ALTERRA
WAGENINGEN UR



Voorkomen van DDT in de bodem in Oss en opname door moestuingewassen

Risico analyse van DDT in de bodem en berekening van humane blootstelling

Alterra-rapport 2395
ISSN 1566-7197

Paul Römkens en Johannes Lijzen

ALTERRA
WAGENINGEN UR

Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

Voorkomen van DDT in de bodem in Oss en opname door moestuingewassen

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de gemeente Oss
Projectcode 5239496

Voorkomen van DDT in de bodem in Oss en opname door moestuingewassen

Risico analyse van DDT in de bodem en berekening van humane blootstelling

Paul Römkens[1], Johannes Lijzen[2]

1 Alterra, team Bodemkwaliteit en Duurzaam Mineralengebruik
2 RIVM, Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid (DMG)

Alterra-rapport 2395

Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2013

ALTERRA WAGENINGEN UR

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Referaat

Paul Römkens en Johannes Lijzen, 2013. *Voorkomen van DDT in de bodem in Oss en opname door moestuingewassen. Risico analyse van DDT in de bodem en berekening van humane blootstelling*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2395. 64 blz.; 17 fig.; 15 tab.; 9 ref.

In grondmonsters uit Oss afkomstig van drie locaties is het totale en beschikbare (Tenax) gehalte aan DDT, DDD en DDE bepaald, evenals de opname ervan door radijs, snijbiet en wortel in een potproef onder gecontroleerde omstandigheden. De totale gehalten in de bodem variëren van minder dan 0.1 mg kg^{-1} tot 80 mg kg^{-1}. De beschikbaarheid via Tenax blijkt gerelateerd aan het totaalgehalte en bedraagt gemiddeld voor alle componenten 8% van het totaalgehalte. De opname door radijs en wortel is hoger dan die door snijbiet en de gewasgehalten overschrijden in sommige gevallen de adviesnorm van 50 µg kg^{-1}. Bij bodemgehalten van minder dan 15 mg kg^{-1} overschrijdt de risico index de kritische grens van 1 niet voor de functie 'moestuin/volkstuin'. Gebruik als moestuin wordt bij gehalten boven 15 mg kg^{-1} in de bodem afgeraden. Voor de functie 'wonen met tuin' geldt een advieswaarde van 75 mg kg^{-1}.

Trefwoorden: DDT, bodem, moestuin, beschikbaarheid, Tenax, Oss.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2013 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

– Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
– Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
– Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2395
Wageningen, januari 2013

Inhoud

Samenvatting 7

1 Inleiding, achtergrond en inhoud rapport 9

2 Onderzoeksopzet en uitvoering 11
2.1 Inleiding 11
2.2 Selectie van locaties in Oss 11
2.3 Analyse van totaalgehalte en beschikbaarheid van DDT in de bodem 13
2.4 Uitvoering potproef 14

3 Resultaten bodemonderzoek 17
3.1 Bodemeigenschappen en metalen 17
3.2 Totaal en Tenax-extraheerbaar gehalte aan DDT, DDD en DDE in de bodem 19
3.3 Samenvatting 26

4 Resultaten potproef: gewasopname 27
4.1 Gehalten aan DDD, DDE en DDT in de onderzochte gewassen 27
4.2 Relatie tussen gehalte in de bodem en opname door gewas 29
4.3 Samenvatting 32

5 Relatie berekende en gemeten plant gehalten 33

6 Berekening risico-index met CSOIL 37
6.1 Vraagstelling 37
6.2 CSOIL-model en parameterkeuze 37
6.3 Risico-index DDT-verontreiniging op basis van berekeningen 38
6.4 Relatie bodemgehalten en risico-index voor verschillende scenario's 41

7 Conclusies en aanbevelingen 43
7.1 Conclusies in relatie tot deonderzoeksvragen 43
7.2 Aanbevelingen op basis van data en modelberekeningen 45

Geraadpleegde literatuur 47

Bijlage 1 Ligging van de onderzochte locaties 49

Bijlage 2 Resultaten bodemonderzoek 53

Bijlage 3 Metingen DDD, DDE en DDT in gewas 55

Bijlage 4 Berekende risico-index per locatie 57

Bijlage 5 Berekende en gemeten gewasgehalten per locatie 61

Samenvatting

Binnen de gemeente Oss komen lokaal (sterk) verhoogde gehalten aan DDT in de bodem voor. Stoffen als DDT, DDD en DDE zijn voor een deel in de bodem gebracht door het gebruik van slib als bodemverbeteraar; dit slib is afkomstig van de RIZI én de overstorten in de stad. Door deze soms sterk verhoogde gehalten (> 100 mg kg^{-1}) is het onduidelijk of en zo ja, in welke mate er humane risico's zijn bij gebruik van verontreinigde grond als tuin of moestuin. Op dit moment is niet precies bekend waar en in welke hoeveelheid DDT, DDD en DDE voorkomen, maar is het gewenst om onderzoek te doen naar de opname van deze stoffen door standaard moestuingewassen om zodoende een beter onderbouwde uitspraak te kunnen doen over de risico's van verhoogde gehalten in de bodem. Daarvoor zijn op drie locaties (Hazenakker, Hertenkamp en RIZI-terrein) in totaal vijftien grondmonsters genomen, vijf mengmonsters per locatie. In elk van deze mengmonsters is het totaal en Tenax extraheerbare gehalte aan DDT, DDD en DDE gemeten. De totaalgehalten aan DDT, DDE en DDD variëren van minder dan 0.01 mg kg^{-1} tot 50 mg kg^{-1} en de somwaarde bereikt in de Hazenakker 80 mg kg^{-1}. Tenax extraheerbare gehalten aan DDD, DDE en DDT zijn gemiddeld 8% van het totaalgehalte, maar deze waarde varieert tussen de op'- en pp'- isomeren, waarbij de beschikbaarheid van de op' isomeren iets hoger is (variërend van 12 to 23% van het totaal) dan die van de pp' isomeren.

In een potproef waarbij alle vijftien gronden zijn gebruikt zijn de gewassen radijs, snijbiet en wortel (in drie gronden) geteeld. Door de aanwezigheid van metalen als Cd, Pb en Cu in combinatie met extreem lage pH waarden (pH < 4) in de bodem van de locaties Hazenakker en RIZI groeiden de gewassen niet of zeer slecht. Daarom is na bekalking van de meest zure gronden de proef herhaald. Bekalking leidde tot een normale groei en dit suggereert dat de toxiciteit die was opgetreden, uitsluitend veroorzaakt werd door de metalen en niet zozeer door DDT, DDD of DDE. De opname van DDT, DDD of DDE is namelijk niet, of zeer beperkt, afhankelijk van de pH van de bodem.

De opname van alle stoffen door snijbiet was laag tot zeer laag en de gehalten aan DDT, DDD en DDE lagen voor een groot deel (> 75%) van de gewasmonsters onder de detectiegrens. Voor radijs en wortel was er sprake van opname die sterk gecorreleerd was aan zowel het totaalgehalte als ook het Tenax extraheerbare gehalte. Dit laatste is niet vreemd aangezien er een zeer goede correlatie (R^2 > 0.9) tussen de Tenax extraheerbare fractie en de totaalgehalten was vastgesteld. Voor het schatten van de opname is daarom het totaalgehalte even bruikbaar als een Tenax extractie. De gehalten in zowel radijs als wortel aan onder meer DDE en DDT overschreden de advieswaarde van 50 µg kg^{-1} vers gewicht. Voor wortel is daarbij ook gekeken naar de invloed van schrappen, omdat bekend is dat een groot deel van de organische contaminanten zoals DDT aan de buitenste celwanden bindt. Schrappen van de wortel leidde tot een afname van het gehalten aan alle verbindingen met een factor 5, dit resultaat bevestigt de specifieke binding aan de buitenkant van de wortel. Voor wortelgewassen betekent dat schrappen een zeer effectieve manier is om de blootstelling aan DDT, DDD of DDE via gewasconsumptie te verlagen als er sprake is van sterk verhoogde gehalten aan deze stoffen in de bodem.

Als het totaalgehalte in de bodem gebruikt wordt voor de berekening van de humane blootstelling leidt dit tot een forse overschrijding van de MTR waarde (Risico index (RI) > 1) in de gronden aan de Hazenakker en het RIZI terrein (RI-max = 25). Dit is grotendeels het gevolg van de hoge voorspelde gehalten in gewassen. Deze berekende waarde ligt voor radijs en wortel fors hoger dan de waargenomen gehalten. Op basis van de Tenax extraheerbare gehalten in de bodem is de berekende humane blootstelling veel lager (RI-max = 3) en corresponderen de berekende gehalten in de gewassen redelijk tot goed met de gewasdata. De berekende (op basis van Tenax) en gemeten (op basis van gewasdata) RI-waarden komen dan ook redelijk tot goed overeen, zeker in de bodems met verhoogde (>10 mg kg^{-1}) gehalten aan DDT, DDD en DDE. Op basis van de gemeten gewasgehalten is een advieswaarde van 15 mg kg^{-1} voor wonen met moestuin afgeleid en een

waarde van 75 mg kg^{-1} voor wonen met tuin. Aanbevolen wordt voor een verantwoord bodembeheer deze laatste waarde in overleg met de GGD zo nodig bij te stellen vanwege incidentele grondingestie door kinderen. Deze waarden gelden voor historische verontreinigingen in de gemeente Oss waarvan bekend is dat de onderzochte stoffen al meerdere decennia in de bodem aanwezig zijn.

1 Inleiding, achtergrond en inhoud rapport

In de bodem van de gemeente Oss komen op meerdere locaties verhoogde gehalten aan DDT voor. DDT is een zeer persistent bestrijdingsmiddel dat niet meer toegepast mag worden. DDT bindt sterk aan organische stof in de bodem en kent een zeer lange verblijftijd. De bron van het DDT in Oss is waarschijnlijk vervuild slib dat verspreid op meerdere plekken is aangebracht, waardoor een heterogeen verspreidingspatroon is ontstaan. Op dit moment is onbekend in welke mate het DDT in de gemeente Oss een risico vormt voor de mens als gevolg van gewasopname. Als DDT door gewassen, bijvoorbeeld geteeld in moestuinen, opgenomen wordt, komt het op die manier in de voedselketen. Of dat gebeurt, is onder meer afhankelijk van de mate van beschikbaarheid van DDT in de bodem. Dit kan bijvoorbeeld bepaald worden met een zgn. Tenax extractie. Het onderzoek moet ook antwoord geven op de vraag in hoeverre DDT op deze locaties opgenomen wordt door planten. Hiervoor wordt een potproef uitgevoerd waarbij radijs, snijbiet en wortel geteeld worden onder gecontroleerde omstandigheden. De resultaten van de potproef zijn het uitgangspunt voor de discussie of er in de gemeente Oss nader onderzoek naar de opname van DDT door moestuingewassen moet plaatsvinden.

Het onderzoek zoals beschreven in dit rapport moet antwoord geven op een aantal vragen:

1. Wat zijn de gehalten aan DDT in de bodem op de bemonsterde locaties in Oss?
2. Wat is de chemische beschikbaarheid van DDT en is die afhankelijk van het type bodem?
3. In welke mate wordt DDT opgenomen door radijs of wortel en snijbiet of sla onder gecontroleerde omstandigheden (kas)?
4. Komen de gehalten zoals gemeten in de gewassen overeen met de modelberekeningen met CSOIL?
5. Wat is de verwachte blootstelling aan DDT door het eten van de onderzochte gewassen en komt de berekende blootstelling overeen met de berekende waarde op basis van gemeten gewasgehalten?
6. Is de gemeten of berekende blootstelling reden om verder onderzoek te doen naar de opname van DDT onder veldomstandigheden?

Inhoud van het rapport

In hoofdstuk 2 staat de beschrijving van de opzet van het experimentele deel van het werk incl. selectie van locaties, bemonstering en opzet van de potproef. De resultaten van het bodemonderzoek staan in hoofdstuk 3 en de resultaten van de potproef in hoofdstuk 4. Met de resultaten van het experimentele werk is onder meer gekeken naar de relatie tussen de gemeten gehalten in de plant en de berekende gehalten met de relaties in het blootstellingsmodel met CSOIL (hoofdstuk 5). In hoofdstuk 6 worden de resultaten beschreven van de berekeningen met CSOIL, waarbij de humane blootstelling is berekend op basis van zowel de totaalgehalten in de bodem, Tenax gehalten in de bodem en de gemeten gewasgehalten. Tenslotte zijn in hoofdstuk 7 de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven die uit de data en modelberekeningen volgen.

2 Onderzoeksopzet en uitvoering

2.1 Inleiding

Het experimentele deel van het onderzoek naar de gehalten en beschikbaarheid van DDT in de bodem in Oss is als volgt opgezet:

1. Selectie en bemonstering van drie locaties in Oss die representatief zijn voor de vermoedelijk belaste gebieden in Oss en de range aan DDD, DDE en DDT in de bodem.
2. Analyse van totaalgehalte en beschikbaarheid (Tenax) van DDD, DDE en DDT (RIKILT) in de bodem van deze locaties evenals het organische stof gehalte en de pH.
3. Uitvoering van de potproef in de kassen van Unifarm (Wageningen) om de opname van DDD, DDE en DDT door radijs, snijbiet en wortel uit de bodem te bepalen.
4. Bepaling van de totaalgehalten aan DDD, DDE en DDT in de geteelde gewassen (RIKILT).

In de paragrafen 2.2 t/m 2.4 wordt de verdere uitwerking van de opzet van het onderzoek beschreven.

2.2 Selectie van locaties in Oss

In samenwerking met de gemeente Oss zijn drie locaties uitgezocht waar eerder uitgevoerd onderzoek heeft aangetoond dat er verhoogde gehalten aan DDT in de bodem voorkomen. Dit zijn:

- Locatie Hazenakker. Deze locatie bestaat uit een strook bos in een woonwijk. Hier is geen duidelijke relatie met een bron van verontreiniging (stort of anderszins).
- Locatie Hertenkamp. Deze locatie is in gebruik als een park waar onder andere herten grazen. Dit park is aangelegd op een voormalig stortterrein.
- RIZI (Rioolwaterzuiveringsinstallatie) Oss. Op het terrein van de voormalige rioolwaterzuivering is op dit moment een modelvliegveld aangelegd. Een deel van het terrein is in gebruik als ponyweide en een ander deel is begroeid met bos en struiken.

In bijlage 1 zijn de detailkaarten van de ligging van de drie locaties en de daarbinnen genomen grondmonsters weergegeven.

Per locatie zijn op 8 maart 2012 monsters genomen op vijf plekken. De keuze voor elk van deze vijf plekken is gebaseerd op de gegevens uit voorgaand onderzoek en moet leiden tot een maximale range aan DDT, DDD en DDE in de bodem. Van elke monsterplek zijn twee emmers van 10 liter gevuld en in afgesloten plastic zakken bewaard.

In tabel 2.1 staan de coördinaten en gegevens van de drie locaties en de vijf monsterplekken per locatie. Figuur 2.1 geeft een indruk van de lokale omstandigheden op de drie locaties



Locatie Hazenakker, straatbeeld



Locatie Hazenakker, deelmonster A3



Locatie Hertenkamp, deelmonster H1



Locatie Hertenkamp, deelmonsters H1-H3



Locatie Hertenkamp (gelegen ad Hazenakker)



Locatie RIZI, deelmonster R1



Overzicht RIZI terrein met vmlg. RIZI-gebouw



RIZI-terrein, deelmonster R4

Figuur 2.1

Overzicht van de bemonsterde locaties.

Tabel 2.1
Overzicht van de onderzochte locaties.

Locatie	Deelmonster	X coord. (RDM)	Y coord. (RDM)	Bodem	Bijzonderheden
Hazenakker	A1	165413	417786	Zand	Normaal bosplantsoen, geen aanduidingen van puin of andere bijmengingen. Bodemopbouw: humuslaag op zand, dunne A hor. (0-5 cm)
	A2	165446	417781	Zand	
	A3	165456	417788	Zand	
	A4	165464	417797	Zand	
	A5	165475	417798	Zand	
Hertenkamp	H1	165698	417708	Kleiig zand/leem	Duidelijke resten van bouwpuin en andere bijmengingen (kool). Deels opgehoogd. Sterk heterogeen (overgang naar zand). Bodemopbouw: stedelijke ophooglaag met veel puin. Overgang naar zand > 40 cm
	H2	165689	417734	Kleiig zand/leem	
	H3	165680	417724	Kleiig zand/leem	
	H4	165776	417713	Kleiig zand/leem	
	H5	165753	417698	Kleiig zand/leem	
RIZI	R1	163762	421866	Klei op zand	R1: Vliegveld (geëgaliseerd) R2: Weide voor clubgebouw R3: Ponyweide R4: Dicht begroeide strook tussen golfbaan en RIZI R5: Grasstrook tussen golfbaan en R4, veel puin
	R2	163794	421795	Klei m. puin	
	R3	163841	421779	Klei m. puin	
	R4	163893	421776	Sterk humeuze klei, geen puin	
	R5	163879	421836	Puin/klei	

2.3 Analyse van totaalgehalte en beschikbaarheid van DDT in de bodem

Na bemonstering van de grond op 8 maart 2012 zijn de gronden in plastic afgesloten emmers naar het CBLB (Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem) van het departement Omgevingswetenschappen van Wageningen University gebracht. Binnen twee dagen zijn de monsters (twee emmers) gehomogeniseerd waarbij grotere puinresten handmatig verwijderd zijn. De grond is vervolgens gezeefd (2 cm). Een deel van de grond (pm 500 gram) is gedroogd (70 graden) voor analyse van pH, organische stof en zware metalen. Een ander deel (200 gram) is veldvochtig in afgesloten plastic potjes bewaard en binnen één dag naar het RIKILT (Wageningen UR) gebracht voor analyse van totale en beschikbare (Tenax extractie) hoeveelheden van DDT, DDD en DDE.

Voordat de potten werden gevuld met de geselecteerde gronden is een basisbemesting toegevoegd aan vijf kilo van de grond. De hoeveelheid N, P en K meststof die daarbij per pot zijn gebruikt staan in tabel 2.2. Deze hoeveelheden zijn gebaseerd op de Adviesbasis bemesting akkerbouw- en vollegronds groentegewassen 2012.
Per pot is 5 kilo veldvochtige grond gebruikt. In eerste instantie de 4.5 kilo waaraan de mest is toegevoegd en daarbovenop een laag van 0.5 kilo grond zonder mest die als kiemlaag dient. Daaraan is nog 55 mL water

toegevoegd om de grond op veldcapaciteit te brengen. Deze hoeveelheid is van te voren bepaald met de vloeigrensbepaling. De gevulde potten met daarop de kiemlaag met zaden zijn daarna overgebracht naar de kasruimte.

Tabel 2.2
Toegevoegde hoeveelheden kunstmest aan de potten in de potproef.

