



Blootstelling van ingekorven vleermuis aan pesticiden

René Janssen
Adriaan Guldmond
Joost Lommen
& **Peter Leendertse**

Vleermuizen vervullen een nuttige functie als insectenbestrijders. Dat is echter niet zonder risico. Tijdens het foerageren en ook op hun verblijfplaatsen kunnen dieren via verschillende contaminieroutes pesticiden opnemen. De vraag is hoe groot de huidige blootstelling aan pesticiden is en of dit een risico oplevert voor de verschillende vleermuissoorten. Het hier gepresenteerde onderzoek laat zien wat de pesticidenbelasting is van de ingekorven vleermuis (*Myotis emarginatus*) in drie kraamverblijfplaatsen in Limburg: Abdij Lilbosch, Maria Hoop en Eijsden.

Vleermuizen en pesticiden

Door hun hoge metabolisme hebben vleermuizen een hoge energiebehoefte, waardoor individuele vleermuizen enkele honderden insecten per nacht eten. Daarmee kunnen ze onbedoeld ook veel bestrijdingsmiddelen binnen krijgen. Het gebruik van de pesticiden PCP, lindaan en DDT in de landbouw en als houtconservering heeft in de jaren '60 en '70 mede voor een sterke achteruitgang van vleermuizen gezorgd. Bayat et al. (2014) laten in hun review verschillende effecten zien van pesticiden op vleermuizen. Zo blijken lindaan, DDT en

PCP in lage doses acuut dodelijk. Daarnaast hopen sommige pesticiden zich op in het vetweefsel. Vleermuizen spreken deze vetreserves vooral tijdens de winterslaap aan, waarbij de gifstoffen vrijkomen en daardoor een risico vormen op extra sterfte. Tevens bestaat de kans dat juveniele vleermuizen via de moedermelk pesticiden binnenkrijgen. Persistente pesticiden als PCP, lindaan en DDT zijn inmiddels verboden en vervangen door andere, minder persistente middelen. Echter zijn ook deze nieuwe middelen niet zonder risico's. Er kunnen chronische

Foto 1. Ingekorven vlemmuizen jagend op stalvliegen die paren op het plafond (foto: René Janssen).

effecten optreden die leiden tot een verminderde overlevingskans van dieren. Bovendien is de belasting met nieuwe middelen soms groter, doordat insecten resistentie opbouwen tegen toegepaste insecticiden. Onder andere Akiner & Çağlar (2012) tonen resistentie van de huisvlieg (*Musca domestica*) aan bij 15 verschillende insecticiden, waaronder deltamethrin en permethrin. Ook resistentie van de huisvlieg voor imidacloprid in veestallen is aangetoond (Kaufman et al., 2010). Door deze resistentie blijven vliegen met de pesticiden (langer) in leven, waardoor de kans groter is dat deze stoffen via het voedsel in vlemmuizen komt. Ook voor nieuwe bestrijdingsmiddelen is het dus van belang te weten in welke mate ze door vlemmuizen worden opgenomen, zodat op basis daarvan kan worden nagegaan wat mogelijke risico's zijn voor instandhouding van de populatie.

Naast (potentiële) blootstelling aan pesticiden neemt ook de beschikbare insectenbiomassa af. Er is een (correlatief) verband aangetoond tussen de achteruitgang van boerenlandvogels en de aanwezigheid van pesticiden in het oppervlaktewater, wat waarschijnlijk wordt veroorzaakt door minder beschikbare biomassa voor boerenlandvogels (Hallmann et al., 2014). Ook voor vlemmuizen kan gelden dat er door insecticidegebruik dan wel schaalvergroting minder voedsel beschikbaar is voor vlemmuizen. Schillemans et al. (2016) waarschuwen hiervoor bij de ingekorven vlemmuus in Midden-Limburg.

