

Dioxines: een niet-onderkend probleem voor zangvogels?

H.H. van Oosten
A.B. van den Burg

Onderzoek uitgevoerd door
Stichting Bargerveen in opdracht van:

Ministerie van Economische Zaken
Provincie Drenthe
Vogelbescherming Nederland
Dunea duin & water
Waternet
PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland
Landschap Noord-Holland
Staatsbosbeheer



Colofon

© Stichting Bargerveen 2014

Wijze van citeren:

Van Oosten, H. H. & A. B. van den Burg, 2014. Dioxines: een niet-onderkend probleem voor zangvogels? Rapport Stichting Bargerveen. 47 pp.

Stichting Bargerveen is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade die voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van de opstellers van dit rapport; opdrachtgevers vrijwaren de opstellers van dit rapport alsmede Stichting Bargerveen van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgevers.

Dioxines: een niet-onderkend probleem voor zangvogels?

H.H. van Oosten

A.B. van den Burg

Onderzoek uitgevoerd door Stichting Bargerveen in opdracht van:

Ministerie van Economische Zaken

Provincie Drenthe

Vogelbescherming Nederland

Dunea duin & water

Waternet

PWN

Landschap Noord-Holland

Staatsbosbeheer

Inhoudsopgave

Samenvatting	7
1. Inleiding	9
2. Onderzoeksopzet	
2.1 Hoe komen dioxines in tapuiten eieren?	11
2.2 Staan meer grond-foeragerende vogels bloot aan dioxines?	12
2.3 Treedt vervuiling met dioxines in meer terreinen op?	12
2.4 Is de dioxinevervuiling een probleem uit het verleden of het heden?	13
3. Methodiek	
3.1 Hoe komen dioxines in tapuiten eieren?	15
3.2 Verbreiding onder grond-foeragerende vogels	17
3.3 Ruimtelijke verspreiding van dioxines	17
3.4 Probleem uit het verleden of het heden?	19
4. Resultaten	
4.1 Hoe komen dioxines in tapuiten eieren?	21
4.2 Verbreiding onder grond-foeragerende vogels	25
4.3 Ruimtelijke verspreiding van dioxines	26
4.4 Probleem uit het verleden of het heden?	30
5. Conclusies en discussie	
5.1 De keten dioxine naar tapuitenei	33
5.2 Verbreiding onder grond-foeragerende vogels	35
5.3 Ruimtelijke verspreiding van dioxines	36
5.4 Probleem uit het verleden of het heden?	38
6. Mogelijke vervolgstappen	41
Dankwoord	43
Literatuur	44
Bijlage 1: Samenstelling begeleidingscommissie	46

Samenvatting

Recent zijn hoge concentraties gifstoffen, met name dioxines, aangetroffen in eieren van tapuiten. Eieren van tapuiten komen geregeld niet uit en er worden embryonale afwijkingen aangetroffen die mogelijk met dioxinevervuiling verband houden. Het huidige onderzoek toont aan dat dioxines, die in lage gehalten voorkomen in organische bodems van natuurterreinen verspreid over heel Nederland, accumuleren in bodembewonende insecten die als prooi dienen voor vogels. Daarnaast zijn er hoge dioxine concentraties aangetroffen in eieren van graspiepers en roodborsttapuiten, wat doet vermoeden dat een breed scala aan grond-foeragerende vogels bloot staan aan dioxine accumulatie. De belangrijkste vervolgvragen zijn welke diergroepen (prooien en predatoren) kwetsbaar zijn voor dioxineaccumulatie en in welke ecosystemen deze accumulatie optreedt.

- (1) Het blijkt dat dioxines in lage achtergrondgehalten in de alle onderzochte organische bodems voorkomen, maar dat ze accumuleren in bodeminsecten, zoals rozenkevers (Coleoptera: *Phyllopertha horticola*). De accumulatie is groter naar mate deze insecten langer in de bodem verblijven, zoals larven van kniptorren (Coleoptera: Elateridae). Bovengrondse herbivore insecten zoals sprinkhanen (Orthoptera) en rupsen van vlinders (Lepidoptera) bevatten nauwelijks dioxines. Er zijn indicaties dat verschillen in de hoeveelheden bovengrondse ('dioxinevrije') en ondergrondse ('dioxinerijke') prooien tussen duingebieden en tussen jaren een belangrijke rol spelen in de mate waarin tapuiten blootstaan aan dioxinevervuiling.
- (2) Bioaccumulatie leidt uiteindelijk tot hoge concentraties van dioxines in tapuiten en de eieren die zij leggen. Omdat landbouwgiften zoals DDT ook negatieve effecten op vogelpopulaties kunnen hebben, is de aanwezigheid van deze stoffen ook onderzocht voor tapuiten: de stoffen zijn in lage concentraties aanwezig en vormen op zichzelf geen gevaar.
- (3) Tapuiteneieren van de populatie in de Kop van Noord-Holland bevatten 50% minder dioxines en PCBs dan de tapuiten van het Vogelduin 40 km zuidelijker. Zweedse tapuiten bevatten acht maal minder gif dan tapuiten van het Vogelduin. Gezien de lagere graad van urbanisatie en industrialisatie in Zweden ligt dit in de lijn van verwachting.
- (4) Ook andere vogelsoorten die insecten vangen op de grond staan bloot aan dioxines. Eieren van graspiepers en roodborsttapuiten bevatten vergelijkbare hoeveelheden dioxines als tapuiten. Dit duidt erop dat waarschijnlijk de hele groep van grondfoeragerende zangvogels blootstaat aan dioxines, via hun dieet. Opvallend is dat dioxineconcentraties in eieren van bonte vliegenvangers weliswaar lager zijn dan van grond-foeragerende vogelsoorten, maar veel hoger dan verwacht op basis van hun verwachte dieet. Precieze dieetkennis is dus zeer belangrijk om bioaccumulatie voor andere vogelsoorten te voorspellen en daarmee eventuele effecten op populaties.
- (5) Concentraties van dioxines en PCB's in rozenkevers, een belangrijke prooi voor tapuiten, verschillen niet significant tussen zeven bewoonde of verlaten tapuitenterreinen verspreid over Nederland (Zuid-Holland, Noord-Holland, Friesland, Drenthe, Noord-Brabant en Limburg). Hierdoor ligt de conclusie voor de hand dat tapuiten overal in Nederland bloot hebben gestaan, en nog steeds bloot staan, aan dioxines.
- (6) In de Amsterdamse Waterleidingduinen bevatten recent gevormde bodems naar rato van het percentage organisch materiaal evenveel dioxines als oudere bodems. Gezien de sterke afname van dioxine-uitstoot sinds 1990 werden lagere gehalten verwacht. De steekproefgrootte is beperkt en het is niet bekend of winderosie van lokale oudere bodems als vervuiliingsbron dient, dus deze conclusie moet met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

De groep van de bodembewonende zangvogels heeft gedurende de laatste decennia de grootste negatieve populatieverandering laten zien binnen de Nederlandse avifauna (Van Turnhout et al. 2010) en het omliggende laagland van West-Europa (PECBMS 2010). De klapekster en duinpieper bijvoorbeeld, zijn als broedvogel verdwenen en de tapuit is zeer sterk in aantallen achteruit gegaan. Andere soorten die (voor een groot deel) van bodemfauna afhankelijk zijn, zoals de kuifleeuwerik en draaihals zijn zeer zeldzaam geworden. Voor bijna al deze vogelsoorten heeft Nederland een internationale verplichting via de Vogel- en Habitatrichtlijn. De aantallen tapuiten zijn sinds 1980 met ongeveer 90% afgenomen in Nederland (Boele *et al.* 2014) en met 50% in de Europese Unie. Om de relaties tussen veranderingen in het milieu en de populatieafname van tapuiten te begrijpen bestuderen onderzoekers van Stichting Bargerveen (deels in samenwerking met Sovon) al jarenlang de achteruitgang van de tapuit, zowel in het binnenland (Aekingerzand: 35 broedpaar) als in de kustduinen (Vogelduin: 13-24 broedpaar; Kop van Noord-Holland: 55 broedpaar). Het is duidelijk dat de soort negatieve effecten kan ondervinden van verzuring en vermessing waardoor waardplanten van insecten verdwijnen en de ongewervelden-diversiteit afneemt (Van Turnhout et al 2004, Van Oosten et al 2011). Bovendien worden prooien moeilijker toegankelijk door het opschieten van bepaalde stikstofminnende grassoorten. Tegenwoordig zijn grote delen van het land verlaten door tapuiten, maar toch zijn er ook gebieden die ogenschijnlijk nog even geschikt zijn als de nog bewoonde broedgebieden. Er lijkt dus meer aan de hand in deze ecosystemen en om effectieve herstelstrategieën voor de biodiversiteit van deze habitats te kunnen ontwerpen, is het benoemen en doorgronden van de knelpunten voor de bodembewonende zangvogels belangrijk.

Uit recent onderzoek van Stichting Bargerveen komen sterke aanwijzingen naar voren dat bepaalde (zang)vogels problemen ondervinden van dioxines. In eieren van tapuiten en graspiepers zijn zeer hoge concentraties dioxines aangetroffen (tot 100 maal de norm die voor consumptie-eieren wordt gehanteerd; European Commission 2011), zowel in de Noord-Hollandse duinen als in Nationaal Park Drents-Friese Wold.

Bovendien komen bij tapuiten tot 30% van de eieren niet uit, worden regelmatig embryonale afwijkingen gevonden en treedt jongensterfte in het nest op. Deze jongen blijken leverafwijkingen te hebben. Enkele embryonale en leverafwijkingen kunnen mogelijk in verband worden gebracht met persistente gifstoffen als dioxines.

Op basis van de eerste analyses lijkt de oorzaak van de hoge dioxinegehalten in de onderzochte eieren gekoppeld te zijn aan de accumulatie van gifstoffen in insecten, waarin, weliswaar met een zeer kleine steekproef, ecologisch relevante hoeveelheden dioxines zijn aangetroffen. In welke mate en via welke mechanismen gifstoffen zoals dioxines in de voedselketens van droge graslanden accumuleren, is het onderwerp van deze studie.

1.2 Effecten van dioxines op zangvogels

Hoewel er veel onderzoek is gedaan naar de effecten van dioxines op top-predatoren zoals roofvogels en viseters als aalscholvers en sterns, is er nagenoeg niets bekend over de effecten op zangvogels in terrestrische ecosystemen. Slechts enkele soorten zijn onderzocht zonder dat afwijkingen werden vastgesteld.

We hebben indicaties dat dioxines vooral accumuleren in insecten die in de bodem leven van organisch materiaal. Grondfoeragerende vogels kunnen hierdoor bloot staan aan dioxines, zoals de door ons onderzochte tapuiten. Mogelijk staan de reeds onderzochte zangvogels (zoals zwaluwen, Custer *et al.* 2003) veel minder bloot aan dioxines omdat ze prooien eten die niet in de grond leven.

Juist omdat er weinig bekend is willen we onderzoeken hoe tapuiten aan hun dioxines komen, wat de ruimtelijke verspreiding is van dioxines in Nederlandse natuurgebieden en of andere grondfoeragerende vogels (zoals graspieper en roodborsttapuit) ook hoge gehalten dioxines in hun eieren hebben.

Bovendien is onduidelijk in welke mate er ook nu nog depositie van dioxines plaatsvindt, of dat het alleen om een erfenis uit het verleden gaat. Antwoord op deze laatste vraag is voor het welslagen van instandhoudingsdoelstellingen en beheersmaatregelen van groot belang.

1.3 Onderzoeksvragen

Aan dit onderzoek liggen de volgende onderzoeksvragen ten grondslag:

- (1) **de keten dioxine naar tapuitenei:** hoe komen de dioxines in de eieren van tapuiten?
- (2) **verbreiding van dioxines onder grond-foeragerende vogels:** bevatten alleen eieren van tapuiten hoge concentraties dioxines of staan meer grondfoerageerders bloot?
- (3) **ruimtelijk verspreiding van dioxines in Nederland:** hebben tapuiten alleen op beide onderzoekslocaties een vervuild dieet of treedt accumulatie in insecten op ruimere schaal op?
- (4) **probleem uit het verleden of het heden:** zijn dioxines in de eieren afkomstig uit het verleden of vindt ook tegenwoordig nog depositie van dioxines plaats in Nederlandse natuurgebieden?

2 Onderzoekopzet

2. 1. Hoe komen dioxines in tapuiten eieren?

We weten dat eieren van tapuiten hoge concentraties dioxines bevatten en we weten dat tapuiten veel insecten eten, met name uit de bodem (bijvoorbeeld larven van kniptorren die 2 tot 6 jaar als larve in de bodem leven, UK Biodiversity Group 1999; Fenton 1926). Dioxines accumuleren in de toplaag van de bodem (Jones & De Voogt 1999) waar ze binden aan organische stof. De (weinige) gegevens over de bodem in het broedgebied van tapuiten uit eerder onderzoek (Van den Berg et al. 1994) geven geen aanleiding te veronderstellen dat de bodem zwaar vervuild is. We willen bepalen of de hoge dioxineconcentraties in eieren van tapuiten verklaard kunnen worden door het eten van insectenlarven uit de bodem. Wanneer dat zo is, willen we bepalen in welke orde van grootte accumulatie in de bodeminsecten optreedt. Hiervoor willen we dioxine-gehalten in de bodem en bodeminsecten bepalen in het Vogelduin en het Aekingerzand.

Pesticiden en herbiciden als DDT en dieldrin (gezamenlijk de *Dirty Dozen*) worden nog gebruikt in de Sahel van Afrika waar onze tapuiten overwinteren. Omdat deze stoffen zeer giftig zijn voor vogels, willen we de concentraties daarvan graag weten in tapuiteneieren. Zo kunnen we bepalen of alleen dioxines een negatieve rol spelen bij tapuiten of dat we ook rekening moeten houden met eventuele effecten van de *dirty dozen*.

