

Effect van verplaatsen van grote grazers op de gehalten van dioxines, PCB's en PFAS's

Ron (L.A.P.) Hoogenboom, Liz Leenders en Guido van der Weg



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Effect van verplaatsen van grote grazers op de gehalten van dioxines, PCB's en PFAS's

Ron (L.A.P.) Hoogenboom, Liz Leenders en Guido van der Weg

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Food Safety Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, uitgevoerd binnen de WOT Voedselveiligheid project WOT-02-006-016.

Wageningen, oktober 2022

WFSR-rapport 2022.022

Ron (L.A.P.) Hoogenboom, Liz Leenders en Guido van der Weg, 2022. *Effect van verplaatsen van grote grazers op de gehalten van dioxines, PCB's en PFAS's*. Wageningen, Wageningen Food Safety Research, WFSR-rapport 2022.022. 38 blz.; 1 fig.; 10 tab.; 13 ref.

Projectnummer: 1207396201

BAS-code: WOT-02-006-016-WFSR

Projecttitel: Effect van verplaatsen van grote grazers op de gehalten van dioxines, PCB's en PFAS's

Projectleider: Ron (L.A.P.) Hoogenboom

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/577400> of op <http://www.wur.nl/food-safety-research> (onder WFSR publicaties).

© 2022 Wageningen Food Safety Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research. Hierna te noemen WFSR.

Het is de opdrachtgever toegestaan dit rapport integraal openbaar te maken en ter inzage te geven aan derden. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het WFSR is het niet toegestaan:

- a. *dit door WFSR uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;*
- b. *dit door WFSR uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of WFSR, geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin;*
- c. *de naam van WFSR te gebruiken in andere zin dan als auteur van dit rapport.*

Postbus 230, 6700 AE Wageningen, T 0317 48 02 56, E info.wfsr@wur.nl, www.wur.nl/food-safety-research.
WFSR is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

WFSR-rapport 2022.022

Verzendlijst:

- M. den Braver, D. Sijm (NVWA BuRO)
- N.E. Emmerik (VWS)
- P. Dop, B. Douw, C. van der Weijden (NVWA)
- N. Wentzel (LNV)
- S. Jeurissen, A. Rietveld, (RIVM)

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Dioxines en PCB's	11
1.2 Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS's)	12
1.3 Doelstelling van dit onderzoek	13
2 Materiaal en methodes	14
2.1 Monsters van dieren	14
2.2 Analyse van dioxines en PCB's	15
2.3 Analyse van PFAS's	16
3 Resultaten	18
3.1 Dioxines en PCB's	18
3.1.1 Gehaltes in grond, gras en diervoer	18
3.1.2 Gehaltes in dieren	19
3.2 PFAS's	25
3.2.1 Gehaltes in diervoer, grond en water	25
3.2.2 Gehaltes in dieren	25
4 Discussie	28
5 Aanbevelingen	30
Literatuur	31
Bijlage 1 Locaties monstername van gras en grond	32

Woord vooraf

Medio 2020 bleek uit een aantal analyses dat vlees van runderen en paarden die grazen in uiterwaarden van grote rivieren normoverschrijdende gehalten aan dioxines en PCB's kunnen bevatten. Daarop is onderzoek gedaan om meer informatie te krijgen over gehalten van deze contaminanten maar ook over PFAS's, zowel in de dieren als in grond en gras als mogelijke bron van de verhoogde concentraties. Daarnaast is onderzoek gedaan naar het effect van het verplaatsen van dieren naar schonere locaties. Een dergelijk onderzoek vereist de medewerking van een groot aantal personen. Dit betreft allereerst de eigenaren van de dieren waarvan monsters zijn verkregen, FREE Nature en Natuurcentrum Arnhem. Daarnaast de dierenartsen die de bloedafnames hebben verricht en de mensen van de NVWA die de monstername op het slachthuis en de verzending naar het laboratorium geregeld hebben. En uiteindelijk de medewerkers bij WFSR, zowel de mensen bij de monsteradministratie als de mensen die betrokken zijn geweest bij de analyses op dioxines, PCB's en PFAS's. NVWA-BuRO wordt bedankt voor de financiering van dit onderzoek.

Samenvatting

Uit onderzoek is gebleken dat vlees, vet en lever van runderen die grazen in de uiterwaarden van rivieren gehalten aan dioxines en PCB's kunnen bevatten boven de wettelijke normen. Ook worden er in organen en vlees PFAS's aangetroffen, deels boven de nieuwe EU-normen voor runderen die in 2023 van kracht worden. Daarom is gekeken of het verplaatsen van dieren naar een schonere omgeving kan leiden tot een verlaging van de gehalten van dioxines, PCB's en PFAS's. Om de dieren te kunnen volgen in de tijd zijn methodes ontwikkeld voor de analyse van deze contaminanten in bloedplasma.

Het verplaatsen van vijf Rode Geus stieren van Loevestein naar een stal resulteerde in een 20-voudige afname van de plasmagehalten aan dioxines en PCB's, en in iets mindere mate (factor 3) ook voor PFOS, qua gehalten de belangrijkste PFAS. De dieren kregen na verplaatsen naar de stal regulier voer en namen sterk toe in gewicht en vetgehalte. Dieren uit Loevestein die in november werden geslacht vertoonden ook lagere gehalten van dioxines, PCB's en PFAS's in vlees dan dieren geslacht begin april maar wel hoger dan in de op stal gezette dieren. De afname in gehalten kunnen deels verklaard worden door groei en vetaanzet bij de dieren, een lagere blootstelling in de stal, maar ook een lagere blootstelling in de uiterwaarden gedurende de zomerperiode.

Een minder sterke afname in gehalten van deze contaminanten werd gezien bij 4 ossen die vanuit de uiterwaarden langs de Nederrijn bij Arnhem werden verplaatst naar een wei bij Elst (Gelderland). Na een initiële afname was er op basis van het gemiddelde een lichte stijging van de dioxine-, dl-PCB- en PFAS-gehalten, en voor ndl-PCB's zelfs een grotere stijging. De reden voor deze stijging kan niet verklaard worden door de gehalten gevonden in grond en gras.

Een aantal koeien die verplaatst waren vanuit de Gendtse Waard naar een wei bij Ooij lieten een toename zien van de dioxine- en PCB-gehalten. Mogelijk speelt het geslacht of het moment van verplaatsen (eind mei) een rol.

Een aantal Schotse Hooglanders die vanuit de Broekpolder werden verplaatst naar een schone wei in de Biesbosch waar ze werden bijgevoerd, lieten een lichte afname in dioxine- en PCB-gehalten zien. Voor PFOS-gehalten in vlees en lever van deze dieren waren er geen duidelijke verschillen. gehalten van een aantal andere PFAS's in levers waren lager dan die voor PFOS maar namen toe na het verplaatsen.

Dit onderzoek toont aan dat verplaatsing van dieren kan resulteren in een sterke verlaging in dioxine-, PCB- en PFAS-gehalten, zelfs tot beneden de normen. Het effect van verplaatsing lijkt af te hangen van de beginsituatie, het moment van verplaatsen en de mate waarin dieren groeien en vet aanzetten. Naast verschillen in de lichaamssamenstelling zullen ook verschillen in de blootstelling gedurende het jaar een rol spelen.

1 Inleiding

In Nederland worden runderen, paarden en schapen gebruikt voor natuurbegrazing. Voor een deel van die dieren is dit het hoofddoel, dus het kort houden van de begroeiing in bv de uiterwaarden van rivieren. Deze dieren staan jaarrond in deze gebieden en worden dus in de winter niet op stal gezet, zoals dat vaak wel gebeurt met andere dieren die in natuurgebieden grazen. Voor deze jaarrond natuurbegrazing worden een aantal specifieke runderrassen gebruikt, zoals Rode Geus, Tauros, Galloway en Schotse hooglander. Omdat de kuddes toenemen in omvang, moet met enige regelmaat een deel van de dieren worden verplaatst naar andere gebieden, dan wel worden geslacht indien dit niet mogelijk is. In dat laatste geval wordt het vlees voor humane consumptie verkocht door de beheerders zelf of via het reguliere circuit. Naast een aantal stichtingen als FREE Nature en Taurus, betreft dit ook Utrechts Landschap en Staatsbosbeheer, waarbij die laatste geen dieren in de uiterwaarden bezit maar bv wel in de Oostvaardersplassen en Lauwersmeer. Daarnaast zijn er ook kleinere beheerders zoals Natuurcentrum Arnhem, die dieren o.a. langs de Rijn laat grazen.

1.1 Dioxines en PCB's

Dioxines (polychloordibenzo-p-dioxines en -furanen) zijn een groep stoffen die als bijproduct zijn gevormd tijdens de productie van bepaalde gechloreerde chemicaliën, de verbranding van bepaalde chloorbevattende plastics en deels ook in bepaalde kleitypes voorkomen (bv kaolinite) (EFSA, 2018). In praktijk zijn 17 van deze dioxines (congeneren) van belang omdat zij moeilijk afbreekbaar zijn en zich ophopen in voedselproducerende dieren en de mens. Daarbij is er sprake van verschillende toxische potentie van de congenen welke wordt weergegeven d.m.v. zogenaamde toxische equivalentiefactoren (TEF's). De meest toxische dioxine, 2,3,7,8-tetrachloordibenzo-p-dioxine (TCDD), wordt daarbij gebruikt als referentie. Polychloorbifenylen (PCB's) zijn door de mens geproduceerd en in bepaalde mengsels (olie) toegepast in o.a. transformatoren, verhittingsapparatuur maar ook verf. Twaalf van deze PCB's gedragen zich als dioxines en worden daarom dioxineachtige (dioxin-like of dl-) PCB's genoemd en hieraan is ook een TEF-waarde toegekend. In praktijk is PCB 126 de meest toxische PCB (10 keer minder toxisch dan TCDD en daarom een TEF van 0,1) en deze draagt het meeste bij aan de blootstelling van de mens aan dioxines en dl-PCB's na correctie voor de TEF's (EFSA, 2018). De andere PCB's worden niet-dioxine-achtig (non-dioxin-like of ndl-) PCB's genoemd en een deel hiervan hoopt eveneens op in de voedselketen en de mens. Van deze ndl-PCB's zijn er 6 opgenomen in de normstelling omdat die een beeld geven van de verschillende PCB-mengsels die in het verleden zijn gebruikt. De EC heeft voor zowel dioxines en dl-PCB's, als voor ndl-PCB's normen vastgesteld (Verordening (EG) nr. 1831/2003) volgens het principe "strict but feasible", dus zo laag mogelijk maar wel rekening houdend met de gehalten die in praktijk gerapporteerd worden door de lidstaten. Dit zou op termijn een verlaging van de normen mogelijk moeten maken. Daarbij is wel gebleken dat dieren die buiten lopen vaak hogere gehalten bevatten, omdat zij ook worden blootgesteld via inname van grond (Hoogenboom en Traag, 2013).