	N mg N pot^{-1}	P mg P_2O_5 pot^{-1}	K mg K_2O pot^{-1}	Mg mg MgO pot^{-1}
radijs/wortel	154	144	346	192
snijbiet	192	298	346	192

2.4 Uitvoering potproef

In totaal zijn 33 potten ingezet in de kassen van Unifarm (locatie Nergena) bij Wageningen UR. In deze kassen is het mogelijk zowel temperatuur, luchtvochtigheid als lichtsterkte te regelen. Gedurende de groei is de temperatuur in de kas op 20 graden gehouden bij een relatieve luchtvochtigheid van 80%. In totaal is 12 uur per dag licht gegeven.

Na het kiemen van de planten bleek dat er grote verschillen optraden in de mate van groei. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de verschillen in de pH van de gronden die sterk uiteenloopt (van 3.5 tot 7). Met de bemestingswijzer is daarom aan de hand van de gemeten pH en de gewenste pH (5.0) een bekalking uitgevoerd. De kalk is daarbij in poedervorm in de centrale cilinder van de potten aangebracht waardoor deze met het water geven in de grond doordringt. Dit zorgt voor een geleidelijke aanvoer en buffering van de pH. In tabel 2.3 is de pH van de verschillende gronden te zien (gemeten in 0.01 M $CaCl_2$ in gedroogde grond) en de hoeveelheid $CaCO_3$ die per pot vervolgens is aangebracht.
Uiteindelijk bleek deze behandeling onvoldoende om de zeer lage pH waarden in de Hazenakker te compenseren en is een aantal potten opnieuw ingezet nadat de kalk goed door de hele grond is gemengd. Dat maakte het noodzakelijk om de potten opnieuw in te zaaien. Een deel van de gewassen die op 11 juni geoogst zijn (zie tabel 2.3) zijn opnieuw ingezet. Voor snijbiet betrof dit bijna alle gronden van de Hazenakker en RIZI, terwijl voor radijs dit alleen is gedaan voor de Hazenakker en R4 (RIZI).

Oogst en voorbehandeling van de gewassen

Op 3 mei zijn de eerste gewassen geoogst. De wortels en loof (van radijs) zijn verwijderd. Van de geoogste planten is de biomassa gemeten. Na meting van de biomassa zijn de snijbiet-monsters licht afgespoeld onder de kraan. Na deppen met papier zijn de monsters in de diepvries (-60 graden) bewaard tot de laatste gewasbemonstering.
De radijsknollen zijn onder de kraan afgespoeld en met een keukenborstel is de aanhangende grond verwijderd zonder daarbij de knol te schrappen. Ook de radijs-monsters zijn na wassen gedept met papier en in de diepvries bewaard.

Op 11 juni is het grootste deel van de gewassen (biet en radijs) geoogst en zijn alle monsters naar het RIKILT gebracht voor analyse. Aanvullend zijn tenslotte op 30 juli nog twee wortelmonsters aangeleverd. Alle monsters zijn in duplo geanalyseerd. De wortelmonsters zijn daarbij steeds op twee manieren geanalyseerd, een gewassen wortelmonster (licht schoongemaakt met een borstel) en een gewassen én geschrapt wortelmonster waarbij de buitenste schil door schrappen is verwijderd. Dit is gedaan omdat voor wortel bekend is dat een groot deel van organische microverontreinigingen in de buitenste laag voorkomt. Door

zowel geschrapte als niet-geschrapte monsters te onderzoeken kan de grootte van het verschil tussen geschrapte en niet-geschrapte wortel bepaald worden.

Tabel 2.3

Biomassa van de radijs en snijbiet bij de oogst (versgewicht in gram/pot).

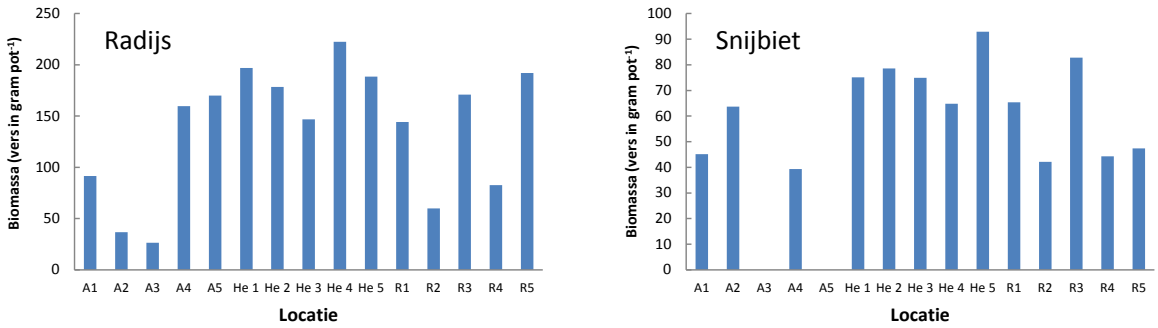
Potnummer	Locatie	Gewas	Datum oogst	Biomassa (gram vers)
1	A1	radijs	3-mei	91.6
2	A1	snijbiet	11-juni	45.1
3	A2	radijs	11-juni	36.7
4	A2	snijbiet	11-juni	63.7
5	A2	wortel	30-juli	180.0
6	A3	radijs	11-juni	26.4
7	A3	snijbiet	na	na
8	A4	radijs	11-juni	159.7
9	A4	snijbiet	11-juni	39.3
10	A5	radijs	11-juni	170.0
11	A5	snijbiet	na	na
12	A5	wortel	30-juli	200.0
13	He 1	radijs	3-mei	197.0
14	He 1	snijbiet	3-mei	75.1
15	He 2	radijs	3-mei	178.4
16	He 2	snijbiet	3-mei	78.6
17	He 3	radijs	3-mei	146.8
18	He 3	snijbiet	3-mei	74.9
19	He 4	radijs	3-mei	222.5
20	He 4	snijbiet	3-mei	64.8
21	He 5	radijs	3-mei	188.5
22	He 5	snijbiet	11-juni	92.9
23	R1	radijs	3-mei	144.3
24	R1	snijbiet	11-juni	65.4
25	R2	radijs	3-mei	59.9
26	R2	snijbiet	11-juni	42.1
27	R3	radijs	3-mei	170.9
28	R3	snijbiet	3-mei	82.8
29	R4	radijs	11-juni	82.7
30	R4	snijbiet	11-juni	44.3
31	R5	radijs	3-mei	191.9
32	R5	snijbiet	3-mei	47.4
33	R5	wortel	11-juni	252.6

Tabel 2.4

Toegediende hoeveelheden kalk per pot.

Monster	pH $CaCl_2$	OS %	Verschil met pH 5 in 0.1 eenheid	Kalkfactor	Gram $CaCO_3$ Per pot	Afgerond
A1	3.72	3.7	12.8	104.0	5.2	5.0
A2	3.73	5.0	12.7	120.0	5.9	5.0
A3	4.29	6.7	7.1	151.0	4.2	5.0
A4	3.77	6.0	12.3	136.0	6.5	5.0
A5	4.00	5.4	10.0	128.0	5.0	5.0
H1	5.71	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0
H2	6.09	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0
H3	6.69	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H4	5.52	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0
H5	4.63	7.9	3.7	164.0	2.4	3.0
R1	4.34	4.4	6.6	112.0	2.9	3.0
R2	4.91	4.8	0.9	120.0	0.4	0.0
R3	7.64	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
R4	3.57	30.9	14.3	349.0	25.2	25.0
R5	5.84	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0

De data in tabel 2.3 laten zien dat er verschillen bestaan in de hoeveelheid geoogst materiaal. Dat is voor een deel het gevolg van de verschillen in bodemtype en deels een gevolg van de verontreiniging. In het algemeen groeiden de gewassen in de gronden van de locatie Hertenkamp goed zonder dat enige correctie van pH nodig was. De gehalten aan metalen in deze gronden waren ook veel lager dan in sommige gronden van de Hazenakker en het RIZI terrein. Geen van de Hertenkamp gronden is daarom opnieuw ingezet. In figuur 2.2 staan de gemeten biomassa per pot voor beide gewassen. Voor radijs valt vooral de lage biomassa in de gronden A1 t/m A3, R2 en R4 op. Deze zijn weliswaar bekalkt, maar de groei was in principe goed en deze potten zijn daarom niet opnieuw ingezaaid. In het verdere verloop van de proef bleef de groei van radijs op deze grond echter toch achtervergeleken met de andere locaties. In de gronden A3 en A5 kwam de snijbiet ook na bekalking niet op. Hiervoor is geen directe verklaring, maar gezien de groei in de gronden A1, A2 en A4 is dit waarschijnlijk niet gerelateerd aan de gehalten aan DDT, DDD, DDE, noch de metalen.



Figuur 2.2

Biomassa voor radijs en snijbiet aan het einde van de proef (vers gewicht, voor radijs is dat alleen het gewicht van de knol, voor snijbiet het bovengrondse blad in gram per pot).

3 Resultaten bodemonderzoek

3.1 Bodemeigenschappen en metalen

In tabel 3.1 staan de gemeten waarden van pH ($CaCl_2$), en organische stof. Naar aanleiding van duidelijke groei-effecten na het opstarten van de potproef zijn in een aantal monsters een aantal metalen gemeten (totaal met Aqua Regia, reactief met 0.43 M HNO_3 en beschikbaar met 0.01 M $CaCl_2$). Deze resultaten staan in tabel 3.2. Op basis van de visueel vastgestelde heterogeniteit van de monsters is steeds deellocatie 1 en 5 geanalyseerd (voor Hazenakker en Hertenkamp) en alle deelmonsters van de RIZI-locatie.

Tabel 3.1
Gemeten waarden van de pH en organische stof in alle locaties.

Locatie	**RIKILT nummer**	pH $CaCl_2$	OS %
Hazenakker A1	282874	3.7	3.7
Hazenakker A2	282875	3.7	5
Hazenakker A3	282876	4.3	6.7
Hazenakker A4	282877	3.8	6
Hazenakker A5	282878	4.0	5.4
Hertenkamp H1	282879	5.7	11.3
Hertenkamp H2	282880	6.1	8.4
Hertenkamp H3	282881	6.7	12
Hertenkamp H4	282882	5.5	5.7
Hertenkamp H5	282883	4.6	7.9
RIZI R1	282884	4.3	4.4
RIZI R2	282885	4.9	4.8
RIZI R3	282886	7.6	3
RIZI R4	282887	3.6	30.9
RIZI R5	282888	5.8	8.3

De metingen van pH en organische stof laten zien dat de grondmonsters zeer verschillend zijn met pH-waarden variërend tussen 3.7 (zeer zuur) en 7.6 (neutraal/licht basisch). Daarbij valt op dat de locatie aan de Hazenakker uitsluitend zeer lage pH waarden heeft, terwijl de pH op de RIZI-locatie veel meer wisselt. Dat laatste komt overeen met de variatie in bodemtype (klei/zand) die tijdens de bemonstering is waargenomen. De lage pH-waarden in de Hazenakker zijn overigens voor het daar aanwezige bodemtype en vegetatie (bos op zand) normaal te noemen. De waarden rond 5 à 6 voor de locaties Hertenkamp zijn normaal voor de opgehoogde stadsbodem die ter plekke aanwezig is (aanvulgrond op oud stort).
De gehalten aan organische stof zijn ook normaal voor zowel de bosgrond aan de Hazenakker (4 tot 6%) als voor de aanvulgrond (heterogeen variërend tussen 6 en 11%). Rizi-locatie R4 wijkt in die zin af door het hoge organische stofgehalte. Dit is - waarschijnlijk - een gevolg van een duidelijk verstoorde afbraak van organisch materiaal van het aanwezig bos als gevolg van de extreme bodemverontreiniging (zie tabel 3.2) en lage pH (3.6).

De resultaten in tabel 3.2 laten zien dat er sprake is van matige tot ernstige bodemverontreiniging. Vooral de extreme gehalten aan cadmium (Cd) en chroom (Cr) in de Hazenakker en alle metalen in de RIZI-locatie kunnen de oorzaak zijn van de verminderde groei in de potproef (zie hoofdstuk 4) waarbij vooral de combinatie van pH-waarden lager dan 4.5 en hoge gehalten aan Cd en in mindere mate lood (Pb) en zink (Zn) aanleiding zijn voor toxische effecten die leidden tot een sterk verminderde of zelfs geen groei van de gewassen. Vooral de beschikbare gehalten in $CaCl_2$ aan Cd in de grond A5 en R4 zijn voor Nederlandse begrippen extreem en voldoende om tot toxiciteit te leiden.

Tabel 3.2

Overzicht van totaal, reactief en beschikbare metalen in de bodem van een deel van de locaties (in mg kg^{-1} droge stof).

Monster loc.	TOTAAL - Aqua Regia				
	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
A1	1.1	45.5	7.0	22.0	21.0
A5	12.7	318.0	40.0	109.0	273.0
H1	1.8	31.1	95.0	190.0	265.0
H5	1.8	31.6	53.0	126.0	153.0
R1	0.8	63.6	15.0	51.0	118.0
R2	2.8	89.6	18.0	97.0	472.0
R3	0.6	427.0	19.0	39.0	76.0
R4	32.2	1285.0	348.0	358.0	671.0
R5	15.1	348.0	65.0	298.0	716.0
	Reactief - 0.43 M HNO_3				
	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
A1	0.9	11.0	3.8	20.0	11.0
A5	9.8	76.0	24.8	101.0	207.0
H1	1.7	5.7	56.3	185.0	197.0
H5	1.6	5.5	31.7	115.0	99.6
R1	0.6	6.8	7.2	34.9	43.1
R2	2.6	10.3	9.9	81.9	238.0
R3	0.6	4.1	8.7	33.6	31.9
R4	27.1	263.0	211.0	387.0	664.0
R5	14.7	104.0	39.6	362.0	867.0
	Beschikbaar - 0.01 M $CaCl_2$				
	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
A1	0.38	0.06	0.08	0.40	5.7
A5	2.97	0.17	0.45	0.18	93.5
H1	0.08	0.01	0.15	0.01	9.3
H5	0.33	0.02	0.21	0.09	20.2
R1	0.24	0.03	0.10	0.09	11.5
R2	0.68	0.03	0.08	0.05	58.6
R3	0.00	0.01	0.06	0.00	0.0
R4	6.09	0.44	2.62	0.19	150.3
R5	0.50	0.05	0.14	0.01	18.5

3.2 Totaal en Tenax-extraheerbaar gehalte aan DDT, DDD en DDE in de bodem

In tabel 3.3 en 3.4 staan de gemiddelde waarden van de totaalgehalten (3.3) en Tenax-extracties (3.4) van alle locaties in mg kg^{-1} droge stof. De waarden van de individuele duplobepalingen staan in bijlage 1.

Tabel 3.3

Totaalgehalte aan DDE, DDD en DDT in de deellocaties. Gemiddelde van twee duplo bepalingen[1].

Locatie	DDE, op'	DDE, pp'	DDD, op'	DDD, pp'	DDT, op'	DDT, pp'	Som
A1	0.04	0.41	0.53	0.65	0.18	3.42	5.22
A2	0.11	0.96	0.85	1.03	0.17	4.00	7.11
A3	0.59	7.07	6.07	7.79	1.87	39.60	62.97
A4	0.32	3.97	4.52	4.34	1.05	20.61	34.79
A5	0.76	7.57	7.70	13.43	3.07	46.39	78.90
He1	0.01	0.30	0.07	0.14	0.06	0.63	1.21
He2	0.00	0.06	0.02	0.03	0.01	0.07	0.18
He3	0.03	0.30	0.12	0.15	0.05	0.52	1.16
H34	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.05
He5	0.03	0.32	0.21	0.23	0.18	0.62	1.58
R1	0.01	0.14	0.39	0.13	0.05	0.34	1.05
R2	0.08	0.73	2.04	1.07	0.84	2.45	7.20
R3	0.01	0.05	0.06	0.11	0.01	0.10	0.33
R4	0.49	2.02	3.43	5.78	0.92	14.21	26.83
R5	0.13	1.69	0.76	1.46	0.43	7.25	11.71

[1] Voor metingen die beneden de detectiegrens lagen is een indicatieve waarde van 0.5 maal de detectie-waarde gebruikt

Tabel 3.4

Tenax-extraheerbaar gehalte aan DDE, DDD en DDT in de deellocaties. Gemiddelde van twee duplo bepalingen[1].

	DDE, op'	DDE, pp'	DDD, op'	DDD, pp'	DDT, op'	DDT, pp'	Som
A1	0.00	0.02	0.09	0.04	0.02	0.12	0.29
A2	0.01	0.05	0.23	0.09	0.03	0.38	0.79
A3	0.08	0.53	1.13	0.45	0.22	2.07	4.47
A4	0.04	0.35	1.01	0.34	0.16	1.76	3.66
A5	0.06	0.53	1.61	0.67	0.39	3.60	6.87
He1	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.06
He2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04
He3	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06
H34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
He5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.08
R1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.02	0.13
R2	0.01	0.03	0.39	0.07	0.02	0.15	0.67
R3	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05
R4	0.08	0.14	1.05	0.68	0.04	0.57	2.56
R5	0.01	0.07	0.16	0.06	0.02	0.46	0.79

Om de waarden uit de tabellen 3.3 en 3.4 enigszins in perspectief te plaatsen, staan in tabel 3.5 enkele vigerende wettelijke normen dan wel maximale waarden voor grondverzet en hergebruik (VROM, 2012; VROM, 2007).

Tabel 3.5

Overzicht van interventiewaarden en maximale waarden voor DDT, DDD en DDE in mg kg^{-1} standaard bodem (organsche stofgehalte =10%) (lenM, 2012; VROM, 2008).

