Vergiftiging van niet-doelsoorten met anticoagulante rodenticiden

Rapport

CLM: Petra Rietberg, Winnie Henderson en Peter Leendertse

Toxicologie WUR: Nico van den Brink en Yiming Liu

DWHC UU: Jolianne Rijks en Judith van den Brand

Biodiversiteit Onderzoeken

CLM-1271

Dit is een eindrapportage van CLM Onderzoek en Advies, DWHC en vakgroep WUR-toxicologie
Maart, 2026
CLM-publicatienummer: 1271

Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW)

Auteurs: Petra Rietberg, Winnie Henderson en Peter Leendertse (allen CLM), Nico van den Brink en Yiming Liu (beiden WUR-toxicologie), Jolianne Rijks en Judith van den Brand (beiden DWHC).

Foto omslag: Vos (Pixabay.com)

CLM Onderzoek en Advies
Gutenbergweg 1
4104 BA Culemborg

Postbus 62
4100 AB Culemborg

www.clm.nl
0345 470 700

Vergiftiging van niet-doelsoorten met anticoagulante rodenticiden

INHOUD

Samenvatting 6

Resultaten in beeld 8

1. Inleiding 9
1.1 Aanleiding en achtergrond 9
1.2 Doel van het onderzoek 10
1.3 Deelvragen 10
1.4 Leeswijzer 10

2. Beleidsontwikkelingen 12
2.1 Toelating van anticoagulante rodenticiden 12
2.2 Integraal Plaagdier Management (IPM) 13
2.2.1 Wijzigingen buitengebruik: 2017 14
2.2.2 Wijzigingen binnengebruik: 2023 14

3. Onderzoeksaanpak 16
3.1 Onderbouwing stoffenkeuze 16
3.2 Onderbouwing monsterkeuze 16
3.2.1 Steenmarters 18
3.2.2 Egelmonsters 19
3.2.3 Vossen, roofvogels en uilen 19
3.3 Verzamelen en prepareren monsters 21
3.4 Chemische analyses 22
3.5 Interpretatie van de resultaten 23

4. Resultaten 24
4.1 Bij het aantonen van rodenticiden: om welke werkzame stoffen gaat het en in welke concentraties? 24
4.1.1 Steenmarters 24
4.1.2 Egels 28
4.1.3 Vossen 30
4.1.4 Bunzing, en vogels 30

4.2 Is er verschil in blootstelling tussen agrarisch en stedelijk gebied? 34
4.3 Welke conclusies zijn er te trekken over een trend in doorvergiftiging? 38
4.3.1 Steenmarters 38
4.3.2 Egels 41
4.3.3 Vossen 41

5. Discussie 44
5.1 Bij het aantonen van rodenticiden: om welke werkzame stoffen gaat het en in welke concentraties? 44
5.1.1 Voorkomen en concentraties van AR's in zoogdieren 44
5.1.2 Voorkomen en concentraties van AR's in vogels 47
5.2 Is er verschil in blootstelling tussen agrarisch en stedelijk gebied? 48
5.2.1 Blootstelling van egels aan AR 48
5.2.2 Gevonden concentraties agrarisch en stedelijk 49
5.2.3 Verschil in aantallen monsters tussen de twee gebieden 49
5.2.4 Ecologie egels in relatie tot vindplaats 49
5.3 Welke conclusies zijn er te trekken over een trend in doorvergiftiging bij het vergelijken van de resultaten van dit onderzoek met die van eerder uitgevoerd onderzoek? 50
5.3.1 Welke trend in doorvergiftiging is waarneembaar? 50
5.3.2 Vergelijking met resultaten uit vorige studie 52

6. Conclusies en aanbevelingen 54

7. Dankwoord 55

Referenties 56

SAMENVATTING

In Nederland mogen anticoagulante rodenticiden onder strikte voorwaarden worden ingezet voor de bestrijding van ratten en muizen. Deze middelen belemmeren de bloedstolling en leiden zo tot interne bloedingen. De middelen zijn effectief, maar brengen ook risico's met zich mee, zoals resistentie bij doelsoorten (ratten en muizen) en bio-accumulatie in en effecten op niet-doelsoorten (andere soorten).

In 2017 en 2023 is Integraal Plaagdier Management (IPM) voor resp. buiten- en binnengebruik verplicht gesteld: rodenticiden mogen alleen worden toegepast als andere maatregelen (zoals aanpassing van de leefomgeving en vervolgens het plaatsen van mechanische vallen) niet (voldoende) tegen een plaag geholpen hebben.

Op verzoek van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) hebben CLM, de vakgroep toxicologie van Wageningen University and Research (TOX-WUR) en het Dutch Wildlife Health Centre (DWHC) een onderzoek uitgevoerd naar doorvergiftiging van rodenticiden. Doel van dit onderzoek was om in kaart te brengen of de (mate van) blootstelling van niet-doelsoorten aan anticoagulante rodenticiden sinds de implementatie van het binnenbeleid (2023) is afgenomen. Hiertoe heeft DWHC wilde zoogdieren (n=338) aangeleverd, voornamelijk steenmarters (n=218), egels (n=86) en vossen (n=13). Ook zijn roofvogels onderzocht (n=18 uit huidige studie, aangevuld met n=77 roofvogels aangeleverd door Wageningen Bioveterinary Research). TOX-WUR heeft een concentratiebepaling van vijf werkzame stoffen van rodenticiden uitgevoerd aan levers van deze wilde zoogdieren. Verder zijn in de levers ook de concentraties bepaald van een metaboliet (afbraakproduct) van iedere stof. Op basis van de egeldata is een vergelijking gemaakt tussen blootstelling in stedelijk en agrarisch gebied. Daarnaast is - op basis van de steenmarter-, egel- en vossendata - een vergelijking gemaakt tussen de periode vóór en na de implementatie van het binnenbeleid (2023).

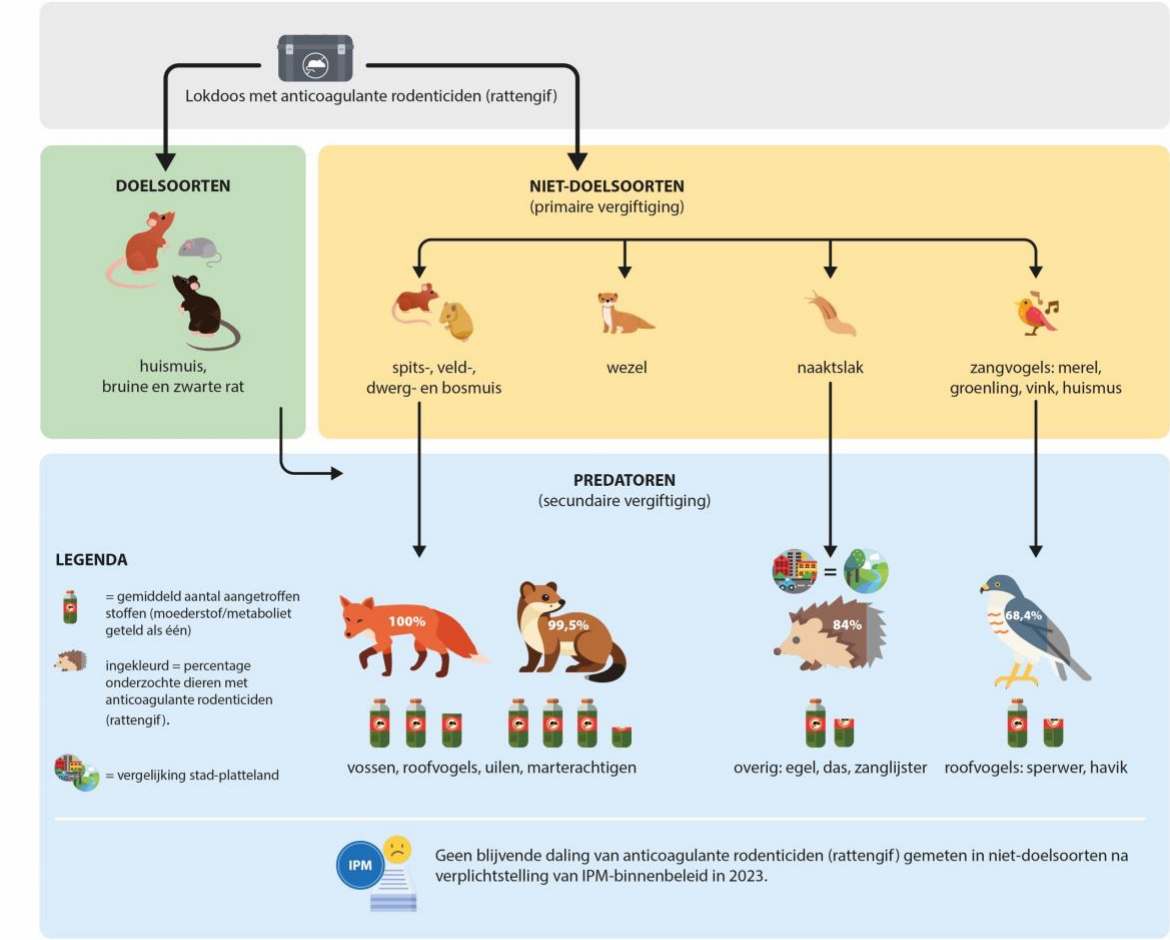
Alle stoffen zijn frequent aangetoond in de levers van de niet-doelsoorten. In steenmarters werd zelfs in nagenoeg elk individueel dier minstens één van deze vijf stoffen aangetroffen, en ook bij vossen was de frequentie hoog. Met name bromadiolon en brodifacoum komen vaak voor. De hoogste concentraties zijn aangetroffen in steenmarters, gevolgd door vossen en egels.

In een aanzienlijk deel van de zoogdiermonsters worden risicogrenzen overschreden. In roofvogels zijn eveneens rodenticiden aangetoond, en worden risicogrenzen ook overschreden.
Er is geen duidelijk verschil gevonden in blootstelling tussen de egels uit stedelijke en agrarische gebieden.

Als nieuwe data uit de periode 2020-2022 met nieuwe data uit 2024 en 2025 worden vergeleken, is geen blijvende afname in voorkomen of concentraties bij niet-doelsoorten gevonden. Een verschil in samenstelling van gevonden stoffenmengsels is wel gevonden: het aandeel brodifacoum is in de tijd sterk toegenomen. In vergelijking met de data uit de vorige Nederlandse studie, die CLM in opdracht van het ministerie van I&W heeft uitgevoerd in 2019, is ook geen relevante afname aantoonbaar.

De resultaten laten zien dat aanscherping van IPM voor binnengebruik van rodenticiden niet heeft geleid tot een verminderde blootstelling van de onderzochte niet-doelsoorten. Dit geldt voor zowel rurale als stedelijke gebieden. Om de blootstelling te verminderen is aanscherping van handhaving en/of beleid noodzakelijk. Verder is continuering van monitoring essentieel om toekomstige trends in blootstelling vast te kunnen stellen, hiervoor is tijdig gericht verzamelen van dieren cruciaal.

RESULTATEN IN BEELD



1. INLEIDING

1.1 Aanleiding en achtergrond

Anticoagulante rodenticiden zijn middelen ter bestrijding van ratten en muizen, waarvan de werkzame stoffen en de metabolieten worden aangetroffen in niet-doelsoorten zoals egels, marters en vogels. Deze middelen belemmeren de bloedstolling en dit kan leiden tot spontane interne bloedingen bij hogere blootstelling en tot extra kans op bloedingen bij trauma. Dit kan hen -afhankelijk van de concentratie en conditie van het dier- doden, wat onwenselijk is.
De afgelopen jaren heeft de overheid Integraal Plaagdier Management (IPM) verplicht gesteld om het gebruik van rodenticiden en het risico van verspreiding naar niet-doelsoorten terug te dringen. CLM, het Dutch Wildlife Health Centre (DHWC) en Wageningen University and Research (WUR) hebben op verzoek van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) onderzoek uitgevoerd om na te gaan of de verplichting van IPM heeft gezorgd voor een vermindering van het aantal gevallen van niet-doelsoort vergiftiging (doorvergiftiging). Het onderzoek is uitgevoerd naar (metabolieten van) werkzame stoffen van een aantal op dit moment toegestane tweede generatie anticoagulante rodenticiden (AR's)[1] in kadavers van verschillende niet-doel-soorten, waaronder egels, vossen, steenmarters en verschillende vogelsoorten. De rodenticiden die zijn onderzocht betreft de werkzame stoffen bromadiolon, brodifacoum, difethialon, difenacoum en flocoumafen en hun metabolieten.

In 2018-2019 heeft CLM een vergelijkbaar onderzoek geleid naar primaire en secundaire vergiftiging door werkzame stoffen in anticoagulante rodenticiden, waarbij niet-doelsoorten op een aantal locaties in industriële, agrarische en stedelijke gebieden zijn onderzocht (Guldemond, et al., 2020).

[1] Als in dit rapport gesproken wordt van een anticoagulante rodenticide, of AR, dan wordt hiermee de werkzame stof bedoeld (zoals bromadiolon, brodifacoum, difethialon, difenacoum en flocoumafen). Dit is in de wetenschappelijke literatuur gebruikelijk.

Conclusie was destijds dat doorvergiftiging van anticoagulante rodenticiden naar niet-doelsoorten op aanzienlijke schaal plaatsvindt.

In het huidige onderzoek is rekening gehouden met de uitgangspunten van dit eerdere onderzoek. Er wordt met name naar de anticoagulante rodenticiden die het belangrijkst waren in het vorige onderzoek (de tweede generatie anticoagulante rodenticiden bromadiolon, brodifacoum, difethialon, difenacoum en flocoumafen) en naar grotendeels dezelfde diersoorten gekeken. Door de nieuwe en de oude data te vergelijken is te onderzoeken of - en zo ja in welke mate- het aangescherpte beleid in relatie tot IPM-knaagdierbestrijding de mate van doorvergiftiging heeft verminderd.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is het vaststellen in welke mate de geselecteerde anticoagulante rodenticiden worden aangetroffen bij niet-doelsoorten en of de doorvergiftiging is verminderd door het aangescherpte beleid.

1.3 Deelvragen

1. Bij het aantonen van anticoagulante rodenticiden: om welke werkzame stoffen gaat het en in welke concentraties?
2. Is er verschil in blootstelling tussen niet-doelsoorten gevonden in agrarisch en stedelijk gebied?
3. Welke conclusies zijn er te trekken over een trend in de tijd met betrekking tot doorvergiftiging van dieren aan anticoagulante rodenticiden, mede op basis van een vergelijk met eerder uitgevoerd onderzoek?

1.4 Leeswijzer

Een korte samenvatting van de beleidsontwikkelingen betreffende anticoagulante rodentciden sinds 2017, staat in hoofdstuk 2 “Beleidsontwikkelingen”. De onderzoeksopzet, waaronder de onderbouwing van de monstersets, staat beschreven in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 beschrijft de resultaten, per deelvraag. Eerst gaan we in op de prevalentie en concentraties van AR’s in verschillende diersoorten. Daarna vergelijken we de prevalentie en concentraties tussen egels uit agrarisch en stedelijk gebied. Ten slotte vergelijken we het aantreffen van stoffen in 2024-2025 met het aantreffen in eerdere jaren (alle gegevens uit dit onderzoek). In hoofdstuk 5 worden deze bediscussieerd en conclusies

getrokken. Hierin is ook een vergelijking met de eerdere studie naar dit onderwerp opgenomen (Guldemond, et al., 2020). Aanbevelingen voor beleid en voor aanvullend onderzoek staan in hoofdstuk 6.
Een analyse van de afzet van rodenticiden via verschillende kanalen is geen onderdeel van deze opdracht. Een analyse van het gebruik van rodenticiden is evenmin onderdeel van deze opdracht. Ook de toepassing van IPM in de praktijk valt buiten de reikwijdte van deze opdracht.