Uit recent onderzoek is gebleken dat ook vlees en levers van wilde runderen die grazen in de uiterwaarden van de grote rivieren (natuurbegrazing), vaak gehalten van dioxines en PCB's bevatten die de maximumgehalten in de EU overschrijden (Hoogenboom et al., 2022). Dit betreft met name dieren in het stroomgebied van de Rijn en Waal, maar ook in vet van een deel van de dieren langs de Maas zijn gehalten aangetroffen die net boven de normen liggen. Het probleem wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de gehalten in de grond hoger zijn dan in weides binnen de dijken, al overschrijden die grondgehalten niet de normen uit het Bodembesluit (<https://rvszoeksysteem.rivm.nl/stof/detail/2473>). Met name in de winter, wanneer het gras relatief kort is, zullen de dieren naar alle waarschijnlijkheid veel grond binnen krijgen. Ook na een overstroming van de uiterwaarden zal het gras gedurende enige tijd hogere gehalten bevatten door aanhangend slib. Door regen en groei van het gras zullen die gehalten weer snel afnemen. Tijdens overstromingen worden de dieren indien nodig tijdelijk verplaatst en/of bijgevoerd met hooi maar zodra het kan weer toegelaten tot de uiterwaarden.

Ook de fysiologie van deze wilde runderen zal waarschijnlijk een rol spelen bij de relatief hoge gehalten in lever en vlees, met name aan het eind van de winter. Dioxines en PCB's hopen zich op in lever en vooral in het lichaamsvet (Hoogenboom, 2012; EFSA, 2018). Dit betekent dat de hoeveelheid vet in het dier een rol speelt bij de gehalten. Met name de mannelijke dieren van een aantal van de gebruikte rassen zijn erg mager aan het einde van de winter waardoor de aanwezige dioxines en PCB's zich concentreren in het resterende vet. De algemene aanname is dat de gehalten in vet overal in het lichaam gelijk zijn, dus ook in het vet aanwezig in vlees. Uit de beperkte beschikbare gegevens, onder meer van het huidige onderzoek, komt naar voren dat dit voor vet vlees inderdaad het geval is maar dat in het vet aanwezig in zeer mager vlees (minder dan 1% vet), de gehalten in het vet een factor twee lager zijn (Hoogenboom et al., 2022). Daarnaast zal er ook uitscheiding zijn van deze stoffen. Koeien hebben meer lichaamsvet waardoor de opgenomen dioxines en PCB's tot lagere gehalten leiden dan in stieren. Bovendien zullen koeien een deel van de dioxines en PCB's doorgeven aan de kalveren, met name via de melk. Uit de beperkte gegevens is gebleken dat jonge kalveren daardoor hogere gehalten bevatten dan de moeders, en dat vrouwelijke dieren inderdaad lagere gehalten bevatten dan mannelijke dieren (Hoogenboom et al., 2022).

De te hoge dioxine- en PCB-gehalten zijn een belemmering voor de verkoop van vlees en organen van deze dieren. Daarom speelt de vraag of er mogelijkheden zijn om deze gehalten te reduceren tot onder de normen. Dit kan door de blootstelling van de dieren te verlagen, in principe door de dieren te verplaatsen naar een schonere omgeving. Ook maatregelen die een effect hebben op b.v. het vetpercentage kunnen van belang zijn.

Door RIVM zijn recent een aantal kinetische modellen ontwikkeld voor vleesrunderen, zogende koeien en kalveren om het verloop van de gehalten van dioxines en PCB's in lever en vet, en daarmee indirect ook vlees, te voorspellen (Noteboom et al., 2021; Minnema et al., 2021). Deze modellen zijn gebaseerd op een bestaand model voor melkkoeien maar er zijn een aantal aanpassingen verricht om het verloop in wilde grazers, en dan met name de Rode Geus, beter te voorspellen. Dat betreft met name de fluctuerende vetgehalten en de groei van kalveren tot één jaar. Deze modellen bevestigen het effect van de variërende vetgehalten op die van dioxines en dl-PCB's. Om deze modellen te valideren en verder te optimaliseren zijn aanvullende gegevens nodig over de fysiologie van deze dieren en het verloop van contaminantgehalten, vooral na het reduceren van de blootstelling.

1.2 Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS's)

Uit het eerdere onderzoek is gebleken dat vlees en vooral in levers ook PFAS's kunnen bevatten (Hoogenboom et al., 2022). Voor deze stoffen heeft EFSA in 2020 een nieuwe zogenaamde tolerable weekly intake (TWI) afgeleid op basis van effecten op het immuunsysteem bij kinderen (EFSA, 2020). Op basis van de gedetecteerde PFAS's in serum in de kritische studie heeft EFSA de TWI beperkt tot PFHxS, PFOS, PFOA en PFNA. Omdat de inname van de meeste mensen deze TWI overschrijdt zijn er recent normen vastgesteld voor deze stoffen in o.a. spier- en orgaanvlees, inclusief dat van runderen. Deze normen zijn afgeleid op basis van het principe "strict but feasible", dus zo laag mogelijk maar wel haalbaar, waarbij gekeken is naar eerder gerapporteerde gehalten in vlees. Omdat deze meestal laag zijn in spiervlees van runderen, pluimvee en varkens (vaak vermeld als niet detecteerbaar), zijn ook de voorgestelde normen voor de 4 PFAS's voor deze diersoorten relatief laag. In vlees en organen van schapen en met name wild zijn de gehalten vaak hoger en zijn dus ook de ML's hoger. In voedsel komt van de vier PFAS's PFOS het meest voor (EFSA, 2020) en deze stof accumuleert in koeien hetgeen niet het geval is voor PFOA (Kowalczyk et al., 2013). Uit het eerdere onderzoek is gebleken dat de gehalten van PFOS in lever het hoogst zijn, zo'n factor 23 tot 97 hoger dan in vlees (Hoogenboom et al., 2022). In tegenstelling tot dioxines en PCB's zit het grootste deel van de PFAS's in het bloed en in de lever (Kowalczyk et al., 2013). Daardoor spelen variaties in vetgehalten geen grote rol i.t.t. de lipofielere dioxines en PCB's. Wel zullen de gehalten afnemen door groei, naast een afname door uitscheiding via urine en mogelijk ook feces, ook al lijkt die uitscheiding voor een aantal PFAS's (PFHxS, PFHpS en PFOS) heel klein (Kowalczyk et al., 2013). Verder worden PFAS's via de melk uitgescheiden en overgedragen aan kalveren, waardoor tegelijkertijd de gehalten in de moeder zullen afnemen.

1.3 Doelstelling van dit onderzoek

Doel van dit onderzoek is om na te gaan of bepaalde maatregelen leiden tot een wezenlijke afname van de gehalten van dioxines, PCB's en PFAS's waardoor het vlees van dieren uit bepaalde uiterwaarden alsnog voldoet aan de normen. Daarvoor zijn initiatieven genomen door twee beheerders die vervolgens monsters ter beschikking hebben gesteld voor onderzoek. De resultaten zijn ook van belang voor de verdere ontwikkeling, validatie en optimalisering van kinetische modellen voor runderen.

2 Materiaal en methodes

2.1 Monsters van dieren

Stichting FREE Nature heeft 26 maart 2021 vijf jonge stieren (Rode Geus) van Loevestein bij de Waal verplaatst naar een stal bij een boerderij met vleesstieren. Daar zijn ze gevoerd met maiskuil, aardappelen en voerbok. Op 26 maart en 9 juni 2021 is bij de dieren door een dierenarts bloed afgenomen en ter beschikking gesteld van WFSR. Op 4 november 2021 zijn de dieren geslacht en is vet, vlees, lever en bloed bemonsterd. Drie iets oudere stieren van Loevestein zijn op 1 april geslacht en ook hiervan zijn diverse monsters verzameld alsmede bloed. Geboortedatum, geslacht, locaties en slachtdatum staan in Tabel 1.

Een tweede groep betreft een aantal hooglander stieren die door FREE Nature in maart 2021 verplaatst zijn van de Broekpolder bij Vlaardingen naar Lijnoorden in de Biesbosch, een terrein dat niet onderloopt bij overstromingen. Daar zijn ze bijgevoerd met hooi. De Broekpolder bevat verontreinigd slib uit de Rotterdamse haven waardoor ook gehaltes in runderen relatief hoog zijn (zie onder). Een aantal vergelijkbare dieren, geboren in de Noordwaard, zijn eind juli verplaatst naar dat terrein. Helaas zijn de dieren in die periode wat vermagerd waardoor de dioxines en PCB's zich geconcentreerd kunnen hebben in het resterende vet. Drie van de dieren van beide groepen zijn op 11 november geslacht en niervetmonsters verstuurd naar WFSR via de NVWA. Ter vergelijking zijn op 1 oktober 2021 twee stieren uit de Broekpolder geslacht.

Van een derde groep heeft FREE Nature eind mei en begin juni vijf Rode Geus koeien verplaatst van de Gendtse Waard langs de Waal naar een binnendijkse wei bij Ooij. Eén van de koeien is op 4 juni bevallen van een stierkalf. Deze zes dieren zijn op 22 oktober 2021 geslacht en niervetmonsters verstuurd naar WFSR. Daarnaast zijn op 14 en 19 oktober een koe en een stier (Rode Geus) vanuit de Gendtse Waard geslacht.

Een vierde groep betrof vier ossen van verschillende rassen van Natuurcentrum Arnhem. Deze dieren stonden oorspronkelijk aan de Rijn bij Arnhem (Bakenhof) en zijn via een korte periode in de stal voor bloedafnames verplaatst naar Landerij de Park in Elst (Gld). Tussentijds zijn ze opgehaald voor nieuwe bloedafnames en weer teruggebracht maar wel naar een meer oostelijk gelegen wei. Uiteindelijk zijn ze eind oktober weer teruggehaald naar de stal bij Presikhaaf en is nogmaals bloed afgenomen. Eén van de dieren (7502) is daarna geslacht waarbij vet en vlees zijn bemonsterd. Ook deze monsters zijn ter beschikking gesteld van WFSR.

Bloed is door dierenartsen afgenomen in flessen van 1 liter met daarin 10 ml van een 15% EDTA-oplossing en gelijk bij aankomst op het lab gecentrifugeerd. Plasma is verzameld en opgeslagen bij -20°C voor de analyse op dioxines, PCB's en PFAS's.

Tabel 1 Gegevens van de dieren waarvan monsters zijn verkregen voor het huidige onderzoek.