Het achterhalen van dit accumulatie-mechanisme is de eerste hoofdvraag van het hier voorgestelde onderzoek. Beantwoording van deze vraag neemt de onzekerheid over de bron van de besmetting weg en maakt duidelijk in welke insectengroepen accumulatie plaatsvindt en via welk voedsel de zangvogels worden belast. Ook weten we in welke mate vergiften als DDT en dieldrin aanwezig zijn in tapuiteneieren en dus mogelijk ook een negatieve rol spelen.



Figuur 1. Mannetje tapuit in een broedterrein: een zeldzame verschijning (Beide foto's: R. Versluijs).



Figuur 2. Vrouwetje tapuit met een kniptor in haar snavel als voer voor haar jongen. Deze prooi soort bevat relatief veel dioxines .

Box 1: Gifstoffen in het milieu

Persistente organische gifstoffen als PCB's en vlamvertragers en met name dioxines zijn bijzonder giftige stoffen. Toch worden ze aangetroffen in vrijwel alle levende organismen op aarde. Dioxines en dioxineachtige PCB's kunnen wijd uiteenlopende effecten op de gezondheid hebben, waaronder kanker, hormoon en embryonale afwijkingen bij dieren en bij mensen.

In de EU worden dioxines met name geproduceerd als onbedoeld bijproduct van industriële processen. Omdat gechlorideerde koolwaterstoffen sterk lipofiel zijn, accumuleren ze in voedselketens. Hierdoor werd tot nu toe gedacht dat alleen dieren in de top van voedselketens kwetsbaar zijn, bijvoorbeeld roofvogels, reigers en aalscholvers.

Dioxines accumuleren met name in de bovenste bodemlaag en zijn eenmaal gebonden nagenoeg inert. Een Deense studie trof 90% van de gemeten dioxines aan in de bovenste 0-10 cm van de bodem (Vikelsøe 2004) en ook Amerikanen tonen aan dat 80% van de totaal gemeten dioxines in de bovenste 0-15 cm van de bodem voorkomt (Brzuzy & Hites 1995). Het RIVM stelt in 1990 dat dioxines beneden de 10 cm niet of nauwelijks worden aangetroffen (Langeweg et al. 1990). In een meer gedetailleerde studie komt naar voren dat vrijwel alle dioxines in de bovenste 5 cm aangetroffen worden (Kitunen & Salkinoja-Salonen 1990) en dat is ook de mening van het RIVM in 1998 (Liem et al. 1998).

2.2. Staan meer grond-foeragerende vogelsoorten dan alleen de tapuit bloot aan dioxines?

Om meer algemene conclusies te kunnen trekken uit de effecten van een dieet met veel (bodembewonende) insecten is het belangrijk om ook andere vogels met een vergelijkbaar dieet in het onderzoek te betrekken. Het ligt hierbij voor de hand in de eerste plaats de analyses van de graspieper uit te breiden voor het Noord-Hollands duinreservaat. Om de basis te verbreden willen we ook van een derde totaal insectivore bodemvogel, de roodborsttapuit, eieren doormeten. Dit zijn soorten die in beide onderzoekslocaties broeden en die totaal insectivoor zijn waarvan het dieet globaal bekend is uit de literatuur. Zo kunnen we vaststellen of vogels die op de bodem hun voedsel verzamelen in feite als groep blootstaan aan dioxines of dat dioxinevervuiling beperkt is tot tapuit en graspieper.

2.3. Treedt vervuiling van het tapuitendieet met dioxines in meer terreinen op?

Als eerste stap willen we bepalen of dioxines alleen een probleem zijn in de twee tapuiten populaties waarin we tot dusver onderzoek hebben gedaan. Hiertoe willen we aanvullend tapuiteneieren laten doormeten uit de grote stabiele populatie in de Kop van Noord-Holland en uit een stabiele en grote populatie in Zweden als referentiepopulatie vanwege de lagere graad van industrialisatie in Zweden (Tabel 5). Zo krijgen we een beeld van de mate waarin dioxines een specifiek Nederlands probleem vormen in meer geïndustrialiseerde streken, of dat ook ons omringende landen vervuild zijn. De enkele Zweedse eieren die tot nu zijn geanalyseerd, lieten zien dat de dioxine en PCB concentraties veel lager zijn dan in Nederland.

Langs de Nederlandse kust is er mogelijk sprake van een zuid-noord gradiënt in concentratie gifstoffen, vanwege de nabijheid van de havens van Antwerpen, Rijnmond en de grote steden Rotterdam en Den Haag. Ogenscheinlijk geschikte maar door tapuiten als broedvogel verlaten terreinen zijn delen van de Amsterdamse Waterleidingduinen en Meijendel. Door

tapuitenprooien te bemonsteren in een gradiënt langs de kust van zuid naar noord (inclusief de verlaten terreinen) kunnen we bepalen of gifstoffen eventueel een rol hebben gespeeld in de achteruitgang van zuid naar noord van de soort in verschillende terreinen langs de kust.

Tot nu toe is onduidelijk of puntvervuilers (steden, industrie, afvalverbranding-installaties (AVI's)) voor lokale verhogingen hebben gezorgd of dat het probleem veel breder speelt. We hebben indicaties dat enkele insectenmonsters uit de Noord-Hollandse duinen dusdanige gehalten aan dioxines bevatten dat de hoge concentraties in eieren verklaard kunnen worden door het eten van deze prooien. Deze prooien zijn larven van kevers die minstens een jaar in de organische laag van de bodem leven, waar zij waarschijnlijk dioxines opnemen. Gezien de zeldzaamheid van tapuiten stellen we voor om deze keverlarven te gaan bemonsteren op een aantal additionele locaties in Nederland. In totaal hebben we nu acht bemonsteringslocaties: Meijendel, Amsterdamse Waterleidingduinen, Vogelduin, Vlieland, Aekingerzand, Hoge Veluwe, Strabrechtse Heide en de Brunsummerheide. Zo ontstaat een beeld van de ruimtelijke verspreiding en mate van dioxine-accumulatie in Nederlandse natuurgebieden, en kan worden vastgesteld of de twee onderzochte locaties toevallige puntvervuilingen betreffen of dat vervuiling op grotere schaal plaatsvindt.

2.4. Is de huidige vervuiling van het tapuitendieet met dioxines een probleem uit het heden of verleden?

De uitstoot van dioxines is in Nederland de laatste decennia scherp gedaald. Het is dus mogelijk dat de problematiek bij zangvogels voortkomt uit historische vervuiling. Omdat er ook nu nog dioxines neerslaan, zij het in niet goed bekende hoeveelheden, stellen we voor om als eerste stap de dioxineophoping in de bovenlaag van de bodem in een tijdreeks te bepalen.

Om vast te stellen of dioxines in Nederlandse bodems met name een erfenis uit het verleden zijn of dat de afgelopen decennia (ook) noemenswaardige neerslag van dioxines heeft plaatsgevonden, willen we een tijdreeks van duinbodems onderzoeken. In de Amsterdamse Waterleidingduinen (AWD) is nauwkeurig bekend hoe oud duingraslanden zijn (Aggenbach et al. 2013). Dit biedt een uitgelezen kans om accumulatie van dioxines in de loop van de tijd te onderzoeken. De uitkomst van onderwerp 4 is van groot belang voor eventuele mitigerende maatregelen en de uitkomst van instandhoudingdoelstellingen.

3 Methodiek

3.1. Hoe komen dioxines in tapuiteneieren?

- **Deelvraag 1.1: *Wat zijn de dioxinegehalten in de bodems van het Vogelduin en het Aekingerzand?***

Dataset: Voor modelsoort tapuit wordt eerst onderzocht hoeveel dioxine zich in de bodem bevindt in het Vogelduin en Aekingerzand waar problemen zich voordoen (n = 3 mengmonsters) op de volgende wijze. Drie ongestoorde (bv. niet geplagd of overstoven) en geomorfologisch overeenkomende locaties worden geselecteerd. Voor het bepalen van de bodemconcentratie maken we per locatie een mengmonster van 4 submonsters die in een vlak van 1.5 x 1.5 m genomen zijn. Een submonster bestaat uit de bovenste bodemlaag (0-10 cm, analoog aan recente studies (Vikelsøe 2004, Schmid et al. 2005, USEPA 2007) zonder losliggend strooisel, en wordt met een grondboor genomen. De bodems van de 4 submonsters worden bij elkaar gestort tot 1 mengmonster in een papieren zak (tabel 1). De diepte (0-10 cm) is zodanig gekozen dat rekening wordt gehouden met zowel ecologische relevantie (de meeste bodemdieren leven hoog in de bodem), als de aanwezigheid van dioxines (met name in bovenste laag bodem) en de vergelijkbaarheid met andere studies. Omdat dioxines sterk binden aan organisch materiaal in de bodem, wordt het gehalte aan organisch materiaal bepaald in het lab (*loss on ignition*), nadat de wortels en ander grof, levend organisch materiaal zijn uitgezeefd.

Tabel 1. Overzicht bodemmonsters.

	# mengmonsters	# submonsters
Vogelduin	3	12
Aekingerzand	3	12

- **Deelvraag 1.2: *Bevatten insecten die een belangrijk deel van het tapuitendieet uitmaken dioxines, en zo ja, verschillen de gehalten tussen proisoorten?***

Dataset: Insecten die een belangrijk deel uitmaken van het dieet van de tapuit (ongepubliceerde gegevens H.H. van Oosten, R. Versluijs, A. van den Burg en H. Siepel) worden gescreend. Zo kan de accumulatie in insecten vanuit de bodem worden vastgesteld. De dataset zal opgebouwd worden met een aantal groepen die veel gegeten worden door tapuiten (tabel 2).

Tabel 2. Prooien die een belangrijk deel uitmaken in het dieet van tapuiten worden bemonsterd en gescreend op dioxinebelasting. Deze bemonstering vindt plaats in het Vogelduin, in graslanden waar nog tapuiten broeden. ‘Duur’ heeft betrekking op levensduur als larve. De drie mengmonsters per prooi-soort worden verspreid over tapuiterterritoria genomen. Elk mengmonster bevat ongeveer 10 insecten.

nr.	soort	onder-/bovengronds	duur	voedselgilde	Aantal mengmonsters
1	kniptorren	Ondergronds	+++	Herbi-/detritivoor	3
2	kleine junikever	Ondergronds	++	Herbivoor	3
3	rozenkever	Ondergronds	+	Herbivoor	3
4	vlinderrupsen	bovengronds	0	Herbivoor	3
5	sprinkhanen	bovengronds	0	Herbivoor	3

- **Deelvraag 1.3: *Bevatten tapuiteneieren andere beruchte gifstoffen als DDT en dieldrin?***

Dataset: Uit het Vogelduin en het Aekingerzand worden per locatie 5 niet-uitgekomen tapuiteneieren verzameld (tabel 3). Deze worden geanalyseerd op de aanwezigheid van persistente landbouwgiften (als groep “dirty dozen” genoemd) die in Nederland niet meer worden toegepast maar wellicht nog wel in de overwinteringsgebieden in Afrika. Ook in eieren van graspiepers (3 ei Aekinge, 2 ei Vogelduin) en roodborsttapuiten (5 ei Vogelduin) zijn de gehaltenes landbouwgif onderzocht.

Tabel 3. Aantal eieren per locatie voor analyse van landbouwgiften

	# ei voor dirty dozen
Vogelduin	5
Aekingerzand	5

- **Deelvraag 1.4: *Treden hoge dioxineconcentraties ook op bij soorten die net als de tapuit in de Sahel overwinteren maar foerageren in bomen, zoals de bonte vliegenvanger?***

Dataset: Uit het Aekingerzand worden van 3 (verlaten) nesten eieren verzameld van de Bonte vliegenvanger en er wordt 1 ei per nest geanalyseerd dus 3 eieren in totaal. Deze worden geanalyseerd op de aanwezigheid van dioxines en PCBs.

3.2. Verbreiding onder grondfoeragerende vogels

- **Deelvraag 2.1: Zijn de hoge dioxineconcentraties alleen beperkt tot tapuiten of hebben meergrondfoeragerende (zang) vogels hoge concentraties in hun eieren?**

Dataset: Voor het beantwoorden van deelvraag 2.1 willen we 1 ei per nest van in totaal 5 nesten analyseren, dus 5 eieren per soort. We proberen eieren te verzamelen en te laten analyseren van het NHD van de bodemfoeragerende soorten graspieper en roodborsttapuit (tabel 4). Indien mogelijk worden van nog enkele soorten eieren geanalyseerd (veldleeuwerik, boomleeuwerik en graspieper van het Aekingerzand).

Tabel 4. Overzicht van de drie bodemvogels die worden onderzocht om de verspreiding van dioxinevervuiling onder bodemvogels te onderzoeken.

vogelsoort	Dieet	Foerageerlocatie	# ei
graspieper	insecten	bodem	5
roodborsttapuit	insecten	vooral bodem	5

3.3. Ruimtelijke verspreiding van dioxines

- **Deelvraag 3.1: Zijn dioxines in tapuiteneieren alleen in de twee onderzochte Nederlandse populaties een probleem of worden ook elders hoge concentraties gemeten?**

Dataset: We maken in deelvraag 3.1 gebruik van enkele referentiegebieden (tabel 5). Voor de eerste deelvraag gebruiken we eieren uit het Vogelduin (n = 10; data reeds beschikbaar) en het Aekingerzand (n = 10; data reeds beschikbaar) die worden aangevuld met een buitenlandse en binnenlandse locatie waar de status van de tapuit nog goed is. We kunnen gebruik maken van niet-uitgekomen eieren of dode kuikens, overeenkomstig de eieren die zijn doorgemeten uit het Vogelduin. Uit Zweden zijn in totaal 11 jongen doorgemeten en uit de Kop van Noord-Holland (KNH) 7.

Tabel 5. Overzicht van de (referentie)gebieden voor deelonderwerp 3.1, met een indicatie voor de trend van de tapuitenpopulatie, het percentage niet-uitkomende eieren en de mate van industrialisering in de onmiddellijke omgeving.

Nr.	(Referentie)gebied	Tapuit status	Ei-uitkomst	Industrialisatiegraad
1	Uppsala (Zweden)	Goed	93%	--
2	Kop van Noord-Holland	Stabiël sinds jaren	89%	-
3	Vogelduin	Uitsterf risico	81%	+
4	Aekingerzand	Uitsterf risico	85%	0

- **Deelvraag 3.2: Wat zijn de concentraties in bodembewonende keverlarven in 8 gebieden en verschillen deze onderling?**

Dataset: Per natuurgebied worden 3 monsters bladsprietkevers verzameld, meestal rozenkevers maar op de Strabrechtse Heide larven van *Hoplia*, een soort met vergelijkbare ecologie. Larven van kniptorren hebben langere larvale stadia maar werden niet of nauwelijks in het binnenland aangetroffen. Deze larven werden verzameld op ongestoorde (bv. niet geplagd of overstoven) plekken die geomorfologisch overeenkomen (bv. grijze duingrasslanden of zeereep). Elk monster bestaat uit 10 larven en wordt tijdens transport bewaard in een koelbox met ijs, alvorens bij -20 graden Celsius bewaard te worden tot analyse (tabel 6).

Tabel 6. Aantal te nemen mengmonsters van rozenkeverlarven.

	# monsters
Meijndel	3
AWD	3
Vogelduin	3
Vlieland	3
Aekingerzand	3
Hoge Veluwe	3
Strabrechtse Heide	3
Brunsummer Heide	3



Figuur 3. De locaties van de acht monsterpunten in Nederland.

In de AWD en in Meijendel worden naast de in tabel 6 genoemde larven ook extra larven en insecten verzameld en worden bovendien grondmonsters genomen (tabel 7). Deze twee gebieden zijn ogenschijnlijk erg geschikt voor tapuiten maar de soort ontbreekt daar al lange tijd als broedvogel. De gevonden waarden worden vergeleken met het Vogelduin, waar nog wel tapuiten met succes broeden. Zo kan een eerste indruk worden gekregen van de eventuele rol die gifstoffen spelen in deze twee gebieden.

Tabel 7. Monsternamen in Meijendel, AWD en het Vogelduin.

	Meijendel	AWD	Vogelduin
Grond	3	3	3
Ritnaald	3	3	3
Hommel	3	-	-
Sprinkhaan	3	-	3
Rups	3	-	3

3.4. Probleem uit het verleden of het heden?

- **Deelvraag 4.1: In welke mate heeft de afgelopen decennia dioxinedepositie plaatsgevonden?**

Dataset: We hebben in duingraslanden van variërende leeftijd bodemmonsters genomen. Door werk van KWR en het IBED is van een aantal duingraslanden in de AWD nauwkeurig bekend sinds wanneer de bodem, en dus de organische laag, gevormd is. Door deze bodems met een verschillende stabilisatieduur te analyseren (tabel 8), en de hoeveelheid organisch materiaal te bepalen, krijgen we een beeld van eventuele veranderingen in de neerslag van dioxines en PCBs in de afgelopen eeuw.

Tabel 8. Overzicht van de gebruikte bodemmonsters uit de Amsterdamse Waterleidingduinen.

Stabilisatie-duur (jaar voor 2012)	Periode van stabilisatie	# monsters per 1 mengmonster
0	-	3
1-6	2006-2011	3
6-11	2001-2006	3
11-22	1990-2001	1
22-33	1979-1990	2
33-44	1968-1979	3
44-55	1958-1968	1
54-74	1938-1958	3
>74	< 1938	3

3. Resultaten

Statistische toetsing betreft gehaltenes in picogram WHO-PCDD/F-TEQ (dioxines) per gram vet en pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (dioxines plus PCBs, 'gesommeerde giftigheid') per gram vet, behalve voor bodems waar beide stoffen in pg per gram monster (in dit geval: bodems) worden berekend.

4.1. Hoe komen dioxines in tapuiteneieren?

Deelvraag 1.1: *Wat zijn de dioxinegehaltenes in de bodems van het Vogelduin en het Aekingerzand?*

We hebben de concentraties dioxines (pg WHO-PCDD/F-TEQ per gram bodem), PCBs (pg WHO-PCB-TEQ per gram bodem) en totale concentraties (pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ per gram bodem) bepaald (tabel 9). De gehaltenes in de bodem verschillen niet tussen het Vogelduin en het Aekingerzand (WHO-PCDD/F-TEQ en WHO-PCDD/F-PCB-TEQ, Kolmogorov-Smirnov toets, $Z = 0.408$, $p = 0.97$, $n = 3$ bodems per locatie).

Tabel 9. Concentraties dioxines (pg WHO2005-PCDD/F-TEQ), PCBs (pg WHO-PCB-TEQ) en totale concentraties (pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ) in pg/g product in bodems van het Vogelduin en het Aekingerzand (gemiddelde \pm SD). De gehaltenes verschillen niet, $n = 3$ bodems per locatie.

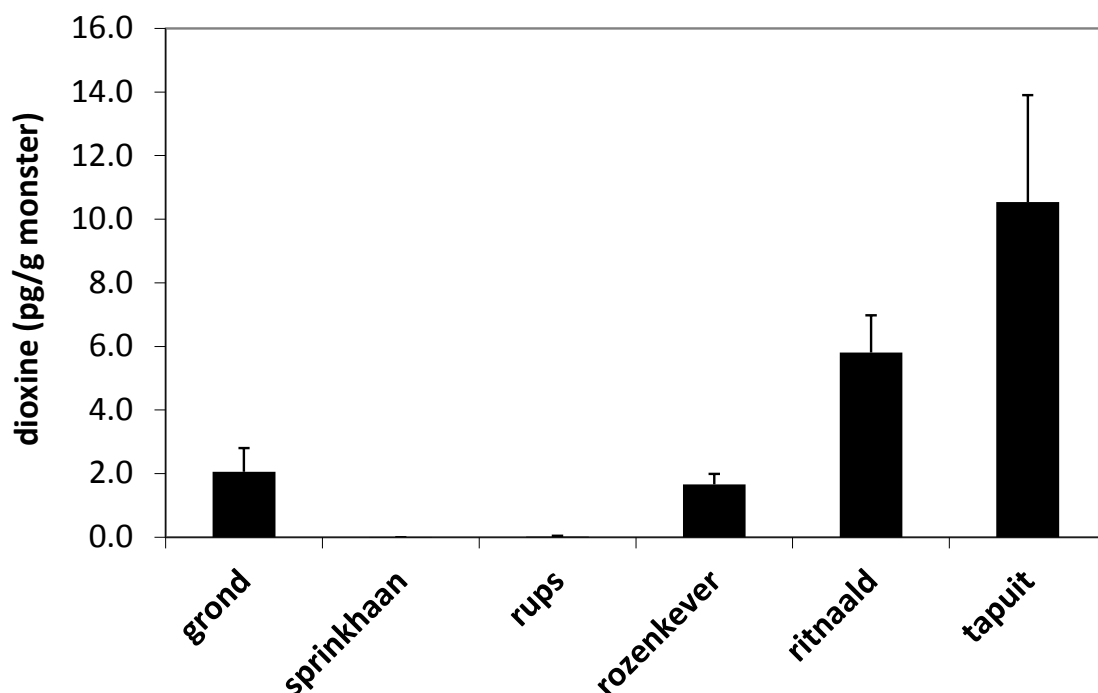
	WHO-PCDD/F-TEQ	WHO-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-PCB-TEQ
Vogelduin	2.06 \pm 0.75	0.50 \pm 0.18	2.56 \pm 0.91
Aekingerzand	2.05 \pm 0.35	0.46 \pm 0.11	2.50 \pm 0.45

Deelvraag 1.2: *Bevatten insecten die een belangrijk deel van het tapuitendieet uitmaken dioxines en zo ja, verschillen de gehaltenes tussen proisoorten?*

Omdat dioxines aan het organisch materiaal in de bodem binden waar ze opgenomen kunnen worden door bodeminsecten en ander bodemleven, en zo dus in de tapuit kunnen komen, hebben we een aantal belangrijke bodembewonende prooien van tapuiten doorgemeten (kleine junikever, rozenkever, ritnaald; tabel 10, fig. 4). Ook staan hier prooien in die juist niet in de bodem leven (sprinkhaan, rups). Er zijn verschillen tussen de verschillende prooien (WHO-PCDD/F-TEQ, Kruskal-Wallis toets, $\chi^2 = 11.829$ $p = 0.019$; WHO-PCDD/F-PCB-TEQ, $\chi^2 = 11.295$ $p = 0.023$) en wanneer we in meer detail naar de ecologie van de prooien kijken, blijkt dat bodeminsecten meer WHO-PCDD/F-TEQ en meer WHO2005-PCDD/F-TEQ bevatten dan niet-bodembewonende prooien (WHO-PCDD/F-TEQ. Mann-Whitney U toets, $U = 0.000$, $p = 0.002$; WHO-PCDD/F-PCB-TEQ, $U = 0.000$, $p = 0.002$).

Tabel 10. Concentraties dioxines (pg WHO2005-PCDD/F-TEQ), PCBs (pg WHO-PCB-TEQ) en totale concentraties (pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ) in het Vogelduin, gemeten in pg/g product en, tussen haken, pg/g vet. Er zijn verschillen tussen de verschillende prooien. De onderzochte bodeminsecten bevatten meer WHO-PCDD/F-TEQ en WHO-PCDD/F-PCB-TEQ dan overige insecten (sprinkhaan plus rups). Gemiddelde \pm SD.

	WHO-PCDD/F-TEQ	WHO-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-PCB-TEQ
bodem	2.06 \pm 0.75	0.50 \pm 0.18	2.56 \pm 0.91
sprinkhaan	0.00 \pm 0.01 (1.05 \pm 1.80)	0.034 \pm 0.004 (7.25 \pm 7.67)	0.034 \pm 0.004 (7.36 \pm 7.85)
rups	0.014 \pm 0.018 (0.27 \pm 0.33)	0.056 \pm 0.046 (1.03 \pm 0.83)	0.070 \pm 0.060 (1.30 \pm 1.07)
kleine junikever	0.29 \pm 0.31 (8.14 \pm 7.02)	0.43 \pm 0.43 (11.90 \pm 9.78)	0.72 \pm 0.74 (20.03 \pm 16.80)
rozenkever	1.66 \pm 0.33 (34.23 \pm 15.95)	0.83 \pm 0.45 (15.73 \pm 5.85)	2.49 \pm 0.69 (49.96 \pm 19.53)
ritnaald	4.28 \pm 2.77 (38.62 \pm 28.58)	3.08 \pm 2.00 (26.88 \pm 17.69)	7.36 \pm 4.72 (65.50 \pm 46.18)
tapuit	12.28 \pm 4.83 (247.15 \pm 120.50)	3.02 \pm 3.57 (55.21 \pm 61.55)	15.30 \pm 6.29 (302.36 \pm 149.00)



Figuur 4. De voedselketen van tapuiten in het Vogelduin, weergegeven in pg WHO-PCDD/F-TEQ per gram product. De grond bevat normale concentraties dioxines voor urbaan West-Europa. Bovengrondse bladeters als sprinkhaan en rups bevatten vrijwel geen dioxines, larven van de rozenkever (éénjarige ontwikkeling in de bodem) ongeveer evenveel als in de grond aanwezig is en ritnaalden (meerjarige ontwikkeling in de bodem) een factor drie meer. Uiteindelijk zijn de concentraties in eieren van tapuiten hoog.

Deelvraag 1.3: *Bevatten tapuiteneieren andere beruchte gifstoffen als DDT en dieldrin?*

Landbouwgifstoffen als DDT en haar eindproduct DDE worden niet meer gebruikt in Europa. Maar omdat ze persistent zijn, kunnen deze stoffen nog wel in het milieu aanwezig zijn. Net als dioxines en PCBs zijn deze stoffen giftig en accumuleren ze in de voedselketen. Ook worden DDT en verwante verbindingen in Afrika, waar de tapuiten overwinteren, nog wel gebruikt. We hebben de aanwezigheid van deze stoffen onderzocht voor tapuiteneieren van het Vogelduin en het Aekingerzand (tabel 11) en in de bodems van beide locaties. Over het algemeen zijn de gevonden concentraties laag behalve voor DDE, waar de waarden hoger liggen. Het maximaal toegestane residue gehalte voor (kippen)eieren bedraagt 0.05 mg/kg product in de EU (European Commission 2008; wat hetzelfde is als 50 ng/g product). De gehalten die we in tapuiten en de twee andere soorten aantreffen vallen dus op de norm tot 1.5 keer hoger. In de bodem worden ze niet tot nauwelijks aangetroffen.