	DDT	DDE	DDD
Interventiewaarde bodem	1.7	2.3	34
Maximale waarde wonen	0.2	0.13	0.84
Maximale waarde, humaanrisico			
Consumptie hoog ('volkstuiin/moestuin'):	4.6	2.6	6.4
Consumptie midden (kleine moestuin):	9.1	5.1	13
Consumptie laag ('wonen met tuin'):	24	14	33
Geen consumptie ('openbaar groen'):	300	290	290
Natuur	0.2	0.1	0.02

Totaalgehalten

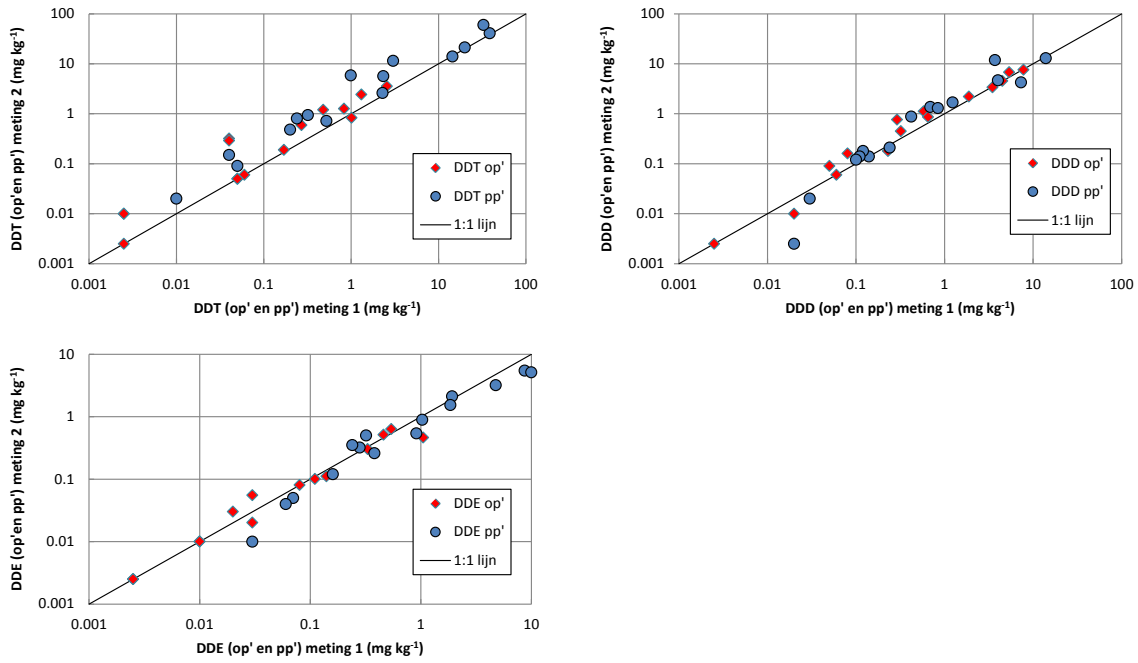
Uit de gegevens in tabel 3.5 blijkt dat voor de locatie Hazenakker en RIZI er sprake is van een sterke verontreiniging met DDT, DDD en DDE, terwijl de aangetroffen gehalten in de locatie Hertenkamp grotendeels onder de Interventiewaarde (IW) liggen. De huidige IW is vooral gebaseerd op ecologische risico's. Deze laatste zijn in dit onderzoek in eerste instantie minder relevant dan humane risico's, gezien de onderzoeksvraag die

zich vooral richt op de humane blootstelling en daaruit voorkomende risico's. Uit tabel 3.5 blijkt al dat als er geen gewasconsumptie is (geen moestuin), de aangetroffen gehalten niet tot risico's leiden. De maximale waarde voor moestuin met hoge consumptie (dwz 100% bladgroente en 50% knolgroente) varieert tussen 2.6 mg kg^{-1} voor DDE tot 6.4 mg kg^{-1} voor DDD. Deze waarden worden zowel in de Hazenakker en in mindere mate op het RIZI-terrein ruimschoots overschreden. Daarmee zijn de gronden van deze locaties geschikt als toetsgrond om na te gaan wat de werkelijke opname door groente is, deze te vergelijken met de modelberekening en daarmee de blootstelling bij gebruik als tuin en moestuin te beoordelen. Uiteraard zijn deze gronden als zodanig niet geschikt als moestuin en worden alleen als experimentele cases gebruikt om na te gaan wat de werkelijke opname aan DDT/DDD/DDE is.

Voor alle gronden geldt dat alle analyses van de totaalgehalten in onafhankelijke (apart bemonsterde) duplo monsters bepaald zijn. Dit is gedaan omdat in eerder onderzoek is gebleken dat de monstervariabiliteit zeer groot kan zijn. In figuur 3.1 zijn daarom de resultaten van de duplometingen uitgezet, dat wil zeggen, meting 1 op de X-as en het bijbehorende duplomonster op de Y-as.

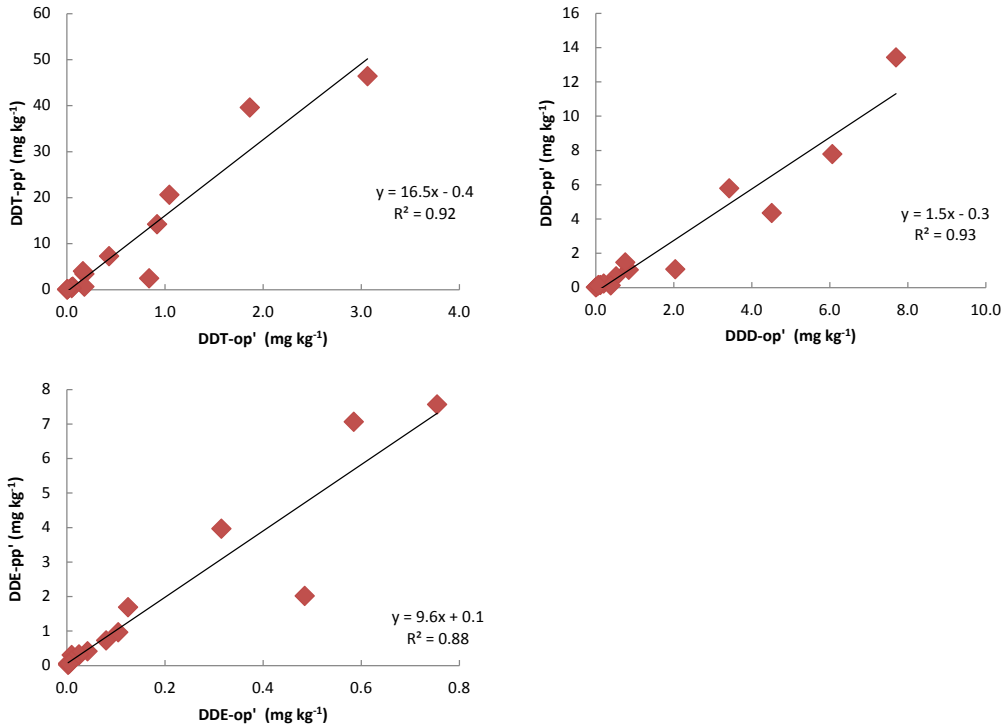
Voor de meeste monsters is de afwijking tussen de duplo's beperkt. Alleen voor DDT liggen de duplo-metingen voor een deel van de monsters iets hoger dan in de eerste metingen. Het verschil tussen de duplo-monsters is echter niet gekoppeld aan het absolute gehalte of de herkomst; zowel bij hoge als lage totaalgehalten zijn sommige duplo-metingen vrijwel identiek maar komen er ook verschillen tot een factor 5 à 8 voor.

Voor de hier bepaalde isomeren (op' en pp') blijkt dat er ook een sterke correlatie voor alle onderzochte stoffen bestaat. Kwantitatief zijn de pp' isomeren voor DDT en DDE dominant (>90%), alleen voor DDD ligt de verhouding tussen op' en pp' rond de 1.



Figuur 3.1

Vergelijking van de bepaalde totaalgehalten in de duplo monsters voor DDE, DDD en DDT met onderscheid tussen de op' en pp' isomeren

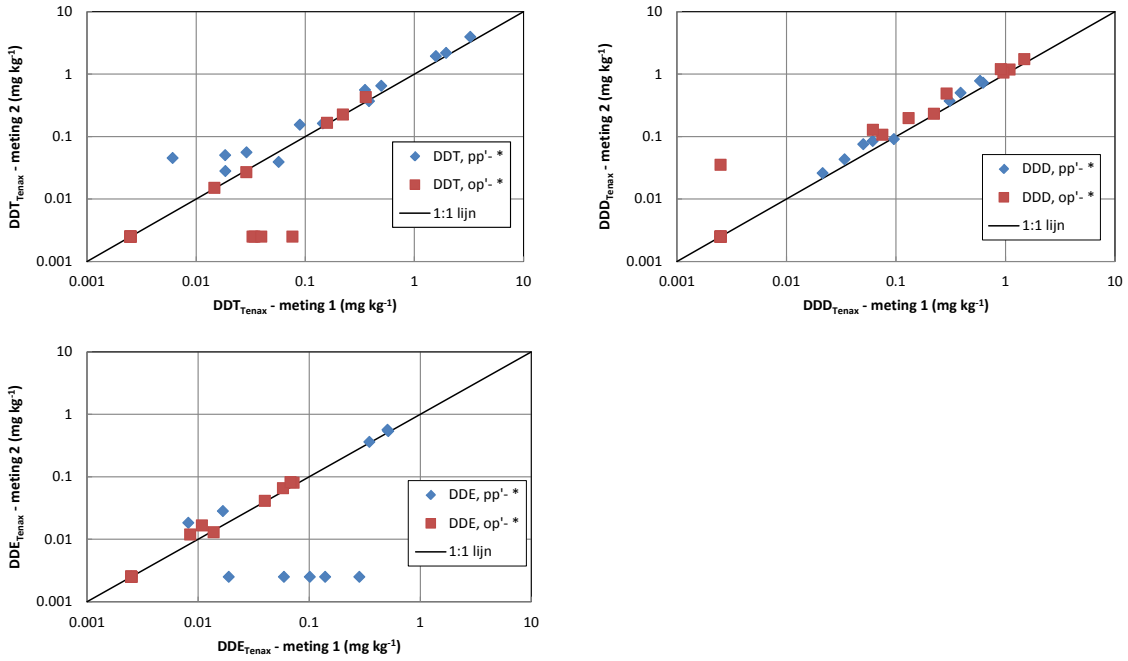


Figuur 3.2

Relatie tussen totaalgehalte op' en pp' isomeren voor DDT, DDD en DDE.

Tenax extraheerbare fractie

Omdat de chemische en biologische beschikbaarheid van DDT, DDD en DDE veelal niet direct te relateren is aan het totaalgehalte door de zeer sterke binding aan, of incorporatie in, organische stof is ook een Tenax-extractie uitgevoerd.
Ook voor Tenax zijn alle extracties in duplo uitgevoerd (figuur 3.3). De relatie tussen de duplo-monsters is daarbij voor alle gronden en niveaus goed te noemen. Deels lagen de metingen echter onder de detectiegrens en dat verklaart in sommige gevallen de afwijking van de 1:1 lijn.

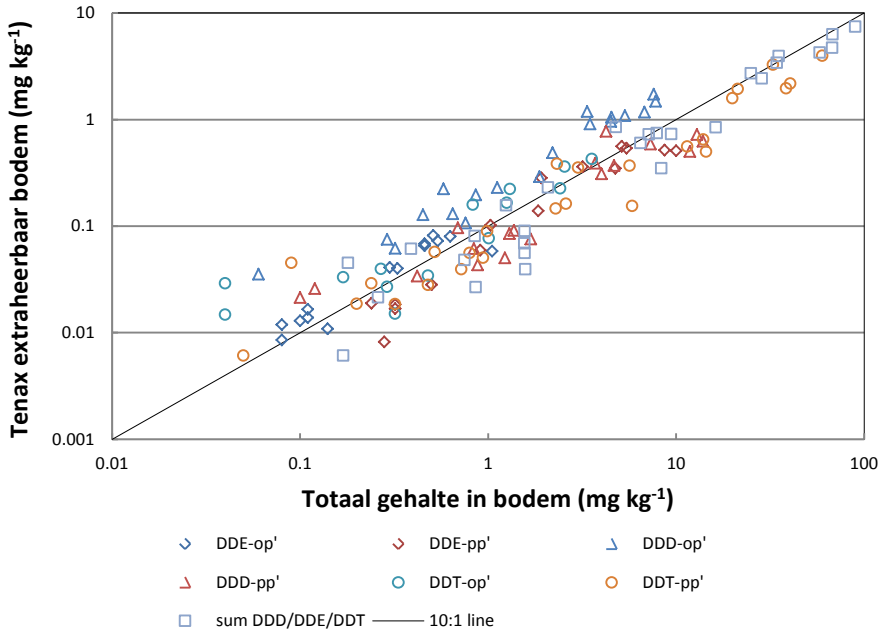


Figuur 3.3

Vergelijking van de bepaalde Tenax-gehalten in de duplo-monsters voor DDE, DDD en DDT met onderscheid tussen de op' en pp' isomeren.

Voor de Tenax-extractie geldt de veronderstelling dat door sorptie aan de Tenax korrels alleen de biologisch beschikbare fractie aan de bodem onttrokken wordt (Brand et al., 2012). De data in tabel 3.3 (totaal) en 3.4 (Tenax) laten inderdaad zien dat de Tenax-extractie slechts een klein deel van de totale hoeveelheid uit de bodem extraheert.

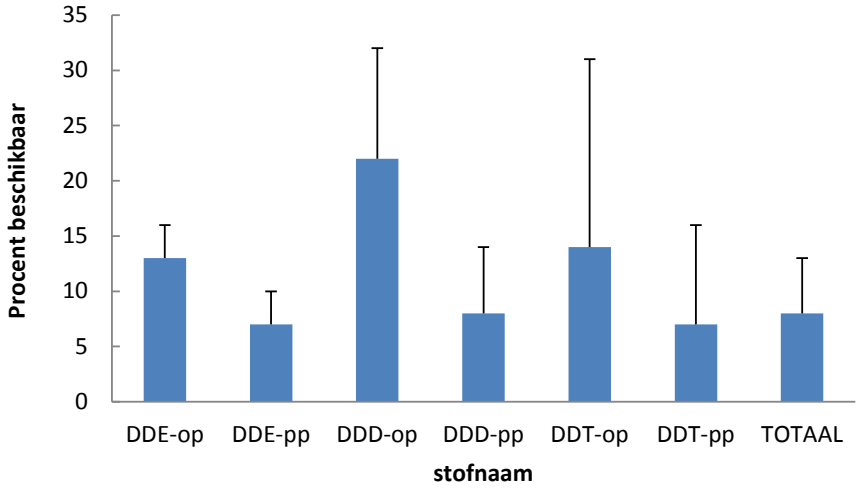
In figuur 3.4 staat die relatie tussen totaal (X-as) en Tenax (Y-as) grafisch weergegeven voor de drie verschillende verbindingen. Hoewel zowel de totale hoeveelheid in de vijftien onderzochte locaties sterk varieert voor DDD, DDE en DDT en de drie onderzoekslocaties een verschillend bodemtype hebben dat varieert in organische stof, textuur en zuurgraad, blijkt dat de relatie tussen het totaalgehalte en het Tenax-extraheerbare gehalte vrijwel constant is per verbinding. Dat suggereert dat er een meer of minder constante verhouding bestaat tussen het Tenax-extraheerbare- en totale gehalte en dit is op voorhand niet voor de hand liggend is. Echter, in recente literatuur (Gaw et al., 2012) is eenzelfde verband gevonden in oude wijngaardgronden in Nieuw Zeeland. Dit suggereert dat de resultaten zoals hier gevonden representatief zijn en het gedrag van de onderzochte stoffen maar beperkt beïnvloed wordt door het bodemtype. In welke mate de beschikbaarheid van DDT, DDD en DDE in de tijd varieert, of afneemt zoals vaak verondersteld wordt, kan op basis van deze data niet vastgesteld worden.



Figuur 3.4

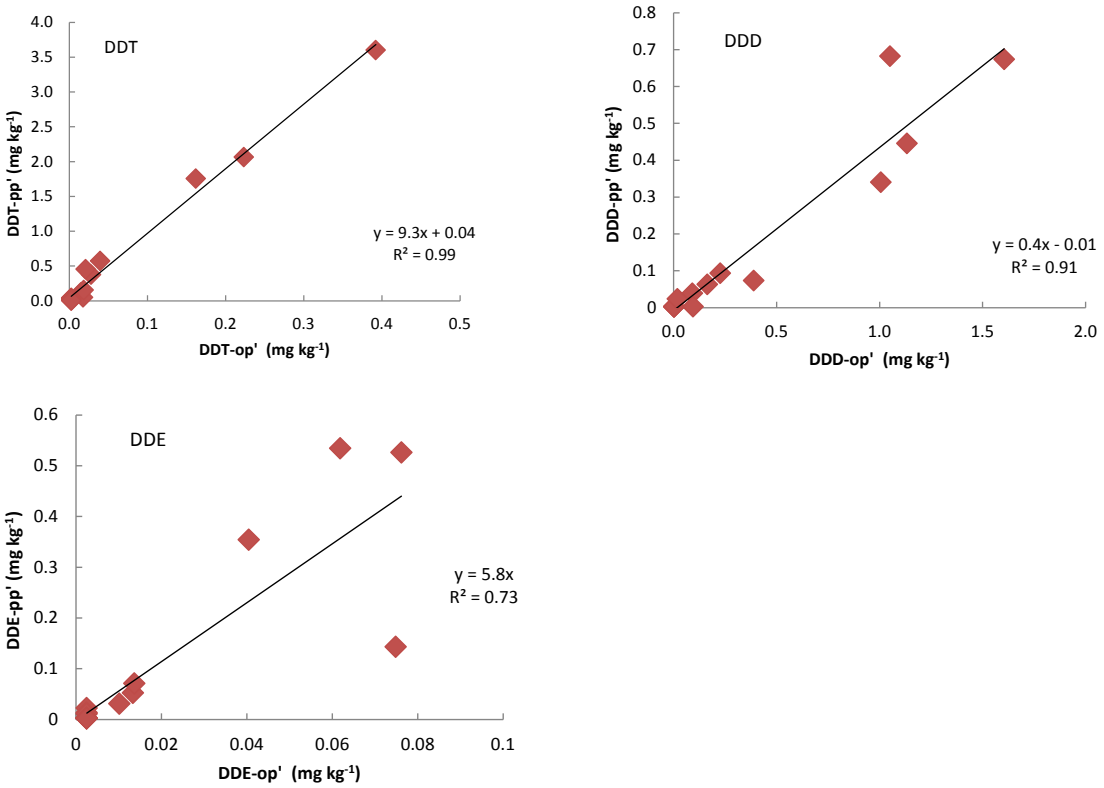
Relatie tussen het totaalgehalte in de bodem en Tenax-extraheerbare fractie. De zwarte lijn geeft de verhouding 10:1 (totaal:Tenax) weer.

De verhouding totaal:Tenax varieert nog wel enigszins per onderzochte stof zoals te zien is in figuur 3.5. Daarbij valt op dat de op' isomeren in het algemeen een hogere beschikbaarheid (gemiddeld 13-23%) hebben dan de pp' isomeren (7-9%). Gewogen gemiddeld voor alle stoffen ligt de beschikbaarheid rond de 8%. Daarbij speelt organische stof in deze gronden slechts een zeer beperkte rol. Alleen voor een aantal op' verbindingen bestaat er een zwak verband tussen de hoeveelheid organische stof en de beschikbaarheid waarbij deze laatste afneemt bij hogere organische stofgehalten in de bodem. De variatie is echter zeer groot en het verband niet significant. De hypothese dat bij hogere gehalten aan organische stof de beschikbaarheid generiek af zou nemen, kan daarmee met de data uit deze dataset niet bevestigd worden.



Figuur 3.5

Verhouding tussen Tenax en totaal (procent beschikbaar) per onderzochte stof en de som van alle stoffen.



Figuur 3.6

Relatie tussen Tenax extraheerbaar gehalte op' en pp' isomeren voor DDT, DDD en DDE.