Ras	M/V	I&R	Geboren	Locatie	Verplaatst naar	Datum	Slachtdatum
Rode Geus	M	1747	3-2-2020	Loevestein	Stal	27-3-2021	4-11-2021
Rode Geus	M	1746	10-2-2020	Loevestein	Stal	27-3-2021	4-11-2021
Rode Geus	M	1748	11-2-2020	Loevestein	Stal	27-3-2021	4-11-2021
Rode Geus	M	1757	14-3-2020	Loevestein	Stal	27-3-2021	4-11-2021
Rode Geus	M	1858	18-5-2020	Loevestein	Stal	27-3-2021	4-11-2021
Rode Geus	M	1274	30-12-2018	Loevestein	---		1-4-2021
Rode Geus	M	1448	12-4-2019	Loevestein	---		1-4-2021
Rode Geus	M	1548	29-7-2019	Loevestein	---		1-4-2021
Rode Geus	M	1725	9-10-2019	Loevestein	---		8-11-2021
Rode Geus	M	1754	12-3-2020	Loevestein	---		8-11-2021
Rode Geus	V	0970	8-3-2017	Loevestein	---		8-11-2021
Hooglander	M	1233	27-3-2018	Broekpolder	---		1-10-2021
Hooglander	M	1516	18-3-2019	Broekpolder	---		1-10-2021
Hooglander	M	1235	27-3-2018	Broekpolder	Lijnoorden	10-3-2021	11-11-2021
Hooglander	M	1336	19-6-2018	Broekpolder	Lijnoorden	10-3-2021	11-11-2021
Hooglander	M	1524	16-4-2019	Broekpolder	Lijnoorden	10-3-2021	11-11-2021
Hooglander	M	1572	14-5-2019	Noordwaard	Lijnoorden	23-7-2021	11-11-2021
Hooglander	M	1560	18-7-2019	Noordwaard	Lijnoorden	23-7-2021	11-11-2021
Hooglander	M	1563	5-5-2019	Noordwaard	Lijnoorden	23-7-2021	11-11-2021
Rode Geus	M	1468	29-8-2019	Gendtse Waard	---		19-10-2021
Rode Geus	V	1657	9-6-2020	Gendtse Waard	---		14-10-2021
Rode Geus	M	1658	25-3-2020	Gendtse Waard	Ooij	28-5-2021	22-10-2021
Rode Geus	V	1659	1-4-2020	Gendtse Waard	Ooij	28-5-2021	22-10-2021
Rode Geus	V	1760	25-3-2020	Gendtse Waard	Ooij	7-6-2021	22-10-2021
Rode Geus	V	1755	11-3-2020	Gendtse Waard	Ooij	10-6-2021	22-10-2021
Rode Geus	V	1650	13-2-2020	Gendtse Waard	Ooij	28-5-2021	22-10-2021
Rode Geus	M	2141	4-6-2021	Gendtse Waard	Ooij	---	22-10-2021
Lakenvelder	M*	7502	13-12-2018	Bakenhof	Elst (Gld)	16-3-2021	---
Lakenvelder	M*	7485	19-12-2017	Bakenhof	Elst (Gld)	16-3-2021	---
Brandrode	M*	7494	16-6-2018	Bakenhof	Elst (Gld)	16-3-2021	---
Galloway	M*	4324	15-5-2018	Bakenhof	Elst (Gld)	16-3-2021	---

* Ossen.

I&R = identificatie en registratie; de eerste 4 van de 5 laatste cijfers zijn weergegeven.

2.2 Analyse van dioxines en PCB's

Dioxines en PCB's zijn onderzocht middels SOP A0561, A0565 en A1231. Niervet is gedroogd in een oven en daarna gespiked met gelabelde standaarden, vlees en lever zijn eerst gespiked met gelabelde standaarden en daarna geëxtraheerd volgens Smedes (1999). Gras is eerst gemalen onder stikstof, gespiked met gelabelde standaarden en daarna geëxtraheerd met tolueen/ethanol (9:1 v/v) met behulp van Accelerated Solvent Extraction (ASE). Grond is gespiked met gelabelde standaarden en daarna geëxtraheerd met tolueen/ethanol (9:1, v/v) met behulp van ASE. Van zowel gras als grond is het droge stofgehalte bepaald en hiervoor zijn de uiteindelijke resultaten gecorrigeerd. Bij diervoeders, waaronder gras, is het gangbaar om dat op 88% droge stof uit te drukken.

Voor de analyse van plasma werd 200 gram afgewogen en gemengd met 150 ml 2-propanol, 240 ml cyclohexaan en 25 ml verzadigde NaCl-oplossing. Na 2 min mengen met een ultraturrax en toevoegen 250 ml demiwater, werd weer 2 min gemengd met de ultraturrax. Vervolgens werd 10 minuten gecentrifugeerd bij 2°C en 2500 rpm, waarna de bovenste laag werd afgepipetteerd en gefiltreerd over natriumsulfaat en glaswol. Aan de resterende onderste laag werd 225 ml cyclohexaan en 25 ml methanol toegevoegd, weer gemengd met de ultraturrax en opnieuw gecentrifugeerd. De bovenste laag werd afgepipetteerd en toegevoegd aan het eerste extract. De organische fase werd ingedampt en het vet

overnacht gedroogd bij max 60°C. Het vet werd gewogen en de ¹³C-labels toegevoegd, alvorens verdere opzuivering (zie onder).

Het vet en extracten van andere matrices zijn vervolgens opgenomen in n-hexaan en opgezuiverd via Dextech (LC-Tech). Dit resulteert in twee fracties, fractie A met de mono-ortho en niet-dioxineachtige PCB's en fractie B met de dioxines (PCDD/F's) en non-ortho PCB's. De zuivering via Dextech bestaat uit een 3-kolommensysteem, een zure silicakolom (met een stukje zilver nitraat aan het begin), een aluminium-oxidekolom en een koolkolom. Vervolgens zijn beide fracties apart geanalyseerd met GC-HRMS. Stoffen zijn gescheiden op een DB-5ms kolom van Agilent (J&W; L 60 m; ID 0,25 mm; Fd 0,25 µm). De MS is getuned op een resolutie van 10.000 bij een elektronenergie van 35 eV en emissiestroom van 600 µA. Van de A fractie is 2 µl in SSL mode bij 280 °C geïnjecteerd, van de B fractie 100 µl op een PTV injector in Solvent Vent mode via een liner met glasparel of glaswol/glasbed pakking (type liner is afhankelijk op welk instrument gemeten is, Autospec of DFS).

Gehaltes van individuele congenen zijn omgerekend en gesommeerd naar zogenaamde TEQ-gehalten waarbij gebruik is gemaakt van de WHO-TEF's van 2005 (Van den Berg et al., 2006). Conform Verordening (EG) nr. 1881/2006 zijn gehalten weergegeven als upperbound gehalten waarbij voor niet-gedetectede congenen het gehalte gelijk is gesteld aan de LOQ van de methode. Alleen bij lage gehalten is dit van belang en meestal alleen voor de dioxines en niet de dl-PCB's. Bij toetsing aan de maximum gehalten wordt verder rekening gehouden met de meetonzekerheid van 15% voor de methode. Deze wordt vóór de toetsing eerst van het gemeten gehalte afgetrokken.

WFSR is geaccrediteerd voor de analyse van dioxines en PCB's in dierlijke producten en gras (diervoer), maar niet voor grond en bloed. Middels spikes is de analyse gecontroleerd.

2.3 Analyse van PFAS's

PFAS's zijn onderzocht in bloedplasma, lever en vlees.

Van het gemalen monster lever of vlees werd 1 tot 5 gram afgewogen in een kunststof buis van 50 ml waaraan een mix van ¹³C-isotoopgelabelde interne standaarden werd toegevoegd. Na toevoeging van 200 mM natriumhydroxide voor alkalische digestie, werden de componenten geëxtraheerd met methanol. Na extractie werd er mierenzuur toegevoegd en werden de monsters gecentrifugeerd. Het supernatant werd overgeschonken in een schone kunststof buis en hieraan werd Milli-Q water toegevoegd. Het extract werd opgezuiverd met solid-phase extractie (SPE). De SPE cartridges (Strata-X-AW, Phenomenex) werden geconditioneerd met methanol en 0.04 M zoutzuur in Milli-Q water. Na toevoeging van het extract werd de SPE cartridge achtereenvolgens gewassen met natriumacetaat buffer pH 4 en 0.04 M zoutzuur in methanol. De PFAS's werden van de cartridge geëluëerd met 2% ammoniumhydroxide in acetonitril. Na droogdampen van het eluaat onder een stikstofstroom werd het residu opgelost in acetonitril. Na toevoeging van de mobiele fase van de vloeistofchromatograaf (LC) (2 mM ammoniumacetaat in Milli-Q water) en een injectiestandaardenmix (¹³C8-PFOA en ¹³C8-PFOS) werd de oplossing overgebracht in een LC vial.

Van de plasmamonsters werd 1 gram afgewogen in een kunststof buis van 50 ml waaraan een mix van ¹³C-isotoopgelabelde interne standaarden werd toegevoegd. De componenten werden geëxtraheerd met acetonitril. Na ultrasoneren en centrifugeren werd het supernatant overgeschonken in een schone kunststof buis en werd daaraan Milli-Q water toegevoegd. Het extract werd opgezuiverd met solid-phase extractie (SPE). De SPE cartridges (Oasis WAX, Waters) werden geconditioneerd met methanol en Milli-Q water. Na toevoeging van het extract werd de SPE cartridge achtereenvolgens gewassen met natriumacetaat buffer pH 4 en methanol. De PFAS's werden van de cartridge geëluëerd met 2% ammoniumhydroxide in acetonitril. Na droogdampen van het eluaat onder een stikstofstroom werd het residu opgelost in acetonitril. Na toevoeging van de mobiele fase van de vloeistofchromatograaf (LC) (2 mM ammoniumacetaat in Milli-Q water) en een injectiestandaardenmix (¹³C8-PFOA en ¹³C8-PFOS) werd de oplossing overgebracht in een LC vial.

De diverse extracten werden met LC-tandem massaspectrometrie (LC-MS/MS) geanalyseerd op diverse PFAS's, waaronder de 4 PFAS's uit de toekomstige normstelling (PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS) maar ook GenX. De LC (Shimadzu) was voorzien van een reversed-phase kolom (Waters Acquity UPLC BEH C18, 50 mm x 2,1 mm i.d., 1,7 µm deeltjes). De componenten werden gescheiden met een gradiënt van 2 mM ammoniumacetaat in Milli-Q water en acetonitril. Eventuele PFAS's vanuit het LC systeem werden vertraagd over een isolator kolom (Waters Symmetry C18, 50 mm x 2,1 mm i.d., 5 µm deeltjes) zodat ze niet tegelijk met de PFAS's vanuit de monsteroplossingen werden gedetecteerd. Voor detectie werd een "Sciex QTRAP5500" MS/MS gebruikt, waarbij zowel de natieve als ¹³C-gelabelde verbindingen m.b.v. specifieke massaovergangen werden gedetecteerd.