2. BELEIDSONTWIKKELINGEN

2.1 Toelating van anticoagulante rodenticiden

Anticoagulante rodenticiden (AR, ook wel anticoagulantia genoemd) mogen onder strikte voorwaarden gebruikt worden ter bestrijding van de doelsoorten huismuis, bruine rat en zwarte rat. In Nederland vallen AR onder de 'Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden'. Voordat ze toegepast mogen worden, dienen ze toegelaten te zijn door het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb). Het Ctgb beoordeelt of het gebruik van een middel dat AR bevat kan leiden tot onaanvaardbare risico's op effecten voor mens, dier en milieu, wanneer toegepast volgens voorschriften en voorwaarden voor gebruik (zoal het toepassen van IPM bij de inzet van anticoagulantia).
Bij hoog maatschappelijke belang en noodzaak kan het gebruik van biociden, waarvan is beoordeeld dat dit gebruik in principe onacceptabele risico's met zich meebrengt, toch worden toegelaten. Knaagdierbestrijding is een maatschappelijk noodzaak, en over het gebruik van anticoagulante rodenticiden is in principe aangetoond dat dit tot onaanvaardbare milieurisico's voor niet-doelsoorten leidt. Op basis hiervan is besloten dat het gebruik weliswaar is toegestaan (grote maatschappelijk noodzaak), maar dat alles gedaan moet worden om milieurisico's te minimaliseren. Hiervoor is het IPM-knaagdier-bestrijding ontwikkeld.
Er zijn momenteel negen rodenticiden toegelaten voor professionele muizen- en rattenbestrijding. Deze vallen als gezegd onder de IPM-verplichting, welke elders in deze rapportage verder wordt toegelicht. Dit zijn de eerste generatie AR chlorophacinon en coumatetralyl, en de tweede generatie AR brodifacoum, bromadiolon, difenacoum, difethialon, en flocoumafen (Ctgb, sd). Ook cholecalciferol (vitamine D3) en alfa-chloralose zijn toegelaten en vallen net als de anticoagulantia onder de IPM-richtlijnen (zie 2.2), maar dat zijn geen anticoagulanten.
Anticoagulantia kunnen verwerkt zijn in graanblokken, graankorrels, vet-blokken, pasta en in één geval in een vloeibaar middel. Deze middelen moeten worden aangeboden in 'tamper-resistant' lokdozen, die binnen en

buiten gebouwen geplaatst mogen worden (zie ook 2.2). Voor de verschillende toepassingen heeft het Ctgb verschillende eisen voorgeschreven.
De lokdozen (waarvan diverse typen verkrijgbaar zijn) zijn in principe zo ontworpen dat dieren groter dan een bruine rat geen toegang hebben. Kleinere niet-doelsoorten hebben direct toegang tot het vergiftigde lokaas. Voor dieren groter dan een rat zou het lokaas niet bereikbaar moeten zijn; als een groter dier, zoals een vos of marter vergiftigd raakt, is het daarom aannemelijk dat dit doorvergiftiging via prooisoorten betreft. Een uitzondering hierop is het gebruik van lokdozen in plafonds. Deze lokdozen zijn in principe open, en het is bekend dat bijvoorbeeld steenmarters deze dozen kunnen bereiken, waardoor primaire vergiftiging niet uitgesloten kan worden. We spreken van primaire vergiftiging als het niet-doelsoortdier direct heeft gegeten van het middel waar anticoagulantia in verwerkt zijn. Van secundaire vergiftiging (doorvergiftiging) is sprake als een niet-doelsoort een muis, rat of ander dier heeft gegeten die anticoagulantia in het lijf heeft; bijvoorbeeld als een buizerd een vergiftigde muis eet.

2.2 Integraal Plaagdier Management (IPM)

De afgelopen jaren is IPM op grotere schaal verplicht geworden en toegepast. Sinds 2017 gelden verplichte IPM-voorschriften voor buitengebruik, sinds 2023 daarnaast IPM-voorschriften voor binnengebruik.
Naast deze twee aanscherpingen zijn er ook andere sleutelmomenten binnen de IPM-aanpak. Zo is in juni 2021 de eerste versie van het handboek IPM-knaagdierbeheersing (HIK) vastgelegd. Dit is het brondocument voor de opleiders, de exameninstituten en de schemabeheerders van professionele knaagdierbeheersers. In dit handboek is de IPM-werkwijze nauwkeurig beschreven en staan alle vereisten vermeld waaraan de professionele plaagdierbeheersers moeten voldoen. Verder is per 1 januari 2023 het certificatiesysteem IPM-knaagdierbeheersing (CIK) leidend voor bedrijven die zich richten op knaagdierbeheersing.

De voorwaarden hiervoor zijn gebaseerd op de inhoud van het HIK. Hiermee wordt volgens artikel 71 van de Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden voldaan aan de uitvoering van artikel 5 van richtlijn 2009/128/EG[2]. Per 26 december 2023 moeten knaagdierbeheersers beschikken over IPM-bedrijfscertificering wanneer ze rodenticiden gebruiken.

2.2.1 Wijzigingen buitengebruik: 2017

Sinds 1 januari 2017 is het buitengebruik van rodenticiden aangescherpt met een certificatieplicht. Dat wil zeggen dat toegelaten rodenticiden alleen nog door professionele, gecertificeerde plaagdierbeheersers in het bezit van een bewijs van vakbekwaamheid, mogen worden toegepast in toepassingen buiten. Sinds januari 2023 is hierbij het CIK leidend, volgens de toelatings-voorschriften. Dit is wettelijk verankerd in artikel 17a lid 5 van het Besluit gewasbeschermingsmiddelen en biociden. Daarnaast mogen rodenticiden bij buitengebruik alleen nog ingezet worden tegen ratten, niet tegen muizen. Het buitengebruik van rodenticiden is in dit systeem sterk gereguleerd. Allereerst is de verplichting om plagen van ratten te voorkomen of verminderen door aanpassingen van de leefomgeving. Schuilplekken en het aanbod van voer dienen te worden voorkomen. Als dit niet toereikend is, wat volgens protocol moet worden vastgesteld, kan worden geëscaleerd naar toepassing van niet-chemische bestrijding met behulp van bijvoorbeeld vallen en klemmen. Als dit niet helpt kan uiteindelijk met chemische bestrijding worden begonnen, maar alleen als voldoende is onderbouwd dat de mechanische bestrijding niet voldoende was. Deze strikt gereguleerde aanpak binnen het IPM heeft tot doel om het gebruik van rodenticiden te verminderen en daarmee de mogelijke milieurisico's.

2.2.2 Wijzigingen binnengebruik: 2023

Vanaf 1 januari 2023 is het verplicht om ook in gebouwen de IPM-methode toe te passen. In 2025 verscheen de meest recente versie van het HIK, versie 4.0 (KPMB, 2025). Daarin staat dat de reikwijdte van de toepassingsgebieden 'in gebouwen' en 'om gebouwen en voedselopslagplaatsen' van de tweede

[2] "Het is essentieel dat de lidstaten systemen opzetten voor zowel de basisopleiding als voor de aanvullende opleiding van distributeurs, voorlichters en professionele gebruikers van pesticiden, alsmede systemen voor de certificering voor de registratie van de deelname aan de opleiding, zodat diegenen die pesticiden gebruiken of zullen gebruiken, zich volledig bewust zijn van de mogelijke risico's voor de menselijke gezondheid en het milieu en van de passende maatregelen om die risico's zoveel mo gelijk te beperken. De opleidingsactiviteiten ten behoeve van professionele gebruikers kunnen worden gecoördineerd met die welke worden georganiseerd in het kader van Verordening (EG) nr. 1698/2005."

generatie anticoagulantia[3] voor interpretatie vatbaar is, met andere woorden: het is niet altijd duidelijk wat binnengebruik en wat buitengebruik precies is. Door nu zowel binnen als buiten gebouwen volgens IPM te werken, geldt voor alle ruimten de wettelijke verplichting om terughoudend te zijn met het gebruik van rodenticiden.
De wetgeving is aangescherpt om het gebruik van chemische middelen terug te dringen. Dit is enerzijds noodzakelijk om resistentie van de doelsoorten tegen deze middelen te voorkomen en bovendien te voldoen aan de wettelijke voorwaarde van de goedkeuring van het gebruik, namelijk alles te doen om milieurisico's te voorkomen, waaronder bio-accumulatie (het ophopen van deze stoffen in de voedselketen). In dit onderzoek gaan we na of de effecten van dit beleid zichtbaar zijn in het verminderd aantreffen, in lagere concentraties van anticoagulantia in niet-doelsoorten.

[3] De eerste generatie betrof stoffen die sneller metaboliseerden en waartegen resistentie is opgebouwd. De tweede generatie is persistenter.

3. ONDERZOEKSAANPAK

In dit hoofdstuk beschrijven we de onderzoeksaanpak. De onderbouwing van de monsterkeuze staat beschreven in 3.1. Paragraaf 3.2 gaat in op het verkrijgen en het prepareren van de monsters. Het onderzoek is gebaseerd op analyses van levermonsters van reeds overleden dieren. Dit lichten we toe in kader 1. Paragraaf 3.3 beschrijft de chemische analyse van de monsters. In paragraaf 3.4 lichten we de gebruikte statistische tests en interpretatie van de resultaten toe.

3.1 Onderbouwing stoffenkeuze

Dit onderzoek richt zich op vijf zogenaamde Tweede Generatie AR's (Second Generation Ar's, SGAR's), met name brodifacoum, bromadiolon, difethialon, difenacoum en flocoumafen. Deze groep is persistenter dan de Eerste Generatie AR's, en worden gemakkelijker opgenomen door dieren (zijn beter vetoplosbaar). Deze twee eigenschappen, in combinatie met hun toxiciteit maken ze effectief als rodenticiden, maar maken ze ook erg risicovol voor niet-doelsoorten. De keuze op deze groep van vijf stoffen is ook gebaseerd op het feit dat deze in een eerder onderzoek de meest voorkomende AR's waren (Guldemond et al., 2020). Andere, Eerste Generatie AR's kwamen in die studie in erg lage concentraties voor, waarschijnlijk omdat deze makkelijk gemetaboliseerd worden, en lijken daarmee van minder belang.
Van elk van de vijf AR's wordt ook een hydroxymetaboliet geanalyseerd. De stoffen zijn weliswaar persistenter maar worden tot op zekere hoogte ook gemetaboliseerd. De analyse van de metabolieten kan een aanwijzing zijn voor chronische blootstelling van de dieren aan AR's.

3.2 Onderbouwing monsterkeuze

Voor dit onderzoek hebben we levermonsters gebruikt van diersoorten waar in een voorgaand onderzoek de meeste anticoagulante rodenticiden in werden aangetroffen, én waarbij -zo veel mogelijk/voldoende monsters

beschikbaar waren om statistisch te kunnen toetsen of het aantreffen verminderd is door het aangescherpte beleid.
In voorgaand onderzoek (Guldemond, et al., 2020) zijn ook levermonsters gebruikt en zijn in een aantal verschillende voedselgroepen anticoagulante rodenticiden aangetroffen, weergegeven in Tabel 3-1.

Tabel 3-1 Aantal gevonden anticoagulante rodenticiden in verschillende diersoorten over de periode 2018-2020 (uit: Guldemond et al., 2020).

	Aantal gevonden rodenticiden							
Voedselgroep en diersoort	0	1	2	3	4	5	Totaal	Gemiddeld
Muizeneter	20	7	11	10	4	2	54	2,5
Buizerd	3	1	3		1		8	2,2
Bunzing	3	2	1	1	1		8	2,2
Hermelijn	2	1					3	1,0
Kerkuil	3	1	2	1			7	2,0
Steenmarter		1	1	2	1	1	6	3,0
Steenuil			2	2			4	2,5
Torenvalk	1			1			2	3,0
Vos	4	1	4	3	1	1	14	2,7
Wezel	7	1		1			9	2,0
Omnivoor	14	2	1				17	1,3
Das	14	2	1				17	1,3
Slakkeneter	13		2				15	2,0
Egel	4		2				6	2,0
Zanglijster	9						9	0,0
Vogeleter	10	1	5	2	1		19	2,3
Havik	2		1	1	1		5	3,0
Sperwer	5		2				7	2,0
Lokaaseter	40	5	2				47	1,3
Groenling	4						4	0,0
Huismus	6						6	0,0
Huisspitsmuis*	10	5	2				17	1,3
Merel	14						14	0,0
Veldmuis	1						1	0,0
Vink	5						5	0,0
Totaal	97	15	21	12	5	2	152	

* Betreft de zeventien afzonderlijke monsters van de huisspitsmuis, die bij andere analyses zijn geaggregeerd tot één monster zonder rodenticiden en één monster met rodenticiden waarvan de concentraties zijn gemiddeld.
Gemiddeld geeft het gemiddelde aantal rodenticiden aangetroffen in positieve individuen.

De monstersets in het huidige onderzoek bestonden uit drie categorieën met ieder een eigen doel. Ze worden in de volgende paragrafen beschreven.

3.2.1 Steenmarters

Een monsterset over de tijd

Dit is een monsterset van één diersoort, de steenmarter (een muizeneter). Het is een soort waarbij volgens het eerdere onderzoek doorvergiftiging voorkwam, en waarvan de lever voldoende materiaal biedt (de individuele levers zijn groot genoeg om te analyseren). De resultaten in dit onderzoek zijn afkomstig van niet eerder onderzochte steenmarters.

De meeste van de onderzochte steenmarters zijn dieren afkomstig uit weidevogelbeheer in Friesland. Hiervan waren al levers van 78 steenmarters uit 2020-2021 aangeleverd en onderzocht op rodenticiden en metabolieten daarvan (deze aanpak geldt voor alle monsters in dit project). Hiervan zijn de gemiddelden waarden voor dit onderzoek beschikbaar als benchmark. Vanuit dit project zijn voor de vergelijking nog levers van 68 dieren uit 2019, 37 uit 2020, 58 uit 2024 en 40 uit 2025 aangeleverd. Omdat dit monsters waren van geschoten dieren uit één regio, zijn daarnaast ter vergelijking van waarden, ook levers aangeleverd van vijftien steenmarters die doodgevonden zijn in Drenthe (n=1), Friesland (n=1), Gelderland (n= 3), Groningen (n= 1), Limburg (n =3), Noord-Brabant (n=4) en Overijssel (n=2). Hiervan zijn er dertien uit de periode 2020-2021 en 2 uit 2024. Een overzicht van de aantallen levers uit steenmarters staat in Tabel 3-2.

Tabel 3-2 Aantal steenmarterlevers per periode en bron

Steenmarters	Periode 2019-2021	Periode 2024-2025
Weidevogelbeheer Friesland	105 (En 78 levers als 'benchmark' waarvan alleen gemiddelde waarden beschikbaar waren)	98
Doodgevonden heel Nederland	13	2

Alle steenmartermonsters dragen bij aan de beantwoording van deelvraag 1 over de concentraties werkzame stoffen. Daarnaast maken de steenmarters uit het weidevogelbeheer een statistische toetsing mogelijk van concentraties in levermonsters van dieren uit 2019-2021 in vergelijking met concentraties in levermonsters van dieren uit 2024-2025. De periode 2019-2021 ligt na invoering van de verplichtingen voor IPM bij buitengebruik, en vóór de invoering van de

verplichting voor IPM bij binnengebruik en nader toezicht op gebruik door alleen gecertificeerde bedrijven. Zo kan onderzocht worden of - sinds het verplicht op grotere schaal toepassen van IPM - een vermindering van het aantal gevallen van vergiftiging bij niet-doelsoorten is opgetreden (deelvraag 3).

3.2.2 Egelmonsters

Een monsterset voor vergelijk agrarisch-stedelijk gebied in de tijd

Dit is een monsterset van één diersoort, de egel (een slakkeneter). Ook bij deze soort bleek in de eerste studie dat doorvergiftiging voorkwam, en de lever biedt veelal voldoende materiaal om analyses uit te kunnen voeren. De monsterset bestaat uit levers van egels uit stedelijk en agrarisch gebied in Nederland uit twee tijdsperiodes: 2020-2022 en 2024-2025. De meeste egels uit de periode 2024-2025 zijn gedurende het project binnengehaald met de hulp van tien egelopvangcentra. De ingevroren egels waren afkomstig uit hun werkregio, waar ze doodgingen of zijn geëuthanaseerd in de opvang in de periode juni-oktober 2025. De egels zijn vervolgens in batches opgehaald en bij DWHC bemonsterd (Tabel 3-3). De indeling in type gebied is op basis van Centraal Bureau Statistiek (CBS), Bestand Bodemgebruik 2017 (BBG2017).[4] De bodemgebruikscategorie van de locatie waar de egel is gevonden diende als criterium voor indeling (Tabel 3-3). Een enkele egel uit industrieel gebied werd ook toegevoegd.