Ofschoon ook voor Tenax een goede correlatie bestaat tussen de op' en pp' isomeren is de verhouding op:pp hoger dan voor de totaalgehalten. Dat komt overeen met de hogere beschikbaarheid van op' isomeren ten opzichte van pp' isomeren zoals al eerder is weergegeven in figuur 3.5

Vaak wordt DDT-pp' isomeer gezien als de bron van afgeleide producten zoals DDE en DDD. De omzetting van DDT naar DDD loopt via de reductieve dechlorering onder anaerobe omstandigheden, terwijl de vorming van DDE uit DDT juist onder invloed van zonlicht via fotochemische reacties gebeurt. De ratio tussen DDT pp' en de som van alle componenten ligt iets lager (48%) dan vaak in de literatuur gevonden wordt (70%; Harmsen et al., 2012). Wel varieert dat percentage in de hier onderzochte gronden tussen 41 en 42% voor Hertenkamp en RIZI en 61% voor de Hazenakker-gronden. Blijkbaar is in deze laatste locatie de omzetting van DDT naar DDD en DDE minder ver. Of dat aan de processen in de bodem te relateren is of dat het bronmateriaal dat op de bodem is gebracht al afwijkend was valt uit deze data niet af te leiden. Wel zien we verschillen in de verhouding tussen de isomeren als we de resultaten van de totaalextractie vergelijken met de Tenax-extractie. Dit is samengevat in tabel 3.6. Hieruit blijkt ook dat de op' isomeren een relatief groter deel uitmaken van de Tenax-extractie.

Tabel 3.6

Verhouding van de individuele isomeren ten opzichte van totaal (of Tenax).

Isomeer	% van totaal	% van Tenax
DDE, op'	1%	4%
DDE, pp'	17%	9%
DDD, op'	13%	27%
DDD, pp'	16%	12%
DDT, op'	5%	6%
DDT, pp'	48%	42%

3.3 Samenvatting

- De aangetroffen gehalten in de bodem van de drie onderzochte locaties bevestigen dat er binnen de gemeente Oss lokaal zeer sterk met DDT verontreinigde locatie voorkomen.
- Daarbij kan op een afstand van 50 tot 100 meter het gehalte variëren van minder dan 1 tot meer dan 70 mg kg^{-1} (som DDT, DDD, DDE).
- Ondanks de hoge mate van variatie op korte afstand zijn de duplo-monsters in de meeste gevallen vergelijkbaar en is de spreiding in de metingen (tussen duplo's) beperkt.
- Naast DDT zijn ook de gehalten aan metalen (Cd, Cr, Pb en Cu) lokaal zeer hoog (ruim boven IW) en in combinatie met de soms zeer lage (< 4) pH leidt dit tot extreem hoge beschikbaarheid.
- Tenax-metingen laten zien dat de actuele beschikbaarheid van DDT varieert van 7% (pp' DDE) tot 22% (op' DDE) afhankelijk van de component. Daarbij zijn er echter geen systematische verschillen waar te nemen tussen de gronden en is de relatie tussen Tenax en totaal ook niet afhankelijk van de totale hoeveelheid noch het organische stofgehalte.
- De relatie tussen Tenax en totaal DDT is in overeenstemming met andere recente data uit bodems van verontreinigde wijngaarden.
- Het aandeel DDT-pp' isomeren ten opzichte van het totaal is lager dan in andere studies is gevonden. Dit suggereert mogelijk dat er al een groter deel is omgezet in DDD en DDE. Deze veronderstelde afbraak is in de locatie aan de Hazenakker minder sterk zichtbaar dan in de andere twee locaties. De hypothese dat dit gerelateerd is aan het veel droger zijn van de bodem aan de Hazenakker (waardoor er minder reductieve dechlorering kan plaatsvinden) kan met deze gegevens niet bevestigd dan wel onkracht worden.

4 Resultaten potproef: gewasopname

4.1 Gehalten aan DDD, DDE en DDT in de onderzochte gewassen

Doel van het onderzoek was naast het vaststellen van de gehalten aan DDT, DDD en DDE in de bodem en de chemische beschikbaarheid daarvan ook het bepalen van de werkelijke opname van de genoemde stoffen door veel geteelde gewassen zoals radijs, snijbiet en sla. In bijlage 3 staan de metingen van alle componenten in de individuele monsters zoals bepaald door RIKILT. In Tabel 4.1 staat de samenvatting van de metingen gegroepeerd per stof. Hieruit blijkt dat voor snijbiet de opname lager is dan voor radijs. Voor radijs wordt met uitzondering van op' DDT in meer dan de helft van de monsters een aantoonbare hoeveelheid van DDT, DDD en DDE aangetroffen.

Tabel 4.1

Range aan DDE, DDD en DDT in radijs en snijbiet in µg kg^{-1} vers materiaal.

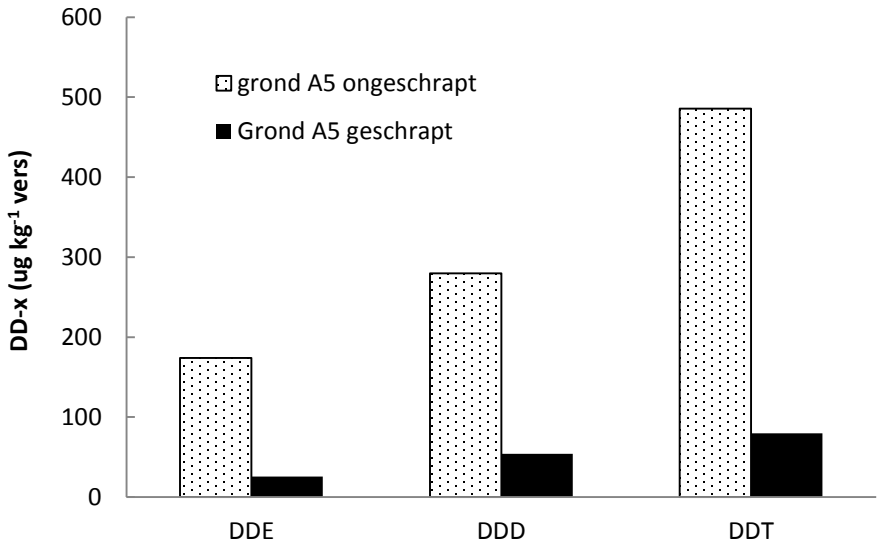
Radijs	Stof											
Meting:	o,p-DDE		p,p-DDE		o,p-DDD		p,p-DDD		o,p-DDT		p,p-DDT	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
> det	4	5	7	5	6	9	4	6	4	0	5	4
< det	11	10	8	10	9	6	11	9	11	15	10	11
Mediaan	2.5	3.7	17.5	18.3	14.9	13.5	10.0	14.9	4.8	na	50.2	53.6
Max	4.6	8.0	50.0	34.0	29.0	46.5	20.4	31.0	8.9	0.0	103.9	69.4
Snijbiet												
> det	0	5	1	5	0	8	0	7	1	0	1	1
< det	13	8	12	8	13	5	13	6	12	13	12	12
Mediaan	na	4.1	6.0	8.4	na	7.2	na	5.9	2.7	na	13.5	13.1
Max	na	5.1	6.0	11.5	na	18.5	na	26.1	2.7	na	13.5	13.1

Voor wortel bleek dat de verschillen tussen schrappen en niet schrappen zeer groot zijn, zoals blijkt uit tabel 4.2 en figuur 4.1 voor grond A5 (Hazenakker). Voor de meeste verbindingen ligt het gehalte van de onderzochte verbindingen in de geschrapte wortel tussen 15 en 20% van dat in de niet-geschrapte wortel. In tabel 4.2 staan de gesommeerde waarden voor wortel met onderscheid naar schrappen.

Tabel 4.2

Range van het gehalte aan DDE, DDD en DDT in geschrapte (aanduiding 'S') en niet-geschrapte wortel in µg kg^{-1} vers materiaal.

	sum DDE		sum DDD		sum DDT		SUM	
	avg	stdev	avg	stdev	avg	stdev	Avg	stdev
RIZI5 S	5.3	7.6	4.8	6.8	0.0	0.0	10.2	14.4
RIZI 5	21.6	7.9	10.1	3.0	20.6	6.2	52.2	17.1
Ha 2 S	7.3	1.7	7.2	0.4	5.6	8.0	20.1	9.3
Ha 2	42.1	2.4	49.7	9.1	82.4	18.2	174.3	6.7
Ha 5 S	24.8	11.8	35.6	1.9	74.6	6.4	134.9	7.3
Ha 5	173.8	45.2	192.3	8.6	485.5	226.3	851.6	172.5



Figuur 4.1

Effect van schrappen op de gehalten aan DDE, DDD en DDT in wortel geteeld op grond 5 van de Hazenakker.

In tabel 4.3 staan de gesommeerde gehalten van DDD, DDE en DDT voor radijs en snijbiet. Op dit moment bestaat er een adviesnorm voor producten van 50 µg kg^{-1} (EEC, 1990). Duidelijk is dat voor radijs en wortel de opname uit deze gronden leidt tot een overschrijding van deze productnorm.

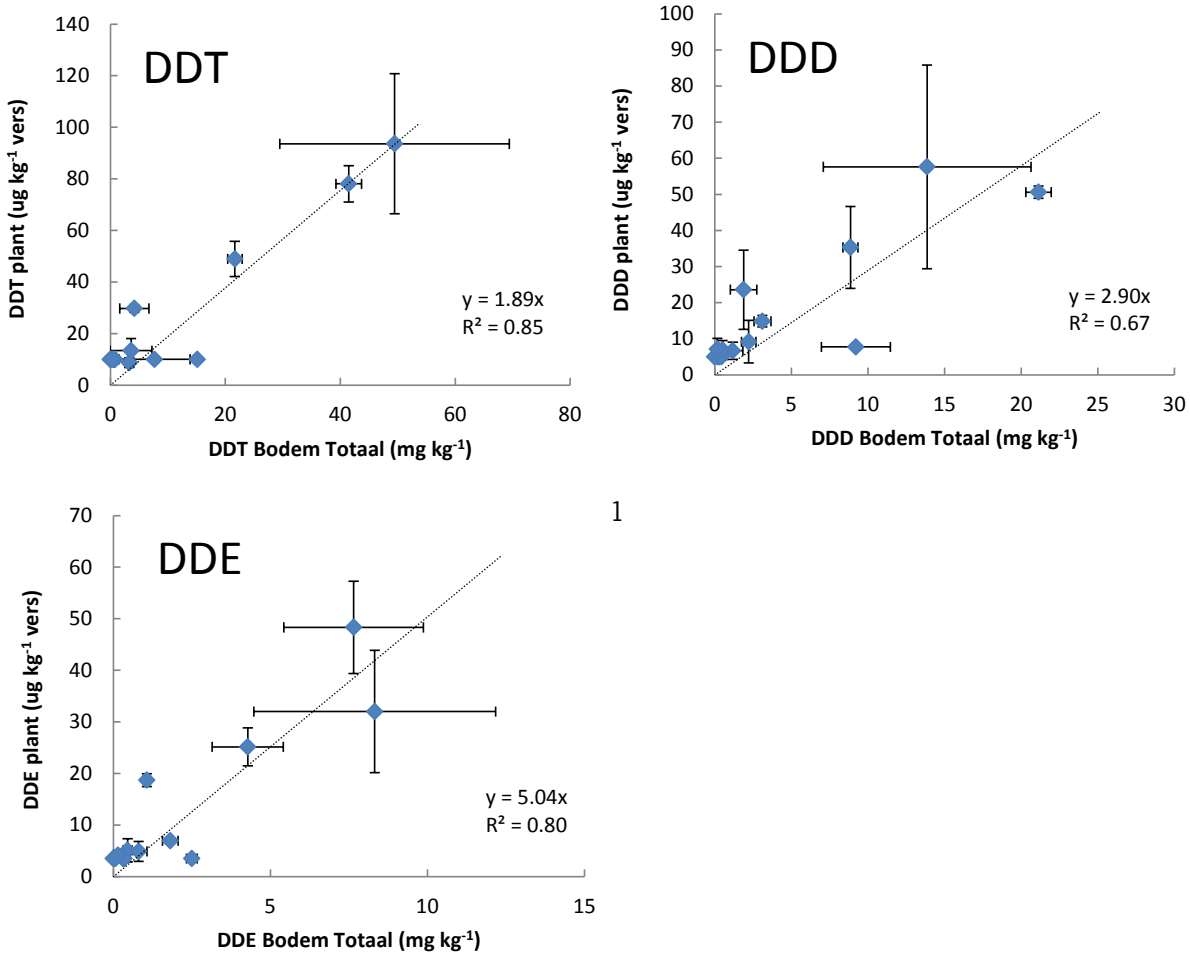
Tabel 4.3

Som van DDD, DDE en DDT in radijs en snijbiet (µg kg^{-1} vers).

Locatie	Radijs		Snijbiet	
	avg	stdev	Avg	stdev
Hazenakker A1	11.6	8.2	0.0	0.0
Hazenakker A2	67.0	8.3	15.3	21.6
Hazenakker A3	181.5	8.7	0.0	0.0
Hazenakker A4	106.9	2.7	25.6	8.6
Hazenakker A5	173.7	40.8	0.0	0.0
Hertenkamp H1	0.0	0.0	7.0	6.1
Hertenkamp H2	0.0	0.0	0.0	0.0
Hertenkamp H3	0.0	0.0	11.3	16.0
Hertenkamp H4	0.0	0.0	0.0	0.0
Hertenkamp H5	0.0	0.0	8.8	12.4
RIZI R1	4.3	6.0	14.5	20.6
RIZI R2	16.1	3.8	0.0	0.0
RIZI R3	3.4	4.8	5.6	7.9
RIZI R4	5.2	0.2	30.0	42.5
RIZI R5	12.6	9.3	0.0	0.0

4.2 Relatie tussen gehalte in de bodem en opname door gewas

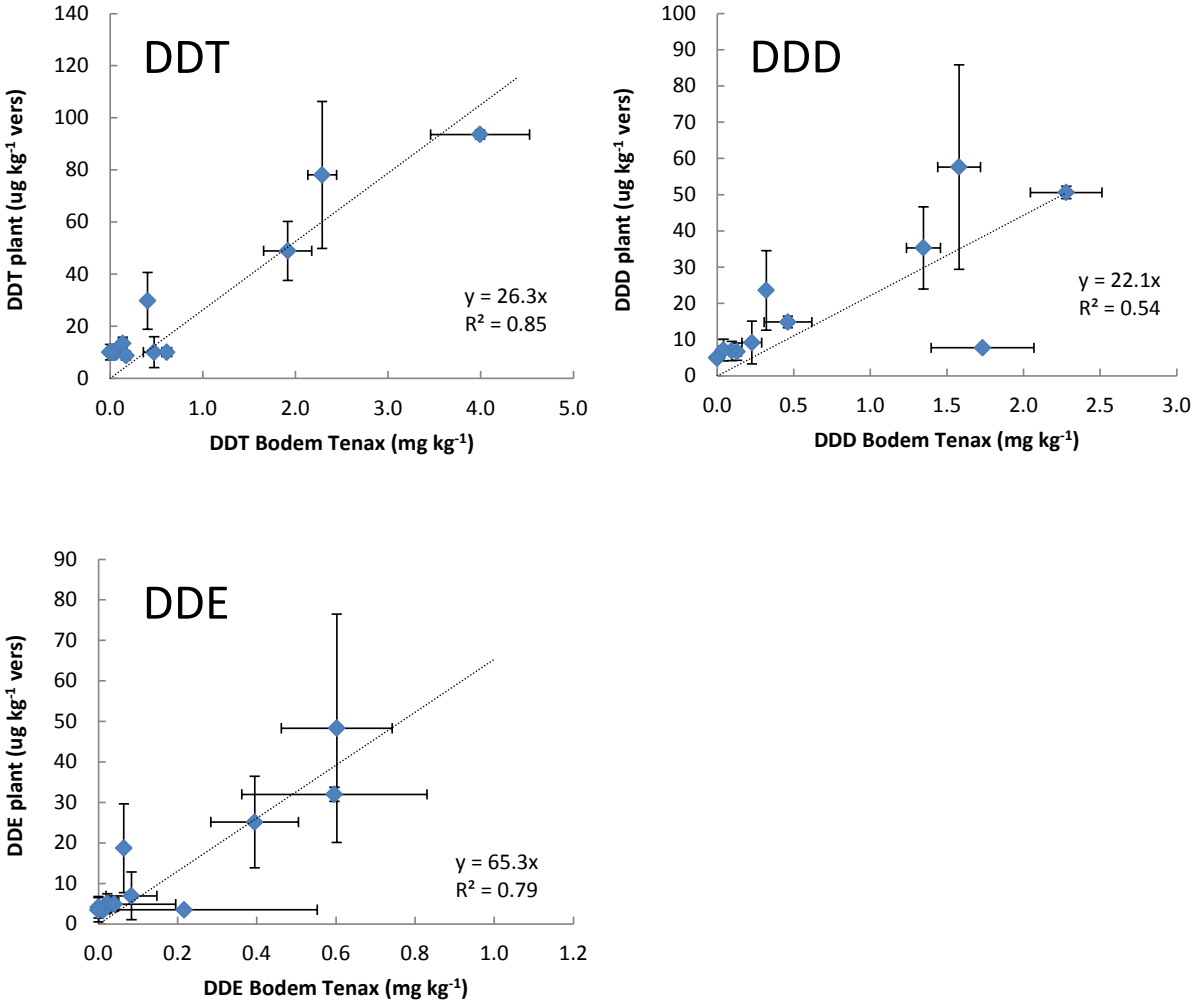
In figuur 4.2 en 4.3 staan de metingen in de gewassen uitgezet tegen de gehalten in de bodem. Uiteindelijk is één van de doelen van dit onderzoek om na te gaan in welke mate de gehalten in de bodem gekoppeld zijn aan de opname en daarmee de blootstelling voor mensen. Omdat het totaalgehalte en het Tenax-gehalte sterk aan elkaar gerelateerd zijn, is het verband tussen hetzij totaal dan wel Tenax en de gehalten in de plant vrijwel gelijk. Voor snijbiet waren er te weinig data om deze verbanden af te leiden.



1

Figuur 4.2

Relatie tussen totaalgehalten aan DDD, DDE en DDT in de bodem en radijs.



Figuur 4.3

Relatie tussen Tenax-gehalten aan DDD, DDE en DDT in de bodem en radijs.

Op basis van de lineaire relatie tussen het totaal- of Tenax-gehalte enerzijds en het gehalte in radijs anderzijds is een Bioconcentratiefactor (BCF, gedefinieerd als het gehalte in de plant gedeeld door dat in de bodem, overeenkomend met de helling in figuur 4.2 en 4.3) afgeleid. Deze staan voor de verschillende componenten in tabel 4.4. Voor de hier onderzochte bodems blijkt dat een eenvoudige BCF al een goede voorspeller kan zijn voor de te verwachten gehalten in de plant (R^2 tussen 0.64 voor DDD en 0.92 voor DDT). Voor radijs ligt de opname van DDD, DDE en DDT in dezelfde orde van grootte zoals ook in figuur 4.2 en 4.3 te zien is al lijkt de beschikbaarheid van DDE ruwweg een factor 2 hoger te zijn dan die van DDT en DDD.