WFSR is geaccrediteerd voor de analyse van PFAS's in voedingsmiddelen, biologische en milieumatrices en water, maar niet voor plasma. Middels additionele controlemonsters zijn de analyses gecontroleerd.

3 Resultaten

3.1 Dioxines en PCB's

3.1.1 Gehaltes in grond, gras en diervoer

In een aantal gebieden zijn eerder grond- en soms ook grasmonsters verzameld en onderzocht, waarvan de meeste gehalten in een ander rapport (Hoogenboom et al., 2022) zijn gerapporteerd. Daarnaast zijn van een aantal andere locaties monsters genomen op basis van de oorspronkelijke en nieuwe locaties waar dieren gehuisvest zijn (Tabel 2, locaties zijn weergegeven in Bijlage 1). Ook zijn voermonsters onderzocht uit de stal waarnaar vijf mannelijke dieren uit Loevestein zijn verplaatst. Uit metingen verricht in de uiterwaarden bij Beuningen bleek dat gehalten in gras in de wintermaanden iets hoger zijn dan in de zomermaanden. Echter, na de overstroming in februari 2021 waren gehalten in gras sterk verhoogd door aanhangend slib. In juli 2021 waren door de overstroming de grasgehalten ook verhoogd maar minder dan in de winter.

Het is aannemelijk dat die situatie voor Loevestein vergelijkbaar was met Beuningen op basis van vergelijkbare gehalten in grond. Dit is van belang voor gehalten in de dieren geslacht in april 2021 en de op stal gezette dieren, maar mogelijk ook voor de dieren die in november 2021 geslacht zijn.

Tabel 2 Gehaltes aan dioxines, dl-PCB's, som-TEQ en ndl-PCB's in grond (per gram droge stof), gras en voedermiddelen (88% droge stof). Bij grond zijn upperbound (ub) en lowerbound (lb) gehalten gelijk en is alleen ub weergegeven, bij gras en voer beiden.

Locatie \ matrix	Omschrijving	Datum	Dioxines pg TEQ/g	dl-PCB's pg TEQ/g	Som pg TEQ/g	ndl-PCB's ng/g
Grond						
Loevestein	Oost langs rivier	14-11-2020	18,0	2,7	20,6	46,2
	Oost langs rivier (2)	26-3-2021	23,2	2,4	25,6	43,0
	Zuidkant parkeerplaats	14-11-2020	10,8	0,9	11,6	10,8
	West langs rivier	26-3-2021	33,6	4,5	38,1	90,7
Arnhem	Bakenhof onder brug	20-4-2021	2,4	0,5	2,9	3,2
	Bakenhof langs rivier	13-4-2021	76,6	5,8	82,5	63,0
Elst Gld	Landerij de Park, west*	13-4-2021	1,0	0,2	1,2	0,6
	Landerij de Park, oost*	14-11-2021	1,5	0,3	1,8	2,0
Noordwaard	Lijnoorden*	30-3-2021	0,8	0,1	0,9	0,5
	Braspenning	30-3-2021	0,8	0,1	0,9	0,5
Broekpolder	Noordkant meer*	30-6-2021	58,4	6,8	65,1	94,6
	Zuidkant meer*	30-6-2021	12,5	1,0	13,5	17,3
Gendt	Binnen zomerdijk	9-11-2021	19,4	2,0	21,4	19,8
Ooij	Wei*, hele terrein	9-11-2021	3,0	0,4	3,4	1,2
Gras						
Loevestein	Oost langs rivier	14-11-2020	0,66/0,76	0,19/0,19	0,85/0,95	2,52/2,52
	Zuidkant parkeerplaats	14-11-2020	0,40/0,41	0,11/0,11	0,51/0,52	1,53/1,53
Arnhem	Bakenhof, langs rivier	13-4-2021	0,13/0,30	0,10/0,11	0,24/0,41	0,00/1,30
Elst Gld	Landerij de Park, west*	13-4-2021	0,09/0,22	0,14/0,14	0,23/0,36	0,00/0,82
	Landerij de Park, oost*	14-11-2021	0,20/0,39	0,17/0,17	0,37/0,56	0,54/0,87
Gendt	Binnen zomerdijk	9-11-2021	0,28/0,54	0,16/0,16	0,44/0,61	1,05/1,05
Ooij	Wei, hele terrein*	9-11-2021	0,22/0,44	0,10/0,10	0,32/0,54	0,63/0,69
Voer stal						
	Voerbrok		0,00/0,03	0,00/0,00	0,01/0,03	0,02/0,05
	Maiskuil		0,03/0,08	0,02/0,02	0,05/0,11	0,06/0,18
	Aardappelen		0,00/0,08	0,01/0,01	0,01/0,09	0,00/0,22

* Deze locaties liggen niet langs een rivier maar binnendijks.

**vetgedrukte gehalten zijn nieuw voor dit onderzoek en niet vermeld in WFSR (2022).

Voor de ossen uit Arnhem, verplaatst naar Elst (Gld) zijn de gehalten in Bakenhof en die van de twee weides bij Landerij de Park van belang. Bij Bakenhof zijn er grote verschillen in de grondgehalten vlak langs de rivier en die bij de brug, beiden locaties waar de dieren kunnen grazen. Ook deze gebieden overstroomden bij hoog water. Bij Elst zijn de gehalten in grond veel lager dan die langs de rivier in Arnhem. Voor gras zijn de verschillen veel kleiner.

Voor de dieren uit de Biesbosch zijn de locaties Broekpolder en Noorwaard van belang. In de grond van de Broekpolder waren de gehalten veel hoger dan in de Noordwaard, met name aan de noordkant van de waterplas. In de Broekpolder zou in het verleden Rotterdams havenslib zijn gestort maar is het terrein deels gesaneerd. De locatie Braspenning was tot voor kort ingepolderd gebied en is pas recent weer vrijgegeven voor de rivieren, zowel de Maas ten zuiden van het gebied als de Merwede ten noorden van het gebied. Lijnoorden, waar de dieren uiteindelijk naar toe zijn verplaatst, ligt naast het bezoekerscentrum in de Biesbosch en overstroomt niet.

In de Gendtse Waard is het gebied bemonsterd dat binnen de zomerdijk ligt en minder snel overstroomt. De dieren hebben hier wel de mogelijkheid om naar de rivier te lopen maar dat gebied is veel kleiner. De wei in Ooij, waarnaar een deel van de dieren zijn verplaatst, ligt ten zuiden van de winterdijk en overstroomt niet. gehalten in grond waren veel hoger in de Gendtse Waard dan in de wei bij Ooij. Voor gras waren de verschillen klein.

3.1.2 gehalten in dieren

Tabel 3 t/m 7 toont de gehalten voor dioxines, dl-PCB's, de som van deze twee groepen en dat voor ndl-PCB's. De gehalten voor de eerste twee stofgroepen zijn gecorrigeerd voor de toxiciteit middels TEF's en gesommeerd tot een TEQ-gehalte. Qua normen voor runderen geldt voor dioxines een maximumgehalte van 2,5 pg TEQ/g vet en voor de som van dioxines en dl-PCB's van 4 pg TEQ/g vet. Voor ndl-PCB's geldt een norm van 40 ng/g vet. Voor lever gelden maximumgehalten van 0,3 pg TEQ/g lever voor dioxines, 0,5 pg TEQ/g lever voor de som van dioxines en dl-PCB's en 3 ng/g lever voor ndl-PCB's, dus uitgedrukt op nat gewicht i.p.v. vet. gehalten in niervet en lever die de norm overschrijden zijn vet gedrukt, rekening houdend met de meetonzekerheid van 15% die eerst van het gemeten gehalte moet worden afgetrokken. Voor dl-PCB's geldt geen apart maximumgehalte.

3.1.2.1 Dieren Loevestein

Tabel 3 toont de gehalten van de dioxines, dioxine-achtige (dl-) PCB's en de niet-dioxine-achtige (ndl-) PCB's in niervet en plasmavet van dieren uit Loevestein. Het is duidelijk dat de gehalten in niervet van de drie stieren die op 1 april zijn geslacht deze normen ver overschrijden. Dat geldt ook voor de ndl-PCB's. De gehalten in bloedvet van die drie dieren zijn vergelijkbaar met die gehalten in niervet. De bloedgehalten van de andere vijf stieren die rond die tijd op stal zijn gezet, zijn vergelijkbaar. Vervolgens namen de gehalten van alle drie de stofgroepen in zo'n twee maanden na het op stal zetten sterk af, met respectievelijk 93, 91, 92 en 90% voor het dioxine-, dl-PCB- en som-TEQ- en het ndl-PCB-gehalte. Daarbij zijn ze wel nog iets hoger dan de normen. Die daling zette vervolgens door in de daarop volgende 5 maanden met uiteindelijk afnames met 97, 97, 97 en 96% voor genoemde stofgroepen. De gehalten in de niervetten van deze dieren zijn ruim onder de dioxine- en som-TEQ-normen maar liggen voor de ndl-PCB's daar net onder, rekening houdend met 15% meetonzekerheid.

Vleesgehalten van die vijf dieren, geslacht op 4-11-2021 waren voor dioxines 0,5/0,5/0,9/0,7/1,2 pg TEQ/g vet, voor dl-PCB's 0,8/0,9/1,3/0,8/0,9 pg TEQ/g vet, voor som-TEQ 1,3/1,4/2,1/1,4/2,2 en voor ndl-PCB's 24/21/43/26/32 ng/g vet (vetgehalte 5,8/6,8/5,4/5,7/1,6%). Ook deze liggen allen onder de normen, rekening houdend met de meetonzekerheid. Het betreft hier zogenaamde upperbound gehalten hetgeen voor de dioxines in deze monsters een overschatting geeft van het TEQ-gehalte, omdat de gehalten voor de meeste individuele congenen onder de LOQ's lagen (bij upperbound worden de gehalten van niet gedetecteerde congenen gelijk gesteld aan de LOQ). Over het algemeen zijn de gehalten in niervet en vlees van deze dieren goed vergelijkbaar. Eerder bleek voor de 3 stieren geslacht in april, dat op vetbasis de gehalten in niervet een factor twee hoger waren dan die in het zeer magere vlees met minder dan 1% vet (Hoogenboom et al., 2022). Daarbij speelt bovendien dat bij minder dan 2% vet, het gehalte moet worden uitgedrukt op productbasis (per gram vlees) alvorens deze te vergelijken met de normen, eveneens

uitgedrukt op productbasis (uitgaand van 2% vet; zie Hoogenboom et al., 2022). Dit is gedaan omdat de inname van dioxines en PCB's bij producten met weinig vet, zoals mager vlees, relatief laag zal zijn. Door deze werkwijze zal de kans op overschrijdingen voor mager vlees verder afnemen. Dat geldt dus feitelijk ook voor het vlees van één van de vijf op stal gezette dieren met een vetpercentage van 1,6%.