Deze dataset draagt bij aan de beantwoording van deelvragen 1, 2, en 3. Het geeft informatie over de werkzame stoffen in de anticoagulante rodenticiden die voorkomen bij egels (deelvraag 1). Daarnaast kan op basis van deze dataset een vergelijking worden gemaakt van concentraties in levermonsters van dieren uit agrarisch en stedelijk gebied (deelvraag 2). Ten slotte kan de vergelijking over tijd worden gemaakt (voor invoering van IPM binnengebruik, 2020-2022, na IPM 2024-2025; deelvraag 3).

3.2.3 Vossen, roofvogels en uilen

Een monsterset voor diersoortbreed beeld en indicatief vergelijk met 2018-2019 en/of 2021-2022

De derde monsterset bestaat uit levers van verschillende diersoorten (met name vossen, roofvogels en uilen) (Tabel 3-4) en zorgt voor meer inzicht in stand van zaken over meerdere diersoorten (deelvraag 1). De bevindingen zullen ook gebruikt worden voor een diersoort-brede vergelijking met de stoffen en waardes gevonden in de periode 2018-2019.

[4] https://nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/d9bf1ce1-5197-409e-b19e-340e50afafc4?tab=general

Tabel 3-3 Aantal egellevers per periode en landgebruikscategorie

Indeling egelmonsters	Bodemgebruiks-categorie	Periode 2020-2022	Periode 2024-2025	Totaal
Stedelijk	Bebouwd exclusief bedrijfsterrein/woon-gebied	23	27	**50**
Stedelijk	Bebouwd exclusief bedrijfsterrein/detail-handel en horeca	1	0	**1**
Agrarisch	Landbouw en overig agrarisch/overig agrarisch terrein	14	14	**28**
Agrarisch	Bos/bos	0	3	**3**
Agrarisch	Natuurlijk terrein, categorie open natuurlijk terrein	1	0	**1**
Industrieel	Bedrijfsterrein	2	1	**3**
Totaal		**41**	**45**	**86**

Daarnaast zijn monsters van diverse vogelsoorten beschikbaar gesteld door de onderzoekscoördinator ‘wilde fauna van Wageningen’, van Wageningen Bioveterinary Research, te weten 20 buizerds, veertien kerkuilen, één rode wouw, twee slechtvalken, negentien sperwers en 21 torenvalken, allen uit 2025 (Tabel 3-5)

Tabel 3-4 Aantal levers van overige diersoorten verzameld in de huidige studie, per periode

Klasse	Soorten	Periode 2020-2022	Periode 2024-2025
Zoogdier	Vos (*Vulpes vulpes*)	6	7
Zoogdier	Bunzing (*Mustela putorius*)	3	2
Vogel	Torenvalk (*Falco tinnunculus*)	1	1
Vogel	Bosuil (*Strix aluco*)	1	1
Vogel	Kerkuil (*Tyto alba*)	3	2
Vogel	Oehoe	0	2
Vogel	Steenuil (*Athene noctua*)	1	3
Vogel	Zeearend	0	1

Tabel 3-5 Aantal levers van vogelsoorten, beschikbaar gesteld door Wageningen Bioveterinary Research, 2025

Klasse	Soorten	Periode 2025
Vogel	Torenvalk (*Falco tinnunculus*)	21
Vogel	Buizerd	20
Vogel	Sperwer	19
Vogel	Kerkuil (*Tyto alba*)	14
Vogel	Slechtvalk	2
Vogel	Rode wouw	1

3.3 Verzamelen en prepareren monsters

Het onderzoek is uitgevoerd aan reeds overleden dieren (Kader 3-1). Alle beschikbare levermonsters zijn door DWHC bemonsterd. De monsters zijn in een gelabeld plastic buisje gedaan en opgeslagen in de vriezer bij -80 C[5]. De monsters werden vervolgens bevroren naar het laboratorium van TOX-WUR getransporteerd om de rodenticiden-analyses uit te voeren.

Kader 3-1. Onderzoek aan reeds overleden dieren: methodologische punten

Het onderzoek is uitgevoerd aan reeds overleden dieren, waarvan levermonsters zijn aangeleverd voor dit onderzoek. Deels zijn dit dode dieren uit het weidevogelbeheerproject, en deels zijn het dode dieren die voor postmortaal onderzoek zijn aangeleverd bij DWHC, of dode dieren die beschikbaar gesteld zijn via dierenopvangcentra. Deze gangbare aanpak voor dit type onderzoek heeft als voordeel dat specifiek voor dit project geen dieren gedood zijn. Een nadeel kan zijn dat er individuen tussen kunnen zitten die ziek zijn, of zijn dood gegaan door blootstelling aan rodenticiden. Dit kan een zekere onbalans in de proefopzet veroorzaken. In eerdere studies waarmee de huidige resultaten vergeleken zullen worden, zoals het eerdere onderzoek van CLM en onderzoek uitgevoerd door de vakgroep TOX-WUR, is deze aanpak ook gevolgd. Voor een vergelijk in de tijd is het daarbij goed dat eenzelfde aanpak voor monstername gevolgd wordt. Bij de interpretatie van de gegevens wordt dit gewogen.

[5] Transport (van DWHC naar TOX-WUR) van monsters heeft gekoeld plaatsgevonden. DHWC heeft een Landelijke ontheffing art. 13 Flora- en Faunawet (FF/75A/2013/021). Met deze ontheffing mag DHWC dode dieren vervoeren en in bezit hebben.

3.4 Chemische analyses

De chemische analyses van de levers[6] hebben plaatsgevonden bij de vakgroep TOX-WUR. Voor de analyses zijn gevoelige metingen uitgevoerd, waarin vloei-stofchromatografie is gekoppeld aan massaspectrometrie (Shimadzu LCMS-8040) naar het protocol van Dowding et al., 2010. De LCMS die gebruikt is, is een heel gevoelige Triple Quadrupole Massa-Spectrometer. Dit apparaat en de verdere aanwezige infrastructuur zijn optimaal voor de analyse van organische microverontreinigingen, waaronder de anticoagulante rodenticiden in deze studie.
Concentraties van rodenticiden en metabolieten van deze rodenticiden werden geanalyseerd in levermonsters van dode exemplaren van de diersoorten zoals die in afstemming met het ministerie in stap 1 zijn bepaald. De volgende werkzame stoffen zijn meegenomen in de analyse: bromadiolon, brodifacoum, difethialon, difenacoum en flocoumafen. Al deze stoffen zijn tweede generatie Ar's die persistenter en beter opneembaar zijn dan de eerste generatie AR's zoals chlorophacinon en coumetatryl, en zijn daarmee risicovoller voor het milieu (zie ook 3.1).
Naast deze werkzame stoffen, is ook voor ieder AR een hydroxy-metaboliet geanalyseerd. Deze metabolieten zijn in de lever van het dier ontstaan. Het analyseren van de aanwezigheid van deze metabolieten geeft inzicht in wat langer geleden blootstelling aan anticoagulante rodenticiden en geeft beter inzicht in de totale blootstelling. In lopend onderzoek bij TOX-WUR zijn meerdere dieren gevonden waarin wel metabolieten aantoonbaar bleken, maar geen oorspronkelijke werkzame stoffen. In studies waar deze metabolieten niet zouden zijn geanalyseerd, zouden dergelijke monsters van individuen komen die niet blootgesteld zouden zijn aan AR's, terwijl ze dit eigenlijk wel waren.
De analyse van de moedercomponenten is geheel kwantitatief, op basis van aanwezige analytische standaarden. Deze analytische standaarden zijn echter niet commercieel voorhanden voor de metabolieten, waarmee geen ideale referentie voor de chemische analyse kan worden gecreëerd. Bij gebrek hieraan is de kwantificatie van de metabolieten uitgevoerd op basis van de standaarden van de moedercomponenten. Dit brengt enige onzekerheid omtrent de specifieke kwantificering van de metabolieten met zich mee. De structuren en de chemie van de moedercomponenten en metaboliet zijn echter erg vergelijkbaar, en daarmee lijkt deze onzekerheid niet groot. Daarnaast zijn de metabolieten ook actief als anticoagulant, en daarmee toxisch. De concentraties worden gerapporteerd in microgram stof per kg versgewicht lever.

[6] Zoals aangegeven is de lever het beste weefsel om anticoagulante rodenticiden te meten.

3.5 Interpretatie van de resultaten

De statistische data-analyse (variatieanalyse (Analysis Of VAriance (ANOVA) en t-tests op logaritmisch getransformeerde data) is uitgevoerd door TOX-WUR, om de drie deelvragen van het ministerie nauwgezet onder de loep nemen.
TOX-WUR heeft een overzicht samengesteld om welke werkzame stoffen en metabolieten het gaat in de verschillende diergroepen en in welke concentraties de stoffen worden aangetroffen.
TOX-WUR heeft geanalyseerd of er verschil is in blootstelling tussen agrarisch en stedelijk gebied aan de hand van de aangetroffen stoffen en concentraties.
TOX-WUR heeft geanalyseerd of een afname in doorvergiftiging heeft plaatsgevonden door het vergelijken van de resultaten van dit onderzoek met die van eerder uitgevoerd onderzoek.
Als onderdeel van de kwaliteitsborging hebben zowel DWHC als CLM de data en interpretatie van TOX-WUR doorgnomen en geadviseerd over eventuele verbeteringen.

De gemiddelden van de concentraties worden gerapporteerd als zogenaamde geometrisch gemiddelden. Om dit te berekenen worden eerst alle waarden logaritmisch (10log) getransformeerd. Van deze getransformeerde waarden wordt het gemiddelde genomen. Van dit gemiddelde wordt de 10-exponent berekend als geometrisch gemiddelde. Deze procedure is uitgevoerd omdat in de data vaak enkele heel hoge concentraties gerapporteerd zijn, wat veel voorkomt bij datasets van concentraties.
Een gewoon gemiddelde is erg gevoelig voor het voorkomen van dergelijke uitschieters en zal dan te hoog zijn. Het geometrisch gemiddelde is hier veel minder gevoelig voor en geeft daarmee een betere inschatting van de gemiddelde concentraties. Ter vergelijking met andere studies wordt ook de mediaan gerapporteerd; dit is de waarde waar 50% van de waarnemingen onder ligt en 50% boven.
Het totaal aan AR's - som-AR's genoemd - in een monster is berekend als de som van de individuele componenten. Dit geldt ook voor het totaal aan AR-OH's (som-AR-OH's). Van de som-AR's (en som-AR-OH's) zijn vervolgens het geometrisch gemiddelde en mediaan berekend. Dit betekent dat voor een groep monsters het geometrisch gemiddelde van som-AR niet gelijk is aan de sommatie van de geometrische gemiddelden van de individuele componenten.

4. RESULTATEN

De resultaten worden per deelvraag (zie ook paragraaf 1.2) behandeld.

4.1 Bij het aantonen van rodenticiden: om welke werkzame stoffen gaat het en in welke concentraties?

De resultaten van deze deelvraag worden in deze paragraaf per diersoort beschreven. Per soort wordt eerst het percentage (positieve) individuen aangegeven waarin minstens één werkzame stof en/of metaboliet in de geprepareerde lever voorkomt (prevalentie). De concentraties (µg/kg) inclusief interpretatie volgen daarna voor zowel de werkzame stof als hun metaboliet.

4.1.1 Steenmarters

Dood gevonden versus doodgeschoten steenmarters

Voor dit project zijn monsters beschikbaar van doodgevonden steenmarters en van steenmarters die beschikbaar zijn gekomen na afschot in een weidevogelproject. Allereerst is het van belang inzichtelijk te krijgen of deze groepen van elkaar verschillen, alvorens ze beide gebruikt kunnen worden. In Tabel 4-1 staan de geometrisch gemiddelde concentraties van de verschillende AR's en metabolieten voor de verschillende groepen dieren. Deze concentraties zijn niet significant verschillend tussen geschoten en doodgevonden dieren, ook niet uitgesplitst naar jaar (ANOVA op log-getransformeerde data, $p > 0,05$). In het vervolg zullen daarom deze groepen samengenomen worden.

Prevalentie in alle monsters

In steenmarters zijn alle AR's en metabolieten aantoonbaar gebleken. Vrijwel elke AR is in meer dan de helft (56,0% - 74,3%) van de monsters aangetoond (Tabel 4-2). De uitzondering was flocoumafen, dat in 18,3% van de monsters werd aangetoond.

De prevalentie van de metabolieten is voor bromadiolon-OH, difenacoum-OH en brodifacoum-OH rond de 50%. Flocoumafen-OH en difethialon-OH zitten daaronder (respectievelijk 17,9% en 45,9%).

Tabel 4-1 Aantallen doodgevonden en doodgeschoten steenmarters en het geometrische gemiddelde van de concentraties van AR's en AR-OH's (µg/kg versgewicht lever). S=geschoten, V=dood gevonden, n.a. = niet van toepassing; n.d.= niet aangetoond, - = geen monsters geanalyseerd.

Jaar	Achtergrond	Aantal	Bromadiolone	Difenacoum	Brodifacoum	Flocoumafen	Difethialone	Som-AR	Bromadiolon-OH	Difenacoum-OH	Brodifacoum-OH	Flocoumafen-OH	Difethialon-OH	Som-AR-OH
2019	S	68	99	51	114	10	43	219	20	35	20	6	13	62
2020	V	4	46	70	40	n.d.	39	348	4	45	25	n.d.	1	65
2020	S	37	167	90	123	27	36	372	13	24	67	n.d.	36	43
2021	V	9	54	18	159	11	70	491	17	4	26	n.d.	3	47
2021	S	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2024	V	2	439	2	13	n.d.	n.d.	55	n.d.	n.d.	9	n.d.	1	4
2024	S	58	81	36	60	8	32	208	6	19	24	2	8	33
2025	S	40	28	33	102	7	30	222	3	12	18	11	5	26
Alle jaren	V	15	60	19	79	11	60	334	9	9	24	n.d.	2	37
Alle jaren	S	203	81	36	60	8	32	208	6	19	24	2	8	33
Significantie	V vs. S	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	n.a.	p > 0,05	p > 0,05

In totaal zijn bij 217 van de 218 (99,5%) steenmarters AR's en/of OH-AR's aangetroffen in de lever. Als alle AR's bij elkaar worden genomen, in de kolom "som-AR's" van Tabel 4-2, blijkt de prevalentie erg hoog, namelijk 98,2%.
Voor som-AR-OH is de prevalentie ook erg hoog, 86,7%. Dat impliceert dat vrijwel iedere steenmarter in de hele monsterset wel één of meerdere AR('s) en/of AR-OH('s) in de lever heeft.

Als wordt gekeken naar die dieren die geen moedercomponent, maar wel de metaboliet bevatten, met andere woorden: die als 'niet-aan de anticoagulant blootgesteld' zouden zijn beschouwd als er geen metabolietenanalyse had plaatsgevonden, dan zou voor met name difenacoum, brodifacoum, flocoumafen en difethialon de blootstelling in grote mate onderschat zijn. In het geval van difethialon zouden bijvoorbeeld 52 van de 218 dieren (24%) vals-negatief voor difethialon zijn geclassificeerd (Tabel 4-2).

Concentraties van de gevonden stoffen

De geometrische gemiddelden van de concentraties van de verschillende AR's lopen uiteen van 8,4 (flocoumafen) tot 78,8 µg/kg[7] (bromadiolon). Het geometrisch gemiddelde voor som-AR's is 215,0 µg/kg. In totaal 156 van de 218 dieren (72%) van alle dieren heeft een som-AR-concentratie die hoger is dan 100 µg/kg, waarvan 82 dieren (38%) een som-AR-concentratie hebben hoger dan 500 µg/kg.

De concentraties van AR-OH's zijn over het algemeen een stuk lager dan die van de moedercomponenten. Toch leveren de metabolieten een relevante bijdrage aan de totale interne blootstelling. Het geometrisch gemiddelde van de som-AR-OH's bedraagt namelijk alsnog 33,2 µg/kg. Ook hier bevat een aanzienlijk deel van de monsters (43 van 218) een som-AR-OH-concentratie van meer dan 100 µg/kg (20%), al zijn er geen dieren die boven de 500 µg/kg uitkomen. Gemiddeld bevat een steenmarterlever 2,6 AR's en 2,1 AR-OH's.

[7] Alle gerapporteerde concentraties zijn in µg/kg versgewicht lever

Tabel 4-2 Prevalentie van AR's en metabolieten in steenmarters (n=218), geometrische gemiddelden en medianen van de concentraties (µg/kg vers) van verschillende AR's en metabolieten in de positieve levers. Inclusief rij met aantal dieren met aangetroffen metaboliet, maar zonder moedercomponent.

N=218	Bromadiolon	Difenacoum	Brodifacoum	Flocoumafen	Difethialon	Som AR	Bromadiolon-OH	Difenacoum-OH	Brodifacoum-OH	Flocoumafen-OH	Difethialon-OH	Som AR-OH
Prevalentie %	74,3	61,5	68,3	18,3	56,0	98,2	52,3	51,8	48,2	17,9	45,9	86,7
Geometrische gemiddelde µg/kg	78,8	33,8	61,6	8,4	33,7	215,0	6,3	17,2	23,9	2,2	7,4	33,2
Mediaan µg/kg	95,9	33,6	71,1	8,1	38,2	354,7	5,2	17,7	21,5	2,0	6,7	33,2
Rapportagegrens <som<10 µg/kg	28	31	28	22	26	10	84	43	75	38	63	35
10-50 µg/kg	35	55	38	13	45	27	26	43	26	1	34	78
50-100 µg/kg	19	14	15	2	18	21	2	12	2	0	0	33
100-500 µg/kg	47	28	46	3	31	74	2	15	2	0	3	43
> 500 µg/kg	33	6	22	0	2	82	0	0	0	0	0	0
Wel metaboliet, geen moederstof	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	10	23	15	34	52	3

4.1.2 Egels

Prevalentie

In 55% (47 van 86) van de egels zijn Ar's aantoonbaar gebleken (zie Tabel 4-3). Voor de individuele AR's loopt de prevalentie uiteen van 12,8% voor difethialon tot 25,6% voor brodifacoum.
In 74% (64 van 86) van de egels zijn metabolieten van AR's aantoonbaar gebleken (zie Tabel 4-3). De prevalenties van de metabolieten zijn over het algemeen rond de 7-8%. Een uitschieter is hier difethialon-OH. Dit metaboliet wordt in 73,3% van de monsters gevonden.
In totaal zijn er bij 73 van de 86 egels (90%) AR's en/of OH-AR's aangetroffen in de lever. Als geen metabolieten waren geanalyseerd, dan waren 25 van de 86 egels als niet-aan AR blootgesteld beschouwd (vals-negatief; Tabel 4-3). Met name de blootstelling aan difethialon zou worden onderschat (53 van de 86 egels hadden geen moedercomponent, alleen metabolieten van difethialon.

Concentraties van de gevonden stoffen

De concentraties in de positieve monsters van egellevers zijn lager dan in de steenmarterlevers. Het geometrische gemiddelde voor som-AR's is 9,8 µg/kg, voor de individuele AR's loopt dit uiteen van 2,8 µg/kg voor flocoumafen tot 11,0 µg/kg voor brodifacoum. Er zijn maar enkele individuen (6 van 86, dus 7%) waarvan de levers meer dan 100 µg/kg AR's bevatten.

Tabel 4-3 Prevalentie van AR's en metabolieten in 86 egels, geometrisch gemiddelde en mediane concentraties (µg/kg vers) van verschillende AR's en metabolieten in de positieve levers van alle egels (n=86) in deze studie. Inclusief rij met aantal dieren met aangetroffen metaboliet, maar zonder moedercomponent.

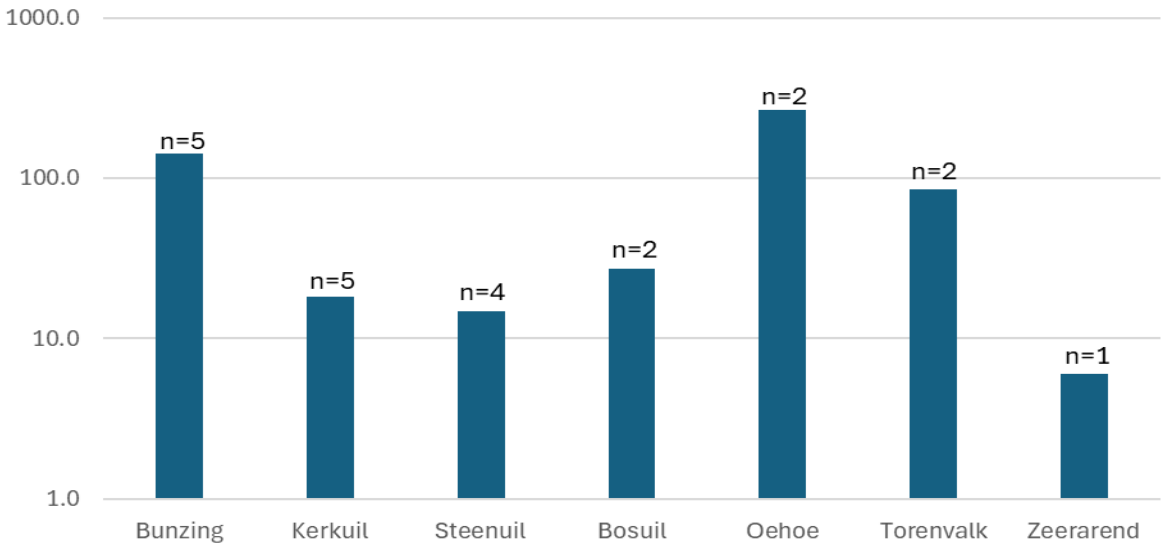
N=86	Bromadiolon	Difenacoum	Brodifacoum	Flocoumafen	Difethialon	Som-AR	Bromadiolon-OH	Difenacoum-OH	Brodifacoum-OH	Flocoumafen-OH	Difethialon-OH	Som AR-OH
Prevalentie (%)	17,4	15,1	25,6	15,1	12,8	55,8	2,3	7,0	8,1	8,1	74,4	75,6
Geometrische gemiddelde (µg/kg)	6,5	4,6	11,0	2,8	3,7	9,8	4,1	3,5	6,9	1,4	7,2	8,8
Mediaan (µg/kg)	3,0	3,0	7,9	2,0	2,0	6,5	6,4	2,0	11,3	1,6	7,3	8,2
< Rapportagegrens	71	73	64	73	75	38	84	80	79	79	22	21
Rapportagegrens < som < 10 µg/kg	10	9	12	12	10	30	1	4	3	7	44	61
10 < som < 50 µg/kg	4	3	6	1	0	11	1	2	4	0	19	24
50 < som < 100 µg/kg	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Som > 100 µg/kg	1	1	4	0	1	6	0	0	0	0	0	0
Wel metaboliet, geen moederstof	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1	0	2	3	53	25

4.1.3 Vossen

De prevalenties en concentraties van AR's in levers van vossen liggen over het algemeen tussen die van de egels en steenmarters; zie ook tabel 4-4.. Flocoumafen is niet gedetecteerd in monsters van vossen (0 van 13). In ruim 75% van de monsters worden één of meerdere AR's gevonden, de prevalentie van brodifacoum en bromadiolon zijn het hoogst. Het geometrisch gemiddelde van som-AR's ligt net boven de 100 µg/kg, waaraan met name bromadiolon, brodifacoum en difethialon bijdragen. In bijna alle monsters worden AR-OH's aangetroffen, wat wordt veroorzaakt door difethialon-OH (prevalentie 92,3). Bromadiolon-OH en brodifacoum-OH worden niet gedetecteerd, de andere AR-OH's worden soms gevonden. De concentraties AR-OH's zijn laag, met uitzondering van difenacoum-OH (geometrisch gemiddelde in de positieve monsters is 29,5 µg/kg). Opvallend is het aantal monsters dat wel de metaboliet van difethialon bevatten, maar niet de moedercomponent (8 van 13 monsters). Voor de som-AR's is dit 3 van de 13 monsters, die op basis van analyses van alleen de moedercomponenten vals-negatief zouden zijn.

4.1.4 Bunzing, en vogels

Figuur 4-1 geeft de geometrisch gemiddelde concentratie van de som-AR's in bunzings en zes vogelsoorten die voor dit project zijn verzameld. De aantallen per soort zijn te laag voor een statistische analyse. Opvallend is dat de concentraties bij bunzing en oehoe gemiddeld boven de 100 µg/kg liggen.



Figuur 4-1 Geometrisch gemiddelden van de concentraties som-AR's (µg/kg versgewicht) in levers van verschillende diersoorten.

Tabel 4-4 Prevalentie van verschillende AR's en metabolieten in dertien vossenlevers, en geometrische gemiddelden en medianen van de concentraties (µg/kg vers) van verschillende AR's en metabolieten in de positieve levers van alle vossen (n=13/13) in deze studie. Inclusief rij met aantal dieren met aangetroffen metaboliet, maar zonder moedercomponent.
N.b.=niet bepaald, n.v.t=niet van toepassing.

N=13	Bromadiolon	Difenacoum	Brodifacoum	Flocoumafen	Difethialon	Som-AR	Bromadiolon-OH	Difenacoum-OH	Brodifacoum-OH	Flocoumafen-OH	Difethialon-OH	Som AR-OH
Prevalentie %	61,5	23,1	76,9	0,0	30,8	76,9	0,0	15,4	0,0	7,7	92,3	92,3
Geometrisch gemiddelde (µg/kg)	32,2	30,6	17,1	n.b.	30,2	109,2	n.b.	29,5	n.b.	4,3	5,0	7,1
Mediaan µg/kg	22,0	24,2	24,9	n.b.	27,9	98,2	n.b.	35,7	n.b.	4,3	6,4	7,9
Som < rapportagegrens	5	10	3	13	9	3	13	11	13	12	1	1
Rapportagegrens < som < 10 µg/kg	3	1	4	0	0	0	0	0	0	1	11	8
10 µg/kg < som < 50 µg/kg	2	1	3	0	3	2	0	1	0	0	1	3
50 µg/kg < som < 100 µg/kg	1	0	2	0	0	3	0	1	0	0	0	1
Som > 100 µg/kg	2	1	1	0	1	5	0	0	0	0	0	0
Wel metaboliet, geen moederstof	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0	0	0	1	8	3

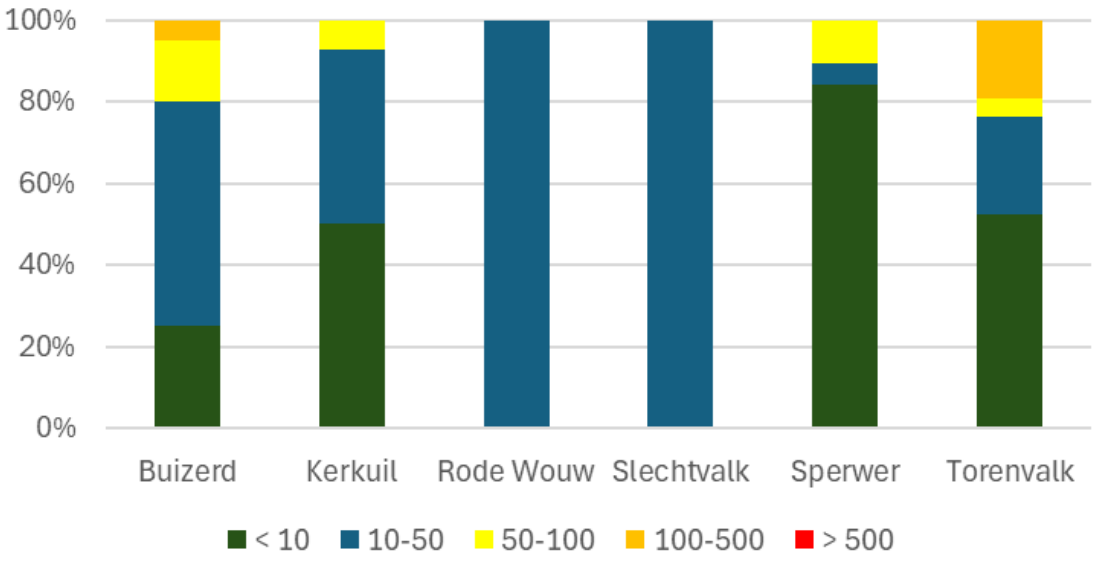
In aanvulling op de vogels die zijn verzameld voor dit project zijn monsters van verschillende soorten beschikbaar gekomen uit een lopende monitoring via de coördinator onderzoek wilde fauna van Wageningen Bioveterinary Research[8]. Levermonsters uit 2025 zijn gemeten in het huidige project: buizerd (n=20), kerkuil (n=14), rode wouw (n=1), slechtvalk (n=2), sperwer (n=19) en torenvalk (n=21). De concentraties staan in Tabel 4-5.
Wat opvalt is dat de concentraties in de levers van torenvalken van deze monsterset (n=21) lager lijken dan die (n=2) uit Figuur 4-1. In Figuur 4-2 is echter duidelijk dat ook 20% van de leverconcentraties van de torenvalken uit deze tweede monsterset boven de 100 µg/kg liggen. Concentraties in buizerds zijn het hoogst, gevolgd door slechtvalk en torenvalk.
Deze soorten hebben allemaal kleine zoogdieren in hun dieet, wat dit mogelijk kan verklaren. De prevalentie van voorkomen is voor al deze soorten boven de 85%, wat wijst op constante blootstelling. Kerkuil laat ook een hoge prevalentie zien, maar de concentraties zijn iets lager. De aantallen monsters voor rode wouw en slechtvalk zijn klein, maar de data laat wel zien dat deze soorten blootstaan. Opvallend zijn de concentraties en prevalentie die gevonden zijn voor sperwers. Deze soort predeert voornamelijk op vogels en heeft weinig kleine zoogdieren in het dieet. Een prevalentie van bijna 58% lijkt te impliceren dat doorvergiftiging via deze route ook relevant is, en dat kleinere vogelsoorten ook blootstaan. De concentraties van de AR-OH's zijn gemiddeld laag maar ze worden wel regelmatig gedetecteerd, met name in kerkuilen. Dit impliceert dat blootstelling chronisch is. Er zijn twee kerkuilen en twee sperwers waar de AR-OH wel gedetecteerd zijn maar de AR niet, deze zouden zonder analyse van de metabolieten als vals-negatief kunnen worden beschouwd (n=4/77).

Voor vogels zijn recentelijk nieuwe risicogrenzen gepubliceerd (Elliott, et al., 2024) op basis van de concentraties van brodifacoum, bromadiolon en difethialon. Als deze grenzen worden toegepast op de dataset dan wordt helder dat veel vogels een behoorlijk risico lopen op klinische verschijnselen als gevolg van de blootstelling aan de AR's (Figuur 4-3). In die studie bleek dat de kerkuil gevoeliger lijkt te zijn dan de andere soorten, daar werd geen onderbouwing voor gegeven. Voor de kerkuil hebben we daarom lagere risicogrenzen aangenomen.

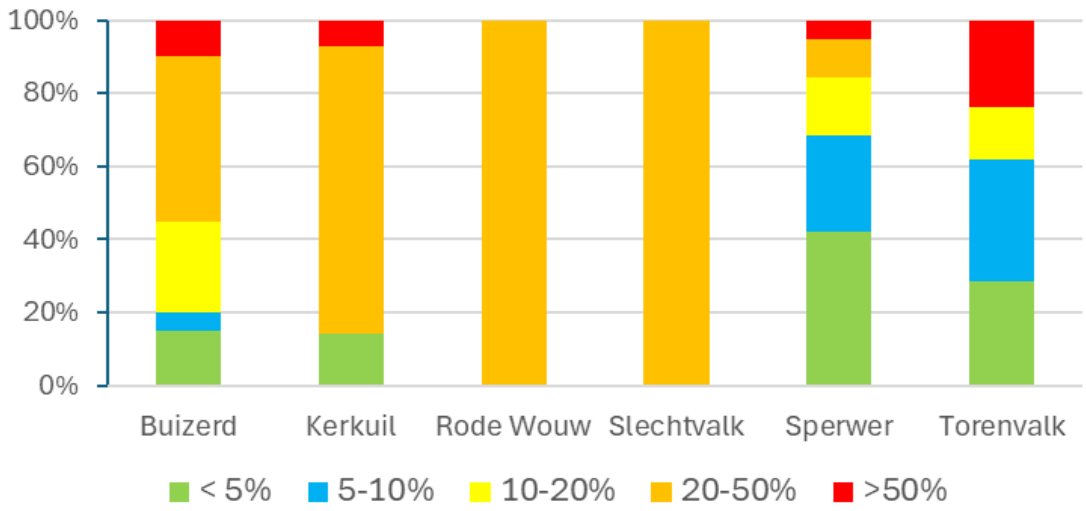
[8] Project Wilde Fauna; zie https://www.wur.nl/nl/onderzoek/producten-diensten/diagnostiek-wilde-dieren.

Tabel 4-5 Prevalentie en geometrische gemiddelden en medianen van de concentraties van som-AR's en som-AR-OH's in verschillende vogelsoorten (monsters van onderzoekscoördinator 'wilde fauna van Wageningen' van Wageningen Bioveterinary Research).

	Buizerd	Kerkuil	Rode Wouw	Slechtvalk	Sperwer	Torenvalk
n	20	14	1	2	19	21
SomAR						
Prevalentie (%)	85,0	85,7	100,0	100,0	57,9	95,2
Gemometrisch gemiddelde (µg/kg)	24,5	9,2	12,2	20,5	6,6	14,7
Mediaan (µg/kg)	20,5	13,9	12,2	20,5	5,2	8,6
SomAR-OH						
Prevalentie (%)	35,0	85,7	100,0	50,0	42,1	28,6
Gemometrisch gemiddelde (µg/kg)	4,2	3,3	5,8	2,9	3,8	4,2
Mediaan (µg/kg)	2,6	4,4	5,8	2,9	2,9	4,2



Figuur 4-2 Procentuele verdeling van de concentraties van som-AR's in levers van verschillende vogelsoorten uit 2025 (monsters onderzoek 'wilde fauna van Wageningen' van Wageningen Bioveterinary Research). Weergegeven is het percentage dieren (y-as) met een bepaalde som-AR (in µg/kg, gekleurde staafjes).



Figuur 4-3 Classificering van risico's op fysiologische effecten van AR's voor verschillende soorten vogels (monsterset van onderzoekscoördinator 'wilde fauna van Wageningen' van Wageningen Bioveterinary Research) op basis van de gesommeerde concentraties van brodifacoum, bromadiolon en difethialon. Risicogrenzen gebaseerd op (Elliott, et al., 2024). Weergegeven is het percentage dieren (y-as) met een bepaald risico op fysiologische effecten (gekleurde staafjes).

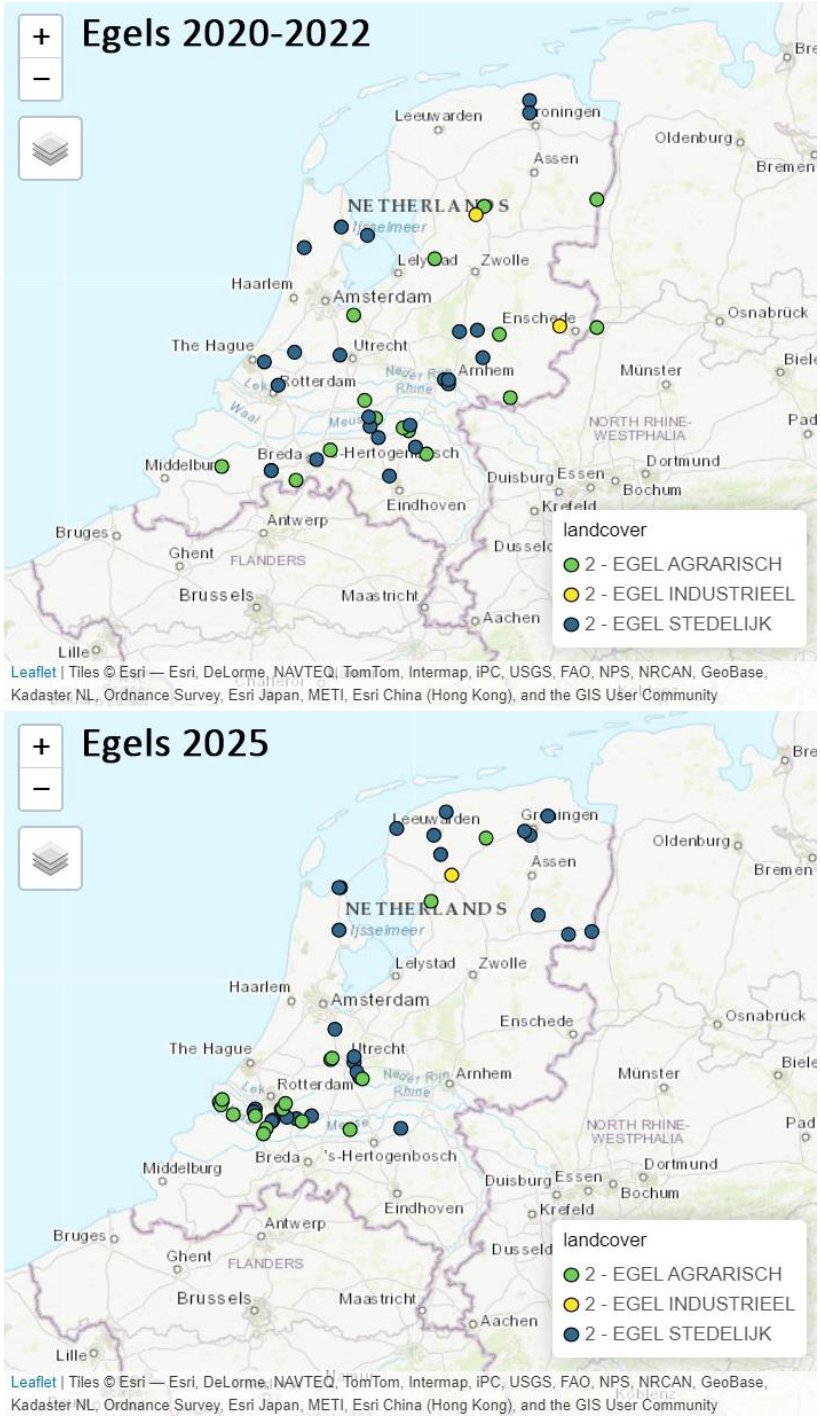
4.2 Is er verschil in blootstelling tussen agrarisch en stedelijk gebied?

Voor deze analyses zijn egelmonsters gebruikt uit verschillende gebieden. Dit waren retrospectief beschikbare monsters uit de periode 2020-2022, en ter vergelijking zijn egellevers proactief verzameld in 2025 (Figuur 4-4).

Zoals aangegeven zijn te weinig monsters uit industrieel gebied beschikbaar gekomen voor en statistische analyse. De monsterset is tussen jaren niet heel gebalanceerd in aantallen, wat de statische power vermindert, zeker in het geval van de individuele AR's.
Prevalentie van AR's en AR-OH's varieert tussen agrarische en stedelijke monsters en ook in de tijd. Deze variatie is echter gering en niet significant (Tabel 4-6).

Voor de geometrisch gemiddelde concentratie is ook geen statistisch significant verschil tussen agrarisch gebied en stedelijk gebied aantoonbaar. In Tabel 4-6 staan de geometrisch gemiddelde concentraties voor de totale som-AR's en som-AR-OH's uitgewerkt. De concentraties zijn over het algemeen iets hoger in het agrarisch gebied dan in stedelijke omgeving, maar dit verschil is niet significant, en lijkt minder te worden in de tijd.

Wat wel opvalt, is dat over het algemeen vaker metabolieten worden aangetroffen dan moedercomponenten. Net als bij de steenmarters wordt dit veroorzaakt door een hoge prevalentie van difethialon-OH, wat ook het overgrote deel van de concentraties van de metabolieten bepaalt.



Figuur 4-4 Vindplaatsen van egels uit agrarisch, industrieel en stedelijk gebied voor de periode 2020-2022 (links) en 2025 (rechts). Maker: Marin Bussi, DWHC.

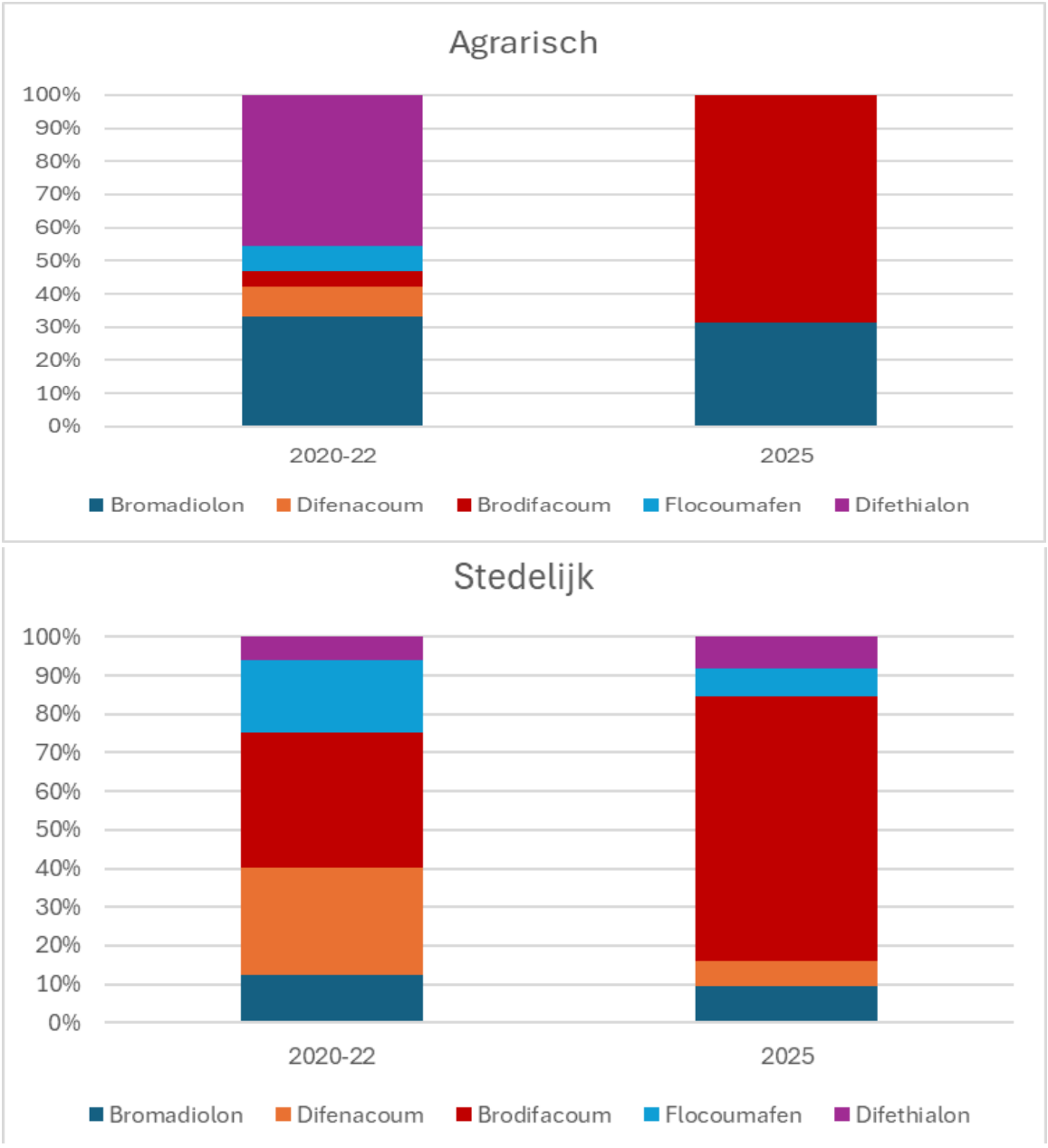
Tabel 4-6 Prevalentie van AR's en AR-OH's, geometrisch gemiddelden en aantallen van AR's en AR-OH's in de positieve egellevers van verschillende herkomst-gebieden uit verschillende jaren (de data verschillen iets van Tabel 3-3, doordat in die tabel ook enkele egels uit industriegebieden zijn meegenomen).

Locatie en jaar	n	Geometrisch gemiddelde SOM-AR	Prevalentie Som-AR	Aantal AR	Geometrisch gemiddelde SOM-AR-OH	Prevalentie Som-AR-OH	Aantal AR-OH
Agrarisch							
2020	7	13,0	71,4*	1,0	9,2	85,7*	1,2
2021	6	44,7	50,0*	1,3	9,3	83,3*	1,2
2022	2	2,8	50,0*	1,0	5,7	100,0*	1,0
2020-2022	15	16,5	60,0*	1,1	8,6	86,7*	1,1
2025	16	16,2	66,7*	0,7	4,3	26,7*	0,3
Stedelijk							
2020	14	8,6	50,0*	0,9	7,5	78,6*	1,2
2021	7	5,4	42,9*	0,9	10,4	100,0*	1,0
2022	3	8,2	66,7*	0,3	6,6	66,7*	0,3
2020-2022	24	7,6	50,0*	0,8	8,2	83,3*	1,1
2025	26	9,3	46,2*	0,7	11,3	88,5*	1,2
Locatie							
Agrarisch	31	16,3	63,3*	0,9	8,9	56,7*	0,7
Stedelijk	50	8,4	48,0*	0,8	7,9	86,0*	1,1
Jaar							
2020	21	10,2	57,1*	1,0	8,1	81,0*	1,2
2021	13	15,6	46,2*	1,1	9,7	92,3*	1,1
2022	5	5,7	60,0*	1,0	6,1	80,0*	1,0
2020-2022	39	10,7	51,3*	0,9	8,2	82,1*	1,1
2025	42	12,0	52,4*	0,7	9,8	64,3*	0,9

*Voor alle vergelijkingen p > 0,05, unbalanced ANOVA

In de tijd is de samenstelling van de gevonden AR's in de egels veranderd (Figuur 4-5). In de periode 2020-2022 is er over het algemeen een meer diverse samenstelling dan in 2025. In agrarische egels worden alle AR's gevonden in de periode 2020-2022, met een relatief groot percentage voor bromadiolon en difethialon. In 2025 wordt nog steeds een deel bromadiolon gevonden maar is het aandeel brodifacoum erg veel groter geworden.

Difenacoum, flocoumafen en difethialon worden in deze monsters niet meer waargenomen.
In het stedelijk gebied is de verschuiving in de tijd vergelijkbaar. In 2020-2022 worden alle AR's gevonden, waarbij het aandeel van bromadiolon en difethialon relatief laag is, dit in tegenstelling tot de agrarische monsters uit deze periode. In de stedelijke monsters uit 2025 is, net als in de agrarische monsters, het aandeel brodifacoum erg groot.



Figuur 4-5 Samenstelling gevonden mengsels aan AR's in levers van egels uit verschillende jaren en met verschillende achtergrond (boven agrarisch, onder stedelijk).

4.3 Welke conclusies zijn er te trekken over een trend in doorvergiftiging?

4.3.1 Steenmarters

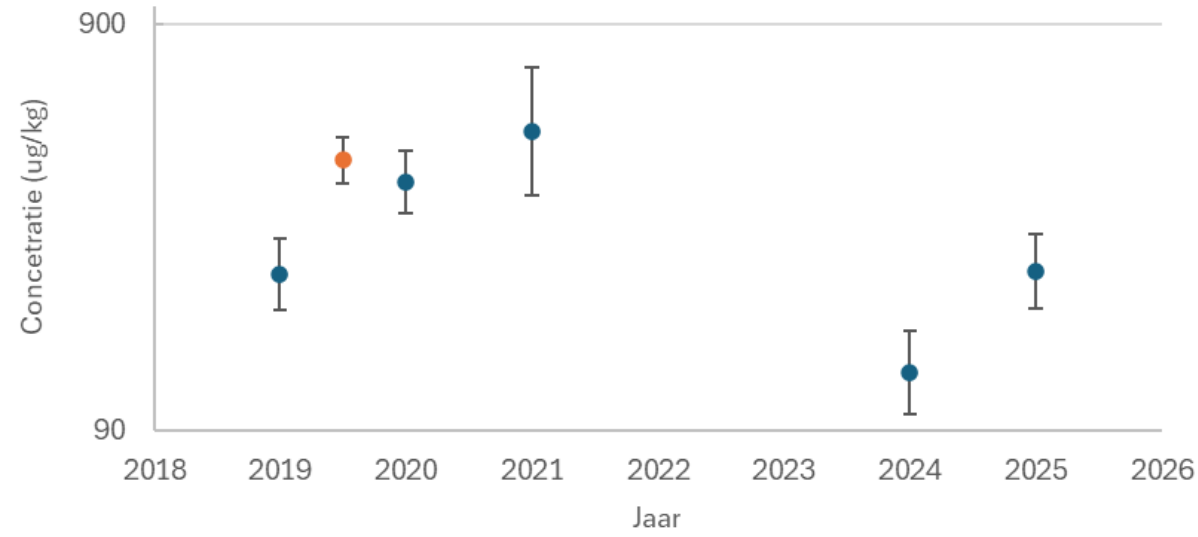
Steenmarters zijn verkregen uit verschillende jaren: 2019 (n=68), 2020 (n=41), 2021 (n=9), 2024 (n=60) en 2025 (n=40). Data van een andere studie (Liu & Van den Brink, (in prep), 2026) worden gebruikt als externe referentie, deze komen uit zowel 2019 als 2020 (n=78). In Tabel 4-7 staan de geometrische gemiddelden voor de verschillende componenten en metabolieten weergegeven, met indicatie van significantie van verschillen tussen de jaren. Over het algemeen zijn de concentraties in 2019 en 2020 niet heel verschillend van de externe referentie. De concentraties in de externe referentie zijn iets hoger, maar dat verschil is meestal niet significant in vergelijking met 2019 of 2020. De concentraties van de verschillende AR's zijn over het algemeen het laagst in 2024, alleen de concentratie bromadiolon ligt lager in 2025. Voor de andere zijn de concentraties hoger in 2025 dan in 2024, maar niet altijd significant. De concentraties van som-AR's fluctueren significant in de tijd, met de hoogste concentraties in 2021, de laagste in 2024 en daar tussenin in 2019, 2020 en 2025. Het lijkt er daarmee op dat er geen significant relevante trend in de tijd aantoonbaar is (zie Tabel 4-7 en Figuur 4-6).

Figuur 4-7 laat de verdeling van de concentraties in verschillende concentratieklasses zien. Dit illustreert ook dat er weinig veranderingen in de tijd waarneembaar zijn, met alleen wat hogere concentraties in 2020 en 2021. In alle jaren zijn de concentraties van om-AR's in een groot deel van de monsters hoger dan 100 µg/kg (2019: 72%; 2020: 88%; 2021: 78%; 2024:58%; 2025: 72%), en ook zelfs groter dan 500 µg/kg (2019: 37; 2020: 51%; 2021: 78%; 2024: 28%; 2025: 30%). Ook hierin zijn geen relevante trends waarneembaar in de tijd. Voor de individuele AR's zijn de concentraties lager, en daarmee ook de aandelen boven 100 of 500 µg/kg. Voor deze individuele AR's geldt echter ook dat het percentage monsters met deze concentraties niet significant afneemt in de tijd.

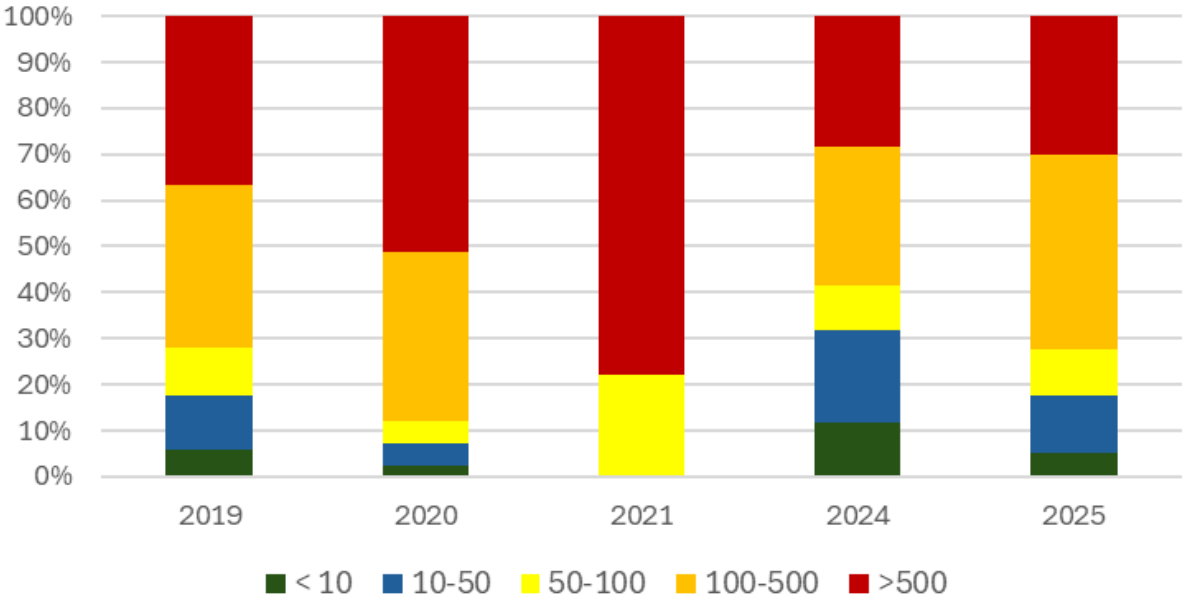
De concentraties van som-AR-OH's laten meestal eenzelfde variatie zien, met de laagste concentraties in 2024, en weer iets hoger in 2025, al zijn deze verschillen niet altijd significant. Hierbij lijkt wel dat een trend naar wat lagere concentraties in de tijd waarneembaar is, al is deze trend niet significant (Figuur 4-6). De verschillen tussen jaren wat betreft de AR-OH's zijn over het algemeen veel kleiner dan voor de som-AR's.

Tabel 4-7 Geometrisch gemiddelden (µg/kg) van AR's en AR-OH's in de positieve steenmarterlevers uit verschillende jaren (concentraties per component zijn significant verschillend van elkaar als er een andere letter achter staat). Concentraties van een stof, in een kolom, met eenzelfde letter erachter zijn niet significant verschillend van elkaar.
N.d. = no data

Jaar	Bromadiolon	Difenacoum	Brodifacoum	Flocoumafen	Difethialon	Som-AR	Bromadiolon-OH	Difenacoum-OH	Brodifacoum-OH	Flocoumafen-OH	Difethialon-OH	Som-AR-OH
2019	98,7 ab	50,7 c	114,0 b	9,8 b	42,7 a	219,0 ab	20,3 c	35,4 c	20,1 a	5,9 x	12,7 b	62,1 c
2020	141,2 b	86,6 c	103,4 b	26,5 c	36,7 a	369,4 ab	10,1 b	26,8 bc	59,0 b	n.d.	12,1 b	44,7 bc
2021	54,1 ab	17,6 ab	158,6 b	10,9 b	69,7 a	491,4 b	17,3 bc	3,8 a	26,2 ab	n.d.	3,4 a	46,5 bc
2024	79,1 ab	11,9 a	18,8 a	2,4 a	21,3 a	124,8 a	4,1 a	6,3 ab	21,1 a	2,0 x	7,1 b	19,0 a
2025	27,6 a	33,4 bc	109,3 b	7,3 b	29,6 a	241,6 ab	3,1 a	12,3 b	18,4 a	11,5 x	5,2 ab	26,1 ab
WU-studie (2019-2020):												
	189,9	117,2	147,0	36,8	42,5	416,7	18,8	43,7	28,2	n.d.	17,5	70,1

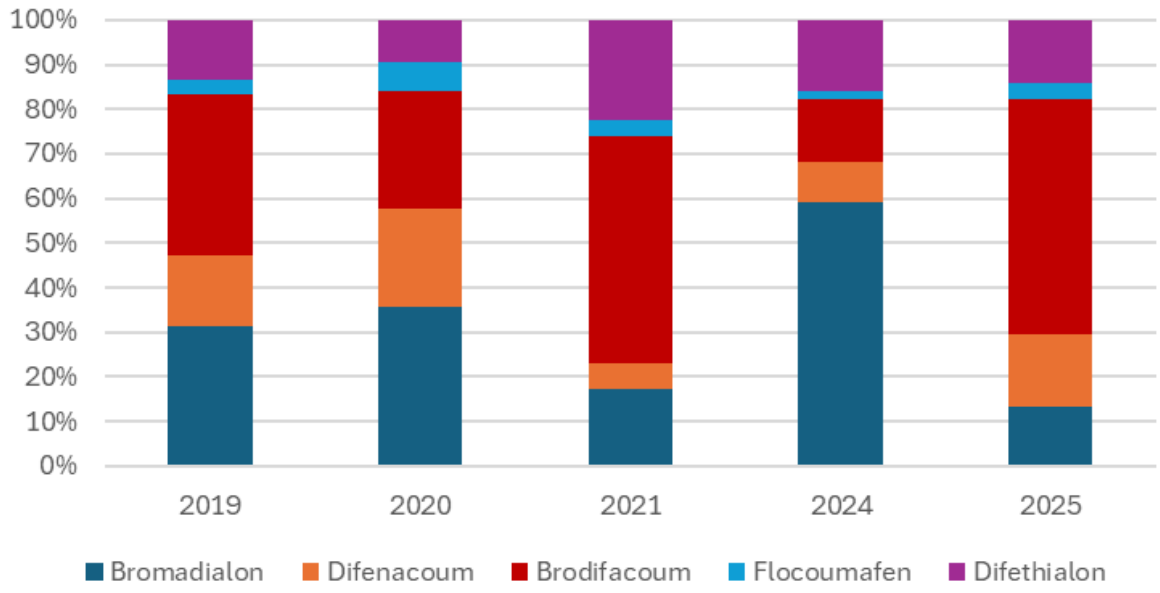


Figuur 4-6 Concentraties van som-AR's in levers van steenmarters (µg/kg) van verschillende jaren (geometrisch gemiddelde van positieve monsters ± standaardfout).
In oranje de gegevens van de externe studie, uit 2019 en 2020 (Liu et al., in voorbereiding).



Figuur 4-7 Procentuele verdeling van de som-AR-concentraties in levers van steenmarters in verschillende jaren; 100% is totaal aan positieve levermonsters per jaar. Weergegeven is het percentage dieren (y-as) met een som-AR-concentratie in een bepaalde categorie (in µg/kg, gekleurde staafjes).

Net als in de egelmonsters varieert de samenstelling van het mengsel van gevonden AR's in levers van steenmarters tussen de jaren (Figuur 4-8). In 2019 en 2020 worden alle AR's gevonden in vergelijkbare verhoudingen, alleen het aandeel flocoumafen is erg klein. Dat laatste is voor alle jaren het geval.
In 2021 en 2025 is het aandeel brodifacoum relatief hoog, in 2024 bromadiolon.



Figuur 4-8 Samenstelling gevonden mengsels aan AR's in levers van steenmarters uit verschillende jaren, op basis van de som-AR's.

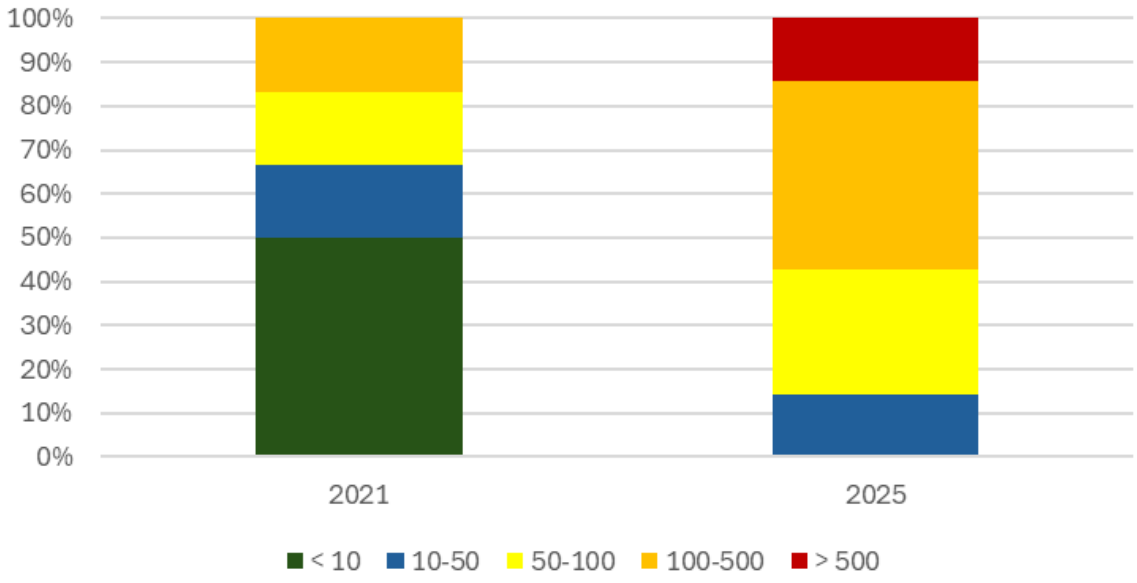
4.3.2 Egels

Tussen jaren zijn de verschillen in concentraties AR's en AR-OH's niet significant (Tabel 4-6). De concentraties AR's in 2022 lijken lager in stedelijk dan in agrarisch gebied, maar het aantal waarnemingen is onvoldoende om dit goed statisch te kunnen testen (n=5).

4.3.3 Vossen

In Tabel 4-8 staan de prevalenties van AR's en AR-OH's in levers van vossen, verzameld in verschillende jaren (2021 versus 2025). De herkomst van de dieren is niet specifiek. De aantallen monsters zijn laag vanwege de afhankelijkheid van doodgevonden dieren. Er zijn geen grote verschillen tussen de jaren waarneembaar. De prevalentie van de meeste AR's is hoger in 2025 dan in 2021. Wanneer gekeken wordt naar de som-AR's dan blijkt dat in 2021 50% van de vossen belast is met AR's, in 2025 is dit 100%. Hier lijkt een toename in prevalentie waarneembaar. Flocoumafen is in beide jaren in geen enkele vos is aangetroffen. Voor de metabolieten geldt ook dat de prevalentie

hoger is in 2025, met name voor difenacoum-OH en difethialon-OH. Een uitzondering hierop is flocoumafen-OH, dat in 2021 nog in een enkel monster aantoonbaar was. Opvallend is de hoge prevalentie van difethialon-OH in beide jaren.
Gekeken naar de concentraties zijn geen grote verschillen aantoonbaar, de aantallen monsters zijn ook te klein voor een heel gedetailleerde analyse. In 2025 wordt in enkele monsters difenacoum gevonden (geometrisch gemiddelde 30,6 µg/kg) alsook difenacoum-OH (29,5 µg/kg), wat wijst op een mogelijke toename van de blootstelling hieraan. De concentraties van brodifacoum zijn in 2025 significant hoger dan in 2021. De concentraties som-AR's zijn hoger in 2025, maar niet significant verschillend van die in 2021. Wat wel opvalt is dat deze gemiddeld hoger zijn dan 100 µg/kg. In 2025 zijn in 4 van de 7 vossenlevers de som-AR concentraties hoger dan 100 µg/kg, met een maximum van 898 µg/kg, terwijl dit in 2021 bij één van de zes vossen is (maximum 217 µg/kg). In Figuur 4-9 is ook te zien dat er relatief meer monsters zijn met hogere concentraties in 2025. De aantallen monsters in deze dataset zijn niet groot genoeg voor een gedegen statistische analyse, de trend lijkt echter te zijn dat de concentraties in 2025 hoger zijn dan in 2021.