Tabel 4.4

Bioconcentatiefactor van radijs voor DDD, DDE en DDT op basis van totaal en Tenax-extraheerbaar gehalte in de bodem

Stof	Op basis van Totaal		Op basis van Tenax	
	BCF	R^2	BCF	R^2
DDE	0.0050	0.82	0.063	0.83
DDD	0.0027	0.76	0.020	0.64
DDT	0.0018	0.90	0.025	0.92
sum	0.0024	0.86	0.028	0.82

4.3 Samenvatting

- Alle onderzochte componenten worden door radijs en in mindere mate door snijbiet opgenomen waarbij de opname van DDE ongeveer een factor 2 hoger ligt dan die van DDT en DDD.
- De totaalgehalten (som DDT, DDD en DDE) overschrijden voor radijs in vier van de vijf gronden uit de Hazenakker de productnorm van 50 µg kg^{-1}, voor snijbiet worden geen overschrijdingen gevonden.
- Opname door wortel is veel hoger dan die van radijs en snijbiet, maar schrappen vermindert de gehalten met ongeveer 80% vergeleken met de gehalten in niet-geschrapte wortels.
- Er bestaat een goede relatie tussen het gehalte in de bodem (totaal of Tenax) en de opname door radijs. Voor de meeste componenten (met uitzondering van DDD) varieert de R^2 van de relatie tussen het gehalte in de bodem en dat in de plant tussen 0.80 en 0.90.
- Deze relatie wordt niet veroorzaakt door aanhangende grond (aan radijs) want de verhouding tussen de onderzochte componenten ín de plant wijkt af van die in de bodem.
- De hypothese dat het Tenax-extraheerbare gehalte beter correleert met het gehalte in de plant dan een totaalextractie kan op basis van deze data niet bevestigd worden.

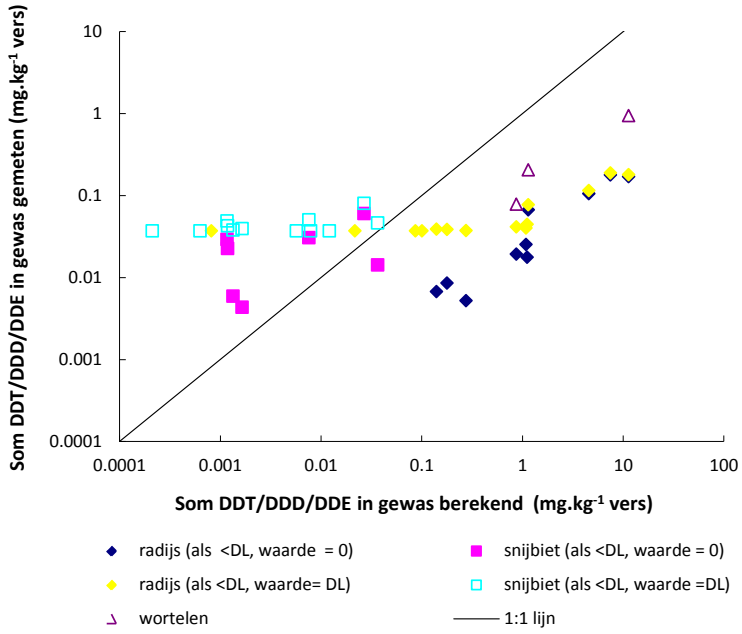
5 Relatie berekende en gemeten plant gehalten

In het CSOIL-model zijn bodem-plantrelaties opgenomen op basis van mechanistische modellen. Hierbij is onderscheid gemaakt in de opname door bovengrondse plantendelen en de opname in wortel- en knolgewassen. In Brand e.a., (2007) zijn deze relaties opgenomen. In de rapportage van Swartjes e.a. (2007) is een beperkte vergelijking gemaakt tussen de berekende opname versus de gemeten opname. Specifiek voor DDT zijn er geen gegevens.
Eén van de vragen die in de veldinventarisatie moet worden beantwoord is of deze bodem plant-relaties voor DDT in gemeente Oss ook op gaan. In dit hoofdstuk wordt specifiek ingegaan op de verschillen tussen de berekende plant-opname met het mechanistische model op basis van de totaalgehalten in de bodem, de berekende opname op basis van het Tenax-extraheerbare bodemgehalte en de gemeten concentraties in de plant. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de bovengrondse plantendelen (via metingen aan snijbiet) en wortelgewassen (via metingen aan radijs en wortels).

In hoofdstuk 6 wordt de blootstelling bepaald via het blootstellingsmodel CSOIL en een risicobeoordeling uitgevoerd. Daarvoor wordt met de berekende plantgehalten op basis van totaalgehalte, de berekende plantgehalten op basis van het Tenax-gehalten en de gemeten plantgehalten, de risicoindex berekend voor de verschillende meetlocaties.
De vergelijking tussen gemeten en berekende waarden kan worden gezien als een validatie van de plantopname-relaties. Het gaat echter om een locatiespecifieke beoordeling van drie locaties in de gemeente Oss om daarmee tot een inschatting van reële humane risico's van DDT in Oss te komen. De opname van DDT in planten kan sterk afhankelijk zijn van de bodemeigenschappen van de locatie en de herkomst/bron van de DDT-verontreiniging. De resultaten kunnen daardoor niet direct vertaald worden naar andere locaties met DDT-verontreiniging die een andere herkomst heeft.
De bodemeigenschappen van de verschillende locaties lopen sterk uiteen waarbij vooral het organische stofgehalten varieert van 3% tot 30%. De meeste waarden voor organische stof liggen echter tussen de 4% en 8%. De bron van het DDT dat momenteel in de bodem aangetroffen wordt is zeer waarschijnlijk het opbrengen van slib uit de RIZI van Oss. Het DDT-gehalte in de bodem varieert echter sterk zoals al besproken is in hoofdstuk 3. Zelfs op korte afstand (< 100 m) komt een variatie voor van waarden rond 0.1 mg kg^{-1} tot 80 mg kg^{-1} in geval van de locatie Hazenakker.

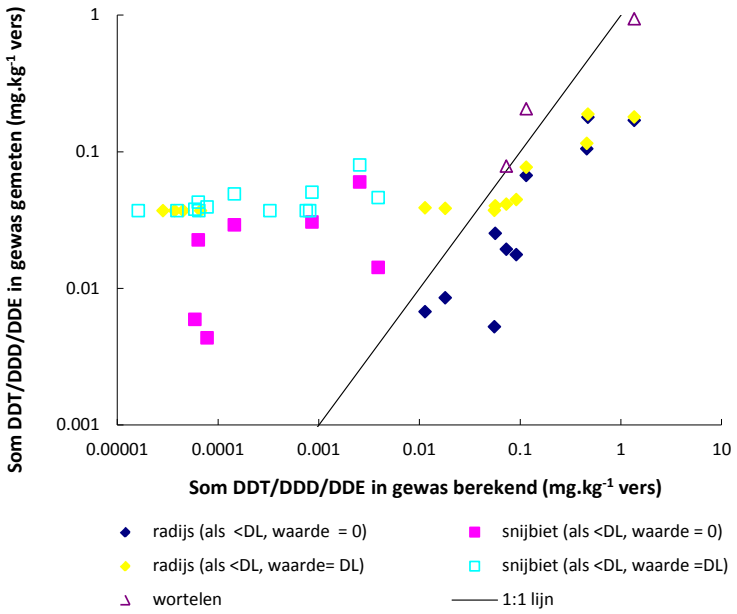
Uitgevoerde berekeningen en vergelijkingen
Ten eerste zijn op basis van de totaalgehalten van DDT, DDE en DDD in de bodem de verwachte gehalten in de plant berekend. Deze gemeten gehalten aan DDT, DDE en DDD zijn uitgezet tegen deze berekende gehalten (zie figuur 5.1).
Ten tweede zijn op basis van de Tenax-extraheerbare gehalten van DDT, DDE en DDD in de bodem de verwachte gehalten in de plant berekend. Deze gemeten gehalten aan DDT, DDE en DDD zijn ook uitgezet tegen deze berekende gehalten (zie figuur 5.2).

In beide figuren is onderscheid gemaakt tussen de bovengrondse plantendelen (snijbiet) en de wortelgewassen (radijs en wortel).



Figuur 5.

Gemeten gewasgehalten in snijbiet (bovengronds gewas), radijs en wortelen (wortelgewas) (Y-as) vs. berekende gewasgehalten in bovengronds gewas en wortelgewas op basis van de totaalgehalten (X-as). De lijn geeft de 1:1 relatie weer. Voor veel snijbiet-metingen gaat het om concentraties beneden detectielimiet (zie hoofdstuk 4).



Figuur 5.2

Vergelijking van gemeten gewasgehalten in snijbiet (bovengronds gewas), radijs en wortelen (wortelgewas) met berekende gewasgehalten in bovengronds gewas en wortelgewas op basis van de Tenax extraheerbare gehalten. De lijn geeft de 1:1 relatie weer. Voor veel snijbiet metingen gaat het om concentraties beneden detectielimiet.

Uit figuur 5.1 blijkt dat:

- De concentraties in wortelgewassen hoger liggen dan in de bovengrondse plantendelen (gemeten en berekend).
- Voor de gemeten concentraties is dit verschil kleiner dan voor de berekende concentraties.
- Voor wortelgewassen is er een correlatie tussen de gemeten en berekende concentraties DDT-totaal in de plant.
- Voor bovengrondse delen van planten is deze relatie tussen gemeten en berekende gehalten niet of nauwelijks zichtbaar. Dit is mede een gevolg van het feit dat veel metingen beneden de detectielimiet (DL) liggen.
- Voor wortelgewas (radijs) liggen vijf meetwaarden allemaal boven de DL, vijf meetwaarden deels boven de DL en vijf meetwaarden allen beneden de DL.
- Voor bovengronds gewas (snijbiet) liggen geen meetwaarden allemaal boven de DL, zeven meetwaarden deels boven de DL en zes meetwaarden allen beneden de DL. Voor twee potten was er geen gewas.

Uit figuur 5.2 blijkt, naast de constateringen hiervoor dat:

- voor wortelgewassen het berekende plantgehalte op basis van het Tenax-extraheerbare bodemgehalte beter overeen komt met de metingen dan berekeningen op basis van het totaalgehalte.
- voor bovengrondse planten delen er in absolute zin een betere overeenkomst is met het berekende plantgehalte op basis van het totaalbodemgehalte. Door veel waarnemingen die beneden de DL liggen is dit echter minder zeker.

Geconcludeerd kan worden dat voor deze met DDT verontreinigde grond het gemeten gehalte in wortelgewassen een goede relatie vertoond met een schatting van het gehalte in wortelgewassen op basis van het Tenax-extraheerbare gehalte in bodem. Voor bovengrondse plantendelen ligt de berekening van het gemiddelde gehalte in de plant op basis van het totaalgehalte in de bodem in dezelfde orde van grootte als de gemeten waarden in de plant, hoewel de overeenkomst tussen gemeten en aldus berekende waarden voor individuele monsters slecht is.

6 Berekening risico-index met CSOIL

6.1 Vraagstelling

In dit hoofdstuk staan de berekende humane risico-indexen op basis van het uitgevoerde onderzoek naar de opname van DDD, DDE en DDT door moestuingewassen.

Op basis van het uitgevoerde bodem- en gewasonderzoek komen de volgende vragen aan de orde:

- Wat is per locatie de risico-index op basis van de gemeten DDT-totaalgehalten in de bodem en de Tenax-extraheerbare gehalten gebruik makend van de generieke bodem-gewasrelatie?
- Wat is per locatie de risico-index op basis van de gemeten DDT-totaal gehalten in de indicator gewassen snijbiet, radijs en wortel.
- Wat zijn de verschillen tussen de indexen op basis van de berekende en gemeten waarden en wat zijn de mogelijke oorzaken hiervan?
- Bij welke locaties zijn er, rekening houdend met het gebruik, locatiespecifieke risico's?
- Wat is op basis van de waargenomen concentraties in planten een kritisch gehalte dat kan worden gehanteerd waaronder kan worden gesteld dat er in Oss geen humane risico's zullen optreden als gevolg van grondingestie en gewasconsumptie, zowel voor het scenario 'wonen met tuin' als het scenario volkstuin/ moestuin?

6.2 CSOIL-model en parameterkeuze

Berekening van de blootstelling van de mens
Het blootstellingsmodel CSOIL (Brand, 2007) wordt gebruikt om de blootstelling te berekenen. In het model wordt een relatie gelegd tussen het totaalgehalte in de bodem en de concentraties in de contactmedia zoals lucht, gewassen, vlees en melk en drinkwater. Op basis hiervan en het gedefinieerde blootstellingsscenario wordt de blootstelling bij een gegeven bodemgehalte berekend.

Voor organische stoffen zijn de volgende blootstellingsroutes gemodelleerd in CSOIL:

- via gewassen geteeld op deze bodem;
- directe grondingestie door kinderen en volwassenen;
- via uitdamping van stoffen uit bodem en grondwater;
- via dermaal contact;
- via permeatie van verontreinigingen door drinkwaterleidingen.

De route vervluchtiging naar binnenlucht, blootstelling via dermaal contact en permeatie van verontreinigingen door drinkwaterleidingen zijn relatief onbelangrijk voor DDT, DDE en DDD.
De berekende risico's zijn locatiespecifieke risico's voor mensen die producten van een locatie eten of daar direct contact mee hebben, niet de risico's voor consumenten in het algemeen.

Om de blootstelling te berekenen is de volgende input van de locatie gebruikt:

- DDT-, DDE- en DDD-gehalte van de bodem;
- het Tenax-extraheerbare gehalte DDT, DDE en DDD van de bodem;
- organisch-stofgehalte (OM) van de bodem.

De pH en het lutumgehalte zijn niet nodig voor deze berekeningen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor het bodemgebruik 'wonen met moestuin' en 'moestuin/volkstuin'.

In tabel 6.1 zijn de belangrijkste eigenschappen van dit scenario's en het standaardscenario 'wonen met tuin' weergegeven. Voor achtergronden van parameterwater voor het CSOIL-model wordt verwezen naar Otte et al. (2001).

Tabel 6.1

Enkele parameterwaarden voor de blootstellingsroutes voor 'wonen met moestuin' en 'wonen met tuin' (kind/volwassene).

Parameter/scenario	Eenheid	Wonen met moestuin	Wonen met tuin (standaard-scenario)
Consumptie gewas uit eigen tuin	Ja/nee	Ja	Ja
Fractie aardappels uit eigen tuin	-	0.5	0.1
Fractie groenten uit eigen tuin	-	1	0.1
Ingestie grond kind	mg dag^{-1}	100	100
Ingestie grond volwassene	mg dag^{-1}	50	50

Voor de ingestie van grond zijn schattingen beschikbaar van de dagelijkse ingestie door volwassenen en kinderen. Voor volwassenen wordt uitgegaan van 50 mg dag^{-1} en voor kinderen van 100 mg dag^{-1}. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat stoffen in grond in het menselijk lichaam net zo beschikbaar zijn als de stoffen in het medium waarmee de toxicologische studie is uitgevoerd (veelal voeding). De relatieve biobeschikbaarheid van stoffen uit grond in het menselijk lichaam wordt daarmee op 1 gesteld.

Voor de berekening van de blootstelling aan DDT via het eten van gewassen wordt gebruik gemaakt van de relaties zoals die in het model zijn vastgelegd. Deze relaties zijn gebaseerd op een mechanistisch model voor opname door wortelgewassen en bovengrondse planten delen afzonderlijk (Brand et.al., 2007; Swartjes et.al., 2007).

Deze relaties voor het berekenen van plantgehalten zijn gebruikt voor de afleiding van de herziene interventiewaarden (Lijzen et.a.l, 2001) en de maximale waarden binnen het Besluit bodemkwaliteit.

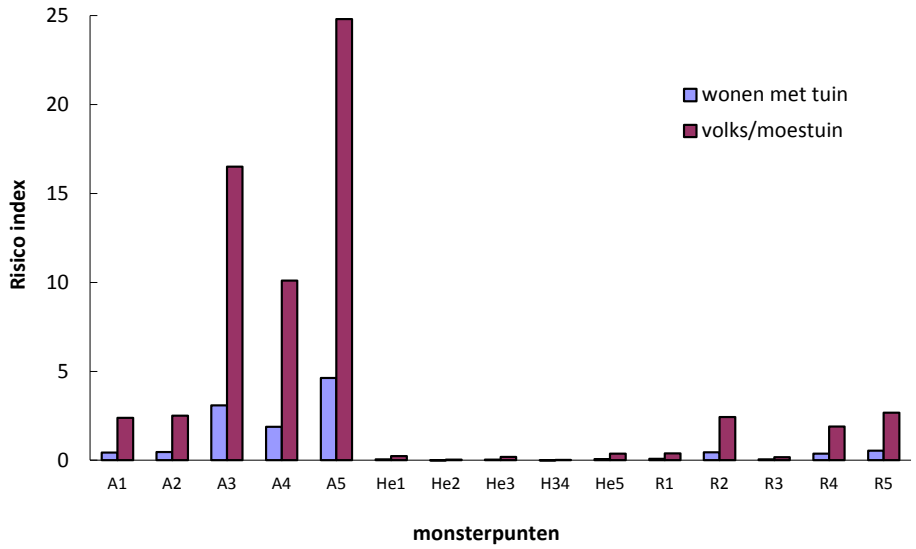
6.3 Risico-index DDT-verontreiniging op basis van berekeningen

Risico-index op basis van totaalgehalten (bodem)

Ten eerste wordt op basis van de totaalgehalten in de bodem met het blootstellingsmodel CSOIL (Brand, 2007) berekend wat het verwachte gehalte in de plant is voor DDD, DDE em DDT afzonderlijk. Uit deze berekeningen volgt ook de risico-index voor het blootstellingsscenario 'wonen met tuin' en voor 'moestuin/volkstuin'. Om deze berekening uit te voeren is in CSOIL-model het organische stofgehalten en het totaalgehalte bodem gebruikt voor DDD, DDE en DDT afzonderlijk.

De resultaten van deze berekeningen staan in figuur 6.1. Hieruit blijkt dat vooral op de locatie Hazenakker humane risico's berekend worden, uiteraard als die grond voor de betreffende functie gebruikt zou worden (dat is nu niet het geval). Voor gebruik als moestuin/volkstuin is de risico-index maximaal 25 en voor de functie

'wonen met tuin' maximaal 4.6. De bijdrage aan de blootstelling als gevolg van consumptie van gewas is daarbij voor beide functies de belangrijkste.