Tabel 4 laat zien dat ook in lever de gehalten in de op stal gezette dieren veel lager zijn dan in de levers van dieren geslacht op 1 april. Alhoewel in verschillende dieren, suggereren de gehalten een afname van respectievelijk 98, 97, 98 en 93% voor het dioxine-, dl-PCB-, som-TEQ- en het ndl-PCB-gehalte. De dioxine- en som-TEQ-gehalten zijn gedaald tot onder de normen van respectievelijk 0,3 en 0,5 pg TEQ/g lever, terwijl die van de ndl-PCB's wel nog de norm van 3 ng/g lever overschrijden.

In november 2021 werden 3 andere dieren uit Loevestein geslacht waarvan 2 stieren en 1 koe. In niervet van de twee stieren werden gehalten gevonden van 2,1 en 1,5 pg TEQ/g vet voor dioxines, 3,0 en 3,2 pg TEQ/g vet voor dl-PCB's, 5,1 en 4,6 pg TEQ/g vet voor de som-TEQ en 33 en 37 ng/g vet voor de ndl-PCB's. Slechts het gehalte van 5,1 pg TEQ/g vet ligt na aftrek van de meetonzekerheid nog iets boven het maximumgehalte van 4 pg TEQ/g vet. De gehalten aan dioxines en dl-PCB's zijn veel lager dan in de dieren geslacht in april en slechts iets hoger dan die in de op stal gezette dieren. Ook de ndl-PCB-gehalten zijn veel lager dan van de dieren geslacht in april en voor deze stoffen is het verschil met de staldieren nog veel kleiner. Dit duidt enerzijds op dat de blootstelling aan deze stoffen en met name de grondinname in de zomerperiode heel laag is en dat anderzijds ook hier de toename in vetgehalten zo hoog is dat de gehalten sterk dalen in deze periode.

Voor de dl-PCB's speelt de vraag waarom deze zoveel bijdragen aan het som-TEQ gehalte in deze dieren omdat dat in grond en gras veel minder het geval is (op basis van de analyses zo'n 40% in plasma en niervet, tegen respectievelijk 11 en 20% in grond en gras, zie Tabel 2). Ook op andere locaties is dit waargenomen en eerder bij melkkoeien uit de Lickebaertpolder (Traag et al., 2006). Dit is ook waargenomen in een dierproef van melkkoeien (Hoogenboom et al., 2015), dus een grotere overdracht van dl-PCB's naar melk. Voor de ndl-PCB's geldt dit feitelijk ook. Zo zijn de gemiddelde ratio's tussen ndl-PCB's en dioxine-TEQ in plasma- en niervet 25.000 en 16.000 tegen 2.000 in grond en 3.500 in gras. Een mogelijke verklaring bij dieren uit de uiterwaarden zouden additionele bronnen kunnen zijn maar welke dat zouden zijn is onduidelijk. Uiteraard gaat het bij de grond- en grasmonsters om steekproeven en kan een eventuele "hot spot" niet worden uitgesloten. Een andere verklaring zou een verschil in uitscheiding kunnen zijn tussen de relevante dioxines en PCB's maar de vergelijkbare daling in de gehalten van dioxines en dl-PCB's van de op stal gezette dieren lijkt dit niet te ondersteunen. Een eventueel verschil in absorptie lijkt de meest waarschijnlijke verklaring, maar de vraag is of dit tot zo'n groot verschil kan leiden. Deze kwestie vereist duidelijk meer onderzoek, indien mogelijk ook door ondersteund door de kinetische modellen ontwikkeld door RIVM (2021).

3.1.2.2 Dieren Arnhem

Ook van vier ossen uit Arnhem is via bloedanalyses het verloop in de gehalten aan dioxines en PCB's gemeten (Tabel 5). Deze dieren stonden oorspronkelijk in Bakenhof, uiterwaarden van de Rijn in Arnhem zuid, en zijn daarna verplaatst naar een wei in Elst (Gld), ver van de grote rivieren. gehalten in met name de grond bevestigen dat de wei bij Elst lagere gehalten aan dioxines en PCB's bevat dan het gebied langs de rivier en met name het lager gelegen deel (Tabel 2). Eerdere analyseresultaten van andere ossen die in Bakenhof hadden gestaan toonden niervetgehalten boven de normen (analyses van een commercieel laboratorium in opdracht van Natuurcentrum Arnhem). Tabel 5 toont de gehalten van de dioxines, dl-PCB's en de ndl-PCB's in vet geïsoleerd uit plasma verzameld op drie tijdstippen. Ook bij deze dieren was er in de eerste vier maanden na verplaatsing naar een schonere locatie een duidelijke afname in de gehalten, maar wel minder dan bij de dieren in Loevestein. Ook bij deze dieren was de afname redelijk vergelijkbaar voor de verschillende stofgroepen, zijnde 58%, 54% en 56% voor de dioxine-, dl-PCB- en som-TEQ en 53% voor de ndl-PCB's. Echter, die daling zette niet door in de volgende 3 maanden (juli t/m oktober); de gehalten van dioxines, dl-PCB's en som-TEQ namen zelfs licht toe en die van de ndl-PCB's met een factor 1,2 tot 2,9.

De os met de laagste plasmagehaltenes (no 7502) is vervolgens geslacht en niervet en vlees (met 6,8% vet) zijn onderzocht. Dioxinegehaltenes waren respectievelijk 1,8 en 1,4 pg TEQ/g vet, dl-PCB-gehaltenes 6,0 en 6,0 pg TEQ/g vet, som-TEQ gehaltenes 7,8 en 7,4 pg TEQ/g vet en ndl-PCB-gehaltenes 58 en 63 ng/g vet. Deze

resultaten laten zien dat niervet een goede matrix is om gehaltes in vet vlees te voorspellen. De plasmagehaltes voor dl-PCB's (4,7 pg TEQ/g vet) in dit dier lijken die in nier- en spiervet wat te onderschatten en die voor ndl-PCB's (80 ng/g vet) wat te overschatten. Voor de dieren uit Loevestein was dat niet zo (Tabel 3). De gehaltes in niervet en vlees bevestigen de conclusies op basis van de plasmagehaltes, namelijk dat de dl- en ndl-PCB-gehalten bij deze dieren zorgen voor een overschrijding van de maximumgehalten.

De toename in de tweede periode zou kunnen wijzen op een vermagering van de dieren maar een alternatieve verklaring is een verhoogde blootstelling, ofwel door hogere gehaltes in het gras en de grond van de nieuwe wei, dan wel meer grondinname. Analyse van grond en gras uit die wei lieten iets hogere gehaltes zien (Tabel 2, Landerij de Park Oost) maar die gehaltes lijken te laag om dit effect te kunnen verklaren. Bij deze dieren speelt overigens nog meer de kwestie rond de PCB's met een bijdrage van de dl-PCB's van 73% aan de som-TEQ terwijl er in de twee grondmonsters en het ene grasmonster van Bakenhof slechts een kleine bijdrage werd gevonden (Tabel 2). En ook hier is er een veel grotere ratio in de gehaltes van ndl-PCB's/dioxine-TEQ in plasmavet dan in de grondmonsters (264.000 vs. 1.000) (in het ene grasmonster werden geen PCB's gemeten boven de LOQ's).

3.1.2.3 Dieren Gendtse Waard

Tabel 6 toont de gehaltes van de dioxines, dl-PCB's en ndl-PCB's in niervet van 8 dieren uit de Gendtse Waard waarvan er 5 (inclusief 1 zwangere koe) eind mei 2021 zijn verplaatst naar een wei bij Ooij. Dieren werden eind oktober 2021 geslacht. Van de dieren uit de wei bij Ooij voldeden er vijf niet aan één of meerdere normen terwijl de twee niet verplaatste dieren uit de Gendtse Waard dat wel deden. Het is ook duidelijk dat het stierkalf zo'n 4 tot 5 keer hogere gehaltes bevatte dan de moeder, hetgeen verklaard kan worden door overdracht via de melk. De moederkoe bevatte juist relatief lage gehaltes in vergelijking met de 4 andere koeien uit deze wei. Alhoewel het aantal dieren uit de Gendtse Waard zelf beperkt was suggereren de data dat de blootstelling in de Gendtse Waard juist lager is dan in de wei bij Ooij en er dus een averechts effect bereikt is. Analyseresultaten van gras- en met name grondmonsters (Tabel 2) laten echter hogere gehaltes zien in de Gendtse Waard t.o.v. de wei in Ooij.

Tabel 3 Gehaltes van dioxines, dl-PCB's, som-TEQ (pg TEQ/g vet) en ndl-PCB's (ng/g vet) in niervet en plasma van Loevestein stieren die deels op stal zijn gezet.

		Eind maart 2021 op stal gezet en gevolgd					Diernummer				
Stof/ weefsel	Datum	1746	1747	1757	1858	1748	Geslacht in april 2021			Datum	Afname (%)
Dioxines*											
Niervet	1-4-2021						34,8	29,6	36,5	1-4-2021	0%
Plasma	26-3-2021	34,3	33,8	37,9	41,2	26,0	29,4	33,9	27,5	1-4-2021	0%
	9-6-2021	2,3	1,3	2,8	3,6	2,6					93%
	4-11-2021	0,9	0,8	0,9	1,3	0,7					97%
Niervet	4-11-2021	0,5	0,4	0,7	0,8	0,5					98%
dl-PCB's											
Niervet	1-4-2021						24,7	24,4	22,6	1-4-2021	0%
Plasma	26-3-2021	24,4	32,5	23,8	25,2	17,6	16,3	18,1	19,1	1-4-2021	0%
	9-6-2021	1,9	1,4	2,1	2,7	2,0					91%
	4-11-2021	0,6	0,7	0,8	1,0	0,6					97%
Niervet	4-11-2021	0,8	0,8	1,1	1,2	0,9					96%
Som-TEQ*											
Niervet	1-4-2021						59,5	54,0	59,1	1-4-2021	0%
Plasma	26-3-2021	58,7	66,3	61,7	66,4	43,6	45,7	52,0	46,5	1-4-2021	0%
	9-6-2021	4,2	2,7	4,9	6,3	4,6					92%
	4-11-2021	1,6	1,5	1,6	2,3	1,3					97%
Niervet	4-11-2021	1,3	1,3	1,8	2,1	1,4					97%
ndl-PCB's*											
Niervet	1-4-2021						497	501	523	1-4-2021	0%
Plasma	26-3-2021	746	941	610	845	351	385	465	481	1-4-2021	0%
	9-6-2021	63	47	66	96	46					90%
	4-11-2021	25	22	31	46	16					96%
Niervet	4-11-2021	27	24	35	40	22					94%

* Gehaltes boven de ML's voor dioxines, som-TEQ en ndl-PCB's in niervet zijn vet gedrukt, rekening houdend met 15% meetonzekerheid.