Figuur 4-9 Procentuele verdeling van de som-AR-concentraties in vossenlevers in verschillende jaren (2021: n=6; 2025: n=7); 100% is totaal aan positieve levermonsters per jaar. Weergegeven is het percentage dieren (y-as) met een som-AR-concentratie in een bepaalde categorie (in µg/kg, gekleurde staafjes).

Tabel 4-8 Prevalentie en geometrisch gemiddelden van AR's en AR-OH's in vossenlevers van verschillende herkomst uit 2021 en 2025. N.s. = niet significant, n.t.= niet testbaar.

Jaar	n	Bromadiolon	Difenacoum	Brodifacoum	Flocoumafen	Difethialon	Som-AR	Bromadiolon-OH	Difenacoum-OH	Brodifacoum-OH	Flocoumafen-OH	Difethialon-OH	Som-AR-OH
Prevalentie (%)													
2021	6	50,0	0,0	50,0	0,0	33,3	50,0	0,0	0,0	0,0	16,7	83,3	83,3
2025	7	71,4	42,9	100,0	0,0	28,6	100,0	0,0	28,6	0,0	0,0	100,0	100,0
Concentratie (geometrisch gemiddelde, µg/kg)													
2021	6	62,2	n.v.t.	1,8	n.v.t.	23,5	73,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	4,3	5,0	5,4
2025	7	21,7	30,6	44,7	n.v.t.	38,7	129,2	n.v.t.	29,5	n.v.t.	n.v.t.	5,1	8,6
Significantie t-test		n.s.	n.t.	<0.001	n.t.	n.s.	n.s.	n.s.	n.t.	n.t.	n.s.	n.s.	n.s.

5. DISCUSSIE

In dit hoofdstuk geven we antwoord op de deelvragen van het ministerie en plaatsen we deze in perspectief. Ook vergelijken we de resultaten met de vorige studie naar doorvergiftiging van rodenticiden die in opdracht van het ministerie is uitgevoerd.

5.1 Bij het aantonen van rodenticiden: om welke werkzame stoffen gaat het en in welke concentraties?

Er is gekeken naar verschillende diersoorten die geen van allen doelsoort zijn van de plaagdierbestrijding. Alle stoffen en hun metaboliet zijn aangetroffen. Met name twee stoffen vallen op door hun hoge prevalentie en hoge concentraties. Dit zijn bromadiolon en brodifacoum. Vooral de moederstoffen worden hiervan vaak en met relatief hoge concentratie aangetroffen, maar ook de metabolieten worden aangetroffen (Tabel 5-1).

Tabel 5-1 Samenvatting van de hoogst uitgevallen meetresultaten (prevalentie en concentratie).

Diersoort	Hoogste prevalentie(s)	Hoogste geometrisch gemiddelde concentratie(s)
Steenmarters	Bromadiolon (74,3%) Brodifacoum (68,3%)	Bromadiolon (78,8 µg/kg)
Egels	*Difethialon-OH (74,4%)* Flocoumafen (25,6%)	Brodifoucoum (11,0 µg/kg)
Vossen	*Difethialon-OH (92,3%)* Brodifacoum (76,9%)	Drie AR's en één AR-OH met vergelijkbare concentraties (~30,0 µg/kg)
Vogels	Niet uit dit type data te halen	

5.1.1 Voorkomen en concentraties van AR's in zoogdieren

Alle AR's zijn in de onderzochte zoogdiersoorten aangetroffen, wel in verschillende prevalentie en concentraties. Concentraties en prevalenties van

de verschillende AR's zijn over het algemeen het laagst in egels, gevolgd door de vos en het hoogst in de steenmarter.

Ecologische invloeden

Dit kan (deels) gekoppeld worden aan de ecologie van de soorten. De egel heeft de relatief kleinste homerange waarin ze ruimtelijk bewegen, en hebben daarmee de kleinste kans van de drie soorten om bloot te staan aan een lokale bron van AR's. Een deel van de populatie egels zal dan ook niet blootstaan. Bij vos en marter is dit anders, door hun grotere homerange hebben ze een grotere kans om één of meerdere bronnen van AR's tegen te komen en eraan bloot te staan. Dit resulteert erin dat vos en met name steenmarter vaak concentraties van meerdere AR's laten zien. Concentraties in steenmarters zijn hoger dan in egels en vossen. Het kan zijn dat steenmarters zich vaker dichter bij bebouwing laten zien dan vossen, en ook in gebouwen verblijven. Dit kan resulteren in een verhoogde blootstelling aan AR's, zelfs via directe opname van uitgelegd voer. Het feit dat in de verschillende soorten ook metabolieten van AR's worden aangetoond, met name in vos en marter, impliceert dat blootstelling chronisch lijkt te zijn.

Vergelijking met buitenlandse studies: egels

Concentraties en prevalentie van AR's in de zoogdieren zijn vergelijkbaar met buitenlandse studies. Miserez et al. (2025) rapporteren concentraties van verschillende AR's in egels uit België die iets lager lijken te zijn dan in de huidige studie (mediaan concentraties 1,2 versus 3,0 µg/kg (bromadiolon), 1,5 versus 3,0 µg/kg (difenacoum), 3,4 versus 7,9 µg/kg (brodifacoum) 0,1 versus 2,0 µg/kg (flocoumafen) en 0,7 versus 2,0 µg/kg (difethialon) voor die studie versus huidige studie) (Miserez, et al., 2025). De prevalentie in die studie (100% van de dieren heeft minstens één van de vijf hier onderzochte AR's) is wel hoger dan in de huidige studie.

Vergelijking met buitenlandse studies: vossen

In een Duitse studie aan vossen (Geduhn, et al., 2015) waren concentraties van AR's in vossen wat hoger dan in de huidige studie, maar de medianen waren allen onder de 10 µg/kg, net als in de huidige studie. Prevalentie was ongeveer 60%, iets lager dan in de huidige studie. In andere landen is de prevalentie van het voorkomen van AR's in vossen variabel, van 39% in Spanje tot 88% in Frankrijk (López-Perea, Pablo R. Camarero, & Sánchez-Barbudo, 2019). De onderliggende studies kwamen uit verschillende jaren, uit landen met verschillend beleid wat betreft rodenticidengebruik. De prevalenties zijn echter vergelijkbaar met de hier aangetroffen prevalentie van AR's in vossenlevers (77%).

Vergelijking met buitenlandse studies: steenmarters
De steenmarter laat in de huidige studie een prevalentie van bijna 100% (som-AR's) zien, wat heel vergelijkbaar is met studies uit andere landen, of iets hoger ligt (99% in Denemarken (Elmeros et al., 2018) en 67% in Frankrijk (Lestrade, et al., 2021). Concentraties van de individuele stoffen zijn hoger in de huidige studie in vergelijking met Denemarken, met uitzondering van bromadiolon, diatin heel hoge concentraties wordt gevonden in Denemarken (Elmeros et al. 2018). Daar wordt geen directe reden voor gegeven, mogelijk dat specifiek gebruik van bromadiolon hier een rol speelt. Hoewel individuele stoffen kleine afwijkingen kunnen laten zien, zijn de concentraties zoals gevonden in de verschillende zoogdiersoorten van de huidige studie heel vergelijkbaar met andere studies uit het buitenland.

Risico-inschatting van gevonden concentraties op zoogdieren
De vraag is in welke mate de gevonden concentraties risicovol zijn. AR's kunnen effecten hebben op de bloedstolling. Risicogrenzen voor wildlevende zoogdieren zijn echter niet voldoende uitgewerkt. Dit komt doordat de effecten van rodenticiden (bloedingen en bloeduitstortingen) ook gevonden worden in dieren die als gevolg van trauma zijn gestorven, en het daarmee moeilijk is specifieke effecten van AR's bij doodgevonden wilde dieren vast te stellen (Murray, 2018). Als maat wordt in verschillende studies het volgende gebruikt, concentraties > 200 µg/kg: mogelijke risico's op toxische effecten, > 800 zeer waarschijnlijke toxische effecten, > 2000 zeer waarschijnlijk letaal (Geduhn et al. 2015; Lopez-Perea et al. 2019).

In de huidige studie zijn de concentraties in zes van de 81 egels (7%) hoger dan 200 µg/kg, waarvan twee bijna 800 µg/kg. Dit impliceert dat AR's mogelijk een risico zijn voor egels. Voor de vossen wordt in drie van de dertien (23%) dieren een hogere concentratie gemeten dan 200 µg/kg, waarvan één zelfs boven de 800 µg/kg. Dit is vergelijkbaar met de Duitse studie, waarin 27,5% van de concentraties hoger dan 200 µg/kg waren, 10% hoger dan 800 µg/kg en 1% zelfs boven de 2000 µg/kg (Geduhn, et al., 2015). De aantallen monsters in de huidige studie zijn wat laag, maar er is geen reden aan te nemen dat de risico's in Nederland lager zijn dan in Duitsland.
In geval van de steenmarters zijn de risico's wat hoger dan in de Spaanse studie. In onze studie zijn de concentraties van som-AR's in 42% van de monsters hoger dan 200 µg/kg, in 10% boven de 800 µg/kg en in 1,5% hoger dan 2000 µg/kg. In de Spaanse studie liet 23% van de steenmarters hogere concentraties zien dan 200 µg/kg (Lopez-Perea et al., 2019, maar zij rapporteren niet welk deel hoger dan 800 µg/kg was).

Tussenconclusie zoogdieren
Samenvattend kan worden vastgesteld dat egels minder blootstaan aan AR's dan vossen, en die weer minder dan steenmarters. Dit lijkt (deels) gerelateerd aan de ruimtelijke ecologie van de soorten. De prevalenties en concentraties in de huidige studie voor verschillende soorten zijn erg vergelijkbaar met studies uit het buitenland. Afgeleide risico's op toxische effecten lijken voor egels niet heel relevant, maar daarentegen voor vossen wel. Het aantal geanalyseerde vossenmonsters is weliswaar niet hoog in de huidige studie, de resultaten zijn erg vergelijkbaar met buitenlandse studies, wat de waarschijnlijkheid van de mogelijke risico's onderbouwt. Risico's voor steenmarters zijn heel waarschijnlijk; 100% van de steenmarters bevat AR's, en voor een heel groot deel van de dieren zijn de concentraties risicovol. De risico's zijn wat groter dan in de eerdergenoemde Spaanse studie is aangetoond.

Er zijn enkele opmerkelijke details in deze studie. Flocoumafen wordt maar sporadisch aangetoond (in een enkele egel en steenmarter). Dat lijkt erop te wijzen dat deze AR weinig tot niet wordt toegepast. Daarnaast worden in sommige monsters wel metabolieten aangetroffen, maar niet de moeder-component (zie tabellen), dat betekent dat in andere studies enkele vals-negatieve monsters kunnen voorkomen. Als metabolieten in deze studie niet meegenomen zouden zijn, zou het gaan om 29% vals-negatieve monsters voor de egel, 23% voor de vos, en 1% voor de steenmarter.

5.1.2 Voorkomen en concentraties van AR's in vogels
Alle AR's worden in de verschillende soorten vogels gevonden, waarvan monsters van meerdere individuen zijn geanalyseerd. Alleen flocoumafen wordt weinig en in lage concentraties aangetroffen. De hoogste concentraties worden gevonden voor bromadiolon, brodifacoum en difethialon worden in lagere concentraties aangetoond. De geometrische gemiddelden van som-AR's zijn het hoogst in buizerd en slechtvalk, waarvan maar twee individuen zijn geanalyseerd (Tabel 4-5).

Risico-inschatting van gevonden concentraties op vogels
Opvallend zijn de hoge prevalenties en concentraties in sperwers, waarvan wordt aangenomen dat ze vooral op zangvogels foerageren. Klaarblijkelijk is dat ook een effectieve route van doorvergiftiging. Wanneer gekeken wordt naar risicogrenzen voor som-AR's, gebaseerd op brodifacoum, bromadiolon en difethialon (Elliott, et al., 2024), is het helder dat voor sommige soorten de blootstelling risico's met zich meebrengt (Figuur 4-3). Ook hier is opvallend dat de sperwer relatief veel risico lijkt te lopen. Wanneer de rode wouw en slechtvalk buiten beschouwing worden gelaten (hier van zijn maar respectievelijk één en twee monsters van geanalyseerd), is het beeld dat

gemiddeld ongeveer 5-20% van de individuen in de monsterset van de onderzoekscoördinator 'wilde fauna van Wageningen' van Wageningen Bioveterinary Research meer dan 50% risico heeft gelopen op fysiologische effecten door blootstelling aan AR's. Een aanzienlijk deel van de individuen heeft concentraties hoog genoeg voor 10-50% kans op dergelijke effecten, terwijl slechts 15-40% van de vogels een kans kleiner dan 5% op effecten van de blootstelling loopt. Dit laat zien dat een groot deel van de Nederlandse roofvogels een zeer gerede kans loopt om effecten te ondervinden van blootstelling aan rodenticiden, ook in 2025.

Tussenconclusie zoogdieren en vogels
Gecombineerd met de data van de dieren verzameld in het huidige project, laten de data een beeld zien dat blootstelling zeer breed is, zowel in zoogdieren als in vogels. Van alle onderzochten soorten (steenmarter, egel, vos, bunzing, steenuil, kerkuil, bosuil, oehoe, slechtvalk, torenvalk, rode wouw en zeearend) zijn er individuen die AR's en/of metabolieten in hun lever hebben. De prevalentie is voor sommige soorten ook hoog. Geconcludeerd kan worden dat blootstelling aan rodenticiden wijdverspreid is in wildlevende dieren. Prevalentie en concentraties zijn afhankelijk van de ecologie van de verschillende soorten, maar voor de meeste soorten zijn risico's op fysiologische effecten niet uit te sluiten en voor sommige zelfs heel reëel.

5.2 Is er verschil in blootstelling tussen agrarisch en stedelijk gebied?

In dit rapport is de egel gebruikt als indicatorsoort voor verschil in blootstelling aan AR's tussen agrarisch en stedelijk gebied. De prevalentie en de concentraties AR en OH-AR in egels uit stedelijk en agrarisch gebied zijn vergeleken binnen jaren (2020, 2021, 2022, 2025), tussen egels van 2020-2022 en 2025 egels (voor en na de wijzigingen voor binnen gebruik) en voor alle jaren tezamen (2020-2025), en er zijn geen statistisch significante verschillen tussen agrarisch en stedelijk gebied aangetoond.

5.2.1 Blootstelling van egels aan AR
De egel is in principe een goede indicatorsoort voor secundaire vergiftiging, omdat deze wordt blootgesteld aan rodenticiden via predatie op bijvoorbeeld knaagdieren of slakken met AR (secundaire vergiftiging). Incidenteel kan de egel direct worden blootgesteld aan AR, maar cameraonderzoek liet zien dat dit zelden was (één uit 2149 waarnemingen (Guldemond, et al., 2020)). In de huidige studie zijn inderdaad anticoagulante rodenticiden en de metabolieten aangetoond in egellevers. Voor som-AR's (alle vijf AR's in beschouwing genomen) was de prevalentie in agrarisch gebied (63%) iets hoger dan in

stedelijk gebied (48%), voor som-AR-OH's (alle vijf AR-OH's in beschouwing genomen) was de prevalentie in agrarisch gebied (57%) lager dan in stedelijk gebied (86%).

5.2.2 Gevonden concentraties agrarisch en stedelijk

De geometrische gemiddelde concentratie van som-AR's was in agrarisch gebied iets hoger (16 µg/kg) dan in stedelijk gebied (8 µg/kg), dat van de som-AR-OH's was vergelijkbaar in agrarisch gebied (9 µg/kg) en in stedelijk gebied (8 µg/kg). De prevalenties van anticoagulante rodenticiden en de metabolieten waren bij egels over het algemeen lager dan bij de grotere zoogdieren zoals steenmarter en vos, met uitzondering van difethialon-OH (dit rapport). Dit is mogelijk nadelig geweest voor het onderscheidingsvermogen ('statische power') van deze analyse.

5.2.3 Verschil in aantallen monsters tussen de twee gebieden

De egel komt wijdverspreid voor, en dus zowel in agrarisch als stedelijk gebied, wat in principe een vergelijking tussen egels uit agrarisch en stedelijk gebied mogelijk maakt. Wel geven meerdere studies aan dat egelpopulaties achteruitgaan en dat egels voorkeur hebben en in grotere aantallen voorkomen in stedelijk gebied in vergelijk met agrarisch gebied (Gazzard, Macdonald, & Rasmussen, 2025). Dit heeft mogelijk ertoe bijgedragen dat er relatief veel egels werden aangeleverd voor onderzoek uit stedelijk gebied en maar een beperkt aantal uit agrarisch gebied. Dit gold zowel voor de retrospectieve monsters als in de in 2025 verzamelde egels. Het relatief lage aantal monsters uit agrarisch gebied zal ook nadelig zijn geweest voor het onderscheidingsvermogen ('statische power') van de analyse.

5.2.4 Ecologie egels in relatie tot vindplaats

Naast het voorkomen in beide habitattypen is er nog een andere reden dat de egel werd gebruikt in deze analyse. Die reden is dat de soort in vergelijking met grotere zoogdieren, zoals steenmarter en vos, een veel kleinere home-range (en daarmee foerageergebied) heeft (Guldemond, et al., 2020). De indeling van egels in de categorie agrarisch versus stedelijk is gedaan op basis van het bodemgebruik volgens CBS (bestand bodemgebruik 2017) op de locatie waar het dier is gevonden. De indeling werd als aannemelijk gezien gegeven de kleine homerange, doorgaans slechts enkele hectaren. Maar de egels in de huidige studie zijn niet individueel gevolgd en er is dus geen exacte informatie over het gebied waarin deze dieren gefoerageerd hebben.

Guldemond et al., 2020, gebruikte voor de indeling niet het bodemgebruik op de vindplaats, maar verschillende criteria over bodemgebruik binnen een straal van 250 m van de vondst (wat overeenkomt met een homerange van 20

ha, en waarbinnen bij deze egels tot met tien verschillende habitattypes voorkwamen). Op basis van de criteria van Guldemond et al. zouden zeven van de 86 egels (8%) in deze studie anders ingedeeld worden. Het is de vraag welke indeling dichter bij de werkelijkheid voor de meeste egels ligt. Als laatste kanttekening hierbij kan woongebied in een stad zijn, of een dorp op het platteland, wat mogelijk verschil maakt. Een effect op de gevonden waarden van een foerageerbezoek aan ander habitattype kan dan ook niet worden uitgesloten. Toch is een egel een geschikter indicatorsoort dan niet-doelsoorten met een grotere homerange, en de indeling in stedelijk of agrarisch zal grotendeels correct zijn.

5.3 Welke conclusies zijn er te trekken over een trend in doorvergiftiging bij het vergelijken van de resultaten van dit onderzoek met die van eerder uitgevoerd onderzoek?

Voor deze deelvraag worden de nieuwe data uit de periode 2024-2025 met twee verschillende datatypes vergeleken. Ten eerste de vergelijking met data uit de periode 2020-2022 en ten tweede de vergelijking met de resultaten uit het vorige onderzoek.

5.3.1 Welke trend in doorvergiftiging is waarneembaar?

Tussen egels uit periode 2020-2022 en egels uit 2025 blijkt met name in het agrarisch gebied een duidelijk verschil in de samenstelling van de gevonden mengsels aan AR's (Figuur 4-5). Waar in periode 2020-2022 difethialon verantwoordelijk was voor ongeveer 45% van de blootstelling, werd deze stof in 2025 in geen van de agrarische egels teruggevonden. Ook flocoumafen en difenacoum werden niet meer teruggevonden. In 2025 lijkt brodifacoum het volledige aandeel van deze drie stoffen te hebben overgenomen.

Steenmarters

Bij de steenmarters is geen duidelijke trend in af- of toename van de totale concentratie anticoagulante rodenticiden bewezen (Figuur 4-6). Visueel lijken de concentraties in 2024 en 2025 lager dan in voorgaande jaren, maar de totale concentratie in startjaar 2019 is vergelijkbaar met 2025, dus er is geen duidelijke trend waarneembaar.

Om mogelijk een trend te identificeren in de jaren na de implementatie in 2023, is een jaarlijkse voortzetting van de dataverzameling nodig. De dataset uit 2024 telt 58 steenmarters en 40 steenmarters uit 2025 (allen positief voor minstens één van de AR's). De standaardfout bij datasets van deze omvang bleek over de data 2024 en 2025 klein genoeg om veranderingen waar te

nemen, datasets uit komende jaren zouden minstens in dezelfde ordegrootte moeten zijn.

Alle geometrische gemiddelden van de totaalconcentraties AR's in steenmarters (Figuur 4-6) zijn, op 2019 na, hoger dan de risicogrens van 200 µg/kg die ook in andere studies (zoals Geduhn et al., 2015 en Lopez-Perea et al., 2019) gebruikt wordt. Het risico op mogelijke toxische effecten is dus vooralsnog onverminderd in stand gebleven.

Vossen

Ook bij de vossen is voor de meeste stoffen geen significant verschil in gevonden concentraties te zien, zie Tabel 4-8. Hier zijn (nieuwe) monsters van vossen uit 2021 vergeleken met monsters van vossen uit 2025. Twee stoffen werden in 2021 niet aangetroffen, difenacoum en flocoumafen. Difenacoum werd in 2025 wel aangetroffen. Door de kleine monstersets (respectievelijk zes en zeven vossen) valt niet te concluderen dat het gebruik van difenacoum toegenomen is. Dit wordt ook niet ondersteund door de resultaten bij de andere dieren in dit onderzoek.

Brodifacoum komt ook bij de vossen naar voren als een relevant resultaat: de prevalentie is van 50% naar 100% tegenomen (in elke vos werd deze stof in 2025 aangetroffen) en het bijbehorende concentratieverschil is statistisch significant, ondanks de kleine monstergrootte ($p < 0,001$). De concentratie is hier toegenomen van 1,8 µg/kg naar 44,7 µg/kg.

De totale concentraties van de AR's in vossen nemen niet significant toe in de tijd als naar het (geometrisch) gemiddeld van de resultaten per jaar wordt gekeken. Wanneer je de concentraties los van elkaar beschouwt en de risico's categoriseert, zoals in Figuur 4-9 is gedaan, is wel te zien dat meer dan de helft van de individuele vossen zich in 2025 mogelijk in de hogere risicozones bevinden (> 200 µg/kg in de figuur) of met zekerheid in de hogere risicozones zitten (> 500 µg/kg in de figuur), waar dat in 2021 nog een enkele vos was.

Bij een langer lopend traject aan metingen, met bij voorkeur een grotere monsterset, wordt pas duidelijk of deze resultaten (toename brodifacoum en risico van individuele vossen) het begin zijn van een voortgezette toename, een incidenteel gemiddelde door de kleine monsterset of een eventueel plateau door stabilisering van rodenticidengebruik na de tweede ronde IPM-implementatie.

5.3.2 Vergelijking met resultaten uit vorige studie

In 2019 heeft CLM in samenwerking met DHWC, het Kennis- en Advies-centrum Dierplagen (KAD) en Bureau Waardenburg ook een onderzoek uitgevoerd naar het aantreffen van rodenticiden in niet-doelsoorten (Guldemond et al. 2020), met als opdrachtgever het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. In die studie is een groot aantal verschillende diersoorten onderzocht uit verschillende groepen (knaagdieren, vogeleters, slakkeneters, omnivoren en lokaaseters). De dieren in die studie zijn verzameld in de periode 2011-2018. De opzet van die studie gaf een goed beeld van de brede verspreiding van rodenticiden in de verschillende groepen.
Het aantal metingen per diersoort in de eerste studie was vanwege de opzet echter wel beperkt. Om effecten van strenger (IPM-)beleid te kunnen vast-stellen is in de huidige studie gekozen om de focus te leggen op enkele diersoorten (met name steenmarters en egels) om het aantal metingen per diersoort te verhogen en statistische analyses uit te kunnen voeren. Ook vossen en roofvogels zijn in de huidige studie meegenomen. Deze waren beperkt beschikbaar.

De vergelijking met de vorige studie is door het verschil in opzet alleen globaal te maken. Naast het aantal metingen is ook de meetmethode tussen de twee studies iets verschillend. In de huidige studie is een iets lagere detectielimiet gehanteerd. Ook valt op dat de concentraties in steenmarters hoger lijken in de eerdere studie. Vanwege het verschil in detectielimiet en het lage aantal metingen is het echter niet mogelijk hier betrouwbare conclusies aan te verbinden.

De prevalenties in steenmarters, egels, vossen én roofvogels zijn in 2025 hoger dan in de eerdere studie (monsters uit periode 2011-2018, Tabel 5-2). Vanwege de kleine aantallen in de periode 2011-2018 is het niet mogelijk dit statistisch te toetsen. Uit deze vergelijking blijkt dat voor de onderzochte diersoorten geen vermindering van doorvergiftiging heeft plaatsgevonden door strenger IPM-beleid.

Tabel 5-2 Aantal dieren en prevalentie van AR's in verschillende diersoorten in de studie naar doorvergiftiging van rodenticiden van Guldemond et al. (2020, kolommen 2011-2018) en de huidige studie (2025), inclusief de monsters vanuit 'wilde fauna van Wageningen' van Bioveterinary Research Wageningen.

	2011-2018		2025	
Dier	**Aantal**	**Prevalentie (%)**	**Aantal**	**Prevalentie (%)**
Steenmarters	6	83	40	100
Egels	6	17	40	52
Vossen	14	79	7	100
Roofvogels	21	57	63	79

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

- Alle onderzochte niet-doelsoorten staan bloot aan de vijf anticoagulante rodenticiden. Dit is aangetoond op basis van metingen aan levers van steenmarters, egels, vossen en roofvogels. Dit bevestigt het vóórkomen van doorvergiftiging van niet-doelsoorten aan deze AR's. Blootstelling aan rodenticiden is wijdverspreid in wildlevende dieren. Prevalentie en concentraties zijn afhankelijk van de ecologie van de verschillende soorten.
- Risico's op fysiologische effecten (bloedingen) zijn voor steenmarters heel waarschijnlijk, en voor vossen waarschijnlijk. Voor de onderzochte vogelsoorten en egels zijn risico's niet uit te sluiten, en voor sommige soorten heel reëel.
- Er werd geen verschil aangetoond tussen egels uit rurale en urbane gebieden. De situatie in steden lijkt daarmee niet anders dan in meer agrarische gebieden.
- Concentraties van de verschillende AR's in de verschillende soorten variëren in de tijd, maar er was geen blijvende daling aantoonbaar. In 2024 leken de waargenomen concentraties wat lager, wat mogelijk gerelateerd kan worden aan een vermindering van het gebruik direct na het verplichtstellen van IPM binnen gebouwen. In 2025 is deze afname echter verdwenen, en is de blootstelling vergelijkbaar met die van vóór de implementatie in 2023. Wel werden verschillen zichtbaar in de typen AR's die gevonden werden, wat kan wijzen op veranderde toepassing.
- Om de blootstelling van niet-doelsoorten te verminderen is aanscherping van beleid en implementatie noodzakelijk. Verder is continuering van monitoring essentieel, om toekomstige trends in blootstelling vast te kunnen stellen. Hiervoor is tijdig gericht verzamelen van dieren cruciaal.

7. DANKWOORD

Wij danken alle inzenders van dode dieren voor hun bijdrage aan dit onderzoek. Dit geldt in het bijzonder voor de inzenders van de dode steenmarters uit weidevogelbeheer in Friesland, en voor de egelopvangcentra, waaronder Wildopvang De Bonte Piet (Midwoud), Stichting Snorhaar (Utrecht), Egelopvang Papendrecht, Egelopvang Zoetermeer, Wildopvang Krommenie en Wildopvang de Fûgelhelling, die hebben bijgedragen aan dit onderzoek door dode egels uit 2025 te bewaren en in te sturen voor dit onderzoek.
Daarnaast bedanken wij de heer Peter van Tulden van Wageningen Bioveterinary Research, die via zijn rol als onderzoekcoördinator 'wilde fauna van Wageningen' data van verschillende vogelsoorten met ons gedeeld heeft. Ten slotte zijn wij de leden van de begeleidingscommissie en de opdrachtgever erkentelijk voor feedback op het plan van aanpak en twee conceptrapportages. Deze commissie bestond naast vertegenwoordiging uit het ministerie van Infrastructuur & Waterstaat uit de heer Peter Aubel (Inspectie Leefomgeving & Transport), de heer Jasper Lesterhuis (Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) en mevrouw Rosalien Paalhuis (Ctgb). De inhoud van het rapport blijft uiteraard de verantwoordelijkheid van de auteurs.

REFERENTIES

Ctgb. (sd). *Knaagdierbestrijding*. Opgehaald van https://www.ctgb.nl/onderwerpen/rodenticiden

Dowding, C. V. (2010). Accumulation of anticoagulant rodenticides in a non-target insectivore, the European hedgehog (Erinaceus europaeus). *Environmental Pollution*, 161-166.

Elliott, J. E., Silverthorn, V., English, S. G., Mineau, P., Hindmarch, S., Thomas, P. J., . . . Okoniewski, J. (2024, Mei 1). Anticoagulant Rodenticide Toxicity in Terrestrial Raptors: Tools to Estimate the Impact on Populations in North America and Globally. *Environmental Toxicology and Chemistry, 43*(5), 988-998.

Elmeros, M., Lassen, P., Bossi, R., & Topping, C. (2018). Exposure of stone marten (Martes foina) and polecat (Mustela putorius) to anticoagulant rodenticides: Effects of regulatory restrictions of rodenticide use. *Science of The Total Environment*, 1358-1364.

Gazzard, A., Macdonald, D., & Rasmussen, S. L. (2025). Conservation concern for Europe's hedgehog species (Erinaceidae): Current statuses, issues and needs. *Biological Conservation*(304).

Geduhn, A., Jacob, J., Schenke, D., Keller, B., Kleinschmidt, S., & Esther, A. (2015). Relation between Intensity of Biocide Practice and Residues of Anticoagulant Rodenticides in Red Foxes (Vulpes vulpes). *PLOS ONE*.

Guldemond, A., Lommen, J., Rijks, J., Boudewijn, T., Silfhout, M. v., Gommers, R., . . . Leendertse, L. L. (2020). *Kans op vergiftiging van niet-doelstoorten met rodenticiden in Nederland.* Culemborg: CLM Onderzoek en Advies.

KPMB. (2025). *Handboek IPM-knaagdierbeheersing, versie 4.0.* Opgehaald van https://kpmb.nl/wp-content/uploads/2025/07/Handboek-IPM-Knaagdierbeheersing-versie-4.0-2025.pdf

Lestrade, M., Vergne, T., Guinat, C., Berny, P., Lafitte, J., Novella, C., & Le Loc'h, G. (2021). Risk of Anticoagulant Rodenticide Exposure for Mammals and Birds in Parc National des Pyrénées, France. *Journal of wildlife diseases*, 637-642.

Liu, Y., & Van den Brink, N. ((in prep), 2026). The exposure of Anticoagulant Rodenticides to Non-target stone martens (Martes foina) in The Netherlands.

López-Perea, J., Pablo R. Camarero, I., & Sánchez-Barbudo, R. (2019). Urbanization and cattle density are determinants in the exposure to anticoagulant rodenticides of non-target wildlife. *Environmental Pollution*(244), 801-808.

Miserez, V., Terriere, N., Blomme, E., Cherlet, M., Croubels, S., De Bruyck, S., . . . Martel, A. (2025). Widespread anticoagulant rodenticide exposure in hedgehogs and their prey in Belgium: prevalence, distribution and hedgehogs' health implications. *Science of The Total Environment*.

Murray, M. (2018). Monitoring Anticoagulant Rodenticides in Birds of Prey in the Wildlife Rehabilitation Setting. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference*.

CLM Onderzoek en Advies

Postadres
Postbus 62
4100 AB Culemborg

Bezoekadres
Gutenbergweg 1
4104 BA Culemborg

T 0345 470 700

www.clm.nl

Laat het goede groeien.