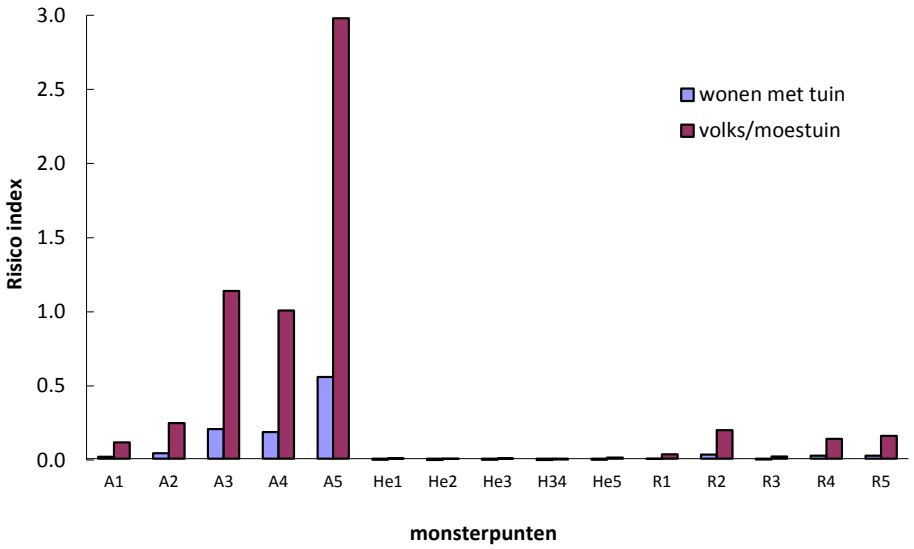


Figuur 6.1

Berekende humane risico-index voor alle monsterpunten op basis van CSOIL en totaalgehalten, uitgaande van het blootstellingsscenario 'wonen met tuin' en 'moestuin/volkstuin'. A= Hazenakker He = Hertenkamp, R=RIZI-terrein.

Risico-index op basis van Tenax-gehalten (bodem)

Ten tweede zijn op basis van de Tenax-extraheerbare gehalten in bodem met CSOIL (Brand, 2007) de verwachte concentraties in de plant berekend die vervolgens zijn toegepast voor de berekening van de risico-index voor het blootstellingsscenario 'wonen met tuin' en 'moestuin/volkstuin'. Dit is gedaan op basis van het organische stofgehalte en het gemeten Tenax-extraheerbare gehalte aan DDT, DDE en DDD.
De resultaten van deze berekeningen staan in figuur 6.2. Uit figuur 6.2 blijkt dat de risico-indexen fors lager zijn dan die berekend met het totaalgehalte aan DDT, DDE en DDD in de bodem. Als de correlatie van deze berekende plantconcentraties met de gemeten plantgehalten beter is dan die van de totaalgehalten met de gemeten plantgehalten, dan kan dit reden zijn de opname in planten op deze metingen te gaan baseren. Uit hoofdstuk 5 blijkt dat dit voor wortelgewassen zo is, maar voor bovengrondse plantendelen het huidige totaalgehalte beter voldoet.



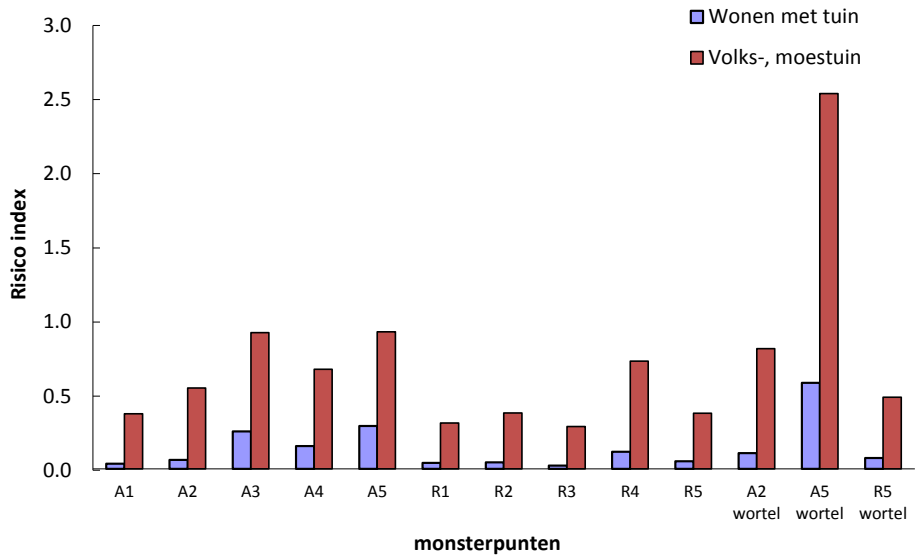
Figuur 6.2

Berekende humane risico-index voor alle monsterpunten op basis van CSOIL en Tenax extraheerbare gehalten, uitgaande van het blootstellingsscenario 'wonen met tuin' en 'moestuin/volkstuin'. A= Hazenakker He = Hertenkamp, R=RIZI-terrein.

Risicoindex op basis van gemeten plantgehalten

Ten derde is de risico-index voor alle monsterpunten uitgerekend op basis van de gemeten concentraties in de planten. Voor de bovengrondse planten delen zijn de data van snijbiet gebruikt en voor de ondergrondseplanten delen die van radijs en wortelen. Voor A3 en A5 ontbreken de meetwaarden voor bovengrondse plantendelen; daarom zijn voor deze monsterpunten de data van resp. A2 en A4 gebruikt. De resultaten van deze berekeningen staan in figuur 6.3. Uit deze figuur blijkt dat op basis van de gemeten concentraties in de plant alleen op locatie A5 bij het scenario 'moestuin/volkstuin' de risico-index van 1 wordt overschreden (RI= 2.6) uitgaande van de opname in wortelen.

De risico-index voor de monsterpunten A2, A3, A4, A5 en R4 ligt tussen 0.5 en 1 en dat geeft aan dat gronden met dergelijke gehalten aan de hier onderzochte stoffen kunnen leiden tot een verhoogde blootstelling bij gebruik als moestuin.



Figuur 6.3

Berekende humane risico-index voor alle monsterpunten op basis van CSOIL, gemeten plantgehalten in snijbiet, radijs en wortelen, en totaalgehalten bodem, uitgaande van het blootstellingsscenario 'wonen met tuin' en 'moestuin/volkstuin'. A= Hazenakker, R=RIZI-terrein.

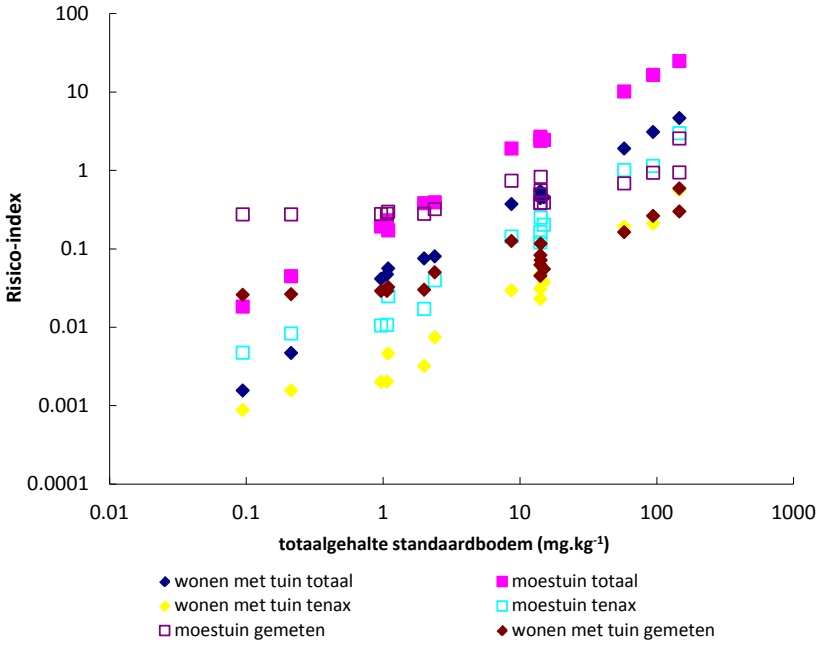
6.4 Relatie bodemgehalten en risico-index voor verschillende scenario's

De in paragraaf 6.3 getoonde resultaten (humane risico-indexen, RI) kunnen ook uitgezet worden tegen de totaalgehalten DDT/DDE/DDD in de bodem (na correctie voor organische stof). Als dit wordt gedaan voor de RI voor beide blootstellingsscenario's ontstaat het beeld zoals weergegeven in figuur 6.4. Hieruit is af te lezen dat voor de risico-index een vrij eenduidige relatie bestaat met het gehalte in de bodem die direct volgt uit de modelaannamen die in het blootstellingenmodel zijn opgenomen. Ook de RI op basis van de Tenax-extraheerbare concentratie toont een duidelijke relatie die evenwijdig ligt aan de relaties op basis van het totaalgehalte. Dit is terug te voeren op de eerder getoonde goede relatie tussen totaalgehalte en de Tenax-extraheerbare fractie.

Als gekeken wordt naar de RI op basis van gemeten plantgehalten, dan blijkt dat bij hoge concentraties in de bodem (> 10 mg kg^{-1}) deze in dezelfde orde liggen als de berekende Risico-index op basis van de Tenax-extraheerbare gehalten. Het gebruik van de totale hoeveelheid in de bodem leidt in dat geval altijd tot een grote overschatting van de RI zoals bepaald met gewasdata.

Bij lagere concentraties in de bodem (< 10 mg kg^{-1}) echter liggen de met CSOII berekende RI-waarden op basis van Tenax juist *beneden* de RI-waarden op basis van plantgehalten en dit suggereert dat de blootstelling onderschat wordt. Zelfs de vergelijking met de RI berekend met de totaalgehalten in de bodem toont dat deze lager ligt dan de RI op basis van plantdata.

Dit is deels echter suggestief omdat in het lage concentratie traject er feitelijk geen waarneembare opname plaatsvindt, maar in de blootstellingsberekening er default waarden gebruikt worden met een absoluut gehalte gelijk aan de helft van de DL dat uiteindelijk dus leidt tot een zekere blootstelling aan DDT/DDD/DDE. Daarnaast is er voor een aantal metingen in bovengrondse delen geen waarneembare relatie met de gehalten in de bodem en daarmee ook niet tussen de berekende RI en die op basis van CSOII-berekeningen.



Figuur 6.4

Berekende humane risico-index voor alle monsterpunten op basis van totaalgehalte bodem, Tenax- extraheerbare gehalten bodem en CSOIL, gemeten plantgehalten in snijbiet, radijs en wortelen, en totaalgehalten bodem, uitgaande van het blootstellingsscenario 'wonen met tuin' en 'moestuin/volkstuin'. A= Hazenakker, R=RIZI-terrein.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies in relatie tot deonderzoeksvragen

- Wat zijn de gehalten aan DDT in de bodem op verschillende locaties in Oss?

  De aangetroffen gehalten in de bodem van de drie onderzochte locaties bevestigen dat er binnen de gemeente Oss lokaal zeer sterk met DDT verontreinigde locaties voorkomen. Daarbij kan op een afstand van 50 tot 100 meter het gehalte variëren van minder dan 1 tot meer dan 70 mg kg^{-1} (som DDT, DDD, DDE).

- Wat is de chemische beschikbaarheid van DDT en is die afhankelijk van het type bodem?

  Tenax-metingen laten zien dat de actuele beschikbaarheid van DDT varieert van 7% (pp' DDE) tot 22% (op' DDE) afhankelijk van de component. Daarbij zijn er echter geen systematische verschillen waar te nemen tussen de gronden en is de relatie tussen Tenax en totaal ook niet afhankelijk van de totale hoeveelheid noch het organische stofgehalte. De relatie tussen Tenax en totaal DDT is in overeenstemming met andere recente data uit verontreinigde wijngaarden. Of de beschikbaarheid in de bodem verder afneemt bij een langer verblijf valt uit deze data niet af te leiden.

- In welke mate wordt DDT opgenomen door radijs of wortel en snijbiet of sla onder gecontroleerde omstandigheden (kas)?

  Alle onderzochte componenten worden door radijs en in mindere mate door snijbiet opgenomen waarbij de opname van DDE ongeveer een factor 2 hoger ligt dan die van DDT en DDD. De totaalgehalten (som DDT, DDD en DDE) overschrijden voor radijs in vier van de vijf gronden uit de Hazenakker de productnorm van 50 µg kg^{-1}, voor snijbiet worden geen overschrijdingen gevonden. Opname door wortel is veel hoger dan die van radijs en snijbiet; schrappen van de wortel vermindert de gehalten met ongeveer 80% vergeleken met de gehalten in niet-geschrapte wortels.
  Er bestaat een goede relatie tussen het gehalte in de bodem (totaal of Tenax) en de opname door radijs. De hypothese dat het Tenax-extraheerbare gehalte beter correleert met het gehalte in de plant dan een totaalextractie kan op basis van deze data niet bevestigd worden.

- Komen de gehalten zoals gemeten in de gewassen overeen met de modelberekeningen met CSOIL?

  Het gemiddelde gemeten gehalte in de snijbietmonsters ligt in dezelfde orde van grootte als de modelberekeningen op basis van totaal gehalten aan DDT/DDE/DDD in bodem. Voor individuele monsters is de overeenkomst tussen gemeten en berekende gehalten echter matig tot slecht. Dit komt mede doordat er feitelijk geen waarneembare relatie aangetoond kon worden tussen de gehalten in de bodem en die in het gewas. Voor wortelgewassen liggen de modelberekeningen op basis van totaalgehalten (veel) hoger dan de gemeten gehalten in radijs en wortel. De modelberekeningenvoor radijs en wortel op basis van Tenax-extraheerbare gehalten in bodem komen redelijk goed overeen met de metingen.

- Wat is de verwachte blootstelling aan DDT door het eten van de onderzochte gewassen en komt de berekende blootstelling overeen met de berekende waarde op basis van gemeten gewasgehalten?

  De verwachte blootstelling is uitgedrukt als risico-index (blootstelling/ kritische blootstelling). Op basis van de berekende blootstelling voor het bodemgebruik 'moestuin' wordt een risico-index berekend van maximaal 25 bij een totaal bodemgehalte van bijna 80 mg kg^{-1}. Op basis van het tenax extraheerbaar bodemgehalte van deze locatie (7 mg kg^{-1}) wordt een maximale risico-index van 3 berekend. De gemeten concentraties in snijbiet en wortel in grond van deze locatie leidt tot een risico-index van 2.5. Dit betekent dat in de gemeente Oss de blootstelling aan DDT in geval van moestuinen op sterk verontreinigde grond lager is dan op basis van de modelberekeningen gebaseerd op de totaalgehalten in de bodem. Als we uitgaan van de Tenax-extraheerbare fractie, dan komt de gemeten blootstelling redelijk tot goed overeen met de berekende blootstelling. Of deze lagere blootstelling te maken heeft met de afgenomen beschikbaarheid in de tijd, is op basis van deze data niet vast te stellen.

- Is de gemeten of berekende blootstelling reden om verder onderzoek te doen naar de opname van DDT onder veldomstandigheden?

  Aanvankelijk was de aannema dat, afhankelijk van de waargenomen concentraties op de moestuinlocaties in de gemeente Oss, het gewenst is vervolgonderzoek te doen naar de opname door gewassen. Recent beschikbaar gekomen resultaten van metingen van de gehalten in de bodem van vier moestuin-locaties laten echter zien dat er geen bodemgehalten DDT/DDE/DDD zijn van meer dan 1 mg kg^{-1} (J. van Schijndel, persoonlijke mededeling). Op basis van de resultaten in dit rapport is er daarom op dit moment geen aanleiding om verder onderzoek te doen naar de opname van DDT onder veldomstandigheden.
  De bemonsterde locaties vallen onder de bodemfunctie 'openbaar groen' (met of zonder natuurwaarde), waardoor er op deze locaties zelf geen onaanvaardbare humane risico's zijn. Een aandachtspunt hierbij is wel dat de waargenomen blootstelling hoort bij gronden waar DDT/DDD/DDE al langere tijd in de bodem aanwezig is.

- Aanvullende conclusie over de geldigheid van de data voor andere locaties.

  De veel lagere beschikbaarheid zoals gemeten met Tenax zou een aanduiding kunnen zijn voor een effect van verblijftijd waarbij met het voortschrijden van de tijd de absolute beschikbaarheid in de bodem voor opname door planten afneemt. Voor situaties waarbij sprake is van *recente* verontreinigingen met DDT, DDD en DDE zijn de uitkomsten zoals hier gepresenteerd dus mogelijk niet representatief. Onderzoek naar de verhoudig tussen totaal extraheerbaar en Tenax-extraheerbaar moet dan uitwijzen hoe generiek geldig de hier gepresenteerde uitkomsten zijn.

7.2 Aanbevelingen op basis van data en modelberekeningen

Advieswaarden voor gebruik van met DDT, DDD en DDE verontreinigde grond op basis van dit onderzoek

- Bij het afleiden van een lokale advieswaarde voor de functies 'volkstuin' en 'wonen met tuin' baseren we ons op de metingen van DDT, DDT en DDE in gewassen en de daaruit afgeleide risico-index. Voor de onderzochte bodems in de gemeente Oss volgt daaruit een kritisch bodemgehalte van 15 mg kg^{-1} (standaardbodem) voor het totaalgehalte van DDT/DDE/DDD. Hierbij is rekening gehouden met de onzekerheden door de beperkte onderzoeksopzet. Dit kritische gehalte is van toepassing voor gevallen waar sprake is van historische toepassingen (20-50 jaar geleden). Voor recente(re) gevallen van verontreiniging verdient het aanbeveling de relatie tussen het Tenax-extraheerbare gehalte, het totaalgehalte en de opname door gewassen zoals hier vastgesteld te opnieuw te toetsen met veldmetingen.

- Voor het functie 'wonen met tuin' ligt het kritisch bodemgehalte hoger. Op basis van de berekende risico-index, waarbij onder andere rekening gehouden wordt met de lagere consumptie van groente uit eigen tuin voor het scenario 'wonen met tuin' vergeleken met het scenario 'volkstuin/moestuin' leidt dit tot een advieswaarde van 75 mg kg^{-1} (standaardbodem). Hoewel bij gehalten van minder dan 75 mg kg^{-1} geen sprake is van onaanvaardbaar risico wordt vanuit het oogpunt van bodembeheer aanbevolen in overleg met de GGD na te gaan of het wenselijk is deze waarde op toegankelijke plaatsen bij te stellen door mogelijke incidentele grondingestie door kinderen.

Aanbeveling voor verder bodemonderzoek aan DDT, DDD en DDE

- Aanbevolen wordt ook op de overige moestuincomplexen na te gaan of er sterk verhoogde gehalten voorkomen. Zeker wanneer deze gehalten in de bodem boven de advieswaarde van 15 mg kg^{-1} liggen, is verder onderzoek noodzakelijk.

Aanbevolen actie voor (sterk) verontreinigde locaties

- Momenteel is er geen sprake van onaanvaardbare risico's voor de hotspots Hazenakker en RIZI omdat deze niet als moestuin of tuin in gebruik zijn. Toch verdient het aanbeveling om, in het kader van bodembeheer, maatregelen te nemen. Dit is vooral zinvol om contact tussen mens en deze sterk verontreinigde bodems te beperken en om verspreiding van deze grond te voorkomen. Naast DDT, DDD en DDE komen in de bodem van een deel van de locaties ook sterk verhoogde gehalten aan zware metalen (> IW) voor.