Tabel 4 Gehaltes van dioxines, dl-PCB's, som-TEQ (pg TEQ/g lever) en ndl-PCB's (ng/g lever) in lever van stieren uit Loevestein die deels op stal zijn gezet.

Stof/ weefsel	Datum	Eind maart 2021 op stal gezet en gevolgd				Diernummer				Datum	Afname (%)
		1746	1747	1757	1858	1748	Geslacht in april 2021				
Dioxines*	1-4-2021						5,45	4,58	7,51	1-4-2021	0%
	4-11-2021	0,11	0,10	0,14	0,14	0,11					98%
dl-PCB's	1-4-2021						2,43	2,36	3,03	1-4-2021	0%
	4-11-2021	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08					97%
Som-TEQ*	1-4-2021						7,87	6,94	10,54	1-4-2021	0%
	4-11-2021	0,18	0,18	0,22	0,23	0,20					98%
ndl-PCB's*	1-4-2021						77	65	72	1-4-2021	0%
	4-11-2021	5,0	4,4	5,8	5,9	3,4					93%

* Gehaltes boven de ML's voor dioxines, som-TEQ en ndl-PCB's in lever zijn vet gedrukt, rekening houdend met 15% meetonzekerheid.

Tabel 5 Gehaltes van dioxines, dl-PCB's, som-TEQ en ndl-PCB's in plasma van 4 ossen uit Arnhem en afname t.o.v. de gehaltes in maart. Dieren werden na de eerste bloedafname verplaatst van de uiterwaarden naar een schone wei.

Datum	Stofgroep (eenheid)	Diernummers				Afname (%)
		7502	7485	7494	4324	
16-3-2021	Dioxines	4,2	4,9	4,6	4,3	0%
22-7-2021	(pg TEQ/g vet)	1,7	1,9	1,9	1,9	58%
26-10-2021		1,6	3,9	2,0	2,0	48%
16-3-2021	dl-PCB's	10,0	10,9	12,1	11,4	0%
22-7-2021	(pg TEQ/g vet)	4,5	5,0	5,4	5,3	54%
26-10-2021		4,7	10,7	6,4	5,8	41%
16-3-2021	Som-TEQ	14,2	15,8	16,7	15,7	0%
22-7-2021	(pg TEQ/g vet)	6,2	6,9	7,3	7,3	56%
26-10-2021		6,3	14,6	8,3	7,8	41%
16-3-2021	ndl-PCB's	102	117	132	123	0%
22-7-2021	(ng/g vet)	44	48	60	72	53%
26-10-2021		80	137	102	84	15%

Tabel 6 Gehaltes van dioxines, dl-PCB's, som-TEQ (pg TEQ/g vet) en ndl-PCB's (ng/g vet) in niervet van 8 dieren uit de Gendtse Waard waarvan de eerste twee (1468 en 1657) zijn geslacht vanuit Gendt en de andere 5 zijn verplaatst naar een wei bij Ooij (binnendijs). Stier 2141 is een kalf van koe 1659, geboren na verplaatsing.

Stofgroep	Diernummer (geslacht)							
	Gendtse Waard			Ooij				
	1468 M	1657 V	1658 V	1650 V	1760 V	1755 V	1659 V	2141 M*
Dioxines*	0,5	0,4	1,8	1,6	2,8	3,9	0,8	3,7
dl-PCB's	1,4	1,3	3,6	3,8	5,0	5,5	2,6	12,3
Som-TEQ*	1,9	1,7	5,3	5,4	7,8	9,4	3,4	16,0
ndl-PCB's*	12	10	24	32	69	40	19	94

* Gehaltes boven de ML's voor dioxines, som-TEQ en ndl-PCB's in niervet zijn vet gedrukt, rekening houdend met 15% meetonzekerheid.

3.1.2.4 Dieren Broekpolder en Lijnoorden

Tabel 7 toont de gehaltes van de dioxines, dl-PCB's en ndl-PCB's in niervet van 8 Schotse Hooglanders (stieren) waarvan 2 rechtstreeks uit de Broekpolder, 3 verplaatst vanuit de Broekpolder naar Lijnoorden (hoger gelegen gebied in de Biesbosch) en 3 verplaatst vanuit de Noordwaard naar Lijnoorden. Op Lijnoorden zijn ze grotendeels bijgevoerd met hooi. Zoals blijkt uit Tabel 2, zijn de onderzochte grondgehaltes in de Noorwaard en Lijnoorden vrij laag en die in de Broekpolder veel hoger, met name de dioxinegehaltes. Dit verklaart de gemiddeld 34% lagere dioxinegehaltes in de dieren verplaatst van de Broekpolder naar Lijnoorden en 62% lagere gehaltes in dieren verplaatst vanuit de Noordwaard naar Lijnoorden. Voor dl-PCB's is dit minder met 17 en 34% lagere gehaltes, en daardoor voor de som-TEQ 25 en 47% lagere gehaltes. Voor de ndl-PCB's was het gehalte in de verplaatste dieren uit de Broekpolder zelfs iets hoger (21% hoger) terwijl dat voor de dieren uit de Noordwaard veel lager was (27% van het gehalte in de Broekpolder). Ook hier zijn de waarnemingen rond de ndl-PCB's moeilijk te verklaren, zeker zonder gegevens over dieren uit de Noordwaard die niet verplaatst zijn naar Lijnoorden. De hogere ndl-PCB-gehaltes in de naar Lijnoorden verplaatste dieren suggereren een additionele blootstelling op die locatie maar dat blijkt niet uit de gehaltes in de dieren verplaatst vanuit de Noordwaard. Ook een afname van het vetgehalte van de dieren, verplaatst vanuit de Broekpolder, zou een rol kunnen spelen.

Tabel 7 Gehaltes van dioxines, dl-PCB's, som-TEQ (pg TEQ/g vet) en ndl-PCB's (ng/g vet) in niervet van 8 hooglanders waarvan twee uit de Broekpolder, 3 die vanuit de Broekpolder zijn verplaatst naar Lijnoorden en 3 die vanuit de Noordwaard zijn verplaatst naar Lijnoorden.

Locatie	Broekpolder		Lijnoorden vanuit					
			Broekpolder		Noordwaard			
Diernummer\ Stofgroep	1233	1516	1235	1336	1524	1572	1560	1563
Dioxines*	4,2	4,4	3,3	2,9	2,3	2,0	1,6	1,4
dl-PCB's	4,5	4,7	4,1	4,0	3,3	3,4	3,0	2,8
Som-TEQ*	8,7	9,1	7,4	6,9	5,6	5,3	4,5	4,2
ndl-PCB's*	86	87	145	93	77	25	27	19

* Gehaltes boven de ML's voor dioxines, som-TEQ en ndl-PCB's in niervet zijn vet gedrukt, rekening houdend met 15% meetonzekerheid.

3.2 PFAS's

3.2.1 Gehaltes in diervoer, grond en water

Er zijn geen nieuwe data beschikbaar over PFAS-gehalten in voer, water en grond van de diverse locaties. Dit heeft te maken met het feit dat de gevoeligheid van de methode voor diervoer, inclusief gras, moet worden verbeterd om de bijdrage aan de inname te kunnen inschatten (zie Hoogenboom et al., 2022).

3.2.2 Gehaltes in dieren

3.2.2.1 Dieren Loevestein

In het plasma van de dieren uit Loevestein en Arnhem is ook het gehalte van PFAS's bepaald. Bij de 8 dieren van Loevestein werd op het eerste tijdstip met name PFOS gevonden maar ook lagere gehalten van PFNA en PFDA (gemiddeld respectievelijk 0,3 en 0,4 µg/l, t.o.v. 8,7 µg/l voor PFOS). Daarentegen werd PFOA slechts in 1 monster gevonden en GenX helemaal niet. Op latere tijdstippen werd bij de vijf op stal gezette dieren alleen PFOS boven de detectiegrens aangetroffen. Daarom worden in Tabel 8 alleen de PFOS-gehalten getoond. De iets oudere stieren die op 1 april zijn geslacht hebben gemiddeld 1,4 keer hogere PFOS-gehalten (12,3 µg/l) dan de op stal gezette dieren bij de eerste bloedafname op de dag van verplaatsing (26/3). Voor PFNA en PFDA waren er geen duidelijke verschillen (gemiddelde gehalten van 0,4 en 0,4 µg/l, respectievelijk). Mogelijk hangen de verschillen voor PFOS samen met de trage uitscheiding van PFOS in runderen waardoor gehalten pas na langere tijd tot een steady state situatie komen. Na het op stal zetten namen de gehalten in plasma in de eerste twee maanden af met gemiddeld 46% en over de hele periode met 67%.

Tabel 8 toont ook de lever- en vleesgehalten van PFOS (nieren zijn alleen voor de 3 oudere dieren gemeten). De in april geslachte dieren hadden gemiddelde PFOS-gehalten in lever, nier en vlees van 43, 7 en 0,9 µg/kg. Deze gehalten waren zo'n 3,8; 0,6 en 0,07 keer het plasmagehalte. Voor de dieren geslacht in november waren gemiddelde PFOS-gehalten in lever- en vlees 6,6 en <0,1 µg/kg. Dit duidt op ratio's van 2,3 voor lever t.o.v. plasma en <0,04 voor vlees t.o.v. plasma. Gemiddeld waren de gehalten in plasma, lever en vlees van de op stal gezette dieren respectievelijk 24, 15 en 13% van die in de dieren die in april zijn geslacht. In het algemeen laten de data zien dat de afname wordt veroorzaakt door de sterke verlaging van de blootstelling, maar vervolgens ook door de groei van de dieren naast uitscheiding.

Tabel 8 PFOS-gehaltenes in plasma (µg/l) en lever en spiervlees (µg/kg) van de 5 op stal gezette Rode Geus stieren en de 3 in april geslachte stieren uit Loevestein.

	Diernummer								Afname (%)
Datum	1746	1747	1757	1858	1748	1274	1448	1548	
Plasma									
1-4-2021						12,9	14,3	9,7	
26-3-2021	9,1	7,5	8,5	12,5	6,1				0%
9-6-2021	4,4	3,8	5,3	7,5	2,8				46%
4-11-2021	3,0	2,4	3,1	4,0	<2,0				67%
Lever*									
1-4-2021						37,3	25,4	65,8	
4-11-2021	6,8	6,1	7,2	9,1	3,8				
Spiervlees*									
1-4-2021						0,91	0,74	0,92	
4-11-2021	<0,10	0,11	<0,10	0,15	<0,10				

* Gehaltes boven de ML's voor PFOS in lever (6,0 µg/kg) en spiervlees (0,3 µg/kg) van runderen (geldig vanaf 1-1-2023) zijn vet gedrukt, rekening houdend met 40% meetonzekerheid.