De ingekorven vlemmuus als modelsoort

Om blootstelling aan pesticiden te onderzoeken is gekozen voor de ingekorven vlemmuus als modelsoort. De soort jaagt op stal- en huisvliegen in veestallen waarmee het één van de vlemmuisoorten is die een belangrijke ecosystemedienst aan veehouders levert (Janssen & Dekeukeleire, 2015). In de stallen komt de soort potentieel in contact met bestrijdingsmiddelen die worden gebruikt om overlast van met name vliegen tegen te gaan (foto 1). Voor een onderzoek naar de toekomstperspectieven voor ingekorven vlemmuus in veestallen in Midden-Limburg zijn interviews afgenomen bij veehouders. Hieruit blijkt dat bij een te grote overlast van stal- en/of huisvliegen deze bestreden worden met verschillende soorten insecticiden. Deze

chemische middelen worden over de rug van het vee gegoten ('pour on' vloeistof), verneveld, oraal via bollussen toegediend, geïnjecteerd of via flappen aan het oormerk gehangen. In de stal worden ze gestrooid (korrels), verneveld (aerosolen) of op de muur, mestkelder, mestroosters en vloer gestreken of gespoten (Schillemans et al., 2016).

Ingekorven vlemmuus jaagt niet alleen in stallen, maar foerageert ook in bossen en in bomenlanen langs agrarisch gebied. Deze lanen dienen tevens als verbindings-elementen tussen verblijfplaats en foerageergebieden (Dekker et al., 2014). Een extra reden om voor ingekorven vlemmuus te kiezen is dat deze soort is beschermd onder de Habitatrichtlijn II en IV en Nederland daardoor een belangrijke opgave heeft om de soort te beschermen. De soort komt in Nederland alleen voor in Zuid- en Midden-Limburg op zolders en in stallen. De vrouwtjes van ingekorven vlemmuizen vormen grote kraamkolonies die vrij hangend te vinden zijn op warme zolders en in boerenstallen (foto 2). De kraamkolonies in de Abdij Lilbosch en het voormalig klooster Maria Hoop zijn aangewezen als Natura-2000 gebied voor deze soort.

Monsterverzameling en analyse

Voor de analyse van de pesticidenbelasting bij ingekorven vlemmuus zijn in drie kraamkolonies (Maria Hoop, Lilbosch en Eijsden) telkens drie verschillende types monsters genomen. Vlemmuismest, dode vlemmuizen en houtschaafsel van de balken waaraan de vlemmuizen hingen, werden verzameld. Doordat een monster een minimale gewichtshoeveelheid nodig heeft om een betrouwbare analyse te kunnen doen, zijn monsters van eenzelfde zolder samengevoegd. Omdat Lilbosch drie verschillende hangplaatsen in drie verschillende gebouwen kent, zijn van deze plaatsen afzonderlijke houtmonsters en op twee locaties mestmonsters genomen. De mestmonsters zijn een verzameling van keutels van verschillende vlemmuus-individueen die op een schoon plastic vel in één maand zijn opgevangen in 2013, 2014 of 2015. Met het analyseren van de vlemmuismest voor het onderzoek naar de (potentiële) pesticidenbelasting wordt hierdoor naar (een deel van) een kraamgroep gekeken. Hierdoor worden gegevens verkregen over pesticiden die door meerdere vlemmuizen zijn opgenomen en via de vlemmuismest uitgescheiden zijn.

Houtmonsters zijn in 2015 genomen door met een rasp schaaftsel van het hout te halen op de plekken waar dieren zich bevinden.

De dode vlemmuizen zijn in 2013 tot en met 2015 verzameld. Alle monsters zijn droog bewaard. Een uitgebreidere beschrijving van de monsterverzameling is te vinden in Guldemon et al. (2016).

Mest, dode dieren en houtschaafselmonsters zijn door het Eurofins laboratorium Zeeuws-Vlaanderen geanalyseerd op pesticiden met behulp van twee methoden: GC-MSMS (gaschromatografie) en LC-MSMS (liquid chromatografie), waarbij bij beide methoden gebruik is gemaakt van een verbeterde massaspectrometrie. Met deze methode kunnen 764 werkzame stoffen en metabolieten (afbraakproduct) van pesticiden worden gedetecteerd.

Aangetroffen pesticiden

In de dode vlemmuizen en de vlemmuizenmest zijn veertien verschillende pesticiden aangetroffen. De aangetroffen concentraties variëren, ook tussen de locaties. Niet alleen zijn 'klassieke' (en al lange tijd verboden) insecticiden, zoals DDT, aangetroffen, maar ook nieuwere stoffen, zoals permethrin, de neonicotinoïden imidacloprid en thiametoxam, de herbiciden mecoprop en nicosulfuron, en fungiciden, zoals iprodion en propiconazool. Pesticiden, zoals imidacloprid, propoxur, thiametoxam, nicosulfuron en iprodion zijn voor zover ons bekend nog niet eerder gerapporteerd in dode vlemmuizen of hun mest. Een overzicht van alle gevonden stoffen, het aantal genomen monsters per type alsmede de gevonden concentraties staat in tabel 1.

Stoffen die in relatief hoge concentraties (> 0,2 mg/kg) zijn aangetroffen in dode vlemmuizen en mest van vlemmuizen zijn DDT en permethrin. DDT is aangetroffen in dode vlemmuizen en mest in Lilbosch, met 0,2 mg/kg als hoogste waarde, en in Maria Hoop alleen in dode vlemmuizen met 0,097 mg/kg als hoogste waarde. In beide gevallen is DDT ook aangetroffen in het hout waar het waarschijnlijk vroeger als houtverduurzamingsmiddel is toegepast. In Eijsden is wel DDT aangetroffen in de dode vlemmuizen (0,37 mg/kg), maar niet in de mest- en houtmonsters. De concentraties permethrin in de vlemmuizen in Lilbosch (1,5 mg/kg) en Maria Hoop (2,4 mg/kg) zijn opvallend hoog. De stof wordt daar ook aangetroffen in de vlemmuismest. Ook wordt de stof in zeer hoge concentra-

Stof	Aantal monsters	Lilbosch			Maria Hoop			Eijsden		
		Dode vleermuis	Mestmonster	Hout-schaafsel	Dode vleermuis	Mestmonster	Hout-schaafsel	Dode vleermuis	Mestmonster	Hout-schaafsel
		1	2	3	1	1	2	1	1	1
Anthrachinon		0,067	0,031 0,076	0,34 0,12 0,06	<0,01	0,021	0,3 0			
Azaconazole										0,57
Carbofuran										0,013
Chlorothalonil-4-hydroxy								0,013		0,019
Cyfluthrin							1,1 0			
DDT(som)		0,20	< 0,01 0,061	0,12 0,022 0	0,097		0,53 0	0,042 0,37		
DEET		0,059	< 0,01 0	0,016 0 0	0,027	<0,01	0,039 0	<0,01	0,04	<0,01
Deltamethrin							10 0		0,022	3,1
Dichlofluanide (DMSA)				0,22 0,082 0,019						
Diflubenzuron			0,068 0,013				0,11 0			
Fenpropidin										0,01
Fluroxypyr 1-methylheptylester										<0,01
Imidacloprid			0,01 0							
Iprodion									0,14	
Lindaan										0,13
Mecoprop								<0,01	<0,01	0,041
Nicosulfuron								<0,01		
Pendimethalin				0,014 0 0			0,014 0			
Permethrin (som)		1,5	0,41 <0,02	1500 86 0,74	2,4	0,32	320 0			
Propiconazool				0,076 0 0		0,034	0,034 0			
Propoxur		0,048	0,075 0							
Tebuconazool				0,051 0 0						
Thiamethoxam						0,014				
Tolyfluanide (DMST)				0,016 0 0						0,029

Tabel 1. Aangetroffen pesticiden in de drie types monsters: dode vleermuizen, vleermuis-mest en hout-monsters, op de drie bemonsterde kraam-verblijfplaatsen van de ingekorven vleermuis in Midden- en Zuid-Limburg. Vermeld zijn het aantal onderzochte monsters per locatie en de gemeten concentratie(s) (mg/kg). <0,01 mg/kg betekent dat het middel wel is aangetroffen, in concentratie lager dan 0,01, terwijl de exacte concentratie niet is vast te stellen.

ties aangetroffen in het hout op beide locaties (350-1500 mg/kg). Permethrin heeft sinds 1999 geen toelating meer als gewasbeschermingsmiddel, maar wel als houtverduurzamingsmiddel. Deze stof is dan ook zeer waarschijnlijk via het hout in de vleermuizen terecht gekomen. In Eijsden is deze stof in geen van de drie type monsters aangetroffen. Van de 12 overige stoffen die in dode

vleermuizen en vleermuis-mest zijn gevonden zijn de concentraties in vleermuizen en mest lager. Het insecticide propoxur is in relatief hoge concentraties aangetroffen in Lilbosch in de dode vleermuizen (0,048 mg/kg) en mest (0,075 mg/kg). De concentraties van de overige stoffen variëren van <0,01 mg/kg voor mecoprop tot 0,068 mg/kg voor diflubenzuron.