- Daarbij aansluitend wordt aanbevolen na te gaan of en in welke mate ecologische risico's optreden door DDT in de gemeente Oss en zo ja, na te gaan welke maatregelen gewenst zijn om risico's te verminderen of weg te nemen.

Geraadpleegde literatuur

Brand, E., P.F. Otte and J.P.A. Lijzen, 2007. CSOIL 2000 an exposure model for human risk assessment of soil contamination. A model description. RIVM report 711701054/2007, RIVM, Bilthoven.

Brand, E., F. Smedes, M.T.O. Jonker, J. Harmsen, W.J.G.M. Peijnenburg, and J.P.A. Lijzen. 2012. Advice on implementing bioavailability in the Dutch soil policy framework. User protocols for organic contaminants. RIVM report 711701102/2012, 73p.

EEC, 1990. Councin Directive of 27 November 1990 on the fixing of maximum levels for pesticide residues in and on certain products of plant origin, including fruit and vegetables (90/642/EEC).

Gaw, S., G. Northcott, N. Kim, A. Wilkins and J. Jensen. 2012. Comparison of earthworm and chemical assays of the bioavailability of aged 1,1-dichloro-2,2-bis(p-Chlorophenyl)ethylene, 1,1,1-trichloro-2,2-bis(p-Chlorophenyl)ethane, and heavy metals in orchard soils. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 31, 6:1306-1316.

Harmsen, J., R.P.J.J. Rietra, J.E. Groenenberg, J. Lahr, A van den Toorn en H.J. Zweers, 2012. Verspreiden van bagger op het land in klei- en veengebieden. Alterra rapport 2282.

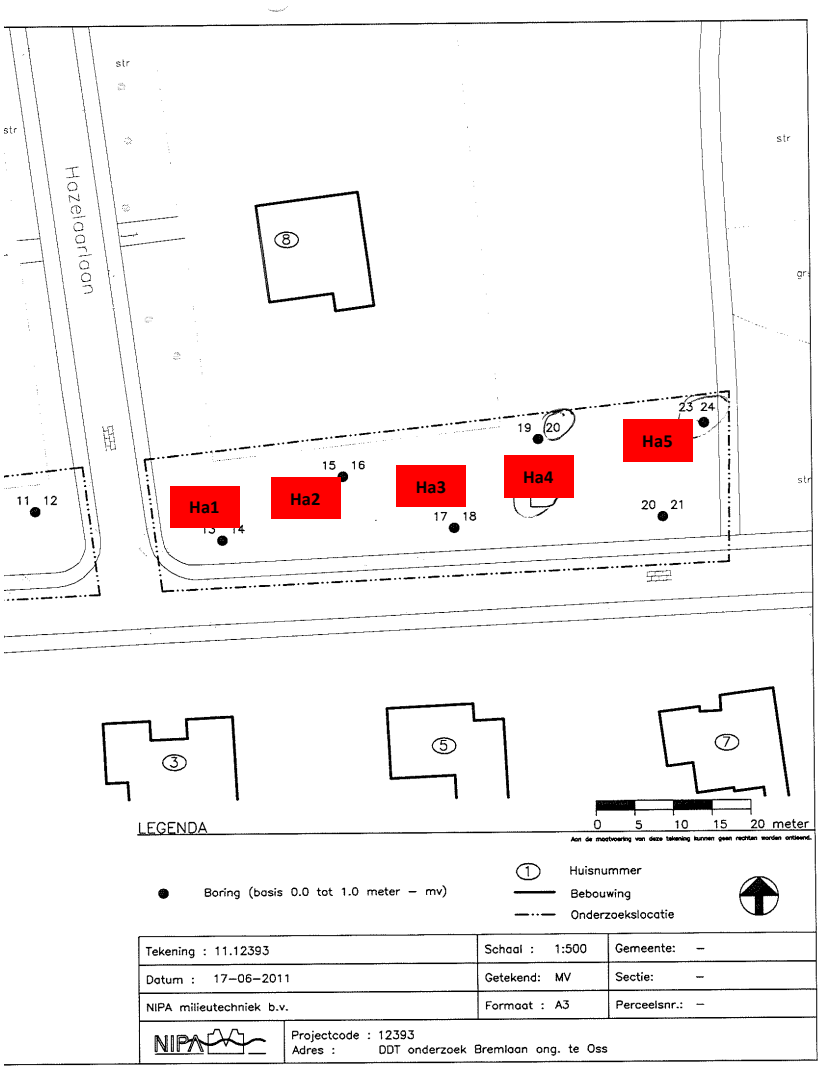
Swartjes. F.A., E.M. Dirven-van Breemen and P.F. Otte, 2007. Towards a protocol for the assessment of site-specific human health risks for consumption of vegetables from contaminated sites. RIVM report 711701040/2007, RIVM, Bilthoven.

VROM, 2007. Besluit en regeling bodemkwaliteit. Staatcourant 13 december 2007.

VROM, 2008. NOBO: Normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling, onderbouwing en beleidsmatige keuzes voor bodemnormen in 2005, 2006 en 2007', december 2008.

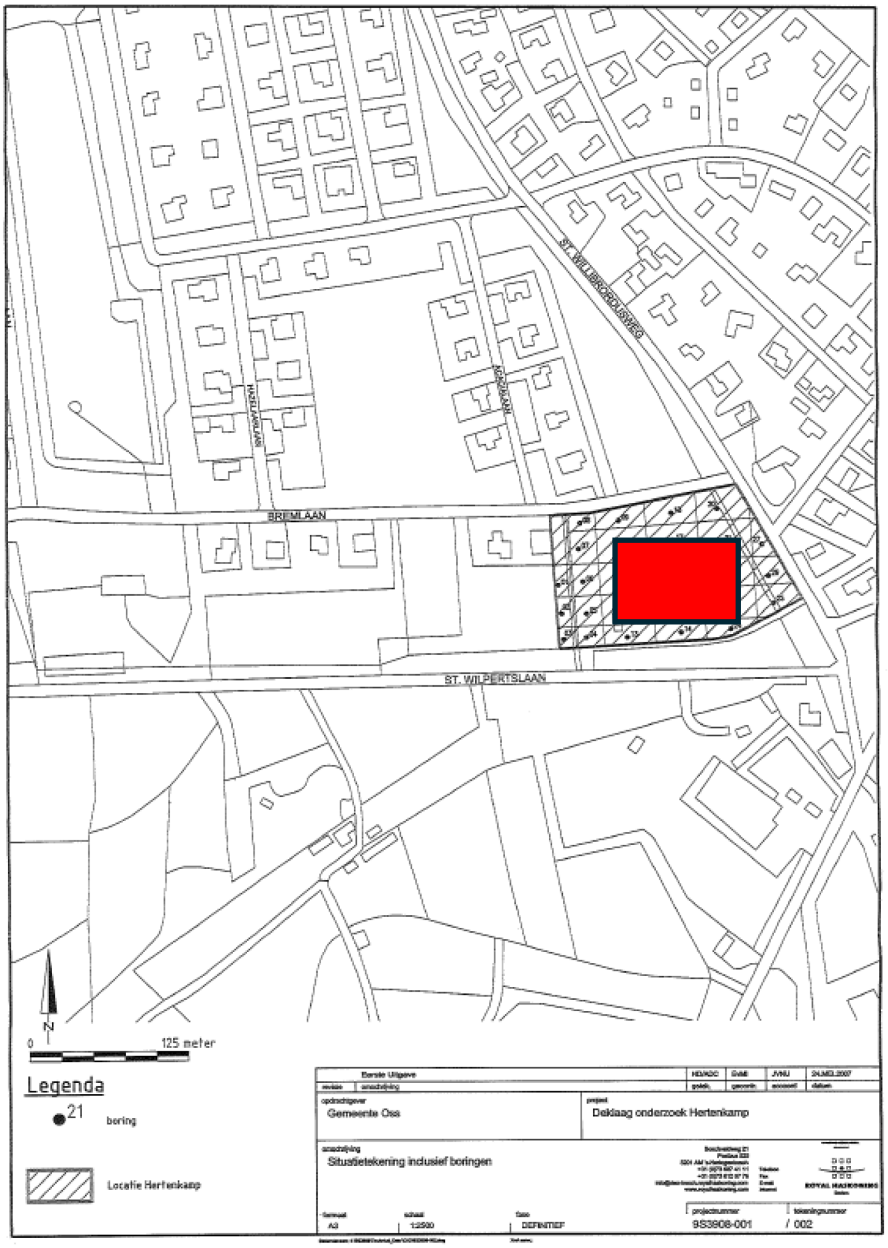
IenM, 2012. Circulaire bodemsanering 2009. Staatscourant 3 april 2012.

Bijlage 1 Ligging van de onderzochte locaties



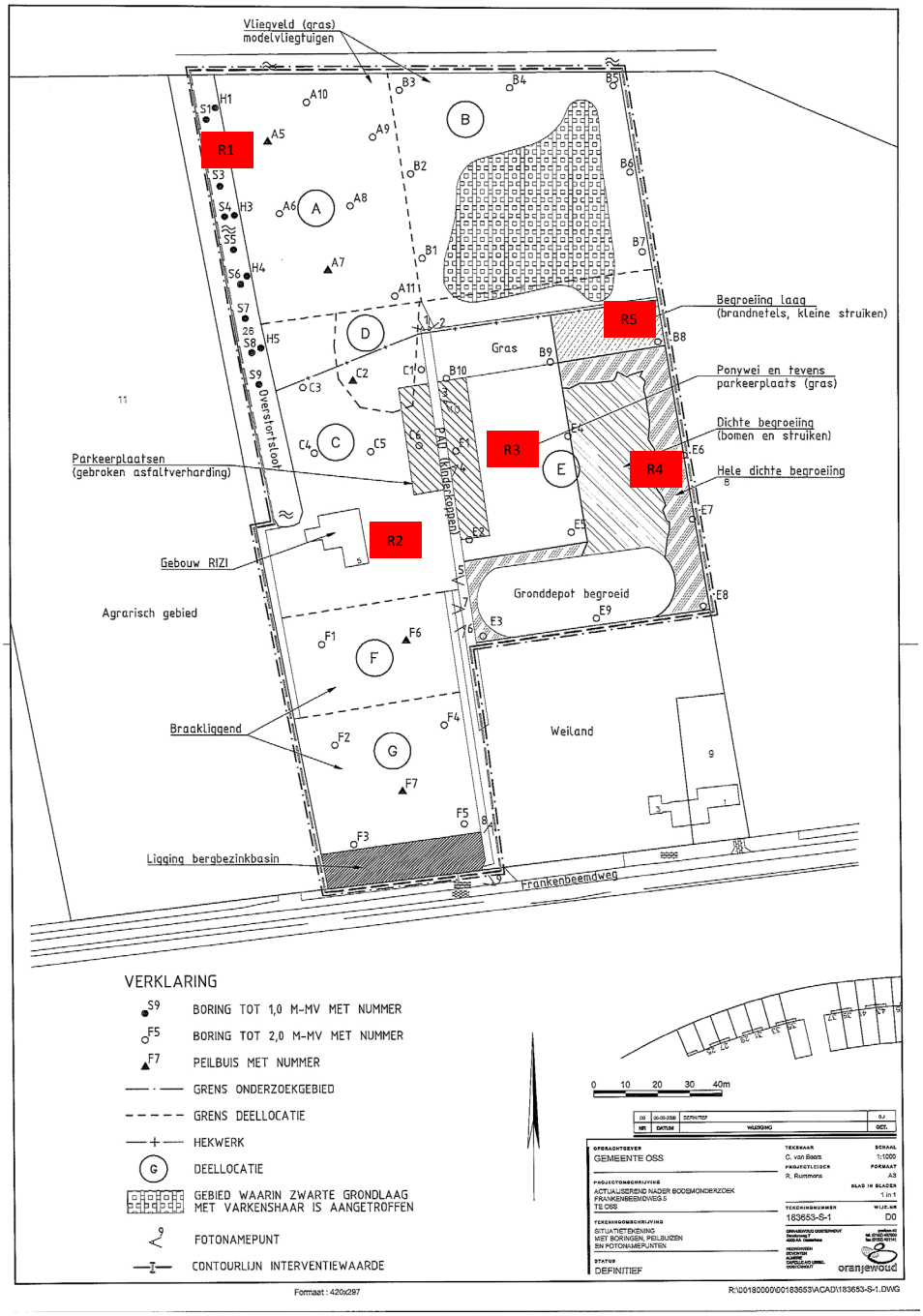
Figuur B1.1

Hazenakker. De bemonsterde deellocaties zijn in rood weergegeven.



Figuur B1.2

Hertenkamp. De vijf deelmonsters zijn genomen in het rode blok.



Figuur B1.3

RIZI. De deelmonsters zijn weergegeven met de rode velden (R1 t/m R5).

Bijlage 2 Resultaten bodemonderzoek

Tabel B2.1

Totaalgehalten DDE, DDD en DDT in de bodem in mg kg^{-1} ds.

Locatie	RIKILT nr.	DDE, op'	DDE, pp'	DDD, op'	DDD, pp'	DDT, op'	DDT, pp'	Sum
Hazenakker A1	282874	0.0300	0.3200	0.2900	0.4200	0.0400	0.9900	2.0900
Hazenakker A2	282875	0.1100	1.0300	0.5800	0.6900	0.0400	2.3300	4.7800
Hazenakker A3	282876	0.5400	8.6800	5.3500	3.7100	1.3100	38.5700	58.1600
Hazenakker A4	282877	0.3300	4.7500	4.5000	4.0100	0.8300	19.9300	34.3500
Hazenakker A5	282878	1.0500	9.9900	7.7800	13.9300	2.5600	32.7700	68.0800
Hertenkamp H1	282879	0.0100	0.2800	0.0500	0.1400	0.0600	0.3200	0.8600
Hertenkamp H2	282880	0.0025[1]	0.0700	0.0200	0.0300	0.0025	0.0500	0.1750
Hertenkamp H3	282881	0.0200	0.2400	0.0800	0.1200	0.0500	0.2400	0.7500
Hertenkamp H4	282882	0.0025	0.0300	0.0025	0.0200	0.0025	0.0100	0.0675
Hertenkamp H5	282883	0.0300	0.3800	0.2300	0.2400	0.1700	0.5200	1.5700
RIZI R1	282884	0.0100	0.1600	0.3200	0.1100	0.0500	0.2000	0.8500
RIZI R2	282885	0.0800	0.9100	1.8800	0.8400	0.4800	2.2900	6.4800
RIZI R3	282886	0.0000	0.0600	0.0600	0.1000	0.0025	0.0400	0.2625
RIZI R4	282887	0.4600	1.9200	3.4800	7.3200	1.0100	14.4600	28.6500
RIZI R5	282888	0.1400	1.8500	0.6500	1.2300	0.2700	3.0200	7.1600
Hazenakker A1	283804	0.0550	0.5000	0.7600	0.8800	0.3200	5.8400	8.3550
Hazenakker A2	283805	0.1000	0.8900	1.1200	1.3700	0.2900	5.6700	9.4400
Hazenakker A3	283806	0.6300	5.4500	6.7900	11.8600	2.4200	40.6200	67.7700
Hazenakker A4	283807	0.3000	3.1800	4.5300	4.6700	1.2600	21.2800	35.2200
Hazenakker A5	283808	0.4600	5.1400	7.6200	12.9200	3.5700	60.0100	89.7200
Hertenkamp H1	283809	0.0100	0.3200	0.0900	0.1400	0.0600	0.9400	1.5600
Hertenkamp H2	283810	0.0025	0.0500	0.0100	0.0200	0.0100	0.0900	0.1825
Hertenkamp H3	283811	0.0300	0.3500	0.1600	0.1800	0.0500	0.8000	1.5700
Hertenkamp H4	283812	0.0025	0.0100	0.0025	0.0025	0.0025	0.0200	0.0400
Hertenkamp H5	283813	0.0200	0.2600	0.1800	0.2100	0.1900	0.7200	1.5800
RIZI R1	283814	0.0100	0.1200	0.4500	0.1400	0.0500	0.4800	1.2500
RIZI R2	283815	0.0800	0.5400	2.2000	1.3000	1.2000	2.6000	7.9200
RIZI R3	283816	0.0100	0.0400	0.0600	0.1200	0.0100	0.1500	0.3900
RIZI R4	283817	0.5100	2.1100	3.3700	4.2400	0.8300	13.9500	25.0100
RIZI R5	283818	0.1100	1.5300	0.8600	1.6900	0.5900	11.4700	16.2500

[1] Waarden in rood zijn gelijk aan 0.5 * de grens, deze waarde is meegenomen bij de berekening van de som aan DDT, DDD, en DDE in deze tabel

Tabel B2.2

Tenaxgehalten DDE, DDD en DDT in de bodem in mg kg^{-1} ds.