** LOQ plasma: 2.0 µg/l, voor spiervlees 0,10 µg/kg.

In de twee stieren van Loevestein die in november werden geslacht werden in lever PFOS-gehaltenes gevonden van 9,0 en 6,2 µg/kg en in vlees 0,24 en 0,17 µg/kg. Deze gehaltenes zijn veel lager dan in de dieren geslacht in april en slechts iets hoger dan die in de op stal gezette dieren. Dit duidt erop dat ook deze dieren een veel lagere PFOS-inname hadden gedurende de zomerperiode.

Een vergelijking met de ML's voor PFOS in vlees en lever van runderen (respectievelijk 0,3 en 6,0 µg/kg) die per 1-1-2023 van kracht worden, laat zien dat de gehaltenes van de dieren die 1 april zijn geslacht deze normen overschrijden maar dat geldt niet voor de op stal gezette dieren of de dieren die in november zijn geslacht vanuit Loevestein. Daarbij is rekening gehouden met een meetonzekerheid van 40%.

3.2.2.2 Dieren Arnhem

Ook bij de dieren uit Arnhem was PFOS de enige PFAS die in meerdere monsters werd aangetroffen. Zoals Tabel 9 laat zien lagen de initiële gehaltenes lager dan bij de dieren in Loevestein. Op het tweede tijdstip waren de gehaltenes meer dan 47% lager en deels onder de LOQ. Op het derde tijdstip waren de gehaltenes voor drie van de dieren weer iets hoger, hetgeen suggereert dat er een additionele bron is in de tweede wei waar deze dieren stonden.

Tabel 9 PFOS-gehaltenes in plasma (µg/l) van ossen uit Arnhem, verplaatst naar Elst (Gld).

Datum	Diernummer			
	7502	7485	7494	4324
16-3-2021	3,2	4,3	7,3	4,9
22-7-2021	<2,0	<2,0	3,0	3,0
26-10-2021	3,3	3,1	4,7	2,2

3.2.2.3 Dieren Gendtse Waard

Van de dieren uit de Gendtse waard zijn geen plasmamonsters verzameld, maar alleen vleesmonsters, en van de naar Ooij verplaatste dieren alleen levers. Daarom is een vergelijking niet mogelijk. PFOS was de belangrijkste PFAS gevonden in deze weefselmonsters. Geen van de monsters overschreed de toekomstige norm voor PFOS in vlees of lever.

3.2.2.4 Dieren Broekpolder en Lijnoorden

Tabel 10 toont de PFOS-gehaltenes in vlees en lever van de dieren uit de Broekpolder en dieren verplaatst vanuit de Broekpolder of de Noordwaard naar Lijnoorden. Ook in vlees van deze dieren werd alleen PFOS aangetroffen. In lever was PFOS de belangrijkste PFAS maar werden ook PFOA, PFNA en PFDA gevonden,

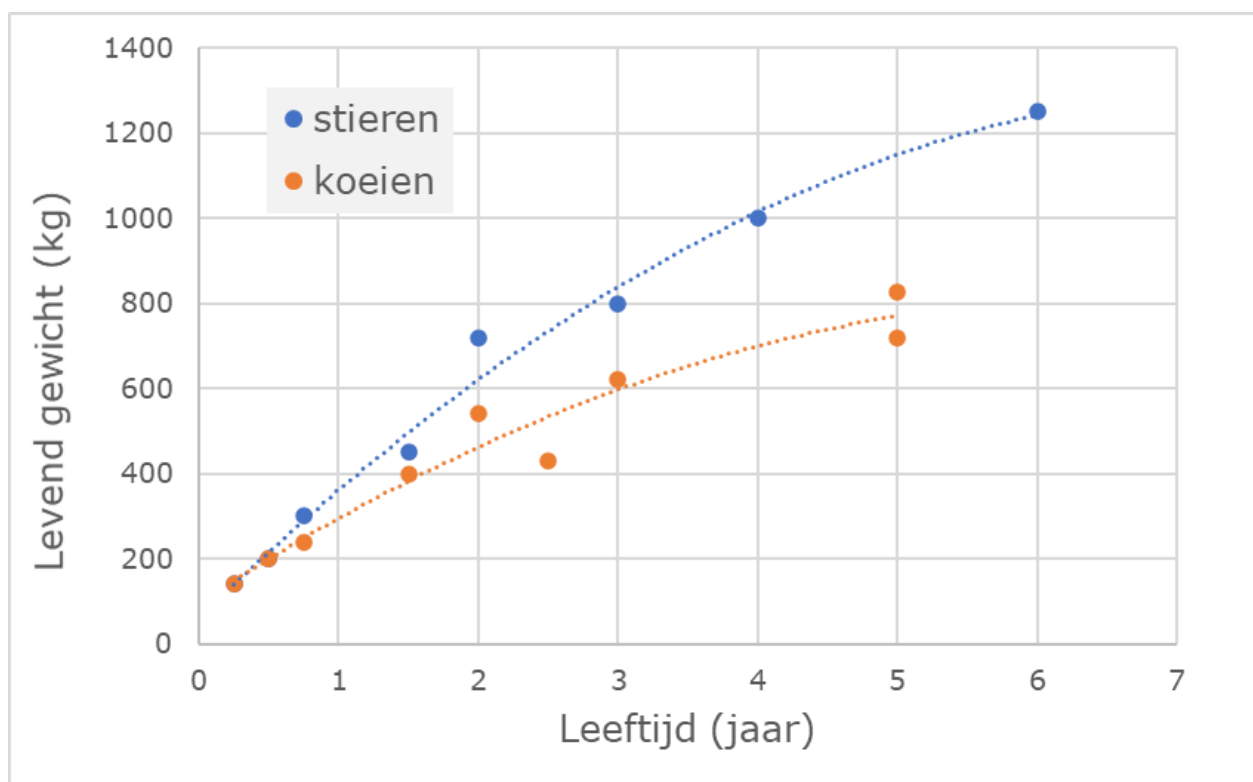
met voor de 6 dieren van Lijnoorden gemiddelde gehalten van 0,07 ($2 < \text{LOQ}$), 0,40 en 0,56 $\mu\text{g/kg}$. Geen van de PFOS-gehalten overschreed de nieuwe normen van 0,3 en 6,0 $\mu\text{g/kg}$ voor respectievelijk vlees en lever, rekening houdend met 40% meetonzekerheid. Er zijn geen duidelijke verschillen tussen de PFOS-gehalten van dieren afkomstig van verschillende locaties. Dit duidt erop dat er geen verschillen zijn in de PFOS-inname op de diverse locaties. Echter, gehalten van PFOA, PFNA en PFDA in levers van de twee dieren in de Broekpolder waren wel lager ($<0,04$, 0,12 en 0,18 $\mu\text{g/kg}$). In het locatiegerichte onderzoek (Hoogenboom et al., 2022) werden in levers van twee dieren uit de Noordwaard gemiddelde gehalten voor PFOA, PFNA, PFDA en PFOS van 0,06, 0,48, 1,08 en 8,30 $\mu\text{g/kg}$ gevonden. In vlees van die dieren kon alleen PFOS worden gedetecteerd maar ook met een wat hoger gehalte (0,45 $\mu\text{g/kg}$) dan in de dieren uit de Broekpolder of de verplaatste dieren. Ook deze gehalten duiden erop dat de blootstelling aan sommige PFAS's in de Noordwaard hoger is dan in de Broekpolder, al leidt dit niet tot overschrijdingen van de normen.

Tabel 10 Gehalten van PFOS ($\mu\text{g/kg}$) in vlees en lever van 8 hooglanders waarvan twee uit de Broekpolder, 3 die vanuit de Broekpolder zijn verplaatst naar Lijnoorden en 3 die vanuit de Noordwaard zijn verplaatst naar Lijnoorden.

Locatie	Broekpolder		Lijnoorden vanuit					
			Broekpolder			Noordwaard		
Diernummer\ monster	1233	1516	1235	1336	1524	1572	1560	1563
Vlees	0,14	0,21	0,22	0,23	0,12	0,21	0,30	0,18
Lever	4,91	5,94	8,04	6,11	5,98	5,27	6,61	5,68

4 Discussie

Het verloop in de gehalten van dioxines en PCB's in de vijf dieren uit Loevestein die verplaatst zijn naar een stal, laat zien dat het reduceren van de blootstelling kan leiden tot een aanzienlijke verlaging van ver boven de normen tot onder de normen. Daarbij speelt zeer waarschijnlijk ook de sterke groei en met name de aanzet van vet in de dieren een grote rol. Dat laatste geldt zeker voor dioxines en PCB's die ophopen in het lichaamsvet. Figuur 1 toont de geschatte groei van Rode geus stieren en koeien. Stieren groeien sneller dan koeien. Voor andere rassen (Schotse Hooglander, Galloway, Tauros) is die groei anders en zouden soortgelijke groeicurves gemaakt moeten worden. Dat geldt ook voor een goede inschatting van de hoeveelheid vet gedurende het seizoen voor zowel stieren als koeien.



Figuur 1 Groeicurves van stieren en koeien van het ras Rode Geus, gebaseerd op slachtgewichten (bron FREE Nature).

Bij dieren die verplaatst worden naar een stal en daar ander voer krijgen is de groei nog sterker. Op basis van de omvang van de borstkas begonnen de 1 jaar oude stieren met een gemiddeld gewicht van 386 kg en naar schatting zo'n 4,6 kg vet (2% van het karkasgewicht, ofwel 1,2% van het levend gewicht). Dat was twee maanden later 475 kg en uiteindelijk na 7 maanden 686 kg, dus 180% t.o.v. het startgewicht. Dit laatste is gebaseerd op metingen van de borstomvang en het karkasgewicht tijdens de slacht. Een schatting van het vet in de dieren in het slachthuis kwam uit op 24 kg vet op het karkas, 4 kg rond hart en longen en 15 kg in het vlees, dus zo'n 43 kg totaal. Dat zou neerkomen op 6% vet en een absolute toename van het vet met een factor 10. Die sterke toename in het vet zou alleen al verantwoordelijk zijn voor de sterke afname van de dioxine- en PCB-gehalten met zo'n 90%. In praktijk was die nog wat sterker, namelijk zo'n 97% voor de dioxine- en dl-PCB-TEQ en iets minder voor de ndl-PCB's, hetgeen zou wijzen op actieve uitscheiding van een klein deel van de stoffen die initieel aanwezig waren. Ook is er mogelijk nog een kleine blootstelling vanuit de voedermiddelen in de stal, maar gemeten gehalten waren laag.