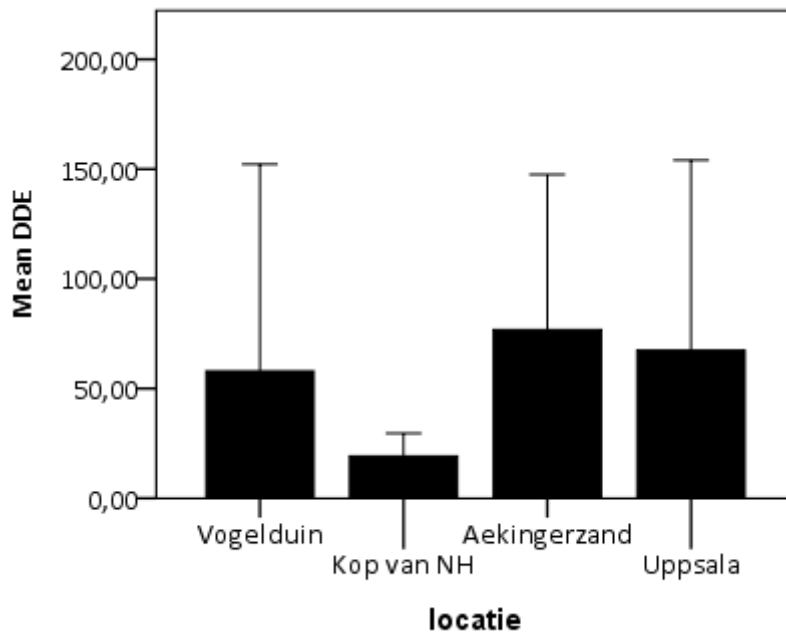
Tabel 11. Concentraties landbouwgifstoffen in 5 tapuiteneieren van het Vogelduin en het Aekingerzand. De meeste stoffen zijn wel aangetroffen, maar in lage concentraties (ng/g product). De hoeveelheden DDE zijn hoger. Gemiddelde \pm SD voor DDE.

stof	grond VD	tapuit VD	grond AEK	tapuit AEK
Biphenyl	<1	<1 - 1.01	1.70 \pm 0.84	<1 - 3.95
DDD pp'- [TDE]	<1	<1 - 1.86	<1	<1
DDE pp'-	<1	57.98 \pm 94.19	<1	76.73 \pm 70.79
DDT pp'-	<1	<1 - 7.28	<1	<1
Dieldrin	<1	<1	<1	<1 - 26.99
Diphenylamine	<1	<1	2.32 \pm 0.76	<1 - 2.21
HCB	<1	<1 - 2.5	<1	<1 - 1.96
HCH beta-	<1	<1	<1	<1
HCH gamma- (Lindane)	<1	<1	<1	<1
Heptachlor epoxide (iso B)	<1	<1 - 1.96	<1	<1 - 8.35
Oxychlorane	<1	<1 - 1.06	<1	<1 - 3.12
Pentachlorobenzene	<1	<1	<1	<1 - 1.18
Permethrin I	<1	<1	<1	<1
Permethrin II	<1	<1	<1	<1
Phenylphenol o-	<1	<1 - 1.23	<1 - 1.13	<1 - 1.88

Ook eieren uit de Kop van Noord-Holland en Uppsala (Zweden) zijn onderzocht op landbouwgifstoffen. DDE wordt in tapuiteieren uit alle onderzochte populaties aangetroffen en de hoeveelheden variëren sterk tussen de afzonderlijke eieren. De hoeveelheden verschillen niet significant tussen locaties (Kruskal-Wallis toets, $\chi^2 = 4.552$ p = 0.208). De verschillen tussen eieren binnen een gebied zijn erg groot (fig. 5). Minimum en maximum per gebied zijn: Vogelduin (7.22 – 225.97), Aekingerzand (21.33 – 160.09), Kop van Noord-Holland (4.96 – 32.09) en Uppsala (12.18 – 232.47). De relatieve kleine variatie in de Kop van Noord-Holland is opvallend maar wellicht een toevalseffect.

Eieren van graspiepers bevatten 39.20 \pm 21.16 ng/g ei en roodborsttapuiteieren 77.29 \pm 58.46 ng/g ei. Deze gehalten verschillen niet van elkaar, noch van tapuiten uit het Vogelduin en het Aekingerzand (Kruskal-Wallis toets, $\chi^2 = 2.171$ p = 0.338), waar ook de pieper- en roodborsttapuiteieren verzameld zijn.

Gezien de lage concentraties waarin de meeste pesticides worden aangetroffen zullen ze op zichzelf geen effecten veroorzaken bij de onderzochte vogels. Dit geldt waarschijnlijk ook voor DDE, ondanks de soms verhoogde gehalten. Effecten op vogels zijn bij deze concentraties niet beschreven en de gehalten zitten vaak op toegestaan EU niveau (European Commission 2008). Deze stoffen worden waarschijnlijk grotendeels in Afrika opgenomen omdat ze daar nog gebruikt worden. Gezien de persistentie kunnen ook (geringe) gehalten in Nederland worden opgenomen.



Figuur 5. Eieren uit alle locaties bevatten DDE (ng per gram product) maar in sterk wisselende hoeveelheden. De hoeveelheden verschillen niet significant tussen locaties (gemiddelde \pm SD).

Deelvraag 1.4: Treden hoge dioxineconcentraties ook op bij soorten die net als de tapuit in de Sahel overwinteren maar in bomen foerageren, zoals de bonte vliegenvanger?

Bonte vliegenvangers broeden ondermeer in bossen rondom het Aekingerzand en de eieren komen dus uit hetzelfde gebied als de tapuiten die op het Aekingerzand broeden. Beide soorten overwinteren in de Sahel en dus komen ze beide op min-of-meer dezelfde plekken voor, jaarrond. Alleen hun ecologie verschilt: de vliegenvangers vangen vliegen en rupsen in bomen en tapuiten foerageren op de grond. We verwachten daarom een lagere blootstelling aan dioxines bij de vliegenvangers dan tapuiten. Desalniettemin blijken eieren van bonte vliegenvangers toch ook gifstoffen te bevatten (tabel 12) maar minder dan tapuiten van het Aekingerzand ($n = 17$ tapuiten, $n = 3$ bonte vliegenvangers; WHO-PCDD/F-TEQ, Mann-Whitney U toets, $U = 7.00$ $p = 0.054$, en WHO-PCDD/F PCB-TEQ, $U = 6.00$ $p = 0.040$). Voor de bonte vliegenvangers is ook het gehalte DDE bepaald: 74.09 ± 79.73 ng / g monster. Dit wijkt statistisch niet af van de Aekingerzand Tapuiten (77.73 ± 70.79 ng / g monster, $U = 7.00$ $p = 0.881$).

Omdat de DDE gehaltes, in tegenstelling tot de dioxines, niet verschillen tussen de twee soorten zijn ze in de winterperiode afhankelijk van dezelfde prooien. Wanneer dioxines, net als DDE, met name in Afrika zouden worden opgenomen door de vogels, zouden er geen verschillen tussen de soorten moeten bestaan omdat dioxines op eenzelfde manier voorkomen in het milieu als DDE (binding organische laag, lipofiel). Dit is niet het geval en dioxines worden waarschijnlijk nauwelijks in Afrika opgenomen. De dioxines komen ook in de Sahel zeer lokaal voor, er is dus geen sprake van een diffuse belasting.

Omdat ook eieren van bonte vliegenvangers dioxines bevatten, zij het in mindere mate dan tapuiten, lijkt ook deze vogelsoort bloot te staan aan dioxinevervuiling in de broedgebieden. Door de kleine steekproef is het niet duidelijk in welke mate de vervuiling optreedt en wat hiervan de spreiding is binnen Nederland.

Tabel 12. Concentraties dioxines (pg WHO2005-PCDD/F-TEQ), PCBs (pg WHO-PCB-TEQ) en totale concentraties (pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ) in pg/g product (tussen haken in pg/g vet) in eieren van Bonte vliegenvangers rond het Aekingerzand (n = 3 monsters van drie verschillende nesten; gem ± SD). Voor een snelle vergelijking zijn ook de concentraties voor de Aekingerzand tapuiten gegeven (n = 14 monsters). Gemiddelde ± SD

	WHO-PCDD/F-TEQ	WHO-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F PCB-TEQ
bonte vliegenvanger	6.96 ± 3.07 (94.79 ± 16.03)	2.14 ± 0.14 (31.16 ± 6.57)	9.11 ± 3.17 (125.95 ± 9.59)
tapuit	14.33 ± 19.01 (212.36 ± 114.62)	5.74 ± 9.76 (88.10 ± 113.53)	20.06 ± 24.80 (300.46 ± 185.95)

4.2. Verbreiding onder grondfoeragerende vogels

Deelvraag 2.1: Zijn de hoge dioxineconcentraties alleen beperkt tot tapuiten of hebben meer grondfoeragerende (zang)vogels hoge concentraties in hun eieren?

Omdat met name bodeminsecten dioxines accumuleren hebben we de hypothese getoetst of ook andere vogelsoorten die deze prooien eten, naast de tapuit, verhoogde dioxineconcentraties in hun eieren hebben. Dit blijkt inderdaad het geval te zijn (tabel 13) maar met verschillen tussen soorten voor dioxines en met name PCBs (WHO-PCDD/F-TEQ, Kruskal-Wallis toets, $\chi^2 = 13.217$ p = 0.040 en WHO-PCB-TEQ, $\chi^2 = 16.688$ p = 0.011). Gesommeerde giftigheid verschilt niet tussen soorten (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ, $\chi^2 = 4.063$ p = 0.668).

Graspiepers bevatten minder WHO-PCDD/F-TEQ dan tapuiten (Mann-Whitney toets, U = 77.00 p = 0.041) maar meer WHO-PCB-TEQ (U = 37.00 p = 0.001). De gesommeerde giftigheid WHO-PCDD/F-PCB-TEQ verschilt niet tussen beide soorten (U = 140.00 p = 0.917).

WHO-PCDD/F-TEQ en WHO-PCDD/F-PCB-TEQ verschilt niet significant tussen roodborsttapuiten en tapuiten uit het Vogelduin (U = 21.00 p = 0.12 resp. U = 26.00 p = 0.236).

Tabel 13. Concentraties dioxines (pg WHO2005-PCDD/F-TEQ), PCBs (pg WHO-PCB-TEQ) en totale concentraties (pg WHO- PCDD/F-PCB-TEQ) in pg/g product (tussen haken: concentraties in pg/g vet). Overzicht van bodemvogels die worden onderzocht om de verspreiding van dioxinevervuiling onder bodemvogels te onderzoeken. Ook zijn de concentraties voor de bonte vliegenvanger opgenomen in deze tabel. “V” staat voor Vogelduin en “A” voor Aekingerzand; het getal tussen haken volgend op de plaatsaanduiding betreft het aantal onderzochte eieren. Gemiddelde ± SD.

	WHO-PCDD/F-TEQ	WHO-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-PCB-TEQ
tapuit V (21)	12.28 ± 4.83 (247.15 ± 120.50)	3.02 ± 3.57 (55.21 ± 61.55)	15.30 ± 6.29 (302.36 ± 149.00)
tapuit A (14)	14.33 ± 19.01 (212.36 ± 114.62)	5.74 ± 9.76 (88.10 ± 113.53)	20.06 ± 24.80 (300.46 ± 185.95)
graspieper V (5)	9.89 ± 3.83 (171.08 ± 88.54)	10.19 ± 4.09 (168.28 ± 73.18)	20.08 ± 7.34 (339.36 ± 152.50)
graspieper A (3)	5.28 ± 0.81 (99.16 ± 9.81)	7.28 ± 1.64 (136.49 ± 25.88)	12.56 ± 2.42 (235.65 ± 35.61)
roodborsttapuit V (4)	9.35 ± 1.48 (165.19 ± 26.19)	2.67 ± 0.71 (47.18 ± 12.46)	12.02 ± 2.02 (212.36 ± 35.73)
veldleeuwerik A (3)	3.76 ± 2.90 (95.72 ± 56.13)	3.35 ± 2.55 (85.06 ± 48.91)	7.10 ± 5.45 (180.79 ± 105.03)
boomleeuwerik A (2)	8.97 ± 5.85 (118.52 ± 55.65)	11.58 ± 5.82 (155.78 ± 47.23)	20.55 ± 11.67 (274.30 ± 102.87)
bonte vliegenvanger A (3)	6.96 ± 3.07 (94.79 ± 16.03)	2.14 ± 0.14 (31.16 ± 6.57)	9.11 ± 3.17 (125.95 ± 9.59)

We zien dat er niet of nauwelijks verschillen zijn in hoeveelheden WHO-PCDD/F-PCB-TEQ, waardoor we concluderen dat alle (onderzochte) bodemvogels in dezelfde mate aan WHO-PCDD/F-PCB-TEQ blootstaan en/of accumuleren. De vervuiling is dus niet alleen tot tapuiten beperkt.

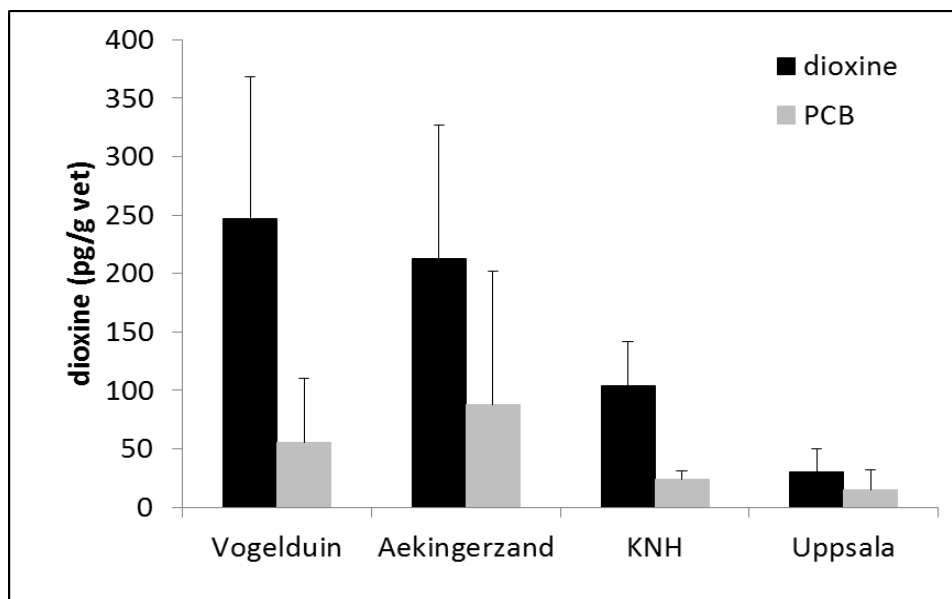
4.3. Ruimtelijke verspreiding van dioxines

Deelvraag 3.1: Zijn dioxines in tapuiteneieren alleen in de twee onderzochte Nederlandse populaties een probleem of worden ook elders hoge concentraties gemeten?

Eieren uit de vier bemonsterde locaties (Vogelduin, Kop van Noord-Holland, Aekingerzand en Uppsala, Zweden) verschillen in hoeveelheden WHO-PCDD/F-TEQ (Kruskal-Wallis toets, $\chi^2 = 31.614$ $p < 0.001$) en WHO-PCDD/F-PCB-TEQ ($\chi^2 = 30.888$ $p < 0.001$) (fig. 6).

Eieren uit de grote tapuitenpopulatie in de Kop van Noord-Holland bevatten 51% minder WHO-PCDD/F-TEQ dan in het Vogelduin, 40 km naar het zuiden, (fig. 5; Mann-Whitney U toets, $U = 17.00$, $p = 0.002$) en 58% minder WHO-PCDD/F-PCB-TEQ ($U = 16.00$, $p = 0.002$). Materiaal uit de tapuitenpopulatie nabij Uppsala in Zweden bevat ongeveer acht maal minder WHO-PCDD/F-TEQ dan de Vogelduin tapuiten ($U = 3.00$, $p = < 0.001$). Tapuiten uit Uppsala zijn ook schoner dan in de Kop van NH (WHO-PCDD/F-TEQ, $U = 3.00$, $p = 0.001$).

Tapuiteneieren uit met name Zweden zijn dus schoner dan tapuiten uit het Vogelduin en het Aekingerzand, wat waarschijnlijk te maken heeft met een lagere urbanisatie- en industrialisatiegraad in Zweden. De lagere concentraties in de KNH is opvallend. Onduidelijk is of dit een geografisch effect is of misschien een effect van bemonsteringsjaar of steekproefgrootte.



Figuur 6. Eieren uit vier tapuitenpopulaties verschillen in concentraties gifstoffen: Uppsala bevat minder dan de Kop van Noord-Holland waar tapuiten weer minder bevatten dan in het Vogelduin en het Aekingerzand. Gemiddelde \pm SD, in pg/g vet.

Deelvraag 3.2: Wat zijn de concentraties in bodembewonende keverlarven in de 8 gebieden en verschillen deze onderling?

Op zeven locaties in Nederland hebben we larven van bladspruitkevers verzameld die een larvaal stadium van 1 jaar hebben en in de organische laag van de bodem leven. Alleen op de Hoge Veluwe hebben we onvoldoende larven kunnen vinden en daardoor hebben we deze locatie helaas buiten beschouwing moeten laten. De locaties zijn of waren (in het recente verleden) broedplaatsen van de tapuit en dus ecologisch vergelijkbaar. Op alle locaties bevatten de keverlarven dioxines (fig. 8) en de concentraties verschillen niet significant van elkaar (Kruskal-Wallis toets, $\chi^2 = 3.424$, $p = 0.754$ voor WHO-PCDD/F-TEQ en $\chi^2 = 10.467$, $p = 0.106$ voor WHO-PCB-TEQ en $\chi^2 = 6.600$, $p = 0.359$ voor WHO-PCDD/F-PCB-TEQ).

We hebben dus geen indicaties dat puntvervuilers een belangrijke rol spelen bij de lokale vervuiling van dioxines in natuurterreinen omdat de terreinen statistisch niet van elkaar verschillen in dioxinegehalten.

Het is vooral nog een raadsel waarom tapuiten van zuid naar noord uit de Nederlandse duinstreek zijn verdwenen. Zo is de soort eerst uit Meijndel verdwenen, vervolgens uit de AWD en tenslotte sterk afgenomen in het NHD. Omdat de vegetatiestructuur en wellicht ook het voedselaanbod prima lijken, hebben we onderzocht of dioxines en PCB's een onderscheidende rol kunnen spelen. Mogelijk neemt de hoeveelheid daarvan in bodem en insecten af van zuid naar noord.

In de AWD en in Meijndel worden naast de in tabel 6 genoemde larven ook extra larven en insecten verzameld en worden bovendien grondmonsters genomen. Deze twee gebieden zijn ogenschijnlijk erg geschikt voor tapuiten maar de soort ontbreekt daar al lange tijd als

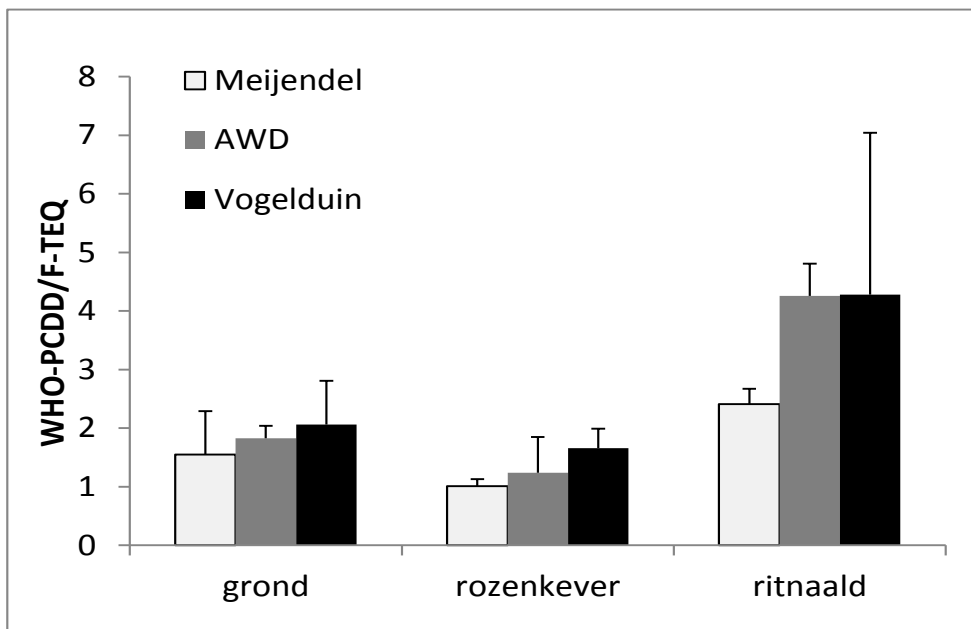
broedvogel. De gevonden waarden worden vergeleken met het Vogelduin, waar nog wel tapuiten broeden. Zo kan een eerste indruk worden gekregen van de eventuele rol die gifstoffen spelen in deze twee gebieden.

De hoeveelheden dioxines en PCB's in de grond verschillen niet tussen de drie locaties (pg WHO-PCDD/F-TEQ per g monster, Kruskal-Wallis toets, $\chi^2 = 0.68$, $p = 0.966$). Evenmin verschillen de gehalten in rozenkevers (pg WHO-PCDD/F-TEQ per g monster, $\chi^2 = 3.139$, $p = 0.208$) en ritnaalden (pg WHO-PCDD/F-TEQ per g monster, $\chi^2 = 2.40$, $p = 0.301$), zie figuur 7. In Meijendel hebben we, net als in het Vogelduin, ook enkele bovengrondse herbivore insecten doorgemeten. Ook in Meijendel bevatten deze hommels, sprinkhanen en rupsen nauwelijks dioxines (tabel 15).

We hebben tot dusver geen concrete aanwijzingen gevonden dat prooien van tapuiten in Meijendel en de AWD meer blootstaan aan dioxines dan in het NHD.

Tabel 15. WHO-PCDD/F-TEQ in pg per gram monster. Elk getal bestaat uit 3 mengmonsters. Gemiddelde \pm SD.

	Meijendel	AWD	Vogelduin
Hommel	0.012 \pm 0.011	-	-
Sprinkhaan	0.006 \pm 0.009	-	0.000 \pm 0.000
Rups	0.036 \pm 0.044	-	0.014 \pm 0.018



Figuur 7. WHO-PCDD/F-TEQ in pg per gram monster voor grond, rozenkevers en ritnaalden in de drie duinbieden. Er zijn geen noemenswaardige verschillen tussen de gebieden.

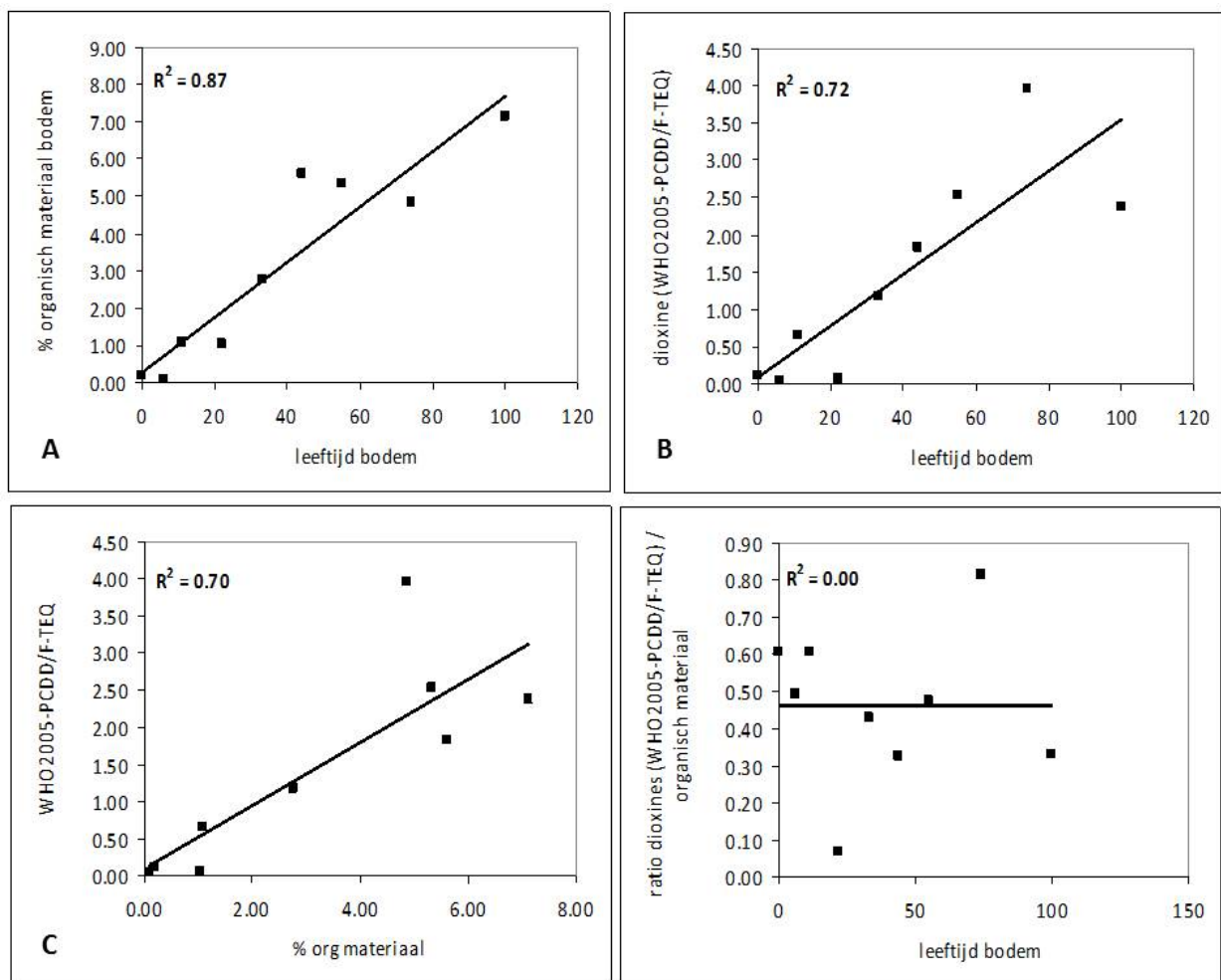


Figuur 8. De hoeveelheden WHO-PCDD/F-TEQ in larven van de rozenkever *Phyllopertha horticola* (op de Strabrechtse Heide de nauw verwante meelbloemkever *Hoplia philantus*) verschillen niet significant van elkaar in zeven locaties in Nederland. Gemiddelde ± SD, in pg/g product en tussen haken pg/g vet. Op de Hoge Veluwe zijn te weinig larven gevonden om een goede bepaling uit te kunnen voeren.

4.4. Probleem uit het verleden of het heden?

Deelvraag 4.1: In welke mate heeft de afgelopen decennia dioxinedepositie plaatsgevonden?

De dioxineuitstoot in Nederland is naar verwachting sterk afgenomen (Bremmer et al. 1993, Milieubalans 2002) waardoor de Nederlandse bijdrage aan de nationale depositie evenredig zou moeten zijn gedaald. Omdat tegenwoordig tot 90% van de depositie in Nederland uit het buitenland komt (Leonards et al. 2005) is het de vraag of depositie sterk is afgenomen door de Nederlandse maatregelen of dat door atmosferische invoer uit het buitenland de effecten van deze maatregelen (deels) verborgen blijven.



Figuur 9. A. Hoe ouder de bodem hoe hoger het percentage organisch materiaal in de bodem (Kendall's tau = 0.722, $p = 0.007$). B. Hoe ouder de bodem hoe hoger de concentratie PCDD (Kendall's tau = 0.722, $p = 0.007$). C. Hoe meer organisch materiaal, hoe meer dioxines (Kendall's tau = 0.667, $p = 0.012$). D. Met toenemende bodemleeftijd neemt de ratio "PCDD : organisch materiaal" niet toe of, vice versa, jonge bodems bevatten verhoudingsgewijs niet minder dioxines dan oudere bodems (Kendall's tau = -0.167, $p = 0.532$).

Dioxines binden sterk aan organisch materiaal in de bodem en de hoeveelheid organisch materiaal neemt toe met toenemende leeftijd van de bodem (fig. 9A). Ook dioxinegehalten nemen toe met een toenemende bodemleeftijd (fig. 9B), hetzij door toenemende hoeveelheid organisch materiaal, hetzij door een langere periode van depositie, hetzij door allebei. Hoeveelheid organisch materiaal en hoeveelheid PCDD correleren sterk (fig. 9C).

Wanneer dioxinedepositie zou zijn afgenomen (zoals aangegeven door het RIVM (Bremmer et al. 1993)), zou de ratio tussen de dioxineconcentratie en het organisch materiaal kleiner zijn in recente jaren. Dioxinegehalten in de bodems van de AWD laten dit niet zien: de ratio is niet klein in recent gestabiliseerde bodems (fig. 9D). Hoewel de steekproefgrootte gering is, wijzen deze gegevens niet op een sterk afgenomen dioxine-ophoping in de bodem in recente jaren, in ieder geval in de AWD.

5 Conclusies en discussie

5.1. De keten dioxine naar tapuitenei

Beantwoording van deze vraag neemt de onzekerheid over de bron van de besmetting voor tapuiten weg en maakt duidelijk in welke insectengroepen accumulatie plaatsvindt en via welk voedsel de zangvogels worden belast. Ook weten we in welke mate vergiften als DDT en dieldrin aanwezig zijn in tapuiteneieren en dus mogelijk ook een negatieve rol spelen.

De onderzochte bodems in de duinen en in het Aekingerzand bevatten dioxines in Nederlandse achtergrondhoeveelheden (Van den Berg et al. 1994: spreiding 1.5 – 16.4 pg I-TEQ per g bodem, n = 32 locaties op een 40x40km² grid) en er zijn geen indicaties dat deze locaties in het bijzonder vervuild zijn. Nabij locatie Vogelduin werd in 1994 een waarde van 2.6 pg I-TEQ g bodem vastgesteld, wat goed overeenkomt met de huidige resultaten. De in Nederland gemeten waarden zijn goed vergelijkbaar met waarden in andere geïndustrialiseerde landen, zoals het Verenigd Koninkrijk (Creaser et al. 1989, Harrad & Jones 1992), Duitsland (Van den Berg et al. 1994, Müller et al. 1992), Oostenrijk (Boos et al. 1992), Italië (Berlincioni & Didomenico 1987), Spanje (Eljarrat et al. 2001), naast China (Cai et al. 2008) en de VS (Mclaughlin et al. 1989).

Toch bevatten eieren van tapuiten hoge hoeveelheden dioxines: hoe kan dat?

Het blijkt dat bodemdioxine accumuleert in geleedpotigen die in de bodem leven of hun larvale stadia in de bodem doorbrengen. Hoe langer het verblijf in de bodem is, hoe sterker de accumulatie van dioxines is: zo bevatten larven van rozenkevers, die een larvaal stadium van 1 jaar hebben, minder dioxines dan ritnaalden, die verscheidene jaren in de bodem leven. Herbivore insecten die bovengronds leven bevatten vrijwel geen dioxines, omdat dioxines niet of nauwelijks in water oplosbaar zijn en dus niet in de groeiende vegetatie zitten. Atmosferische depositie van dioxines op vegetatie verklaart wellicht de kleine hoeveelheden in deze herbivore rupsen en sprinkhanen.

De sterk variërende dioxinehoeveelheden tussen insecten wordt dus sterk bepaald door hun ecologie. Het is waarschijnlijk dat de sterk variërende hoeveelheden dioxine in eieren van tapuiten binnen het Vogelduin verklaard worden door verschillende dieten. Zo leidt een dieet bestaande uit rupsen tot geringe opname van dioxine maar het eten van bodembewonende ongewervelden tot een sterke opname van dioxines.

De hoeveelheid dioxine (WHO-PCDD/F-TEQ) in ritnaalden is dermate hoog dat consumptie van grofweg 100 larven in theorie resulteert in de hoeveelheden zoals gemeten in een gemiddeld tapuitenei. Voor WHO-PCDD/F-PCB-TEQ zijn grofweg 80 ritnaalden voldoende. Dit zijn ecologisch relevante hoeveelheden, omdat ritnaalden door tapuiten vaak gevoerd worden aan hun jongen (gemiddeld 13.8 % van het dieet, gemeten in aantallen gevoerde dieren bij 11 nesten tussen 2008 en 2010. Gemiddeld 39 per dag met een spreiding van 0.3 – 212.3 per dag per nest). Omdat kniptorren meerdere jaren als ritnaald in de bodem leven zijn ze jaarrond beschikbaar, ook wanneer vrouwtjes tapuiten opvetten voor de eileg. Het ligt voor de hand dat tapuiten (de) belangrijk(st)e hoeveelheden dioxines binnenkrijgen op de broedgronden, met daarnaast wellicht nog opname op trek of in de wintergebieden.

Tapuiten brengen hun winter door in de Sahel, zoals recent ook is aangetoond voor twee Nederlandse tapuiten (Van Oosten *et al.* ongepubliceerde gegevens). Recent hebben enkele Afrikaanse landen het gebruik van DDT om malariamuggen te bestrijden weer toegestaan. Aanwezigheid van deze stoffen in tapuiteneieren zou dan ook mede verantwoordelijk kunnen zijn voor het niet-uitkomen van eieren of de embryonale afwijkingen. Analyse van tapuiteneieren afkomstig uit het Aekingerzand, Vogelduin, Uppsala (Zweden) en de Kop van Noord-Holland laat zien dat deze landbouwgiften in lage concentraties in de eieren voorkomen. Met name DDE (een afbraakproduct van DDT) is aanwezig in de eieren, en in alle vier de populaties. Op grond de maximaal toegestane residuegehalten in de EU (European Commission 2008) lijkt het onwaarschijnlijk dat de embryonale afwijkingen door de lage concentraties van deze stoffen veroorzaakt worden. De verschillen tussen eieren zijn erg groot, zo is de hoogste waarde in het Vogelduin 31 maal hoger dan de laagste waarde in het Vogelduin. De variatie in de Kop van Noord-Holland is opvallend klein. Misschien is dit een toevalseffect door een kleine steekproef van zeven eieren.

Het is frappant dat de bodem van het Vogelduin geen meetbare hoeveelheden landbouwgif bevat terwijl de daar voorkomende tapuiten wel degelijk DDE bevatten. Waarschijnlijk is deze stof dan ook grotendeels buiten de broedgebieden opgenomen, wellicht in Afrika maar ook in het Nederlandse milieu kunnen deze verboden maar persistente stoffen nog voorkomen als een erfenis uit het verleden. Anderzijds wordt het DDE-beeld vertroebeld door de hoeveelheden DDE die in graspiepers en roodborsttapuiten worden gemeten; deze verschillen niet van tapuiten. Maar genoemde twee soorten overwinteren vooral ten noorden van de Sahara wat opname uit sub-Saharaans Afrika onwaarschijnlijk maakt. Gezien de afwezigheid van DDE in bodem van beide Nederlandse broedgebieden nemen zowel piepers als roodborsttapuiten hun DDE mogelijk op in het agrarisch gebied in de winter of op trek, binnen of buiten Nederland. Mogelijk wordt DDE wel aangetroffen in landbouwbodems, uit het verleden, maar dit is in het huidig onderzoek niet onderzocht.

Tapuiteneieren uit Uppsala bevatten ook DDE en wijken niet af van het Vogelduin, terwijl ze acht keer minder dioxines bevatten. Dat duidt erop dat dioxines en DDE niet in dezelfde lokatie worden opgenomen. Gezien voortdurend gebruik van pesticiden in de Sahel wordt DDE door tapuiten voornamelijk in Afrika opgenomen, en voor een klein deel vermoedelijk ook op trek, wanneer de soort ook foerageert in het agrarisch gebied. Dioxines worden voornamelijk in de broedgebieden opgenomen: DDE en dioxines delen bepaalde chemische eigenschappen (persistentie, binding aan vet) waardoor gehalten dioxines, net als voor DDE, niet zouden verschillen tussen vogels van verschillende broedgebieden.

Ook bonte vliegenvangers overwinteren in de Sahel en broeden ondermeer in de bossen rond het Aekingerzand. Omdat dioxines accumuleren in de bodemlaag verwachtten we dat bonte vliegenvangers minder zouden blootstaan omdat ze, in tegenstelling tot tapuiten, in bomen foerageren waar rupsen een belangrijke prooigroep vormen (Sanz 1998). Hierdoor zal de dioxinebelasting naar verwachting lager uitvallen dan bij Tapuiten van het Aekingerzand. Dit is ook het geval: de vliegenvangers bevatten wel degelijk dioxines maar minder dan Tapuiten –een indicatie dat ze meer herbivore prooien eten dan Tapuiten. Gezien de aanwezigheid van dioxines in eieren van bonte vliegenvangers is het aanemelijk dat insecten die larvale stadia in de bodem of andere organisch substraat (bijvoorbeeld boomschors) hebben, maar als imago naar de boomkruinen vliegen, ook als prooi functioneren. Mogelijk

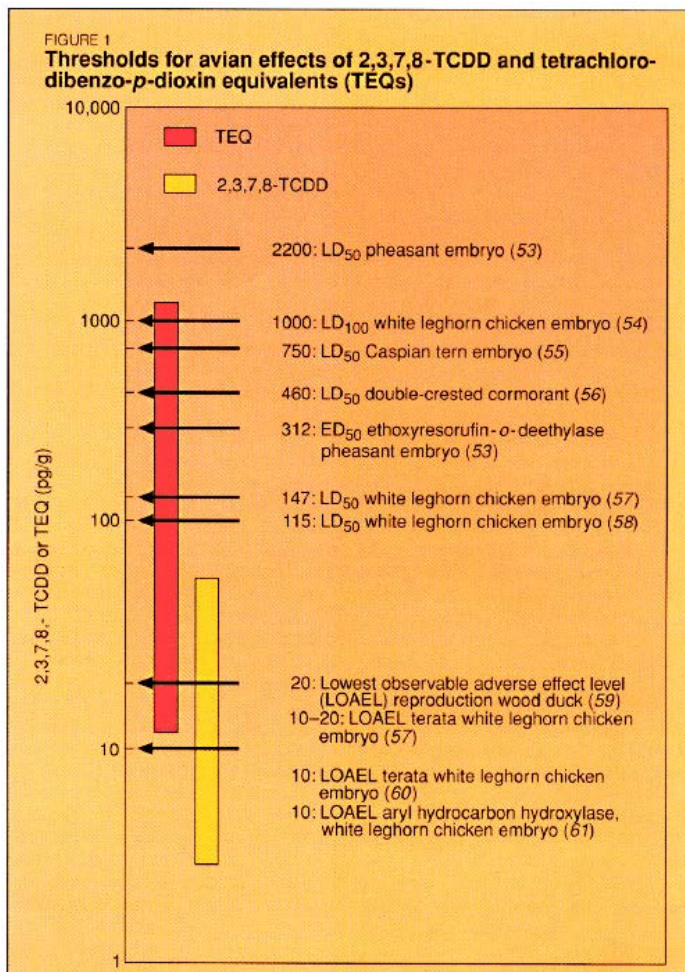
eten de vliegenvangers gedurende de eileg relatief veel prooien die uit de bodem komen omdat de rupsenpiek pas in de jongenperiode plaatsvindt.

5.2. Verbreiding onder grondfoeragerende vogels

In dit onderwerp hebben we onderzocht of vogels die op de bodem hun voedsel verzamelen in feite als groep blootstaan aan dioxines of dat dioxinevervuiling beperkt is tot tapuiten. Wanneer de onderzochte soorten (graspieper en roodborsttapuit) vergelijkbare hoeveelheden dioxines bevatten als de tapuit hebben we sterke indicaties dat grondbewonende insectivore vogelsoorten van schrale gronden (duingraslanden, schrale heides) als groep blootstaan aan dioxines.

Zowel in het Vogelduin als op het Aekingerzand zijn eieren van graspiepers vervuild met dioxines en PCBs, zij het in andere verhoudingen dan tapuiten: minder dioxines maar meer PCBs waardoor de totale giftigheid tussen de soorten niet verschilt. Ook eieren van roodborsttapuiten uit het Vogelduin bevatten dioxines en PCBs, evenveel als de daar voorkomende tapuiten. Alle drie de soorten foerageren op de grond en zijn insectivoor. De graspieper eet in de winter ook wel graszaden. Ook enkele eieren van veldleeuweriken en boomleeuweriken bevatten dioxines en PCBs; deze soorten zijn in het broedseizoen vooral insectivoor en in het winterhalfjaar ook gedeeltelijk herbi- en granivoor. Hoewel de gesommeerde giftigheid (dioxines plus PCBs) niet verschilt, verschilt de verhouding tussen dioxines en PCBs wel tussen de soorten. Het aandeel dat PCBs aan totale giftigheid bijdragen is bij graspiepers hoger dan bij tapuiten. Bij roodborsttapuiten is de verhouding hetzelfde als bij tapuiten en bij leeuweriken wellicht vergelijkbaar met graspiepers. Waarom deze verschillen optreden tussen de soorten is vooralsnog een raadsel, mogelijk vormen verschillen in dieet een verklaring. Tapuiten (Van Oosten et al., ongepubliceerde gegevens) en roodborsttapuiten (Cummins & O'Halloran 2002) eten veel kevers en hun larven, terwijl graspiepers veel minder kevers eten (Van Oosten et al., ongepubliceerde gegevens) en meer tweevleugeligen (bijvoorbeeld langpootmuggen). Of en hoe deze prooien (kevers respectievelijk tweevleugeligen) verschillen in gehalten dioxines en PCBs blijft voer voor nader onderzoek.

We hebben geen indicatie kunnen vinden dat negatieve effecten van dioxines en PCBs alleen beperkt zijn tot tapuiten –ze komen in alle onderzochte vogelsoorten voor in vergelijkbare hoeveelheden. Hierdoor is het zelfs waarschijnlijk dat zangvogels met een soortgelijke (voedsel)ecologie als de onderzochte soorten in dezelfde mate blootstaan aan deze giftige stoffen. Hiermee wordt tegelijk het belang duidelijk van dieetkennis van andere vogelsoorten om hun blootstelling te kunnen bepalen en van een veel bredere dioxine-screening onder insecten dan tot nu toe uitgevoerd.



Box 2. Hoe giftig zijn de gehalten eigenlijk?

De gemiddelde TEQ belasting voor Nederlandse tapuiten bedraagt 17 ± 11 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ per g product, met een maximum van 88 pgTEQ / g product. Gezien de waarden in figuur 10 is het niet onwaarschijnlijk dat de afwijkingen die we in tapuiteneieren zien veroorzaakt worden door gifstoffen. Helaas is bitter weinig bekend over aandoeningen bij (zang)vogels in het veld, zeker in slechts licht vervuilde gebieden zoals onze onderzoekslocaties.

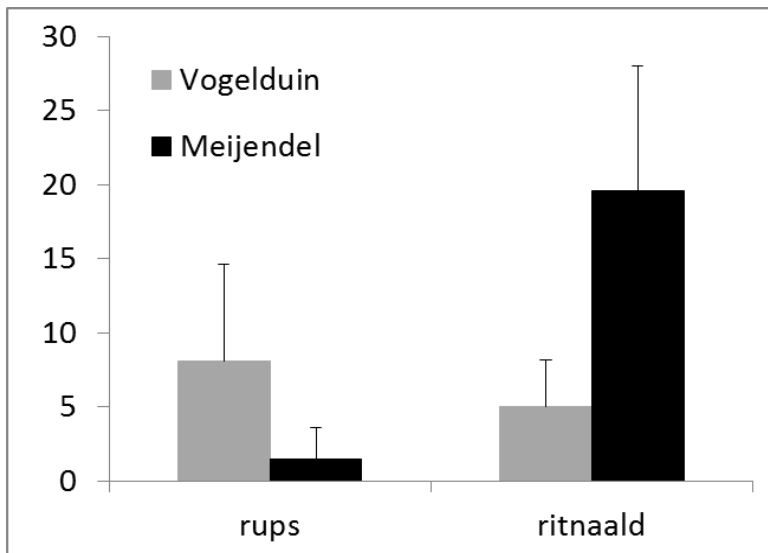
Figuur 10. Drempelwaarden voor effecten op vogels van dioxines. Overgenomen met toestemming van Giesy et al. 1994. Environ. Sci. Technol., Vol. 28, No. 3, 128-135. Copyright 1994 American Chemical Society.

5.3. Ruimtelijk verspreiding van dioxines

Om de twee tot nu toe onderzochte tapuitenpopulaties (Vogelduin en Aekingerzand) in een breder kader te plaatsen hebben we eieren uit twee additionele populaties onderzocht: de grootste Nederlandse tapuitenpopulatie in de Kop van Noord-Holland en een buitenlandse populatie nabij Uppsala in Zweden. Met name voor de Zweedse populatie verwachten we lagere dioxinegehalten in de eieren en jongen vanwege de lagere urbanisatie- en industrialisatiegraad in Zweden.

Ook tapuiten in deze beide populaties bevatten dioxines en PCBs maar minder dan in het Vogelduin en het Aekingerzand. Tapuiten uit de Uppsala populatie bevatten 8x minder dioxines dan duintapuiten uit het Vogelduin. Tapuiten in de Kop van Noord-Holland bevatten ook minder dioxines dan de Vogelduintapuiten 40 km naar het zuiden, ongeveer 50%. Dit is intrigerend vanwege de kleine afstand tussen beide populaties. De KNH populatie bevindt zich in kalkarme duinen met een schrale vegetatie terwijl de Vogelduinpopulatie zich in kalkrijke duinen met een veel minder schrale vegetatie bevindt. Door deze verschillen in vegetatie is het mogelijk dat de insectenfauna tussen beide populatie sterk verschilt, waardoor de diëten in beide populatie ook kunnen verschillen. Helaas weten we niets van prooikeuze in de Kop van Noord-Holland. Ook kan een eventueel jaareffect spelen omdat de

zeven geanalyseerde eieren uit de Kop van Noord-Holland in 2013 verzameld zijn. In het Vogelduin komt gemiddeld ongeveer 19% van de eieren niet uit (2008-2013), met sterke fluctuaties tussen jaren. In het Aekingerzand gemiddeld 14%, in de Kop van Noord-Holland 12% maar in Uppsala is dit gemiddeld zo'n 7% van alle eieren: mogelijk is hier een directe relatie met verschillende vervuilingsgraad zichtbaar maar omdat dioxine gehalten sterk variëren tussen eieren en nesten binnen een gebied is een groot aantal analyses nodig over meerdere jaren om hier meer gefundeerde conclusies over te kunnen trekken.



Figuur 11. Rupsen en ritnaalden worden beide veel gevoerd aan nestjongen van tapuiten. Rupsen bevatten vrijwel geen dioxines maar ritnaalden wel. Doordat het aanbod van beide prooien kan verschillen tussen lokaties, zoals in 2009 tussen het Vogelduin en Meijendel, zou de dioxineopname tussen gebieden sterk kunnen verschillen. Bij gebrek aan rupsen zullen tapuiten ritnaalden voeren in Meijendel, die wel beschikbaar zijn.

De tapuit is van zuid naar noord uit de Nederlandse duinen aan het verdwijnen. Dit is een patroon dat ook voor andere diersoorten is waargenomen, bijvoorbeeld grauwe klauwier, veldleeuwerik en paapje. Hoewel we vooraf een gradiënt in concentratie gifstoffen konden voorstellen vanwege de nabijheid van havens Antwerpen, Rijnmond en de grote steden Rotterdam en Den Haag, was er geen spoor te vinden van een sterkere vervuiling in door tapuiten verlaten duinen. Mogelijk heeft de voormalige verhoogde uitstoot van industrie bij IJmuiden bijgedragen aan een ondergraving van een eventuele zuid-noord gradiënt.

Toch kunnen dioxines een rol hebben gespeeld bij het verdwijnen van tapuiten uit Meijendel en de Amsterdamse Waterleidingduinen, doordat het type voedsel dat beschikbaar is een groot effect heeft op de blootstelling. Dioxines accumuleren in insecten die in de bodem leven en vrijwel helemaal niet in bovengrondse herbivoren als rupsen en sprinkhanen. Wanneer bovengrondse ('dioxinevrije') prooien minder talrijk zijn en ondergrondse ('dioxinerijke') prooien juist relatief talrijker zijn in een bepaald terrein, worden tapuiten, en

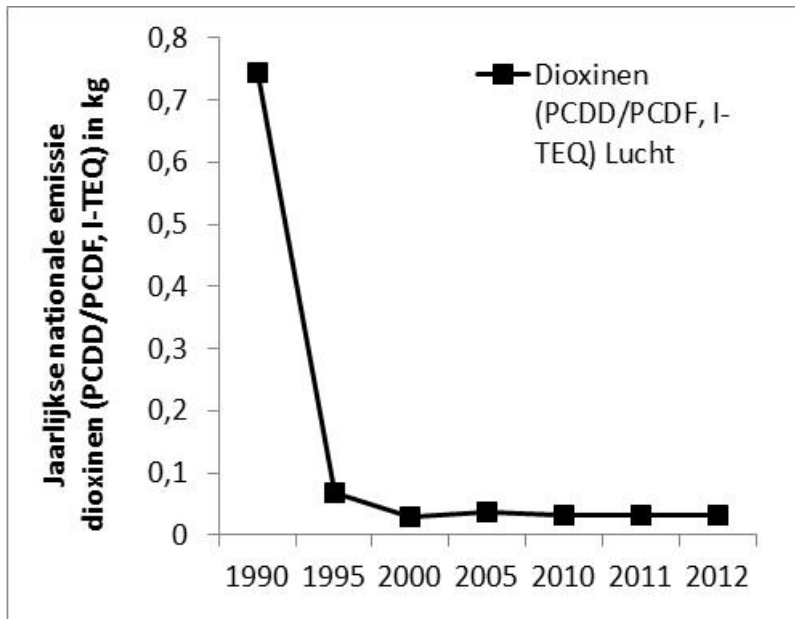
andere grondvogels, feitelijk gedwongen meer bodemdieren te eten dan in terreinen waar relatief meer bovengrondse prooien voorkomen. Dus hoewel de tapuit in allebei de terreinen meer dan genoeg prooien kan vinden, kunnen eventuele verschillen in aanbod van boven- en ondergrondse prooien toch sterk verschillende bioaccumulatie van dioxines in tapuiten bewerkstelligen. In dit verband is het intrigerend dat in 2009 meer rupsen aanwezig waren in het Vogelduin (waar tapuiten broeden) en minder ritnaalden in vergelijking met Meijndel (waar geen tapuiten broeden; fig. 11). Om meer inzicht in dit mechanisme te krijgen, moeten de insectenbemonsteringen herhaald worden, waarbij onderscheid wordt gemaakt in 'dioxinerijke' en 'dioxinearme' prooien. Hiertoe moeten ook additionele dioxinebepalingen uitgevoerd worden, omdat nu nog niet van alle typen prooien de dioxinebelasting ingeschat kan worden.

Het lijkt onwaarschijnlijk dat puntvervuilers voor lokale verhogingen van dioxineconcentraties in de bodem hebben gezorgd, omdat de dioxinegehalten in een veel gegeten prooi, de rozenkever, niet noemenswaardig verschillen op zeven lokaties in heel Nederland (Meijndel, AWD, Vogelduin, Vlieland, Aekingerzand, Strabrechtse Heide en de Brunsummerheide). Hierdoor is het waarschijnlijk dat de accumulatie zoals plaatsvindt in het Vogelduin overal in Nederland in soortgelijke schrale terreinen plaatsvindt.

5.4. Probleem uit het verleden of het heden

De dioxineuitstoot in Nederland en andere Europese landen is sinds 1990 sterk afgenomen, ondermeer door het aanbrengen van filters op afvalverbrandingsinstallaties (AVIs) en industrie (Bremmer et al. 1993, fig. 12). Wanneer de uitstoot afneemt is het aannemelijk dat ook de depositie uit de lucht afneemt. Dit zou resulteren in een lagere vervuilingsgraad van de organische lagen van recent gevormde bodems. De accumulatie van dioxines in terrestrische voedselketens, zoals we de hier beschrijven, zou dan veel langzamer verlopen.

Duingraslanden ontstaan wanneer stuivend zand aan dynamiek verliest en pionierssoorten het zand gaan vastleggen. Vervolgens verschijnt er een karakteristieke flora en fauna die aangepast is aan dit voedselarme milieu. Na verloop van tijd wordt er een organische (humus)laag opgebouwd in de bodem, waar vervolgens dioxines en PCBs aan kunnen binden. Onderzoeksbureau KWR en het IBED (UvA) hebben in een onderzoek naar duingraslanden in de AWD nauwkeurig de leeftijd van de bodems kunnen bepalen aan de hand van luchtfoto's. Die bodems hebben we in deze studie kunnen gebruiken om te onderzoeken of de dioxinegehalten in recente bodems (na 1990) naar rato lager zijn dan in oudere bodems. Omdat dioxine sterk bindt aan organisch materiaal en omdat zowel organisch materiaal als dioxines toenemen naarmate bodems ouder worden, hebben we de ratio dioxine / percentage organisch materiaal bepaald. Wanneer de depositie zou zijn afgenomen, zou deze ratio kleiner zijn na 1990 (want: minder uitstoot en dus neerslag van dioxines). Ondanks de sterk afgenomen dioxineuitstoot in Nederland hebben we geen indicaties kunnen vinden dat de accumulatie van dioxine in de bodem is afgenomen, omdat bodems na 1990 in de AWD naar rato gelijkwaardig bedekt zijn met dioxines als bodems die voor 1990 zijn gevormd. De steekproefgrootte is echter nu nog te klein om deze conclusie te kunnen extrapoleren voor heel Nederland.



Figuur 12. De dioxine-uitstoot in Nederland is sterk afgenomen sinds 1990 (bron: Rijksoverheid, www.emissieregistratie.nl).

Bovendien kan dioxinehoudend organisch materiaal uit nabijgelegen terreindelen op de recente bodems zijn gewaaid (herbesmetting). Anderzijds kan de uitkomst toch een wijder verbreid fenomeen indiceren, aangezien in 2000 meer dan 90% van de atmosferische dioxinedepositie van buitenlandse origine is (Leonards *et al.* 2005 RIVO 2005) en voor meer dan de helft afkomstig uit België.

Een grotere steekproef in meer studiegebieden om de huidige depositie en accumulatie te bepalen is wenselijk om de consequenties voor beheer- en inrichtingsmaatregelen in de natuurterreinen in te schatten. Eventuele voortdurende depositie biedt weinig kansen voor mitigerende maatregelen, een sterk afgenomen depositie wel. Zo kan (o)verstuiving van oude bodems op gang gebracht worden om daardoor de vorming van nieuwe duinbodems met een lichtere graad van vervuiling te initiëren.

6 Mogelijke vervolgstappen

In dit onderzoek hebben we aangetoond dat bioaccumulatie van dioxines op veel locaties in Nederland plaatsvindt in bodembewonende ongewervelden die als prooi dienen voor insectenetende grond-foeragerende zangvogels. De dioxineconcentraties in eieren van de tapuit, graspieper en roodborsttapuit zijn hoog, tot niveaus die bij andere vogelsoorten aantoonbaar tot effecten op eieren en embryo's leiden. Daarnaast zagen we dat niet alleen eieren van grond-foeragerende zangvogels dioxines bevatten, maar ook soorten die in bomen voedsel zoeken, zoals de bonte vliegenvanger. Deze resultaten leiden tot de onderstaande vervolgvragen.

(1) Leiden de dioxineconcentraties zoals aangetroffen in eieren van Nederlandse tapuiten inderdaad tot biologische effecten, en de concentraties in Zweedse eieren niet?

Hiertoe willen we concentraten van eieren op vogelcellijnen toepassen om enzymactiviteit (Calux essay) te bepalen. Indien de aangetroffen gehalten in eieren inderdaad leiden tot veranderende enzymactiviteit, zijn biologische effecten zeer aannemelijk. N.B. om de causale relatie tussen de waargenomen effecten op eieren en embryo's en de aangetroffen dioxinewaarden in eieren aan te tonen, is een experiment met een kweeklijn van vogels nodig om via aangeboden prooien met verschillen in dioxinegehalten de LD50 te bepalen. Dit is echter zowel uit ethisch als logistiek oogpunt niet wenselijk.

(2) Welke vogelgroepen zijn gevoelig voor dioxinevervuiling?

Aangezien de dioxines via het voedsel worden opgenomen, wordt verwacht dat het uitkomstsucces voor vogels met een ander dieet dan grond-foeragerende insectivore vogelsoorten, zoals zaadeters of kroonlaag-foerageerders, hoger is. We kunnen hiervoor eerst een literatuurstudie uitvoeren en de data uit het Nestkaart-project van Sovon analyseren, om uitkomstsucces per ecologische groep te bepalen. Zo krijgen we een eerste indruk van eventuele dieet-gerelateerde verschillen in uitkomstsucces. Op basis van deze studie selecteren we een aantal vogelsoorten waarvan we dioxinegehalten in de eieren willen gaan bepalen: zowel soorten met een verwachte hoog uitkomstsucces als soorten met een verwachte laag uitkomstsucces.

(3) Welke ecosystemen zijn gevoelig voor bioaccumulatie van dioxines en welke niet of minder?

De tot nu toe onderzochte vogelsoorten komen vooral voor in meer of minder natuurlijke (half)open graslanden. De hoge dioxineconcentraties in eieren van bonte vliegenvanger doen vermoeden dat het mechanisme van accumulatie van dioxines in ongewervelde prooien voor hogere trofische niveaus ook in andere ecosystemen voorkomt. Dioxines komen immers in dezelfde lage achtergrondwaarden in vrijwel alle ecosystemen voor waar een organische laag aanwezig is, zoals bosbodems, heideterreinen, veenbodems, op boomschors, etc. Het is onduidelijk hoeveel dioxines in deze ecosystemen in de verschillende organische fracties aanwezig zijn en of in deze fractie dioxines accumuleren in ongewervelden die als prooi dienen voor hogere trofische niveaus.

Om dit inzichtelijk te maken willen we de dioxineconcentraties bepalen in zowel de organische fracties als in de ongewervelden die hiervan leven in verschillende systemen. Verwacht wordt dat vogels die voorkomen in ecosystemen met een dunne organische bodemlaag meer dioxines zullen opnemen dan vogels die hun voedsel zoeken in dikke organische lagen, aangezien arthropoden in een dikke organische laag geregeld onder de dioxinerijke bovenlaag komen en daardoor minder accumuleren.

(4) Is een verschil in prooiaanbod voor tapuiten sturend voor de blootstelling aan dioxines?

Om handelingsperspectief te ontwikkelen willen we nagaan of beheer- en inrichtingsmaatregelen de verhouding in abundantie tussen verschillende prooien kan beïnvloeden. We stellen voor om op een aantal lokaties langs de kust, in voor tapuiten ogenschijnlijk geschikte terreinen, tenminste twee jaar bemonsteringen van tapuitenprooien uit te voeren. Door zowel de abundantie van deze prooien te bepalen als de dioxinegehaltenes per terrein kan worden vastgesteld of er verschillen zijn in aantallen dioxinevrije en -rijke prooien tussen gebieden waar wel en waar geen tapuiten voorkomen als broedvogel en in hoeverre deze verschillen elk jaar optreden.

Dankwoord

Onze dank gaat uit naar alle partijen die dit onderzoek mogelijk hebben gemaakt, hetzij financieel hetzij door toestemming te verlenen hun terreinen te betreden voor bemonstering, of beide: Ministerie van Economische Zaken, Dunea duin & water, Waternet, PWN, Vogelbescherming Nederland, Landschap Noord-Holland, Staatsbosbeheer, Provincie Drenthe, Natuurmonumenten en NP De Hoge Veluwe.

Daarnaast willen we graag Camiel Aggenbach (KWR) hartelijk danken voor het beschikbaar stellen van grondmonsters uit de Amsterdamse Waterleidingduinen. Frank Majoor (Sovon), Stef Waasdorp, Remco Versluijs en Theo Peeters danken we voor het verzamelen van monsters. Tenslotte bedanken we Wim Traag en Stefan van Leeuwen (RIKILT) voor de uitgebreide analyse van alle monsters en hulp met de interpretatie daarvan.

Literatuur

- Aggenbach CJS, Kooijman A.M., Bartholomeus, R.P & Fujita Y 2013. Herstelbaarheid van droge duingraslanden in relatie tot accumulatie van organische stof en stikstof in de bodem. KWR Water Cycle Research Institute, Nieuwegein.
- Berlincioni M & Didomenico A 1987. Polychlorodibenzo-Para-Dioxins and polychlorodibenzofurans in the Soil near the Municipal Incinerator of Florence, Italy. *Environmental Science & Technology* 21: 1063.
- Boele A, van Bruggen J, Hustings F, Koffijberg K, Vergeer JW & Plate CL 2014. Sovon-rapport 2014/13. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Boos R, Himsl A, Wurst F, Prey T, Scheidl K, Sperka G & Gläser O 1992. Determination of PCDDs and PCDFs in soil samples from Salzburg, Austria. *Chemosphere* 25: 283.
- Bremmer HJ, Troost LM, Kuipers G, De Koning J. & Sein AA 1993. Emissies van dioxinen in Nederland. Rapport No. 770501003, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven.
- Brzuzy LP & Hites RA 1995. Estimating the atmospheric deposition of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans from soils. *Environmental Science & Technology* 29: 2090-2098.
- Cai QY, Mo CH, Wu QT, Katsoyiannis A & Zeng QY 2008. The status of soil contamination by semivolatile organic chemicals (SVOCs) in China: A review. *Science of the Total Environment* 389: 209.
- Creaser CS, Fernandes AR, Al-Haddad A, Harrad SJ, Homer RB, Skett PW & Cox EA. 1989. Survey of background levels of PCDDs and PCDFs in UK soils. *Chemosphere* 18: 767
- Cummins S & O'Halloran J 2002. An assessment of the diet of nestling Stonechats *Saxicola torquata* using compositional analysis. *Bird Study* 49: 139.
- Custer CM, Custer TW, Rosiu CJ, Melancon MJ, Bickham JW & Matson CW 2005, Exposure and effects of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin in tree swallows (*Tachycineta bicolor*) nesting along the Woonasquatucket River, Rhode Island, USA. *Environ. Toxicol. Chem.* 24, 93-109.
- Eljarrat E, Caixach J & Rivera J 2001. Levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in soil samples from Spain. *Chemosphere* 44: 1383.
- European Commission (EC) Regulation No 149/2008 of 29 January 2008 amending Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council by establishing Annexes II, III and IV setting maximum residue levels for products covered by Annex I thereto. *Official Journal of the European Union* L 058, 01/03/2008
- European Commission (EC) Regulation No 1259/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for dioxins, dioxin-like PCBs and non-dioxin-like PCBs in foodstuffs. *Official Journal of the European Union* L 320/18, 03/12/2011
- Fenton FA 1926. Observations on the biology of *Melanotus communis* and *Melanotus pilosus*. *Journal of Economic Entomology* 19: 502-504.
- Giesy, JP, Ludwig, JP & Tillitt, DE 1994. Deformities in birds of the Great Lakes region. Assigning causality. *Environmental science & technology*, 28(3), 128A-135A.

- Harrad SJ & Jones KC 1992. A Source Inventory and Budget for Chlorinated Dioxins and Furans in the United-Kingdom Environment. *Science of the Total Environment* 126: 89.
- Jones KC & de Voogt P 1999. Persistent organic pollutants (POPs): state of the science. *Environmental Pollution* 100: 209-221.
- Kitunen VH & Salkinoja-Salonen MS 1990. Soil contamination at abandoned sawmill areas. *Chemosphere* 20: 1671-1677.
- Langeweg F, van den Berg R, Slob W, de Jong APJM, Derks HJGM, van Jaarsveld JA & Matthijssen AJCM 1990. Evaluatie van de relaties van dioxineemissiemetingen aan de AVI-Zaanstad met gehalten in grond en melk in de omgeving. Rapport no. 730501025. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, 1990.
- Leonards PEG, Dulfer WJ, Evers EHG & Van de Guchte C 2005. Inventarisatie en evaluatie dioxinen in het Nederlandse aquatische milieu: status 2005. Herziene versie. Rapport no. C061/05-A. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV.
- Liem AKD, Mennen MG, Fortezza F, Groenemeijer GS & Den Hartog RS 1998. Determination of dioxin concentrations in soil as a result of emissions from an aluminium-smelting works. Report No. 609023001. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Mclaughlin DL, Pearson RG & Clement RE 1989. Concentrations of Chlorinated Dibenzo-Para-Dioxins (Cdd) and Dibenzofurans (Cdf) in Soil from the Vicinity of a Large Refuse Incinerator in Hamilton Ontario. *Chemosphere* 18: 851.
- Milieubalans 2002. Milieu- en natuurplanbureau –RIVM, Bilthoven.
- Müller U, Hennings V & Horn A 1992. Hintergrundbelastung niedersächsischer Böden mit polychlorierter Biphenylen und Polychlordibenzodioxinen/-furanen. *Wasser und Boden* 9: 571.
- PECBMS. Trends of common birds in Europe, 2010 update. (2010).
- Leonards PEG, Dulfer WJ, Evers EHG & Van de Guchte C. Inventarisatie en evaluatie dioxinen in het Nederlandse aquatische milieu: status 2005, herziene versie. Rapport Nummer: C061/05-A Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV 2005. IJmuiden.
- Sanz JJ 1998. Effect of habitat and latitude on nestling diet of Pied Flycatchers *Ficedula hypoleuca*. *Ardea* 86: 81.
- Schmid P, Gujer E, Zennegg M, Bucheli TD & Desaulles A 2005. Correlation of PCDD/F and PCB concentrations in soil samples from the Swiss soil monitoring network (NABO) to specific parameters of the observation sites. *Chemosphere* 58: 227-234.
- UK Biodiversity Group Tranche 2 Action Plans 1999. Volume IV: Invertebrates, p.107
- USEPA 2007. Pilot survey of levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans, polychlorinated biphenyls, and mercury in rural soils of the United States. National Center for Environmental Assessment, Washington DC.
- Van den Berg R, Hoogerbrugge R, Groenemeijer GS, Gast LFL & Liem AKD 1994. Achtergrondgehalten van dioxinen in de Nederlandse bodem. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM), Bilthoven.
- Van Turnhout CAM, Foppen RPB, Leuven R, Van Strien A & Siepel H 2010. Life-history and ecological correlates of population change in Dutch breeding birds. *Biological Conservation* 143: 173.
- Vikelsø J 2004. Dioxin in Danish Soil. A Field Study of Selected Urban and Rural Locations. The Danish Dioxin Monitoring Programme I., 52 (National Environmental Research Institute, Denmark).

Bijlage 1: Samenstelling begeleidingscommissie

De begeleidingscommissie van dit project bestaat uit:

Dr. D. Groenendijk	PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland
H. Lucas	Dunea
Ing. V. van der Spek	Waternet
Drs. R. Kwak	Vogelbescherming Nederland
W.A. Traag	RIKILT
Dr. Ing. S.P.J. van Leeuwen	RIKILT
Prof. Dr. M. van den Berg	Universiteit Utrecht (UU)
Prof. Dr. H. Siepel	Radboud Universiteit Nijmegen (RU)
Prof. Dr. C. Both	Rijksuniversiteit Groningen (RUG)
Ing. C. Luttikhuisen	Ministerie van Infrastructuur & Milieu
C. Molenaar	Ministerie van Infrastructuur & Milieu
Dr. E. Knegering	Ministerie van Economische Zaken
Dr. EJ Lammerts	Staatsbosbeheer
Drs. M. Witteveldt	Landschap Noord-Holland

Stichting Bargerveen

Postbus 9100
6500 GL Nijmegen

Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
T (024) 74 10 700
www.StichtingBargerveen.nl