Contaminatieroutes

Vleermuizen kunnen op verschillende manieren blootgesteld worden aan pesticiden. Pesticiden kunnen binnenkomen via het voedsel dat ze eten in stallen en in de nabijheid van gewassen, of via het hout waar ze op de verblijfplaats aan hangen en waar houtconserveringsstoffen in zitten (tabel 2). Houtconservering in oude gebouwen waar vleermuizen huizen, vindt heden



Foto 2. Vrouwtjes ingekorven vleermuizen kunnen in grote kraamgroepen hangen op zolders en in stallen. Hier een kraamgroep ingekorven vleermuizen in het Natura2000-verblijf Maria Hoop. Dit is één van de drie kraamverblijven dat is onderzocht door analyse van mestmonsters, dode vleermuizen en houtmonsters (foto: René Janssen).

ten dage nog steeds plaats met pesticiden. In de huidige landbouw wordt ook gebruik gemaakt van verschillende insecticiden, fungiciden en herbiciden, afhankelijk van de teelten die worden verbouwd. Insecten die in contact zijn gekomen met voor hen niet-dodelijke pesticiden kunnen zich verspreiden van de behandelde landbouwgewassen naar de foerageergebieden – bosranden en lanen – van ingekorven vlee-

muizen, waar zij worden opgegeten. Ook bestaat de kans dat door drift van pesticiden vleermuizen met pesticiden besmette insecten eten. Mogelijk, maar minder waarschijnlijk, krijgen ze pesticiden binnen via het drinken van vervuild water. De meeste aangetroffen pesticiden in de bemonsterde dode vleermuizen en de vleermuisemestmonsters komen waarschijnlijk door onlangs tot in

het verdere verleden uitgevoerde houtverduurzaming op de verblijfplaatsen. Doordat de vleermuizen met hun achterpoten aan de balken hangen en met hun poten hun vacht poetsen en daarbij hun poten aflikken, komen de stoffen in de vleermuis. Ook kunnen stoffen via de huid in het lichaam komen. De houten balken van de drie onderzochte vleermuisverblijfplaatsen bevatten 19 verschillende pesticiden, waarvan er negen ook in de dode vleermuizen en vleermuisemest zijn aangetroffen. In 2011 en 2012 zijn de zolders van het voormalig klooster Maria Hoop en Abdij Lil-

Vastgestelde stof	in hout én in dode vleermuizen of mest										alleen in vleermuizen en/of mest				alleen in hout										
	Anthrachinon	Chlorothalonil-4-hydroxy	DDT (som)	DEET	Deltamethrin	Diflubenzuron	Mecoprop	Permethrin	Propiconazool (som)	Imidacloprid	Iprodion	Nicosulfuron	Propoxur	Thiamethoxam (som)	Azaconazole	Carbofuran	Cyfluthrin	Dichlofluamide (DMSA)	Fenpropidin	Fluroxypr 1-methylheptylester	Lindaan	Pendimethalin	Tebuconazool	Tolyfluamide (DMST)	
Aangetroffen in:																									
in hout	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
in dode vleermuis	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
in mest	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Stof werkzaam als:		F	I		I	I	H	I	F	I	F	H	I	I	F	I	I	F	F	H	I	H	F	F	
Toegelaten als:																									
Houtverduurzamingsmiddel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Anti-vliegenmiddel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Gewasbeschermingsmiddel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabel 2. De mogelijke herkomst van de aangetroffen stoffen in de verschillende type monsters.

Legenda F: fungicide ● nee
 I: insecticide ● ja
 H: herbicide ● niet meer

bosch nabehandeld met permethrin. Dit is terug te zien in de hoge concentraties in het hout en de gevonden concentraties van deze stof in de mest en dode vleermuizen. Gelet op de aangetroffen pesticiden in de houtschaafselmonsters is het hout van de drie onderzochte kraamverblijven waarschijnlijk meermaals behandeld. Het is aannemelijk dat pesticiden uit anti-vliegenmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen via het foerageren op insecten in de dode ingekorven vleermuizen en hun mest terecht zijn gekomen. De herbicide nicosulfuron en een fungicide iprodion zijn tevens in de vleermuis(mest) gevonden. Omdat deze stoffen niet in het hout zijn aangetroffen, vormt dit een aanwijzing dat de ingekorven vleermuizen deze stoffen waarschijnlijk ook via het voedsel hebben binnengekregen. De insecticide propoxur is in lage concentraties aangetroffen in Lilbosch in de dode vleermuizen, mest en het hout. De herkomst van deze stof is niet duidelijk.