Locatie	RIKILT nr.	DDE, op'	DDE, pp'	DDD, op'	DDD, pp'	DDT, op'	DDT, pp'	Sum
Hazenakker A1	282874	0.0025[1]	0.0167	0.0751	0.0340	0.0147	0.0892	0.2322
Hazenakker A2	282875	0.0138	0.1016	0.2229	0.0959	0.0289	0.3841	0.8472
Hazenakker A3	282876	0.0724	0.5160	1.0904	0.3896	0.2216	1.9563	4.2463
Hazenakker A4	282877	0.0399	0.3489	0.9587	0.3090	0.1585	1.5751	3.3902
Hazenakker A5	282878	0.0582	0.5071	1.4878	0.6255	0.3593	3.2562	6.2941
Hertenkamp H1	282879	0.0025	0.0082	0.0025	0.0025	0.0025	0.0185	0.0367
Hertenkamp H2	282880	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0061	0.0186
Hertenkamp H3	282881	0.0025	0.0189	0.0025	0.0025	0.0025	0.0290	0.0579
Hertenkamp H4	282882	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0150
Hertenkamp H5	282883	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0329	0.0570	0.0999
RIZI R1	282884	0.0025	0.0025	0.0617	0.0025	0.0025	0.0185	0.0902
RIZI R2	282885	0.0085	0.0593	0.2903	0.0614	0.0342	0.1453	0.5990
RIZI R3	282886	0.0025	0.0025	0.0025	0.0214	0.0025	0.0025	0.0339
RIZI R4	282887	0.0681	0.2833	0.9073	0.5870	0.0763	0.4970	2.4191
RIZI R5	282888	0.0108	0.1392	0.1305	0.0503	0.0395	0.3536	0.7240
Hazenakker A1	283804	0.0025	0.0281	0.1066	0.0430	0.0150	0.1544	0.3496
Hazenakker A2	283805	0.0129	0.0025	0.2305	0.0910	0.0268	0.3685	0.7322
Hazenakker A3	283806	0.0800	0.5357	1.1766	0.5015	0.2249	2.1729	4.6917
Hazenakker A4	283807	0.0410	0.3596	1.0537	0.3707	0.1653	1.9354	3.9256
Hazenakker A5	283808	0.0656	0.5613	1.7232	0.7212	0.4252	3.9446	7.4410
Hertenkamp H1	283809	0.0025	0.0183	0.0025	0.0025	0.0025	0.0503	0.0786
Hertenkamp H2	283810	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0451	0.0576
Hertenkamp H3	283811	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0556	0.0681
Hertenkamp H4	283812	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0150
Hertenkamp H5	283813	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0392	0.0517
RIZI R1	283814	0.0025	0.0025	0.1276	0.0025	0.0025	0.0280	0.1656
RIZI R2	283815	0.0118	0.0025	0.4866	0.0849	0.0025	0.1613	0.7496
RIZI R3	283816	0.0025	0.0025	0.0352	0.0259	0.0025	0.0025	0.0711
RIZI R4	283817	0.0817	0.0025	1.1935	0.7766	0.0025	0.6469	2.7037
RIZI R5	283818	0.0165	0.0025	0.1966	0.0754	0.0025	0.5558	0.8492

[1] Waarden in rood zijn gelijk aan 0.5 * de grens, deze waarde is meegenomen bij de berekening van de som aan DDT, DDD, en DDE in deze tabel

Bijlage 3 Metingen DDD, DDE en DDT in gewas

Tabel B3.1

Meetwaarden in afzonderlijke gewasmonsters: radijs (gehalte in µg kg^{-1} vers materiaal)

ID en gewas	Locatie/pot	Serie 1	Serie 2	Serie 1	Serie 2	Serie 1	Serie 2	Serie 1	Serie 2	Serie 1	Serie 2	Serie 1	Serie 2
		o,p-DDE		p,p-DDE		o,p-DDD		p,p-DDD		o,p-DDT		p,p-DDT	
RIKILT ID		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
200287951 radijs	A1 pot 1	<2	<2	5.7	<5	4.4	5.8	<5	<5	<10	<10	12	<10
200287953 radijs	A2 pot 3	2.1	3.7	18	14	10	17	5.5	14	<10	<10	26	24
200287955 radijs	A3 pot 6	4.6	8.0	50	34	26	47	11	31	6	<10	77	68
200287956 radijs	A4 pot 8	2.0	4.3	26	18	19	28	8.6	16	3.5	<10	50	39
200287958 radijs	A5 pot10	2.8	2.3	38	21	29	34	20	17	8.9	<10	104	69
200287959 radijs	He1 pot 13	<2	<2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<10	<10	1.6	<10
200287961 radijs	He2 pot 15	<2	<2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<10	<10	2.4	<10
200287963 radijs	He3 pot 17	<2	<2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<10	<10	<10	<10
200287965 radijs	He4 pot 19	<2	<2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<10	<10	<10	<10
200287967 radijs	He5 pot 21	<2	<2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<10	<10	<10	<10
200287969 radijs	R1 pot 23	<2	2.3	<5	<5	3.1	6.2	<5	<5	<10	<10	<10	<10
200287971 radijs	R2 pot 25	<2	<2	5.2	<5	11	13	<5	<5	2.3	<10	8.7	<10
200287973 radijs	R3 pot 27	<2	<2	<5	<5	<5	<5	<5	6.7	<10	<10	<10	<10
200287975 radijs	R4 pot 29	<2	<2	3.9	<5	5.1	5.4	<5	<5	<10	<10	6.2	<10
200287977 radijs	R5 pot31	<2	<2	6.0	5.9	<5	7.5	<5	5.8	<10	<10	9.2	<10

Tabel B3.2

Meetwaarden in afzonderlijke gewasmonsters: snijbiet en wortel (gehalte in µg kg^{-1} vers materiaal).

ID en gewas	Locatie/pot	Serie 1	Serie 2	Serie 1	Serie 2	Serie 1	Serie 2	Serie 1	Serie 2	Serie 1	Serie 2	Serie 1	Serie 2
		o,p-DDE		p,p-DDE		o,p-DDD		p,p-DDD		o,p-DDT		p,p-DDT	
RIKILT ID		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
200287952 snijbiet	A1 pot 2	<2	<2	1.0	<5	<5	<5	<5	<5	<10	<10	9.5	<10
200287954 snijbiet	A2 pot 4	<2	4.1	2.3	8.4	<5	9.0	<5	9.1	<10	<10	6.7	<10
200287957 snijbiet	A4 pot 9	<2	<2	6.0	11	5	7.1	2.7	<5	<10	<10	14	13
200287960 snijbiet	He1 pot 14	<2	<2	1.2	<5	<5	5.3	<5	5.9	<10	<10	2.7	<10
200287962 snijbiet	He2 pot 16	<2	<2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<10	<10	<10	<10
200287964 snijbiet	He3 pot 18	<2	4.0	<5	5.9	<5	7.0	<5	5.7	<10	<10	<10	<10
200287966 snijbiet	He4 pot20	<2	<2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<10	<10	<10	<10
200287968 snijbiet	He5 pot22	<2	4.3	<5	<5	<5	7.2	<5	5.9	<10	<10	<10	<10
200287970 snijbiet	R1 pot 24	<2	4.1	1.0	7.0	<5	8.9	<5	9.0	<10	<10	<10	<10
200287972 snijbiet	R2 pot 26	<2	<2	0.8	<5	<5	<5	<5	<5	<10	<10	<10	<10
200287974 snijbiet	R3 pot 28	<2	<2	<5	<5	<5	5.9	<5	5.3	<10	<10	<10	<10
200287976 snijbiet	R4 pot 30	<2	5.1	<5	10	<5	19	<5	26	<10	<10	<10	<10
200287978 snijbiet	R5 pot 32	<2	<2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<10	<10	<10	<10
200287979 wortel	pot 33 (R5)	2.0	4.8	16	22	7.9	12	4.9	14	<10	<10	16	25
200287980 wortel	pot 33-R R5 schrap	<2	4.6	<5	6.1	<5	9.6	<5	15	<10	<10	<10	<10
200289997 wortel	pot 5 (A2) schrap	0.6	<2	6.1	8.5	7.5	7.0	4.4	6.1	2.1	<10	9.9	11
200289998 wortel	pot 5 (A2)	6.0	5.4	38	35	56	43	29	24	6.3	10	70	85
200289999 wortel	pot 12 (A5) schrap	2.2	<2	14	33	34	37	18	19	6.9	<10	79	70
200290000 wortel	pot 12 (A5)	21	17	185	125	198	186	77	98	37	73	289	573

Bijlage 4 Berekende risico-index per locatie

Tabel B4.1

Risico index op basis van berekende gewasgehalten en totaalgehalte bodem (arcering = RI > 1).

	Wonen met tuin				Wonen met moestuin			
	DDE	DDD	DDT	som	DDE	DDD	DDT	som
A1	0.07	0.07	0.30	0.44	0.38	0.38	1.62	2.38
A2	0.08	0.12	0.26	0.47	0.66	0.45	1.40	2.51
A3	0.65	0.48	1.96	3.09	3.53	2.52	10.50	16.50
A4	0.41	0.34	1.14	1.89	2.20	1.79	6.08	10.10
A5	0.89	0.88	2.87	4.63	4.75	4.71	15.38	24.80
He1	0.02	0.01	0.02	0.05	0.09	0.03	0.11	0.23
He2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.04
He3	0.02	0.01	0.02	0.04	0.08	0.03	0.08	0.19
He4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02
He5	0.03	0.01	0.03	0.08	0.14	0.07	0.17	0.38
R1	0.02	0.03	0.03	0.08	0.10	0.14	0.15	0.39
R2	0.09	0.15	0.21	0.45	0.52	0.78	1.15	2.44
R3	0.01	0.01	0.03	0.06	0.12	0.01	0.04	0.17
R4	0.05	0.13	0.19	0.37	0.27	0.68	0.95	1.89
R5	0.15	0.09	0.30	0.54	0.83	0.27	1.58	2.68

Tabel B4.2

Risico index op basis van berekende gewasgehalten en tenaxgehalte bodem (arcering = RI > 1).

	Wonen met tuin				Wonen met moestuin			
	DDE	DDD	DDT	som	DDE	DDD	DDT	som
A1	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.06	0.12
A2	0.01	0.01	0.03	0.05	0.04	0.08	0.14	0.25
A3	0.05	0.05	0.11	0.21	0.28	0.29	0.58	1.14
A4	0.04	0.05	0.10	0.19	0.20	0.27	0.54	1.01
A5	0.06	0.10	0.40	0.56	0.34	0.51	2.14	2.98
He1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
He2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
He3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
He4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
He5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
R1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.04
R2	0.00	0.02	0.01	0.04	0.12	0.03	0.06	0.20
R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02
R4	0.00	0.02	0.01	0.03	0.02	0.08	0.04	0.14
R5	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.10	0.16

Tabel B4.3

Risico index op basis van gemeten gewasdata en totaal gehalte in de bodem (arcering = RI > 1).

	Wonen met tuin				Wonen met moestuin			
	DDE	DDD	DDT	som	DDE	DDD	DDT	som
A1	0.01	0.01	0.02	0.05	0.12	0.09	0.17	0.38
A2	0.02	0.02	0.03	0.07	0.13	0.19	0.23	0.55
A3	0.04	0.07	0.15	0.26	0.20	0.29	0.44	0.93
A4	0.03	0.04	0.09	0.16	0.15	0.19	0.34	0.68
A5	0.04	0.08	0.18	0.30	0.17	0.25	0.51	0.93
He1	0.01	0.01	0.02	0.03	0.06	0.05	0.16	0.28
He2	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.05	0.16	0.27
He3	0.01	0.01	0.02	0.03	0.06	0.05	0.16	0.28
He4	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.05	0.16	0.27
He5	0.01	0.01	0.02	0.03	0.06	0.05	0.16	0.28
R1	0.03	0.01	0.01	0.05	0.10	0.12	0.10	0.32
R2	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.12	0.20	0.39
R3	0.01	0.01	0.02	0.03	0.07	0.04	0.19	0.30
R4	0.02	0.05	0.06	0.13	0.13	0.38	0.23	0.74
R5	0.01	0.02	0.04	0.06	0.07	0.10	0.21	0.38
A2 wortel	0.02	0.04	0.05	0.12	0.18	0.30	0.34	0.82
A5 wortel	0.09	0.17	0.33	0.59	0.47	0.74	1.33	2.54
R5 wortel	0.02	0.02	0.04	0.08	0.11	0.15	0.23	0.49

Bijlage 5 Berekende en gemeten gewasgehalten per locatie

Tabel B5.1

Berekende plantgehalten op basis van de totaalgehalten in de bodem.

	Plantgehalte wortel (mg kg^{-1} vers)				Plantgehalte blad (µg kg^{-1} vers)			
	DDE	DDD	DDT	som	DDE	DDD	DDT	som
A1	0.17	0.17	0.74	1.09	0.51	1.40	3.80	5.71
A2	0.30	0.20	0.64	1.14	1.16	2.14	4.30	7.60
A3	1.63	1.12	4.73	7.48	8.12	15.20	42.60	65.92
A4	1.02	0.80	2.76	4.58	4.50	9.85	22.30	36.65
A5	2.19	2.11	7.01	11.31	8.99	23.80	51.30	84.09
He1	0.04	0.01	0.05	0.10	0.32	0.33	0.70	1.34
He2	0.01	0.00	0.01	0.02	0.07	0.07	0.08	0.21
He3	0.04	0.01	0.04	0.09	0.33	0.28	0.57	1.18
He4	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.06
He5	0.06	0.03	0.08	0.17	0.36	0.46	0.82	1.64
R1	0.05	0.06	0.07	0.18	0.17	0.59	0.41	1.17
R2	0.24	0.35	0.52	1.11	0.88	3.56	3.43	7.87
R3	0.03	0.03	0.08	0.14	0.06	0.21	0.35	0.63
R4	0.12	0.16	0.00	0.28	2.49	9.26	14.97	26.72
R5	0.38	0.12	0.37	0.87	2.32	1.95	7.81	12.08

Tabel B5.2

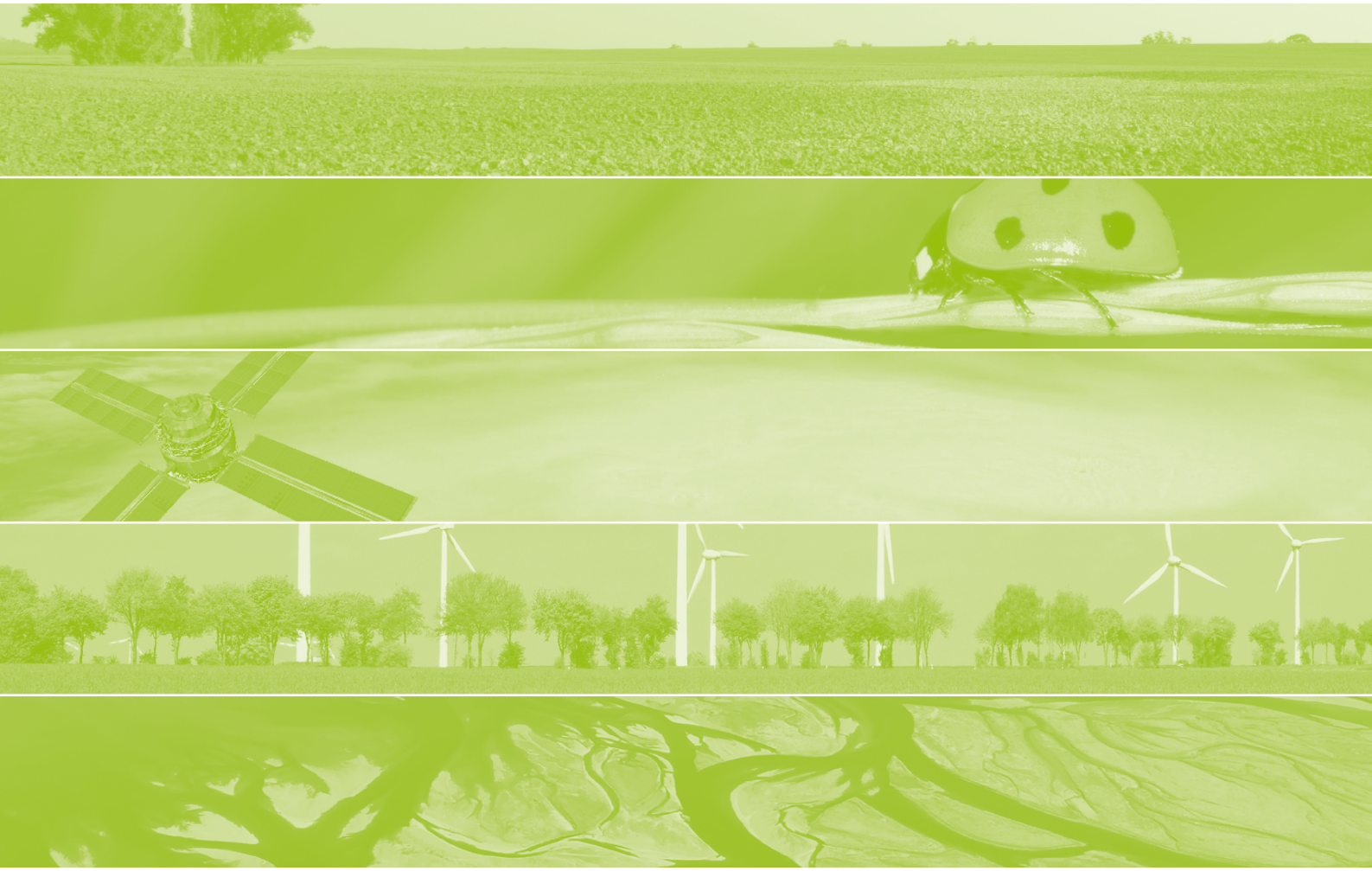
Berekende plantgehalten op basis van de Tenax-gehalten in de bodem.

	Plantgehalte wortel (mg kg^{-1} vers)				Plantgehalte blad (µg kg^{-1} vers)			
	DDE	DDD	DDT	som	DDE	DDD	DDT	som
A1	0.01	0.02	0.03	0.06	0.03	0.15	0.15	0.33
A2	0.02	0.03	0.06	0.11	0.07	0.36	0.42	0.86
A3	0.13	0.13	0.22	0.47	0.64	1.73	2.35	4.72
A4	0.09	0.12	0.24	0.46	0.42	1.50	1.98	3.90
A5	0.16	0.23	0.97	1.36	0.64	2.57	7.13	10.34
He1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.04	0.06
He2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04
He3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.05	0.06
He4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
He5	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.08
R1	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.11	0.03	0.15
R2	0.01	0.05	0.03	0.09	0.04	0.53	0.18	0.75
R3	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.05	0.01	0.06
R4	0.01	0.03	0.02	0.06	0.22	1.74	0.60	2.56
R5	0.01	0.01	0.04	0.07	0.09	0.24	0.48	0.82

Tabel B5.3

Gemeten plantgehalten waarbij de detectiegrens als waarde is gebruikt (worst case)

	Plantgehalte wortel (mg kg^{-1} vers)				Plantgehalte blad (µg kg^{-1} vers)			
	DDE	DDD	DDT	som	DDE	DDD	DDT	som
A1	0.01	0.01	0.01	0.02	7.00	10.00	20.00	37.00
A2	0.02	0.02	0.03	0.08	12.49	18.11	20.00	50.60
A3	0.05	0.06	0.08	0.19	12.49	18.11	20.00	50.60
A4	0.03	0.04	0.05	0.12	10.77	12.12	23.30	46.18
A5	0.03	0.05	0.10	0.18	10.77	12.12	23.30	46.18
He1	0.01	0.01	0.02	0.04	7.00	10.92	20.00	37.92
He2	0.01	0.01	0.02	0.04	7.00	10.00	20.00	37.00
He3	0.01	0.01	0.02	0.04	9.90	12.74	20.00	42.64
He4	0.01	0.01	0.02	0.04	7.00	10.00	20.00	37.00
He5	0.01	0.01	0.02	0.04	9.35	10.00	20.00	39.35
R1	0.01	0.01	0.02	0.04	11.16	17.90	20.00	49.07
R2	0.01	0.02	0.02	0.04	7.00	10.00	20.00	37.00
R3	0.01	0.01	0.02	0.04	7.00	10.00	20.00	37.00
R4	0.01	0.01	0.02	0.04	15.40	44.63	20.00	80.03
R5	0.01	0.01	0.02	0.04	7.00	10.00	20.00	37.00
A2 wortel	0.04	0.08	0.09	0.21	12.49	18.11	20.00	50.60
A5 wortel	0.17	0.28	0.49	0.94	10.77	12.12	23.30	46.18
R5 wortel	0.02	0.02	0.03	0.08	7.00	10.00	20.00	37.00



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is ‘To explore the potential of nature to improve the quality of life’. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is hèt kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl