemgebruik. Het gaat daarbij in principe om bodemgebruiksvormen in het stedelijk gebied. Volgens de auteurs heeft de verkregen informatie echter wel degelijk relevantie voor het landelijk gebied. De gebruikscategorie "wonen met (moes)tuin" komt zeer dicht bij volledig herstel van de multifunctionaliteit. Het voornaamste verschil tussen kwaliteitseisen voor landbouwgronden en moestuinten is volgens Van Hesteren *et al.* (1998) gelegen in het feit dat ecologisch tuinieren in (moes)tuinen mogelijk moet zijn. De consequentie is dat naast vergaande ecologische randvoorwaarden vanuit de plantengroei, life support functies als afbraak van organisch materiaal, recycling van voedingsstoffen en de beschikbaarheid van voedingsstoffen voor planten in voldoende mate gegarandeerd moeten zijn. Voor niet door kunstmest gestimuleerde systemen geldt daarnaast dat er ten aanzien van de bodemvruchtbaarheid een belangrijke rol is weggelegd voor mycorrhiza en symbiotische stikstofbinding. Het formuleren van specifieke eisen vanuit een aantal relevante bodembioologische parameters is bij tuinen derhalve noodzakelijk (Van Hesteren *et al.*, 1998). Op basis van expert-judgement van toxiciteitsgegevens worden minimale bodemkwaliteitseisen geschat voor verschillende bodemgebruikscategorieën. In onderhavig onderzoek worden de waarden voor tuinen en volkstuinten gebruikt.

LAC -Signaalwaarden

De Landbouwadviscommissie heeft de LAC-sigitaalwaarden afgeleid die bedoeld zijn om te beoordelen of er sprake is van een landbouwkundig ongewenste situatie als gevolg van milieukritische stoffen in de bodem. Hierbij wordt met name gedoeld op het “grijze” gebied tussen de streefwaarde en de interventiewaarde. De officiële definitie van de LAC-sigitaalwaarde luidt: “De LAC-sigitaalwaarde voor het gehalte van een stof in de bodem geeft het laagste niveau aan dat, bij overschrijding, aanleiding kan geven tot het optreden van nadelige effecten voor de opbrengst en kwaliteit van agrarische producten en de gezondheid van mens en dier.

Het overschrijden van de LAC-sigitaalwaarde voor een stof moet leiden tot het uitvoeren van nader onderzoek en het geven van advies voor het gebruik van grond” (Min. van LNV, 1991).

De sigitaalwaarde heeft dus duidelijk niet als doel de multifunctionaliteit van de bodem te waarborgen en is een puur indicatieve waarde waarboven effecten op de actuele gebruiksfunctie van landbouw verwacht kunnen worden.

Schade voor de landbouw kan bestaan uit contaminatie van het product tot waarden boven de norm (economische schade door het uit de handel nemen) of uit productieverlies door fytotoxiciteit bij gewassen of effecten op de groei van landbouwhuisdieren. Bij het vaststellen van de LAC-sigitaalwaarde (op basis van expert-judgement) is uitgegaan van het uitblijven van effecten op het meest gevoelige criterium of product. Per metaal wordt de sigitaalwaarde gedifferentieerd naar grondsoort (zand en klei/veen) en naar landbouwkundige functie (grasland, bouwland voor veevoer en bouwland voor voeding en overige gewassen). De wetenschappelijke basis van de LAC-sigitaalwaarde is vaak beperkt en bijstelling naar nieuwe inzichten is mogelijk. Momenteel wordt bij het Staring Centrum gewerkt aan een herziening van de huidige LAC-waarden. Het IKC-landbouw (Informatie- en KennisCentrum Landbouw) zal daarnaast aandacht besteden aan het concentratiegebied tussen de streefwaarde en de herziene LAC-sigitaalwaarden (persoonlijke mededeling Huinink, 1998). De huidige LAC-sigitaalwaarden zijn weergegeven in Tabel 3.1.

Benchmarks

Net als de Nederlandse LAC-sigitaalwaarde is de Amerikaanse Benchmark een sigitaalwaarde voor nader onderzoek. Door het "U.S. Department of Energy" zijn afzonderlijke Benchmarks opgesteld voor wormen (bij gebrek aan goede data voor de overige bodeminvertebraten), microbiologische processen, en planten (Efroymsen *et al.*, 1997a; Efroymsen *et al.*, 1997b). Indien voldoende chronische toxiciteitsgegevens voorhanden zijn (NOEC) worden de Benchmarks met behulp van statistische extrapolatie afgeleid (op gelijke wijze als de MTR's). Hierbij wordt gesteld dat 10% (in plaats van 5% voor de MTR's) van de organismen effect mag ondervinden van de verontreiniging. Indien geen of onvoldoende chronische toxiciteitsgegevens aanwezig zijn, maar meer dan 10 LOEC-waarden (laagste effect concentratie), wordt de 10^e percentiel van de LOEC-waarden als Benchmark genomen. Bij minder dan 10 LOEC-waarden geldt de laagste LOEC als Benchmark.

Er wordt geen rekenschap gehouden met de heersende achtergrondgehalten, verschillende grondsoorten en gebruiksfuncties. De Benchmarks zijn weergegeven in Tabel 3.1.

Herziene Maximaal Toelaatbare Risiconiveau's

Voor een uitgebreide beschrijving van de afleiding van de herziene Maximaal Toelaatbare Risiconiveaus (MTR's) wordt verwezen naar Crommentuijn *et al.* (1997). Hierin wordt een voorstel gedaan voor het aanpassen van de bestaande Maximaal Toelaatbare Risiconiveaus voor metalen, waarbij rekening wordt gehouden met de bestaande achtergrondgehalten in Nederland volgens de zogenaamde "Toegevoegd Risico Methode". Het Maximaal Toelaatbare Risiconiveau is daarbij gelijk aan de som van de Maximaal Toelaatbare Toevoeging (MTT) en de achtergrondconcentratie (zoals berekend in Edelman, 1983). Er wordt van uitgegaan dat bovenop de invloed van het biologisch beschikbare deel van de achtergrondgehalten nog 5% van de soorten hinder mag ondervinden van de toegevoegde verontreiniging. Het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau is erop gericht de multifunctionaliteit van de bodem te behouden, het uitgangspunt is dat 95% van de flora, fauna en processen van de bodem geen effect ondervindt ten opzichte van de achtergrondsituatie. Door het in standaardbodemsamenstelling uitdrukken van het risiconiveau wordt getracht rekenschap te geven aan de verschillen in biologische beschikbaarheid van metalen bij verscheidene gehalten aan organisch en anorganisch materiaal.

De MTT wordt afhankelijk van de beschikbare gegevens op verschillende manieren afgeleid. Als voor meer dan vier taxonomische groepen chronische NOEC-data (No Effect Concentration) beschikbaar zijn wordt een effect op ecosysteem niveau door statistische extrapolatie geschat uit de NOEC-data van enkele soorten (zoals beschreven in Aldenberg & Slob, 1993).

Hierbij wordt aangenomen dat de gevoeligheid van de betrokken soorten, weergegeven als NOEC of LC50 (Lethale Concentratie voor 50% van de populatie), beschreven kan worden als een kansverdeling van de gevoeligheid van het ecosysteem. Als acute in plaats van chronische toxiciteitsgegevens voorhanden zijn wordt de MTT bepaald met behulp van een "preliminary effect assessment (een gemodificeerde versie van de EPA-methode). Hierbij worden vaste empirisch vastgestelde factoren gebruikt voor de vertaling van gegevens uit laboratoriumexperimenten naar veldsituaties en de vertaling van effecten op enkele soorten naar ecosysteemeffecten. Dit impliceert een constant en gelijk verschil tussen acute en chronische toxiciteit en tussen gevoeligheid van individuele soorten in het laboratorium en ecosysteem gevoeligheid in het veld. Als voor de landbodem ook acute toxiciteitsgegevens ontbreken wordt de Maximaal Toelaatbare Toevoeging geschat met behulp van partitiemodellen voor bodem—water en bodem—lucht en de MTR's voor water en lucht. De herziene MTR's zijn weergegeven in Tabel 3.1.

Soil Quality Criteria (SQC) Denemarken

Uitgebreide informatie over de Deense Soil Quality Criteria is te vinden in Scott-Fordsmand & Bruus Pedersen (1995). Een SQC is gedefinieerd als de hoogste concentratie in de bodem waarbij geen ecologisch effect wordt voorspeld ofwel the "Predicted No-Effect concentration" (PNEC). Evenals het MTR is dit ecotoxicologische risiconiveau gericht op de multifunctionaliteit van de bodem. Hierbij wordt echter geen enkel effect op de functie of structuur van de bodem getolereerd. Voor metalen worden de laagste no-effect concentraties van individuele organismen, planten of processen geëvalueerd en hieruit wordt op basis van expert-judgement één waarde voor het hele ecosysteem aanbevolen. Hierbij wordt het lot en de biologische beschikbaarheid van de verschillende metalen in beschouwing genomen, maar niet in een gedifferentieerde norm tot uiting gebracht. Er wordt geen rekenschap gehouden met achtergrondgehalten. De Soil Quality Criteria voor de verschillende metalen zijn in Tabel 3.1. weergegeven.

Tabel 3.1.
Risiconiveaus en signaalwaarden voor cadmium, koper, lood en zink

	Cadmium	Koper	Lood	Zink
Streefwaarde (mg·kg stb ⁻¹), NL	0.8	36	85	140
Interventiewaarde (mg·kg stb-1), NL	12 →	190 →	530 →	720 →
Minimale bodemkwaliteit tuinen en volkstuinen (mg·kg stb⁻¹), NL				
Fytotoxiciteit	<u>3</u>	<u>60</u>	<u>400</u>	<u>100</u>
Worm EC10	27	132	347	802
Nitrificatie EC25	171	316	1932	529
LAC-waarden (mg·kg abs⁻¹), NL				
Gras op zand	2	<u>Schaap 30</u> rund 50	150	200
Gras op klei en veen	3	<u>schaap 30</u> rund 80	150	350
Bouwland op zand, veevoer	0.5	50	150	100
<u>Bouwland op zand, voeding en overig</u>	0.5	50	100	100
<u>Bouwland op klei en veen, veevoer</u>	1	80	150	350
Bouwland op klei en veen, voeding en overig	1	200	*200	350
Benchmark (mg·kg stb⁻¹), US				
Fauna (wormen)	20	50	500	200
Micro organismen & processen	20	100	900	100
<u>Flora</u>	<u>4</u>	<u>100</u>	<u>50</u>	<u>50</u>
MTR <u>nieuw voorstel</u> (mg·kg stb-1), NL	1.6	40	140	160
Soil Qual. Crit. DEPA (mg·kg stb⁻¹), DK	0.3	30	50	100

*voorzichtigheid geboden; weinig bekend

Nb, groepen met laagste norm binnen het weergegeven risiconiveau zijn onderstreept.

4. Toetsing metaalgehalten aan risiconiveaus en signaalwaarden

Methode van toetsing

Voor een uitgebreide beschrijving van de voorspelde metaalgehalten in de landbodem onder invloed van het verspreiden van baggerspecie met verschillende verontreinigingsniveaus wordt de lezer verwezen naar Van Dijk *et al.* 1998. De belangrijkste modelresultaten en toetsing daarvan aan de streefwaarde zijn weergegeven in Bijlage 2. In bovengenoemd onderzoek worden berekeningen uitgevoerd voor het op de kant zetten van klasse 0 tot en met klasse 2 specie op basis van metalen. Daarbij bleek dat klasse 1 of 2 specie vermoedelijk weinig voorkomt in sloten zonder additionele belasting (naast achtergrondbelasting en belasting door grondgebruik als grasland of bouwland). De gehalten aan cadmium, koper, lood en zink in baggerspecie van niet additioneel belaste regionale wateren liggen gemiddeld ruim 50% onder de streefwaarde (bovengrens klasse 0).

De voorspelde metaalgehalten, als gevolg van het vier keer opbrengen van bovengrens klasse 0, bovengrens klasse 1, midden klasse 2 en bovengrens klasse 2 specie binnen 50 jaar worden getoetst aan de risiconiveaus die beschreven zijn in het voorgaande hoofdstuk. Het scenario "geen specie" geeft het achtergrondgehalte aan (en bij toetsing aan de risiconiveaus de reeds aanwezige kans op overschrijding als nog geen specie wordt verspreid). Als voorbeeld van de toetsing aan de verschillende risiconiveaus is in Figuur 2. weergegeven hoe de met het model voorspelde metaalgehalten (gecorrigeerd naar standaardbodemsamenstelling) in de landbodem zich verhouden tot de MTR's na herhaaldelijk op de kant zetten van klasse 2 specie. Indien de ratio gehalte/MTR groter is dan één, betekent dit een overschrijding van de metaalgehalten ten opzichte van het maximaal toelaatbaar risiconiveau. In Tabel 2. is aangegeven wat voor de vier metalen de kans op deze overschrijding van de MTR is in de verschillende categorieën van grondsoort en grondgebruik. In het voorbeeld is met name voor veen- en kleigronden sprake van een grote overschrijding van de MTR-waarden.

De kans op overschrijding van de overige risiconiveaus is op gelijke wijze berekend en is in tabelvorm weergegeven in Bijlage 3. Om deze resultaten inzichtelijk te maken zijn in de Figuren 4.2. tot en met 4.5. per risiconiveau de overschrijdingskansen, van het onderdeel van het ecosysteem (planten, organismen of processen) dat over het algemeen het meest kritisch is, weergegeven. De risiconiveaus van de meest kritische onderdelen van het ecosysteem (die ter illustratie in de figuren zijn weergegeven) zijn in Tabel 3.1. onderstreept. Aan alle risiconiveaus behalve de LAC-sigitaalwaarde is getoetst op basis van metaalgehalten in standaardbodemsamenstelling (10% organische stof en 25% lutum).

De LAC-sigitaalwaarden bestaan reeds uit verschillende risiconiveaus per bodemtype (met de daarbij behorende gehalten aan organisch stof en lutum), toetsing dient dan ook te geschieden op basis van absolute metaalgehalten.

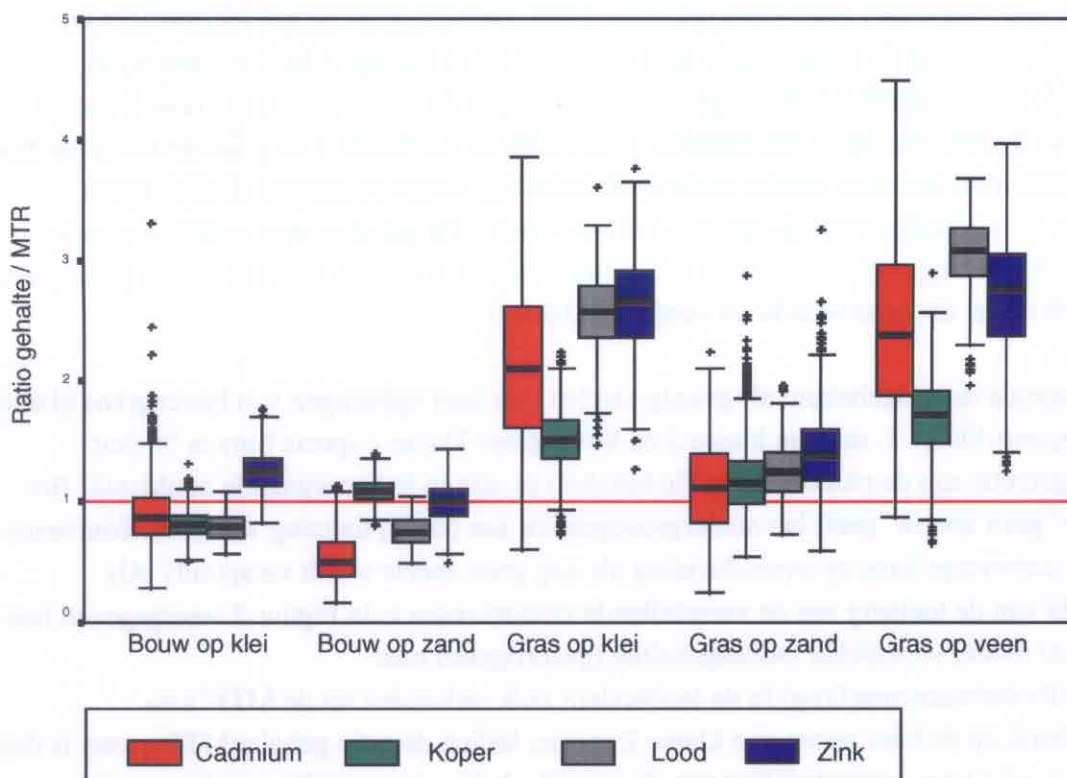


Figure 4.1.
Ratio metaalgehalte/MTR (beide in standaardbodemsamenstelling), na vier maal opbrengen klasse 2 specie in een periode van 50 jaar.

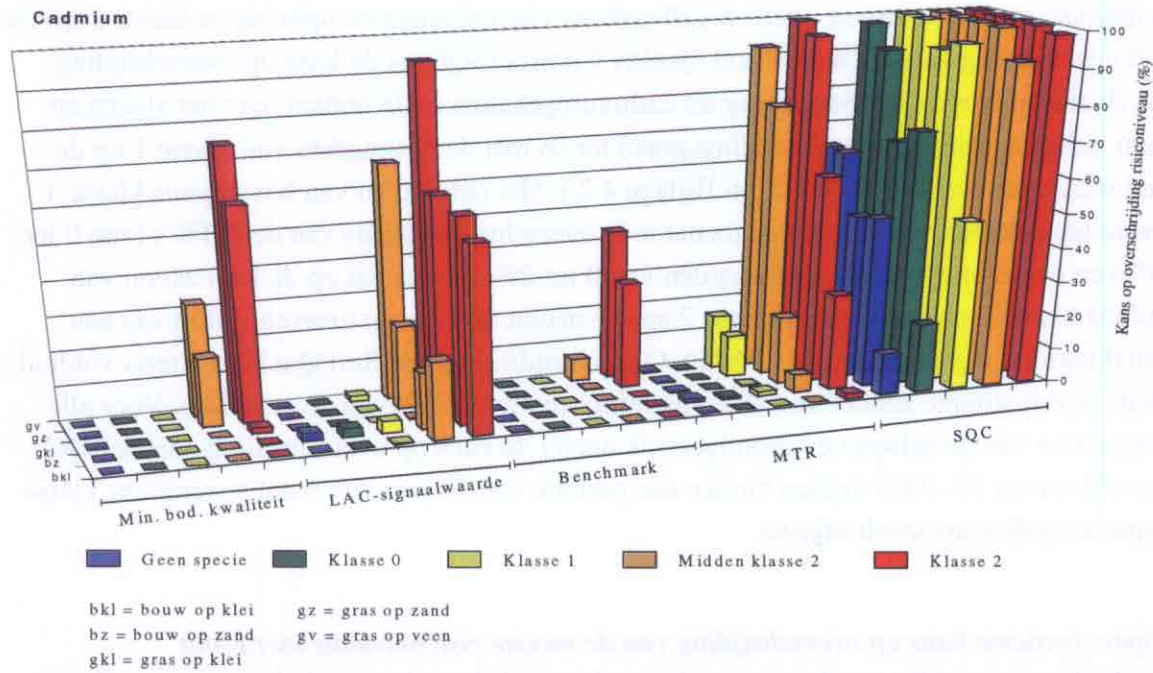
Tabel 4.1.
Procentuele kans op overschrijding van de MTR, bij het binnen 50 jaar vier maal op de kant zetten van 'bovengrens klasse 2 specie' op basis van weergegeven metalen

Categorie	Cadmium	Koper	Lood	Zink
Bouwland op klei	28	5	1	94
Bouwland op zand	2	80	1	48
Gras op klei	97	98	100	100
Gras op zand	60	72	85	91
Gras op veen	100	98	100	100

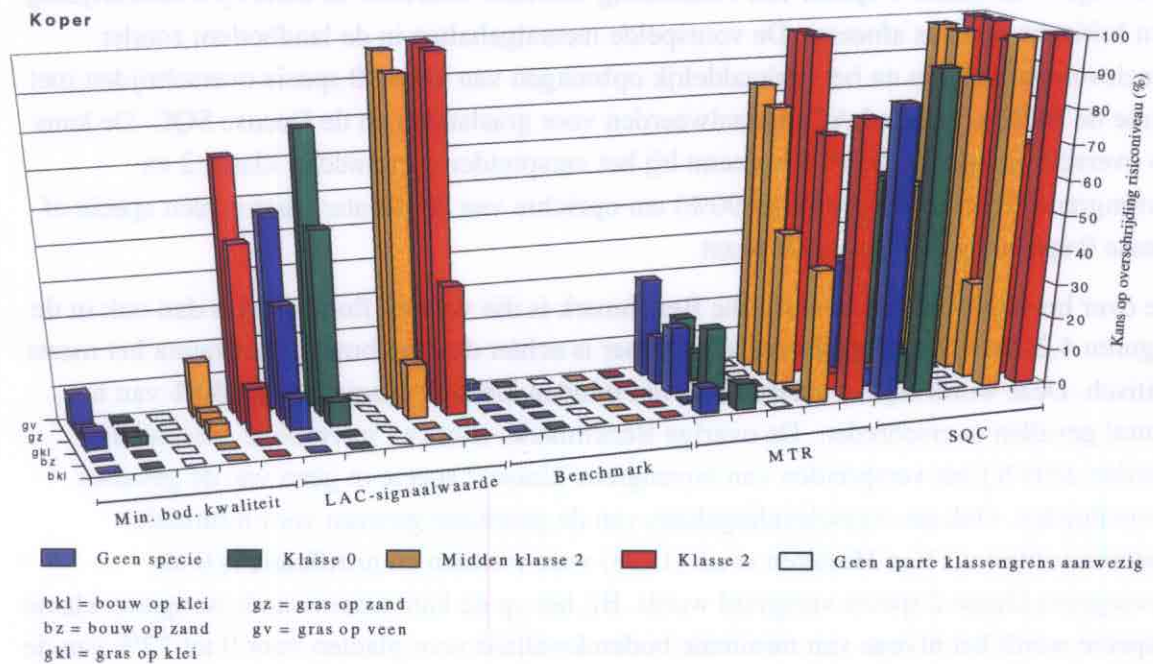
Cadmium: sterkste toename overschrijdingskans risiconiveaus na opbrengen klasse 2 specie
Met uitzondering van de Deense Soil Quality Criteria (SQC) is de kans op overschrijding van de risiconiveaus met betrekking tot cadmiumgehalten in de bodem over het algemeen klein indien specie met een vervuilingsgraad tot en met de bovengrens van klasse 1 op de kant wordt verspreid (Figuur 4.2. en Bijlage 4.2.). Het opbrengen van bovengrens klasse 1 specie leidt slechts tot een geringe toename in overschrijdingskans van de MTR's (van 0 tot 16%) en een aantal LAC-sigitaalwaarden van 0 tot 2%. Pas bij het op de kant zetten van midden klasse 2 en bovengrens klasse 2 specie neemt de kans op overschrijding van een aantal toxiciteitsgrenzen toe (tot 100%). Overschrijding van de Soil Quality Criteria vindt al plaats in een situatie zonder specieverspreiding (in 12 tot 64% van de gevallen). Voor alle categorieën van grondsoort en grondgebruik neemt de kans op overschrijding van de SQC dan ook toe tot 99-100% indien binnen een periode van 50 jaar vier maal bovengrens klasse 2 specie op de kant wordt afgezet.

Koper: toename kans op overschrijding van de meeste risiconiveaus niet groot
Zonder het verspreiden van baggerspecie worden reeds hoge kopergehalten aangetroffen in het landelijk gebied (Figuur 4.3. en Bijlage 3.). De kans op overschrijding van een aantal risiconiveaus is in enkele van deze situaties dan ook reeds groot (tot 84% voor SQC). Als de kopergehalten in een situatie zonder specieverspreiding erg hoog zijn, kan door het opbrengen van klasse 0 specie een verdunning ontstaan waardoor de kans op overschrijding van kritische niveaus afneemt. De voorspelde metaalgehalten in de landbodem zonder specieverspreiding en na het herhaaldelijk opbrengen van klasse 0 specie overschrijden met name de MTR's, enkele LAC-sigitaalwaarden voor graslanden en de Deense SQC. De kans op overschrijding van de MTR's neemt bij het verspreiden van midden klasse 2 en bovengrens klasse 2 fors toe (5 tot 90%) ten opzichte van de situatie waarin geen specie of klasse 0 specie op de kant wordt gezet.

De over het algemeen meest kritische Benchmark is die voor de flora, deze is dan ook in de Figuren 4.2. tot 4.5. weergegeven. Voor koper is echter de Benchmark voor fauna het meest kritisch. Deze wordt bij het verspreiden van midden klasse 2 specie in 0 tot 54% van het aantal gevallen overschreden. De overige Benchmarks (flora en microbiële processen) worden zelfs bij het verspreiden van bovengrens klasse 2 specie in geen van de gevallen overschreden. Ook de overschrijdingskans van de geschatte grenzen voor minimale bodemkwaliteit uit Van Hesteren *et al.* (1998) voor wormen en nitrificatie is 0 als bovengrens klasse 2 specie verspreid wordt. Bij het op de kant zetten van bovengrens klasse 2 specie wordt het niveau van minimale bodemkwaliteit voor planten voor 0 tot 72% van de modeluitkomsten overschreden.



Figuur 4.2.
Kans op overschrijding verschillende risiconiveaus cadmium landbodem (%)



Figuur 4.3.
Kans op overschrijding verschillende risiconiveaus koper landbodem (%)

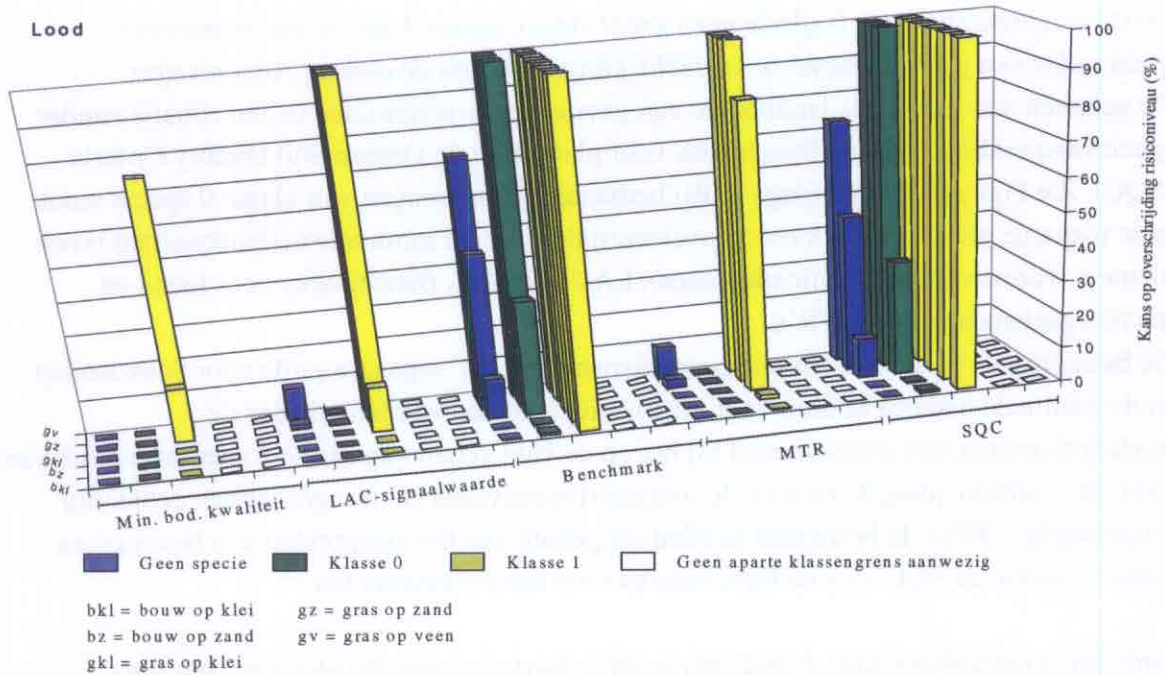
Lood: verspreiden klasse 0 specie geen groot risico, klasse 1 specie met name voor graslanden een grote toename in overschrijdingskans van de meeste risiconiveaus

De gehalten aan lood in de landbodem van graslanden overschrijden in een situatie zonder specieverspreiding reeds de Benchmark voor planten en de Deense Soil Quality Criteria (SQC). Zie Figuur 4.2. en Bijlage 3. Bij herhaaldelijk opbrengen van klasse 0 specie vindt geen toename plaats van de kans op overschrijding van de minimale bodemkwaliteit (voor planten, wormen en het nitrificatieproces), LAC-waarden, Benchmarks voor fauna en microorganismen, en de MTR's.

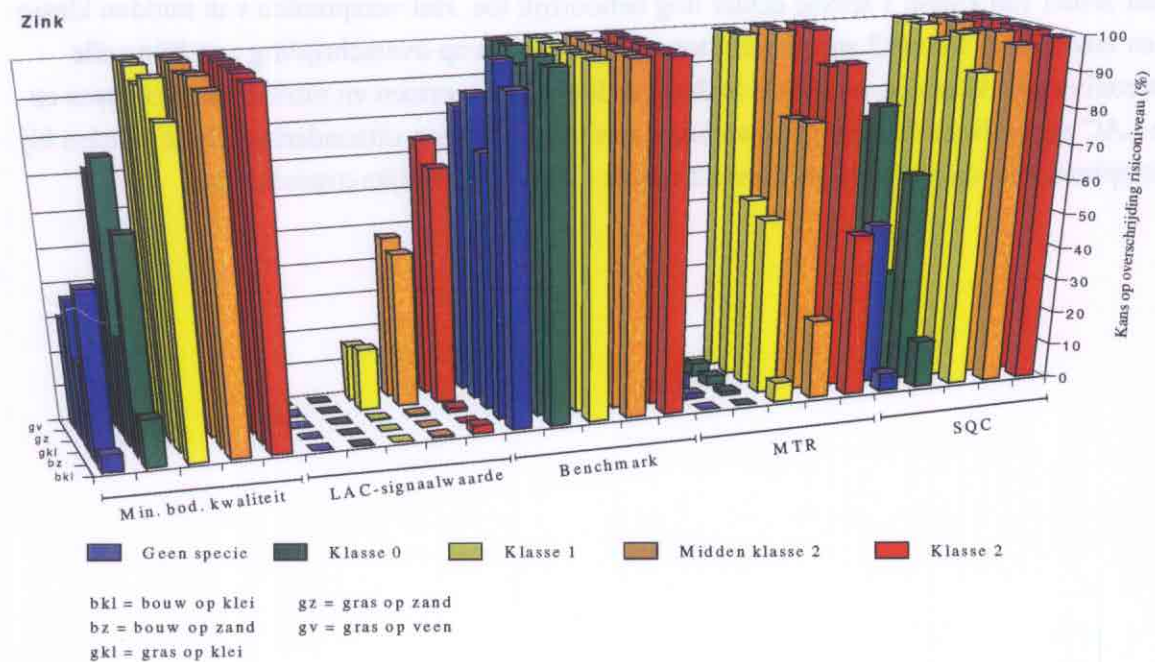
De Benchmarks voor fauna en microorganismen, de LAC-sigitaalwaarde voor bouwlanden en de minimale bodemkwaliteit voor nitrificatieprocessen worden volgens de modeluitkomsten niet overschreden bij het op de kant zetten van klasse 1 specie op basis van lood. De overschrijdingskans voor de overige risiconiveaus is voor graslanden echter erg groot (veelal 100%). In bouwland worden als gevolg van het verspreiden van bovengrens klasse 1 specie de SQC's en de Benchmarks voor flora overschreden.

Zink: bij verspreiden klasse 1 en 2 specie grote kans op overschrijden risiconiveaus

Zie Figuur 4.2. en Bijlage 3. De zinkgehalten in de landbodem overschrijden zonder specieverspreiding in een groot aantal gevallen (tot zelfs 100%) de benchmarks voor planten en microbiële processen, minimale bodemkwaliteit voor planten en de Soil Quality Criteria (SQC). De toename in overschrijdingskans voor met name MTR's, minimale bodemkwaliteit voor planten en de SQC nemen bij de voorspelde metaalgehalten als gevolg van het op de kant zetten van klasse 1 specie echter nog behoorlijk toe. Het verspreiden van midden klasse 2 en bovengrens klasse 2 specie leidt tot zeer grote kans op overschrijding van bijna alle risiconiveaus. Alleen de minimale bodemkwaliteit voor wormen en nitrificatie processen en de LAC sigitaalwaarden voor bouwlanden vormen hierop een uitzondering. Deze worden bij het opbrengen van bovengrens klasse 2 specie niet tot nauwelijks overschreden.



Figuur 4.4.
Kans op overschrijding verschillende risiconiveaus lood landbodern (%)



Figuur 4.5.
Kans op overschrijding verschillende risiconiveaus zink landbodern (%)

5. Conclusies en discussie

Conclusies

◆ *Status risiconiveaus en signaalwaarden*

Goed onderbouwde en eenduidige relaties tussen verontreinigingsgraad en actuele effecten op levensgemeenschappen of (eco)systeemniveau zijn nog niet voor handen. Er bestaan grote onderlinge verschillen in doelstellingen, afleidingen en getalswaarden van de huidige risiconiveaus met betrekking tot metaal gehalten in de bodem. De resultaten van dit onderzoek zijn mede daarom indicatief.

◆ *Toename overschrijdingskans risiconiveaus cadmium na verspreiden klasse 2 specie*

Met uitzondering van de Deense Soil Quality Criteria (SQC) is de kans op overschrijding van de risiconiveaus met betrekking tot cadmiumgehalten in de bodem over het algemeen klein. Het opbrengen van bovengrens klasse 1 specie leidt slechts tot een geringe toename in overschrijdingskans (0 tot 16%) van het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) en een aantal LAC-sigitaalwaarden (0 tot 2%). Pas bij het op de kant zetten van midden klasse 2 en bovengrens klasse 2 specie neemt de kans op overschrijding van een aantal toxiciteitsgrenzen voor cadmium toe (tot 100%).

◆ *Toename kans op overschrijding voor de meeste risiconiveaus van koper niet groot*

De kans op overschrijding van een aantal risiconiveaus voor koper is in enkele situaties waarin geen specie op de kant wordt afgezet reeds groot (tot 84% voor SQC). Over het algemeen is de toename van de kans op overschrijding van de verscheidene risiconiveaus niet groot indien klasse 1 en 2 specie wordt verspreid. Alleen de kans op overschrijding van de MTR's en SQC neemt bij het verspreiden van midden klasse 2 en bovengrens klasse 2 specie op basis van koper fors toe ten opzichte van de situatie waarin geen specie of klasse 0 specie op de kant wordt gezet.

◆ *Verspreiden klasse 1 specie voor lood duidelijke toename overschrijdingskans enkele risiconiveaus*

Enkele risiconiveaus worden volgens de modeluitkomsten niet overschreden bij het op de kant zetten van klasse 1 specie op basis van lood. De overschrijdingskans voor de overige risiconiveaus is met name voor graslanden echter erg groot (veelal 100%). Klassengrenzen voor klasse 2 en 3 specie zijn voor lood niet aanwezig zodat verspreiding hiervan niet aan de orde is.

◆ *Bij opbrengen klasse 1 en 2 specie grote overschrijding van vele risiconiveaus voor zink*

De zinkgehalten in de landbodem overschrijden zonder specieverspreiding in een groot aantal gevallen (tot zelfs 100%) een aantal risiconiveaus. De overschrijdingskans voor met name de MTR's, minimale bodemkwaliteit voor planten en de SQC neemt bij de voorspelde zinkgehalten als gevolg van het op de kant zetten van klasse 1 specie echter nog behoorlijk toe. Het verspreiden van midden klasse 2 en bovengrens klasse 2 specie leidt tot zeer grote kans op overschrijding van bijna alle risiconiveaus voor zink.

Discussie

Dit rapport geeft een inventarisatie van de mogelijke overschrijding van risicogrenzen die ontstaat door ophoping van verontreinigende stoffen in de landbodem als gevolg van het herhaaldelijk op het land zetten van verontreinigde baggerspecie. De vergelijking tussen verschillende risicogrenzen en voorspelde metaalgehalten in de landbodem is voor metalen haalbaar gebleken. Voor PAKs bleken er te weinig gegevens en risiconiveaus voorhanden om tot een afgewogen oordeel te komen. De navolgende discussie en conclusies hebben dan ook voornamelijk betrekking op metalen.

De risicogrenzen zijn afkomstig uit verschillende landen en worden gebruikt voor verschillende doelen. Er is een soms aanzienlijk verschil in doelstelling en precisie tussen de verschillende normen en signaalwaarden. Zo gaan de Deense Soil Quality Criteria (SQC) uit van een volledige bescherming van het bodemecosysteem zonder daarbij reeds aanwezige achtergrondgehalten in ogenschouw te nemen. De SQC zijn voor alle betrokken metalen scherper dan de huidige streefwaarde voor landbodem. De LAC-signalwaarden hebben daarentegen duidelijk niet als doel de multifunctionaliteit van de bodem te waarborgen en zijn puur indicatieve waarden waarboven effecten op de actuele gebruiksfunctie van landbouw verwacht kunnen worden en nader onderzoek aanbevolen wordt.

De concentraties in de landbodem waarmee de risicogrenzen zijn vergeleken zijn modelresultaten. Het model beschrijft een vereenvoudigde en gemiddelde situatie voor de Nederlandse regionale wateren. De modeldefinities en parameterwaarden hebben invloed op het uiteindelijke resultaat en kunnen in de praktijk per locatie verschillen.

Dit rapport constateert norm-overschrijding door metalen bij vergelijk van verschillende risiconiveaus met model-voorspellingen voor metaalconcentraties in de landbodem. Nader onderzoek is geboden naar de ecotoxicologische betekenis van de overschrijdingen. Ditzelfde geldt voor de ecotoxicologische betekenis van de aanwezige PAK concentraties. De mate van norm-overschrijding, en het aantal stoffen waarvoor dit tegelijkertijd geldt, is uiteindelijk bepalend voor de mate waarin er ecotoxicologische risico's bestaan. Om de ecotoxicologische risico's te kwantificeren, wordt aanbevolen om aansluiting te zoeken bij de huidige ontwikkelingen in het (bodem)ecotoxicologische onderzoek. Twee aspecten verdienen hier primair de aandacht, te weten: het effect van bodemeigenschappen op de biologische beschikbaarheid van de stoffen, en de wijze waarop de risico's van alle aanwezige componenten kunnen worden opgeteld (combinatie-toxiciteit). Beide aspecten worden in een vervolgstudie (Posthuma et al. 1999) reeds beschouwd, en zouden moeten leiden tot de uitdrukking van de gezamenlijke stof-concentraties in één maat voor de toxische druk op een lokaal landbodem-ecosysteem. Deze maat kent een dimensieloze schaal tussen 0 en 1, ofwel 0 en 100%, en staat bekend als de PAF (Potentieel Aangetaste Fractie soorten), de fractie soorten die blootgesteld wordt boven de geen-effect concentratie. Om deze risico-schaling een begrijpelijke betekenis te geven, verdient het aanbeveling om de schaal te ijkten met daadwerkelijke ecotoxicologische effecten. Deze ijking is niet uitsluitend van belang voor de baggerspecie-problematiek.

REFERENTIES

Aldenberg, T. & Slob, W., 1993. Confidence limits for hazardous concentrations based on logistically distributed NOEC toxicity data. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 25: 48-63.

Bakker, D.J., Smolders, L. & Palsma, A.J., 1994. De invloed van atmosferische depositie op de kwaliteit van bodem en oppervlaktewater in Nederland; Een nadere beschouwing. Delft, TNO, rapport nr MW-R 94/137.

Balk, F., Dogger, J.W., Noppert, F., Rutten, A.L.M., Hof, M. & Lamoen, F.B.A., 1993. Methode voor de schatting van milieurisico's in de Gelderse uiterwaarden. Eindrapport 2339J/G2 BKH adviesbureau, Delft.

Circulaire Interventiewaarden Bodemsanering, 1994. Ministerie voor Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM).

Crommentuijn, T., Polder, M.D. & van de Plassche, E.J., 1997. Maximum Permissible Concentrations and Negligible Concentrations for metals, taking background concentrations into account. RIVM rapport nr. 601501001.

Denneman, C.A.J. en Gestel, C.A.M., van, 1990. Bodemverontreiniging en bodemecosystemen: voorstel voor C-(toetsings)waarden op basis van ecotoxicologische risico's. RIVM rapport 725201001, Bilthoven.

Edelman, Th., 1983. Achtergrondgehalten van een aantal anorganische en organische stoffen in de bodem van Nederland. Reeks bodembescherming 34, Staatsuitgeverij, Den Haag.

Efroymson, R.A., Will, M.E. & Suter II, G.W., 1997a. Toxicological Benchmarks for contaminants of potential concern for effects on soil and litter invertebrates and heterotrophic process: 1997 revision. Rapport ES/ER/TM-126/R2, U.S. Department of Energy.

Efroymson, R.A., Will, M.E., Suter II, G.W. & Wooten, A.C., 1997b. Toxicological Benchmarks for contaminants of potential concern for effects on Terrestrial plants: 1997 revision. Rapport ES/ER/TM-85/R3, U.S. Department of Energy.

Huinink, J.T.M., 1998. Informatie- en KennisCentrum Landbouw (IKC-landbouw), Ede. Persoonlijke mededelingen.

Huizing, A.M., Kramer, P.R.G. & Beurskens, J.E.M., 1997. Prognose van de PAK-gehalten in de landbodem onder invloed van het verspreiden van baggerspecie. RIVM rapport nr. 733007002, Bilthoven.

Kalf, D.F., Crommentuijn, G.H., Posthumus, R. & Van de Plassche, E.J., 1995. Integrated environmental quality objectives for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Rapport no. 679101018, RIVM, Bilthoven.

Klepper, O. & van de Meent, D., 1997. Mapping the Potentially Affected Fraction (PAF) of species as an indicator of generic toxic stress. Report no. 607504001 RIVM, Bilthoven.

Kramer, P.R.G., A.M. Huizing, J.E.M. Beurskens, T. Aldenberg, 1997. Verkenning bodemkwaliteit regionale wateren. Huidige en toekomstige gehalten van PAK in slootbodems. RIVM rapport nr. 733007001, STOWA rapport nr.96-28, Bilthoven.

Kramer, P.R.G., van Dijk, S. & Beurskens, J.E.M., 1998. Verkenning bodemkwaliteit regionale wateren. Huidige en toekomstige gehalten van zware metalen in slootbodems., RIVM rapport nr. 733007003, STOWA rapport nr.98-23, Bilthoven.

MILBOWA, 1991. Notitie Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water. Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM).

Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij, 1991. LAC. Landbouwadviscommissie milieukritische stoffen, werkgroep verontreinigde gronden.

Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM), 1998. Evaluatie beleidsstandpunt verwijdering baggerspecie.

Posthuma, L., de Groot, A.C., Peijnenburg, W.J.G.M., Beerselman, R., Ritsema, R., van der Velde, E.G., van Puijenbroek, P.J.T.M., 1999 in prep. Ecotoxicologische risico's van de verspreiding van baggerspecie uit regionale wateren op land; raamwerk en pilot-validatie. RIVM rapport nr. 733007 006.

Rutgers, M. & Notenboom, J. (eds.), 1997. Locatiespecifieke ecologische risicobeoordeling van bodemverontreiniging: een collectie van methoden en concepten. Interne notitie: ECO-97-07, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven.

Scott-Fordsmand, J.J. & Bruus Pedersen, M., 1995. Soil Quality Criteria for Selected Inorganic Compounds. Report no. 48 1995, Danish Environmental Protection Agency, Ministry of Environment and Energy, Denmark.

TCB (Technische commissie bodembescherming), 1998. Advies Actuele risicobeoordeling van bodemverontreiniging met PAK.

Traas, T.P., Posthuma, L., Notenboom, J., De Zwart, D., Klepper, O. & Aldenberg, T., 1997. Programmeringsstudie voor de ecologische consequenties van normoverschrijding (ECN). Rapport nr. 607506002 RIVM, Bilthoven.

Van Dijk, S., Kramer, P.R.G. & Beurskens, J.E.M., 1998. Prognose van de metaalgehalten in de landbodem onder invloed van het verspreiden van baggerspecie. RIVM rapport nr. 733007004, STOWA rapport nr.98-24, Bilthoven.

Van Hesteren, S., Van de Leemkule M.A. & Pruiksmā, M.A., 1998. Minimale bodemkwaliteit: een gebruiksgerichte benadering vanuit de ecologie; deel 1 metalen. Rapport nr. 97.4, WEB natuurontwikkeling, Amsterdam.

Bijlage 1. Leden van de begeleidingscommissie

Drs. T. Bakker, RIZA

Ir. A.J. Baks, Provincie Gelderland

Dr. P. Den Besten, RIZA

Drs. C. van Bladeren, Unie van Waterschappen

Drs. J. Harmsen, SC-DLO

Ing. P.H. Hotsma, IKC-Landbouw

J.T.M. Huinink MSc, IKC-Landbouw

Ing. R. Kampf, Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier

Dr. S.P. Klapwijk, STOWA (voorzitter)

Ing. J. van der Plicht, Waterschap Rijn en IJssel

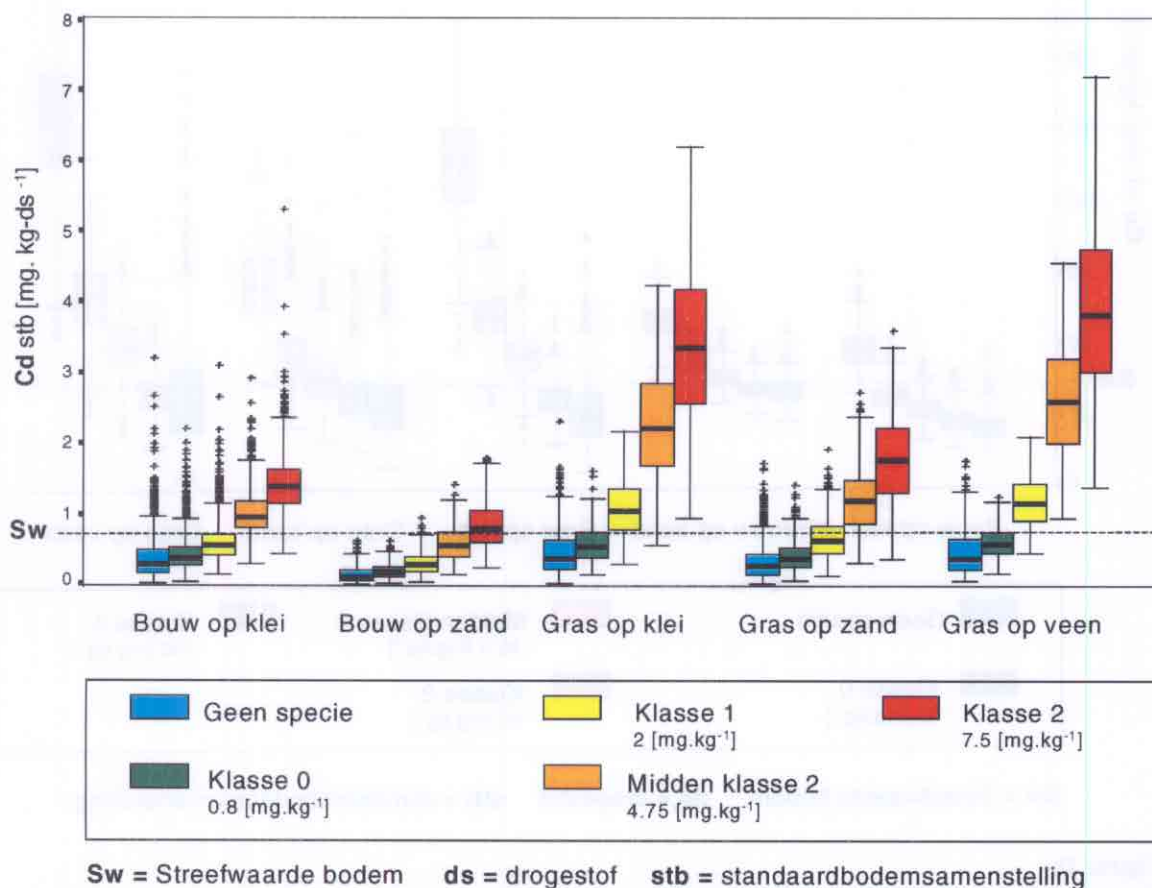
Drs. W. van der Pol, Provincie Noord-Holland

Drs. J.S. Raad, VROM-DGM/Bo

R. Schuiling MSc., Zuiveringsschap Drenthe

Drs. B van der Wal, STOWA (voorzitter)

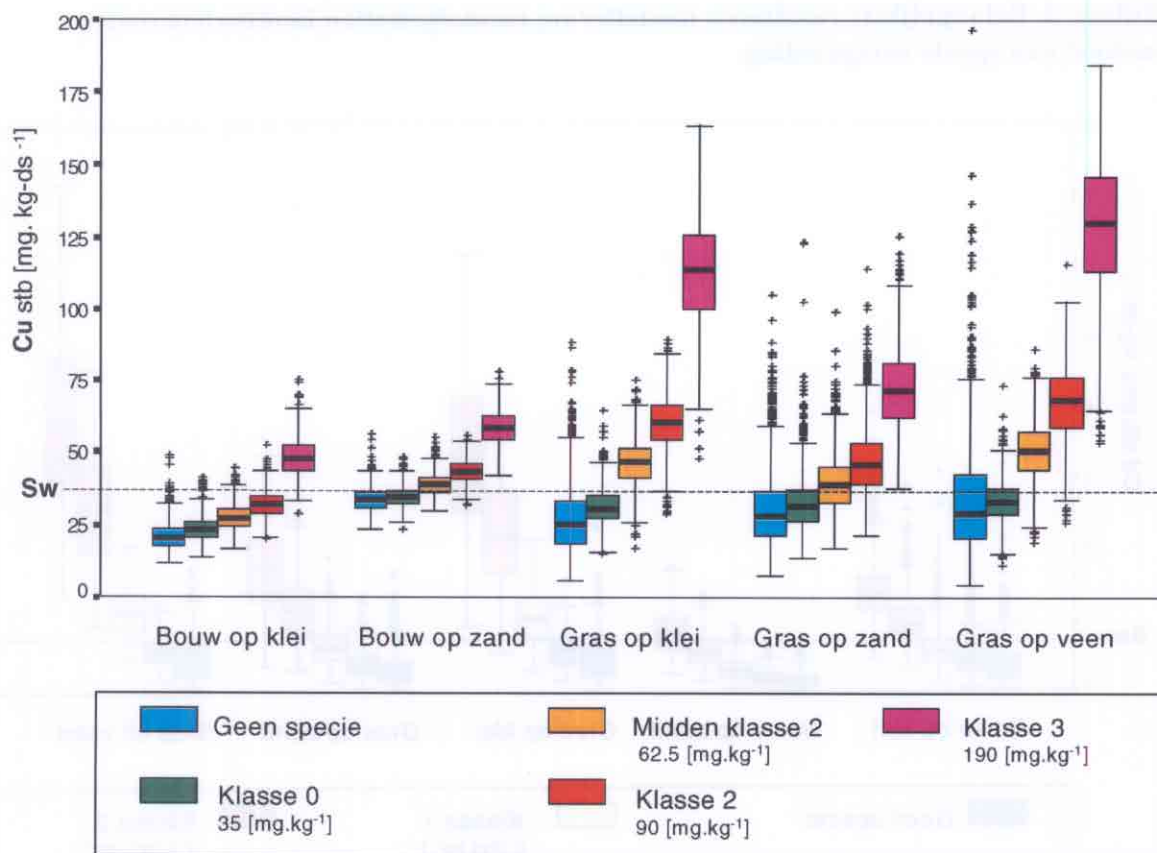
Bijlage 2. Belangrijkste resultaten modellering metaalgehalten landbodem onder invloed van specie verspreiding



Figuur 2a
Cadmiumgehalten (standaardbodemsamenstelling) na 4 maal opbrengen van specie met verschillende verontreinigingsniveaus binnen een periode van 50 jaar.

Tabel 2a
Procentuele kans op overschrijding van de streefwaarde voor Cd als gevolg van 4 maal op de kant zetten van specie met weergegeven verontreinigingsklasse in een periode van 50 jaar.

Categorie	Verontreiniging van afgezette specie [$\text{mg}\cdot\text{kg}\cdot\text{ds}^{-1}$] (stb)					
	Geen specie: 0	Klasse 0: 0.8	Klasse 1: 2	Midden klasse 2: 4.75	Klasse 2: 7.5	Klasse 3 -
Bouwland op klei	10	10	17	76	97	-
Bouwland op zand	0	0	0	20	51	-
Gras op klei	16	20	75	100	100	-
Gras op zand	5	5	29	81	97	-
Gras op veen	17	20	87	100	100	-



Sw = Streefwaarde bodem ds = drogestof stb = standaardbodemsamenstelling

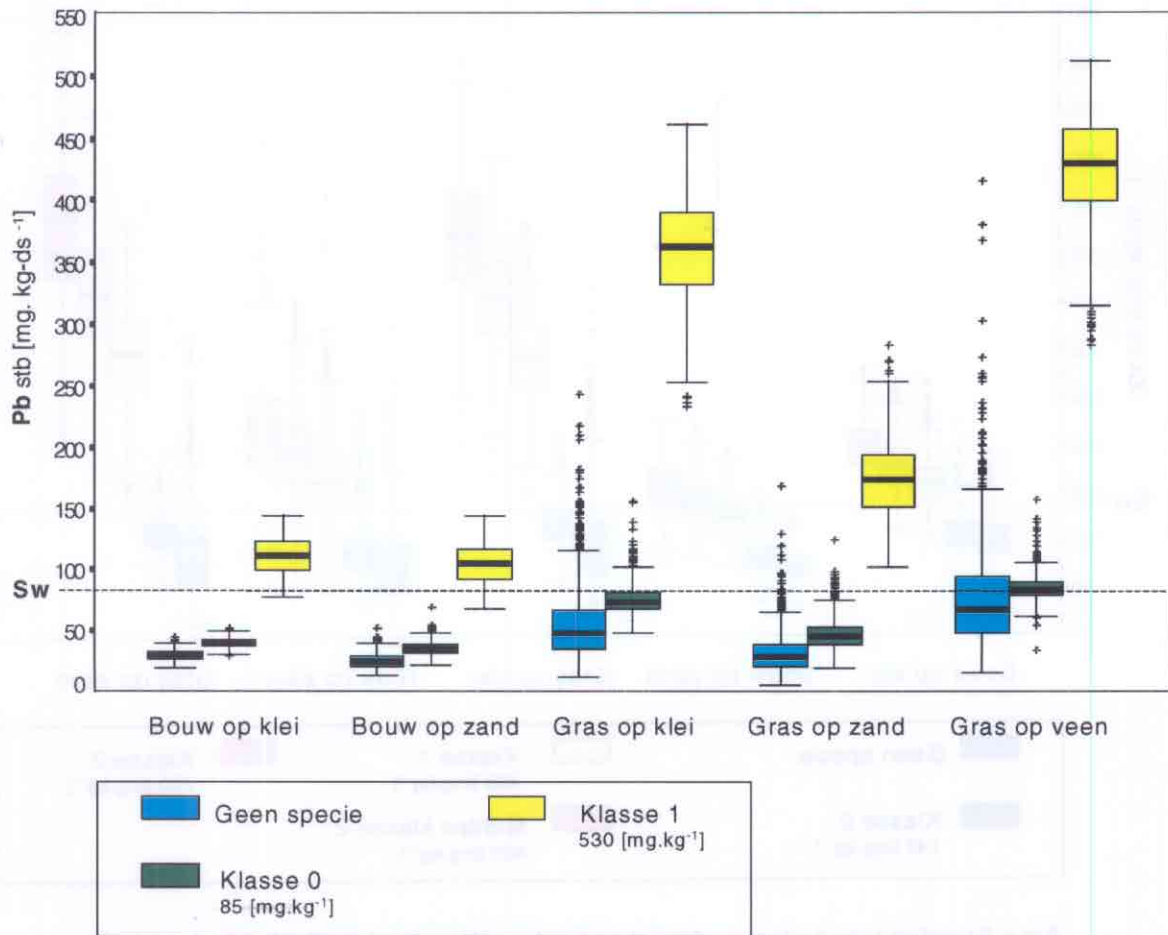
Figuur 2b

Kopergehalten (standaardbodemsamenstelling) na 4 maal opbrengen van specie met verschillende verontreinigingsniveaus binnen een periode van 50 jaar.

Tabel 2b

Procentuele kans op overschrijding van de streefwaarde voor Cu als gevolg van 4 maal op de kant zetten van specie met weergegeven verontreinigingsklasse in een periode van 50 jaar.

Categorie	Verontreiniging van afgezette specie [mg.kg-ds ⁻¹] (stb)					
	Geen specie: 0	Klasse 0: 35	Klasse 1: -	Midden klasse 2: 62.5	Klasse 2: 90	Klasse 3: 190
Bouwland op klei	1	1	-	4	20	98
Bouwland op zand	27	34	-	80	97	100
Gras op klei	21	21	-	91	99	100
Gras op zand	28	30	-	65	84	100
Gras op veen	35	35	-	91	99	100

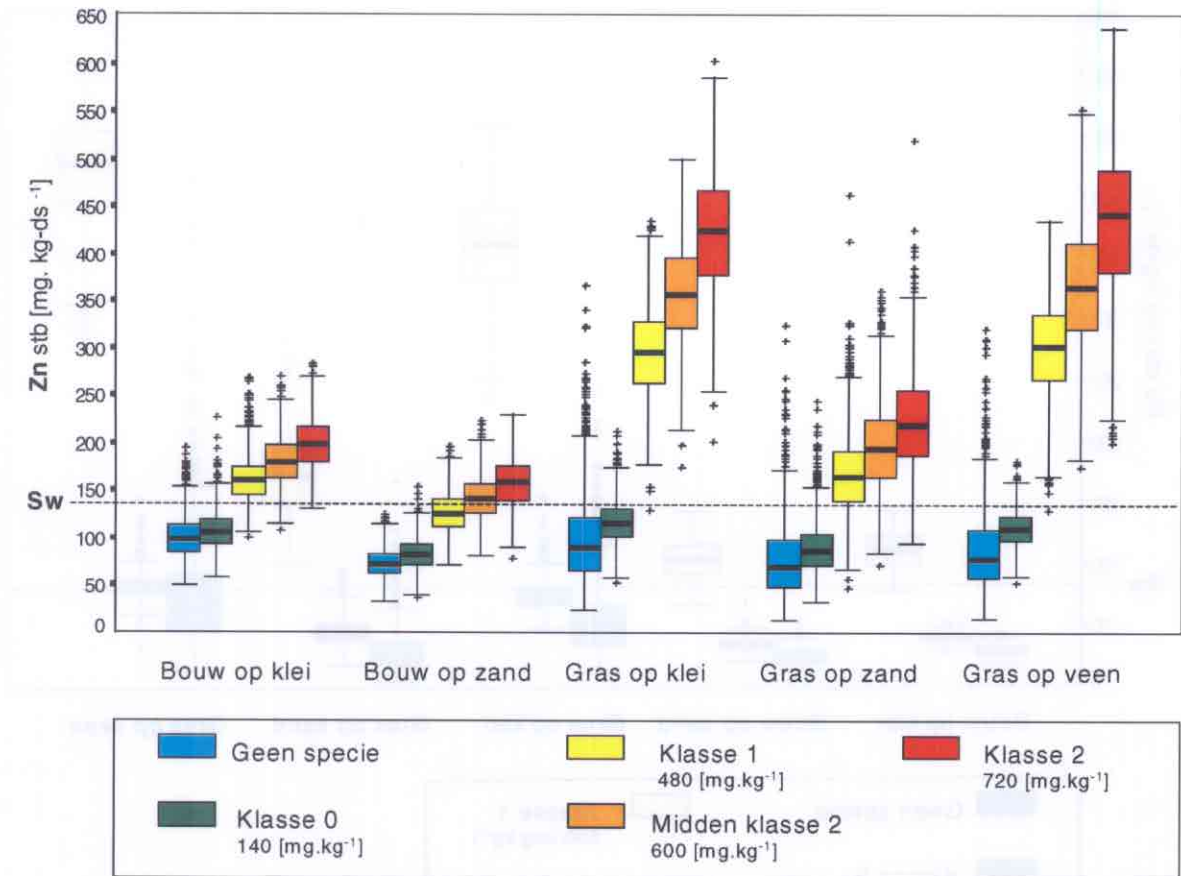


Sw = Streefwaarde bodem ds = drogestof stb = standaardbodemsamenstelling

Figuur 2c
Loodgehalten (standaardbodemsamenstelling) na 4 maal opbrengen van specie met verschillende verontreinigingsniveaus binnen een periode van 50 jaar.

Tabel 2c
Procentuele kans op overschrijding van de streefwaarde voor Pb als gevolg van 4 maal op de kant zetten van specie met weergegeven verontreinigingsklasse in een periode van 50 jaar.

Categorie	Verontreiniging van afgezette specie [mg·kg-ds ⁻¹] (stb)					
	Geen specie: 0	Klasse 0: 85	Klasse 1: 530	Midden klasse 2: -	Klasse 2: -	Klasse 3: -
Bouwland op klei	0	0	98	-	-	-
Bouwland op zand	0	0	90	-	-	-
Gras op klei	13	17	100	-	-	-
Gras op zand	1	1	100	-	-	-
Gras op veen	33	42	100	-	-	-



Sw = Streefwaarde bodem ds = drogestof stb = standaardbodemsamenstelling

Figuur 2d

Zinkgehalten (standaardbodemsamenstelling) na 4 maal opbrengen van specie met verschillende verontreinigingsniveaus binnen een periode van 50 jaar.

Tabel 2d

Procentuele kans op overschrijding van de streefwaarde voor Zn als gevolg van 4 maal op de kant zetten van specie met weergegeven verontreinigingsklasse in een periode van 50 jaar.

Categorie	Verontreiniging van afgezette specie [mg.kg-ds ⁻¹] (stb)					
	Geen specie: 0	Klasse 0: 140	Klasse 1: 480	Midden klasse 2: 600	Klasse 2: 720	Klasse 3: -
Bouwland op klei	6	6	83	94	100	-
Bouwland op zand	0	0	27	52	75	-
Gras op klei	18	14	100	100	100	-
Gras op zand	8	7	75	90	97	-
Gras op veen	12	7	100	100	100	-

Bijlage 3.

Procentuele kans op overschrijding van verschillende risiconiveaus als gevolg van 4 maal op de kant zetten van specie met weergegeven verontreinigingsklasse in een periode van 50 jaar. Verontreinigingsklassen: *nodr* = geen specie; *KL0* = bovengrens klasse 0; *KL1* = bovengrens klasse 1; *MKL2* = midden klasse 2; *KL2* = bovengrens klasse 2.

Cd						
Risico niveau	categorie	NODR	KL0	KL1	MKL2	KL2
MTR nieuw	bkl	1	1	1	5	28
	bs	0	0	0	0	2
	gkl	0	0	12	78	97
	gs	0	0	0	20	60
	gv	0	0	16	93	100
Benchmark fauna	bkl	0	0	0	0	0
	bs	0	0	0	0	0
	gkl	0	0	0	0	0
	gs	0	0	0	0	0
	gv	0	0	0	0	0
Benchmark micro organismen	bkl	0	0	0	0	0
	bs	0	0	0	0	0
	gkl	0	0	0	0	0
	gs	0	0	0	0	0
	gv	0	0	0	0	0
Benchmark flora	bkl	0	0	0	0	0
	bs	0	0	0	0	0
	gkl	0	0	0	0	31
	gs	0	0	0	0	0
	gv	0	0	0	6	44
LAC veevoer	bkl	2	3	4	16	59
LAC overig	bkl	2	3	4	16	59
LAC veevoer	bs	0	0	0	23	54
LAC overig	bs	0	0	0	23	54
LAC schaap	gkl	0	0	0	24	60
LAC rund	gkl	0	0	0	24	60
LAC schaap	gs	0	0	0	0	8
LAC rund	gs	0	0	0	0	8
LAC schaap	gv	0	0	2	68	94
LAC rund	gv	0	0	2	68	94

Vervolg

	categorie	NODR	KL0	KL1	MKL2	KL2
Hesteren fyto tox std	bkl	0	0	0	0	0
	bs	0	0	0	0	0
	gkl	0	0	0	20	61
	gs	0	0	0	0	2
	gv	0	0	0	33	75
Hesteren worm std	bkl	0	0	0	0	0
	bs	0	0	0	0	0
	gkl	0	0	0	0	0
	gs	0	0	0	0	0
	gv	0	0	0	0	0
Hesteren nitrificatie std	bkl	0	0	0	0	0
	bs	0	0	0	0	0
	gkl	0	0	0	0	0
	gs	0	0	0	0	0
	gv	0	0	0	0	0
NODR;soil quality crit std	bkl	50	73	96	100	100
	bs	12	20	49	92	99
	gkl	64	92	100	100	100
	gs	48	68	93	100	100
	gv	64	98	100	100	100

Cu						
Risico niveau	categorie	NODR	KL0	KL1	MKL2	KL2
MTR	bkl	0	0	-	1	5
	bs	8	8	-	39	80
	gkl	14	8	-	79	98
	gs	20	19	-	45	72
	gv	29	17	-	84	98
Benchmark fauna	bkl	0	0	-	0	0
	bs	0	0	-	1	5
	gkl	5	1	-	33	85
	gs	9	7	-	14	35
	gv	16	2	-	54	90
Benchmark micro organismen	bkl	0	0	-	0	0
	bs	0	0	-	0	0
	gkl	0	0	-	0	0
	gs	0	0	-	0	0
	gv	2	0	-	0	0
Benchmark flora	bkl	0	0	-	0	0
	bs	0	0	-	0	0
	gkl	0	0	-	0	0
	gs	0	0	-	0	0
	gv	2	0	-	0	0
LAC veevoer	bkl	0	0	-	0	0
LAC overig	bkl	0	0	-	0	0
LAC veevoer	bs	0	0	-	0	0
LAC overig	bs	0	0	-	0	0
LAC schaap	gkl	33	54	-	94	99
LAC rund	gkl	0	0	-	0	7
LAC schaap	gs	9	7	-	16	38
LAC rund	gs	1	0	-	0	2
LAC schaap	gv	57	79	-	98	100
LAC rund	gv	6	0	-	3	39
Hesteren fytoxiciteit	bkl	0	0	-	0	0
	bs	0	0	-	0	0
	gkl	2	0	-	4	51
	gs	5	2	-	4	13
	gv	10	0	-	16	72

VERVOLG

	categorie	NODR	KL0	KL1	MKL2	KL2
Hesteren Worm	bkl	0	0	-	0	0
	bs	0	0	-	0	0
	gkl	0	0	-	0	0
	gs	0	0	-	0	0
	gv	0	0	-	0	0
Hesteren Nitrificatie	bkl	0	0	-	0	0
	bs	0	0	-	0	0
	gkl	0	0	-	0	0
	gs	0	0	-	0	0
	gv	0	0	-	0	0
Soil quality criteria	bkl	5	9	-	29	68
	bs	84	93	-	100	100
	gkl	33	57	-	97	100
	gs	44	57	-	85	96
	gv	48	69	-	98	100

Pb						
Risico niveau	categorie	NODR	KL0	KL1	MKL2	KL2
MTR	bkl	0	0	1	-	-
	bs	0	0	0	-	-
	gkl	2	0	100	-	-
	gs	0	0	85	-	-
	gv	10	0	100	-	-
Benchmark fauna	bkl	0	0	0	-	-
	bs	0	0	0	-	-
	gkl	0	0	0	-	-
	gs	0	0	0	-	-
	gv	0	0	1	-	-
Benchmark micro organismen	bkl	0	0	0	-	-
	bs	0	0	0	-	-
	gkl	0	0	0	-	-
	gs	0	0	0	-	-
	gv	0	0	0	-	-
Benchmark flora	bkl	0	0	100	-	-
	bs	0	1	100	-	-
	gkl	46	100	100	-	-
	gs	12	34	100	-	-
	gv	73	100	100	-	-
LAC veevoer	bkl	0	0	0	-	-
LAC overig	bkl	0	0	0	-	-
LAC veevoer	bs	0	0	0	-	-
LAC overig	bs	0	0	0	-	-
LAC schaap	gkl	1	0	100	-	-
LAC rund	gkl	1	0	100	-	-
LAC schaap	gs	0	0	13	-	-
LAC rund	gs	0	0	13	-	-
LAC schaap	gv	9	0	100	-	-
LAC rund	gv	9	0	100	-	-
Hesteren fytoxiciteit	bkl	0	0	0	-	-
	bs	0	0	0	-	-
	gkl	0	0	16	-	-
	gs	0	0	0	-	-
	gv	0	0	75	-	-

Vervolg

	categorie	NODR	KL0	KL1	MKL2	KL2
Hesteren worm	bkl	0	0	0	-	-
	bs	0	0	0	-	-
	gkl	0	0	63	-	-
	gs	0	0	0	-	-
	gv	0	0	96	-	-
Hesteren nitrificatie	bkl	0	0	0	-	-
	bs	0	0	0	-	-
	gkl	0	0	0	-	-
	gs	0	0	0	-	-
	gv	0	0	0	-	-
Soil quality criteria	bkl	0	0	100	-	-
	bs	0	1	100	-	-
	gkl	46	100	100	-	-
	gs	12	34	100	-	-
	gv	73	100	100	-	-

Zn						
Risico niveau	categorie	NODR	KL0	KL1	MKL2	KL2
MTR	bkl	2	1	52	78	94
	bs	0	0	6	23	48
	gkl	10	4	100	100	100
	gs	4	3	55	78	91
	gv	7	1	99	100	100
Benchmark fauna	bkl	0	0	6	21	47
	bs	0	0	0	1	6
	gkl	5	0	98	100	100
	gs	2	1	21	43	64
	gv	3	0	96	99	100
Benchmark micro organismen	bkl	48	62	100	100	100
	bs	5	14	91	98	99
	gkl	39	78	100	100	100
	gs	24	30	97	99	100
	gv	31	72	100	100	100
Benchmark flora	bkl	100	100	100	100	100
	bs	94	99	100	100	100
	gkl	88	100	100	100	100
	gs	74	96	100	100	100
	gv	83	100	100	100	100
LAC veevoer	bkl	0	0	0	0	0
LAC overig	bkl	0	0	0	0	0
LAC veevoer	bs	0	0	0	0	2
LAC overig	bs	0	0	0	0	2
LAC schaap	gkl	0	0	18	45	69
LAC rund	gkl	0	0	18	45	69
LAC schaap	gs	0	0	0	1	1
LAC rund	gs	0	0	0	1	1
	gv	0	0	16	48	75
	gv	0	0	16	48	75
Hesteren fytotoxiciteit	bkl	48	62	100	100	100
	bs	5	14	91	98	99
	gkl	39	78	100	100	100
	gs	24	30	97	99	100
	gv	31	72	100	100	100

Vervolg

	categorie	NODR	KL0	KL1	MKL2	KL2
Hesteren worm	bkl	0	0	0	0	0
	bs	0	0	0	0	0
	gkl	0	0	0	0	0
	gs	0	0	0	0	0
	gv	0	0	0	0	0
Hesteren nitrificatie	bkl	0	0	0	0	0
	bs	0	0	0	0	0
	gkl	0	0	0	0	5
	gs	0	0	0	0	0
	gv	0	0	0	0	9
Soil quality criteria	bkl	48	62	100	100	100
	bs	5	14	91	98	99
	gkl	39	78	100	100	100
	gs	24	30	97	99	100
	gv	31	72	100	100	100