Toxische effecten

Van maar enkele van de vele aangetroffen pesticiden in de mest en de dode vleermuizen zijn effecten op vleermuizen bekend. Hierdoor is het niet aan te geven in welke mate de gevonden pesticiden een negatief effect hebben op de vleermuizen. De giftigheid van stoffen wordt vaak uitgedrukt als de lethale dosis LD₅₀ bij ratten die als proefdieren zijn toegepast. Deze gegevens zijn niet bruikbaar voor vleermuizen, omdat uit meerdere studies blijkt dat ratten minder gevoelig zijn voor pesticiden dan vleermuizen (Mitchell-Jones et al., 1989; Clark, 1988). Dit is onder meer te verklaren door de speciale leefwijze van vleermuizen: zij zijn de enige vliegende zoogdieren en hebben daardoor een hoog metabolisme; gebruiken echolocatie voor navigatie en het vinden van prooien en gebruiken vetvoorraden om in torpor te gaan, bijvoorbeeld tijdens de winterslaap (Clark, 1988; Bayat et al., 2014; Hsiao et al., 2016).

Van de meerderheid van de gevonden pesticiden in de mest en de dode vleermuizen is het onbekend wat de effecten zijn op vleermuizen. Voor de meeste stoffen lijken de gevonden concentraties niet acuut dodelijk voor vleermuizen, maar chronische effecten, bijvoorbeeld op het zenuwstelsel of de reproductie, zijn niet uit te sluiten. Daarnaast bestaat de mogelijkheid dat de combinatie van de gevonden stoffen voor cumulatieve effecten zorgt. Door

blootstelling aan pesticiden, waaronder deltamethrin, kunnen vleermuizen hypersensitief worden voor geluid. Aangezien vleermuizen gebruik maken van echolocatie voor het navigeren en het vangen van prooien zou dit kunnen leiden tot negatieve effecten voor vleermuizen (van der Ploeg, 2014).

Permethrin is in relatief hoge concentraties aangetroffen in dode vleermuizen en hun mest. Het middel mag niet meer op gewassen worden toegepast, maar wordt nog als houtverduurzamingsmiddel gebruikt (CCvD, 2015). Tot op heden is het onbekend in welke concentratie permethrin schadelijke dan wel dodelijke gevolgen heeft voor vleermuizen, al blijkt uit Bayat et al. (2014) dat bezorgdheid over deze stof voor vleermuizen aanwezig is. Permethrin blijkt bijvoorbeeld voor katten al in zeer lage doses dodelijk te zijn, zelfs zo laag dat wanneer in hetzelfde huishouden een hond een tekenband met permethrin draagt, katten er aan kunnen overlijden (Sutton et al., 2007). Een experiment naar de giftigheid van de houtverduurzamingsmiddelen pentachloorfenol (PCP) en permethrin toont aan dat gewone dwergvleermuizen (*Pipistrellus pipistrellus*) na enkele dagen dood gaan in een vleermuiskast waarvan het hout was behandeld met PCP en permethrin. Een andere groep dieren overleefden 32 dagen in een houten vleermuiskast die behandeld was met alleen permethrin. De dieren van beide groepen werden daarna onderzocht op PCP en permethrin-concentraties. Opvallend genoeg werd er in beide groepen geen permethrin teruggevonden (Shore et al., 1991).

Onderzoek naar de invloed van imidacloprid op *Hipposideros terasensis*, een insectenetende vleermuissoort uit Oost-Azië, laat zien dat na het eten van besmette insecten deze neonicotinoïde de navigatie verstoort. Hersenscans laten na de navigatietesten zien dat de structuur van de hersenen is veranderd. Hsiao et al. (2016) concluderen dat door deze hersenaantasting de navigatie en daarmee het vliegvermogen sterk vermindert en daardoor de kans op sterfte of gepreedeerd worden toeneemt.

Voor de oude middelen DDT en lindaan staat vast dat deze stoffen sterk toxisch en lethaal zijn voor vleermuizen (Bayat et al., 2014). DDT is al sinds 1973 verboden, maar wordt door de persistentie nog regelmatig teruggevonden in bodem, water, insecten en zoogdieren.

Betere signalering pesticidebelasting door te meten in mest?

Alle stoffen die in de dode vleermuizen zijn aangetroffen, zijn ook in hun mest gevonden. Dit betekent dat deze stoffen uiteindelijk terecht komen in hun mest. Mede omdat dode vleermuizen niet altijd worden gevonden en het niet opportuun is beschermde vleermuizen te doden, is de analyse van mestmonsters een waardevolle methode om pesticidebelasting bij vleermuizen te onderzoeken. Voorts worden er meer stoffen in de mest aangetroffen dan in dode vleermuizen. Dit komt, doordat een mestmonster van honderden vleermuiskeutels afkomstig is van een groot aantal vleermuizen. Onderzoeken van vleermuisemest levert zo een bredere screening op van de aanwezigheid van pesticiden in vleermuizen en van de pesticidebelasting van hun omgeving. Door de lange levensduur van vleermuizen kunnen zij pesticiden gemakkelijk accumuleren. Bayat et al. (2014) laten zien dat mestmonsters veel gebruikt worden voor analyse op pesticiden. Het hier gepresenteerde onderzoek laat zien dat analyse van houtmonsters van de kraamkamerverblijven een meerwaarde heeft naast dat van dode dieren en mestmonsters om ook deze contaminatieroute goed in beeld te krijgen.

Bedreiging voor ingekorven vleermuis?

In hoeverre de gevonden concentraties een risico vormen voor de instandhouding van de soort, valt niet aan te geven door het gebrek aan kennis over negatieve effecten van pesticiden bij vleermuizen en de kritische gehalten voor vleermuizen. Meer onderzoek naar de toxiciteit van pesticiden voor vleermuizen is daarom wenselijk, gezien hun beschermde status. Gelet op het grote aantal gevonden stoffen is het daarnaast gerechtvaardigd om in de toelatingsbeoordeling van middelen meer aandacht te besteden aan mogelijke toxische effecten op vleermuizen. Daarbij kan de nadruk worden gelegd op stoffen, waarmee de dieren in contact komen blijkens het voorkomen in mest.

De gevonden permethringehalten in de vleermuizen zijn het hoogst. Deze stof is momenteel alleen nog als biocide toegelaten als houtconserveringsmiddel op zolders (CCvD, 2015); precies de locatie waar verschillende locatietrouwe, beschermde vleermuissoorten huizen. Het is urgent om te onderzoeken hoe giftig deze stof is voor vleermuizen. Schimmels of insecten kunnen in situ bestreden worden met onder

andere thermische behandeling of middelen zonder pesticiden. Het is aan te bevelen hier het voorzorgprincipe te hanteren en een niet-toxisch houtverduurzamingsmiddel te gebruiken, zeker wanneer er vlemuizen op de te behandelen zolder verblijven. Op zolders waar balken al zijn behandeld met het middel kan het aanbieden van (onbehandelde) houten kasten een goede beschermingsmaatregel zijn. Hiervoor is het van belang kasten te kiezen die voor een betreffende soort bewezen effectief zijn (Nyssen et al., 2015).

Literatuur

Akiner, M.M. & S.S. Çağclar, 2012. Monitoring of five different insecticide resistance status in Turkish house fly *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) Populations and the relationship between resistance and insecticide usage profile. *Turkiye Parazit Derg* 36: 87-91.

Bayat, S., F. Geiser, P. Kristiansen & S.C. Wilson, 2014. Organic contaminants in bats: Trends and new issues. *Environment International* 63: 40-52.

CCvD, 2015. Uitvoeringsrichtlijn houtaantasting: Bestrijding houtaantasting door insecten en zwammen in historische gebouwen (URL 5001). Centraal College van Deskundigen Restauratiekwaliteit, Gouda.

Clark, D.R., 1988. How sensitive are bats to insecticides? *Wildlife Society Bulletin* (1973-2006) 16(4): 399-403.

Dekker, J.J.A., R. Janssen, T. Molenaar & J. Regelink, 2014. Populatieontwikkeling ingekorven vlemuizen in Midden-Limburg. Rapport RA12119-01, Regelink Ecologie & Landschap, Mheer, Jasja Dekker Dierecologie, Arnhem & Bionet Natuuronderzoek, Stein.

Guldmond, A., P. Leendertse, J. Lommen & R. Janssen, 2016. Vlemuizen en pesticiden. Analyse van de ingekorven vlemuis in Limburg. Rapport-918, CLM, Culemborg.

Hallmann, C.A., R.P. Foppen, C.A. van Turnhout, H. de Kroon & E. Jongejans, 2014. Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature*. doi:10.1038/nature13531.

Hsiao, C.J., C.L. Lin, T.Y. Lin, S.E. Wang & C.H. Wu, 2016. Imidacloprid toxicity impairs spatial memory of echolocation bats through neural apoptosis in hippocampal CA1 and medial entorhinal cortex areas. *NeuroReport* 27(6): 462-468.

Janssen, R. & D. Deukeleire, 2015. Stallen, snackbars voor vlemuizen. *Likona* jaarboek. Provincie Limburg/ LIKONA.

Kaufman, P.E., S.C. Nunez, C.J. Geden & M.E. Scharf, 2010. Selection for resistance to imidacloprid in the house fly (Diptera: Muscidae). *Journal of economic entomology* 103(5): 1937-1942.

Mitchell-Jones, A.J., A.S. Cooke, I.L. Boyd & R.E. Stebbings, 1989. Bats and remedial timber treatment chemicals – a review. *Mammal Rev.* 19 (3): 93-110.

Nyssen, P., D. Deukeleire & R. Janssen, 2015. Succesvolle soortspecifieke mitigatie voor de ingekorven vlemuis (*Myotis emarginatus*) - een case studie. *VLEN-Nieuwsbrief* 27(2) nr 75.

Ploeg, D.B. van der, 2014. Pesticiden en vlemuizen: een inschatting van de risico's van pesticiden voor in stallen jagende vlemuizen. *SEVON / Bat Attitude onderzoek*, Oude Pekela.

Schillemans, M.J., J.L. Lommen, J.A. Guldmond, R. Janssen & H.J.G.A. Limpens, 2016. Boer zoekt ingekorven vlemuis. Toekomstperspectief voor de ingekorven vlemuis in Midden-Limburg. Rapport 2016.001. Bureau van de Zoogdierverseniging / CLM Onderzoek en Advies, Nijmegen / Culemborg.

Shore, R.F., D.G. Myhill, M.C. French, D.V. Leach & R.E. Stebbings, 1991. Toxicity and tissue distribution of pentachlorophenol and permethrin in pipistrelle bats experimentally exposed to treated timber. *Environmental Pollution* 73: 101-118.

Sutton, N.M., N. Bates & A. Campbell, 2007. Clinical effects and outcome of feline permethrin spot-on poisonings reported to the Veterinary Poisons Information Service (VPIS), London. *Journal of Feline Medicine & Surgery* 9(4): 335-339.

Summary

Exposure of Geoffroy's bats to pesticides

Insectivorous bats play a crucial role in insect pest control, but are therefore also at risk of exposure to pesticides used to control noxious insect populations. In addition, bats that roost in buildings may be exposed to the chemical preservatives used to treat timber. In this study, we aimed to quantify pesticide and preservative concentrations in three maternity roosts of Geoffroy's bats (*Myotis emarginatus*) in southern Netherlands (Limburg). In samples taken from dead bats, bat feces and wood shavings from bat roosts, we found a wide array of old (banned) and new pesticides. Specifically, fourteen pesticides were found in dead bats and/or bat feces, and an additional ten pesticides were only found in wood shavings from bat roosts. The effect of many of these pesticides has never been quantified for bat species. However, there is evidence for some of these substances that they may substantially impact bat behavior and neurological functions. Given these potential risks, we strongly advise these potential influences be thoroughly studied, as it is clear that bats are currently being exposed to these chemicals. Moreover, we recommend that timber used in constructions where bats may roost should not be chemically treated, until the effects of these treatments on bat well-being has been adequately investigated.

Dankwoord

Triodos Foundation wordt bedankt voor hun financiële bijdrage voor het mogelijk maken van dit onderzoek.

R. Janssen
Bionet Natuuronderzoek
Valderstraat 39, 6171 EL Stein
rene@bionetnatuur.eu

Dr. J.A. Guldmond, Drs. J.L. Lommen
& Dr. P.C. Leendertse
Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM)
Postbus 62, 4100 AB Culemborg
guldmond@clm.nl