De lever zal ook een deel van de dioxines en PCB's bevatten. Op basis van 1,4% levergewicht t.o.v. het levend gewicht zouden de dieren in maart een levergewicht van 5,4 kg hebben en in november 9,6 kg. Bij de 3 stieren die op 1 april zijn geslacht waren de gehalten in lever zo'n 15% van de gehalten in niervet. Door de vergelijkbare hoeveelheden lever en vet betekent dit dat op dat moment zo'n 15% van de dioxines en PCB's in de lever zat en dus 85% in het lichaamsvet. Door de sterke toename van het lichaamsvet was dat aandeel in november waarschijnlijk nog hoger.

Uiteraard waren de vijf op stal gezette dieren door het specifieke voer vetter dan ze normaliter zijn. Lage vetgehalten zijn normaal voor dit type rassen van Franse afkomst. Bij rassen van Engelse afkomst, zoals de Schotse Hooglanders en Galloways, is het vetpercentage aanzienlijk hoger. Dat geldt ook voor Rode Geus koeien. Dat zou verklaren waarom het verplaatsen van Rode Geus koeien uit de Gendtse Waard naar een locatie met een lagere besmetting niet resulteerde in een duidelijke afname van de gehalten. Echter, ook het moment van verplaatsen, eind mei, kan een rol gespeeld hebben omdat de inname van contaminanten vanuit grond lager zal zijn door de sterke groei van gras in het voorjaar. Daardoor kunnen de gehalten in de dieren reeds gedaald zijn voor de verplaatsing. Dit wordt ondersteund door veel lagere gehalten in stieren uit Loevestein die in november werden geslacht t.o.v. de dieren geslacht begin april. De gehalten in de op stal gezette dieren zouden dus ook gedaald zijn wanneer ze gedurende de zomer bij Loevestein waren gebleven, resulterend in een lagere grondinname en toename van het lichaamsvet. Dat wordt bevestigd door de gehalten in dieren van Loevestein die in november 2021 geslacht zijn en de eerdere resultaten van dieren geslacht in de zomer van 2020 al waren die deels nog boven de norm.

Verschillen in vetgehalten kunnen mogelijk ook leiden tot verschillen tussen rassen met meer of minder vet. De mindere daling in de gehalten in de Schotse hooglanders die verplaatst waren van de Broekpolder naar Lijnoorden lijken mogelijke rasverschillen te ondersteunen. Daarbij moet wel worden aangetekend dat bij deze dieren een vergelijking is gemaakt met niet-verplaatste dieren, geslacht op dezelfde tijd, terwijl de dieren van Loevestein zijn gevolgd in de tijd of vergeleken met eerder geslachte dieren.

Bij een deel van de dieren zijn ook PFAS-gehalten gemeten en aangetroffen, waarbij PFOS de belangrijkste component is. Anders dan dioxines en PCB's zitten PFAS's vooral in bloed en lever. De afname met een factor 3 in de PFOS-gehalten in plasma van de op stal gezette Loevesteindieren vallen deels te verklaren door groei van de dieren met een factor 2. Daarnaast wordt zelfs deze in runderen zeer persistente PFAS ook deels uitgescheiden. Kowalczyk et al. (2013) troffen in melkkoeien na stopzetting van de blootstelling PFOS aan in melk maar ook urine. Ook hier valt op dat dieren van Loevestein die in november werden geslacht veel lagere PFOS-gehalten in lever en vlees bevatten dan de dieren geslacht in april. Dit duidt erop dat ook de blootstelling van deze dieren veel lager was in de zomerperiode. Het is nog niet duidelijk of, net als voor dioxines en PCB's, grond de belangrijkste bron is omdat PFAS's ook voorkomen in water en ook kunnen worden opgenomen in gras. De vraag is ook of er variatie is in mogelijke PFAS-gehalten in gras gedurende het jaar, afhankelijk van de groei. Om de bijdrage van gras aan de blootstelling in te schatten zijn gevoeligere methodes nodig.

Het onderzoek laat zien dat het reduceren van de blootstelling, bijvoorbeeld door verplaatsen van de dieren, kan leiden tot een aanzienlijke afname van de gehalten aan dioxines en PCB's maar ook aan PFAS's. Echter, de afname was duidelijker voor de stieren van Loevestein dan voor de ossen uit Arnhem en de stieren uit de Broekpolder. Bij de koeien uit de Gendtse Waard was er geen duidelijke afname. Zowel de groei van de dieren, de vetaanzet als de blootstelling gedurende de diverse seizoenen, en daarmee ook het moment van verplaatsen, zullen van invloed zijn. Ook is er mogelijk sprake van verschillen tussen rassen en tussen koeien en stieren. Meer onderzoek is nodig om het inzicht in het verloop van de gehalten te vergroten. De modellering van de dioxine-, PCB- en PFAS-gehalten zullen in belangrijke mate bijdragen aan het inzicht.

5 Aanbevelingen

- Er moet meer onderzoek komen naar de waargenomen verschillen in de effecten van verplaatsing van dieren.
- Er zou meer inzicht moeten komen in de groei van runderen die worden gebruikt voor natuurbegrazing, inclusief de vetgehaltes gedurende verschillende seizoenen.
- Er moet onderzoek komen naar de blootstelling van dieren gedurende de verschillende seizoenen.
- Voor PFAS's moet worden onderzocht wat de belangrijkste bron is; drinkwater, grond of gras en andere vegetatie. Daarvoor moeten de LOQ's van de analysemethode voor PFAS's in gras verlaagd worden.
- Er moet onderzoek komen naar verschillen in kinetiek tussen dioxines en PCB's om de verschillen in de ratio's in vlees t.o.v. grond en gras te verklaren. Dit geldt voor zowel dl-PCB's als ndl-PCB's.

Literatuur

- EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), Knutsen, H. K., Alexander, J., Barregård, L., Bignami, M., Brüschweiler, B., Ceccatelli, S., Cottrill, B., Dinovi, M., Edler, L., Grasl-Kraupp, B., Hogstrand, C., Nebbia, C. S., Oswald, I. P., Petersen, A., Rose, M., Roudot, A-C., Schwerdtle, T., Vleminckx, C., Vollmer, G., Wallace, H. & 18 others Fürst, P., Håkansson, H., Halldorsson, T., Lundebye, A-K., Pohjanvirta, R., Rylander, L., Smith, A., van Loveren, H., Waalkens-Berendsen, I., Zeilmaier, M., Binaglia, M., Gómez Ruiz, J. Á., Horváth, Z., Christoph, E., Ciccolallo, L., Ramos Bordajandi, L., Steinkellner, H. & Hoogenboom, L. Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. 20 Nov 2018 In: EFSA Journal. 16, 11, e05333.
- EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J, Grasl-Kraupp B, Hogstrand C, Hoogenboom LR, Leblanc J-C, Nebbia CS, Nielsen E, Ntzani E, Petersen A, Sand S, Vleminckx C, Wallace H, Barregard L, Ceccatelli S, Cravedi J-P, Halldorsson TI, Haug LS, Johansson N, Knutsen HK, Rose M, Roudot A-C, Van Loveren H, Vollmer G, Mackay K, Riolo F and Schwerdtle T, 2020. Scientific Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. EFSA Journal 2020;18(9):6223, 391pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223>.
- Hoogenboom, L.A.P. (2012) Animal feed contamination by dioxins, polychlorinated biphenyls (PCBs) and brominated flame retardants. In. Animal feed contamination. Effects on livestock and food safety, Ed. J. Fink-Gremmels, Woodhead Publishing Ltd., Oxford, p 131-182.
- Hoogenboom, L.A.P.: Traag, W.A. (2013) Grond gerelateerde voedselincidenten met dioxines en PCB's. Wageningen: RIKILT - Institute of Food Safety, (Rapport / RIKILT, Institute of Food Safety 2013.012) - 33 p.
- Hoogenboom, L.A.P., Klop, A., Herbes, R., van Eijkeren, J.C.H., Zeilmaier, M.J., van Vuuren, A.M., and Traag, W.A. (2015). Carry-over of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in dairy cows fed smoke contaminated maize silage or sugar beet pulp. Chemosphere, 137, 214-220.
- Hoogenboom, R.L.A.P., ten Dam, G., van Leeuwen, S.P.J., van Egmond, H., Nicolina, J., Dwarkasing, A.J.S. (2021) High levels of dioxins and PCBs in meat, fat and livers of free ranging pigs, goats, sheep and cows from the island of Curacao. Chemosphere, 263, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128057>.
- Hoogenboom, L.A.P., Leenders, L.L., van der Weg, G., Brust, G.M.H. (2022) Contaminanten in vlees van grote grazers in Nederlandse uiterwaarden. WFSR-rapport 2022.018. <https://doi.org/10.18174/572302>.
- Kowalczyk, J. Ehlers, S., Oberhausen, A., Tischer, M., Fürst, P., Schafft, H., and Lahrssen-Wiederholt, M. (2013) Absorption, Distribution, and Milk Secretion of the Perfluoroalkyl Acids PFBS, PFHxS, PFOS, and PFOA by Dairy Cows Fed Naturally Contaminated Feed. J. of Agricultural and Food Chemistry, 61, 2903–2912. <https://doi.org/10.1021/jf304680j>
- Minnema, J., Zeilmaier, M., Hoogenboom, R., and Noteboom, S. (2021) Transfer models for dioxins and dioxin-like PCBs in wild cattle (case study: Dutch floodplains) – model documentation. RIVM letter report 2021-0149.
- Notenboom, S., Minnema, J., Zeilmaier, M., Hoogenboom, R., and Jeurissen, S. (2021) Transfer of dioxins and dioxin-like PCBs from grass and soil to meat of wild cattle grazing in floodplains in the Netherlands.
- Smedes, F. (1999). Determination of total lipid using non-chlorinated solvents. Analyst 124, 1711-1718. <https://doi.org/10.1039/A905904K>.
- Traag, W.A., Zeilmaier, M.J., Eijkeren, J.C.H. van, Hoogenboom, L.A.P. (2006) Onderzoek naar dioxines in gras en bodem in de Rijnmond en de overdracht naar melk. RIKILT-rapport 2006.015.
- Van den Berg, M., Birnbaum, L., Denison, M., DeVito, M., Farland, W., Feeley, M., Fiedler, H., Hakanson, H., Hanberg, A., Haws, L., Rose, M., Safe, S., Schrenk, D., Tohyama, C., Tritscher, A., Tuomisto, J., Tysklind, M., Walker, N., Peterson, R.E. (2006). The 2005 World Health Organisation reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. Toxicol. Sci. 93, 223-241. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfl055>.

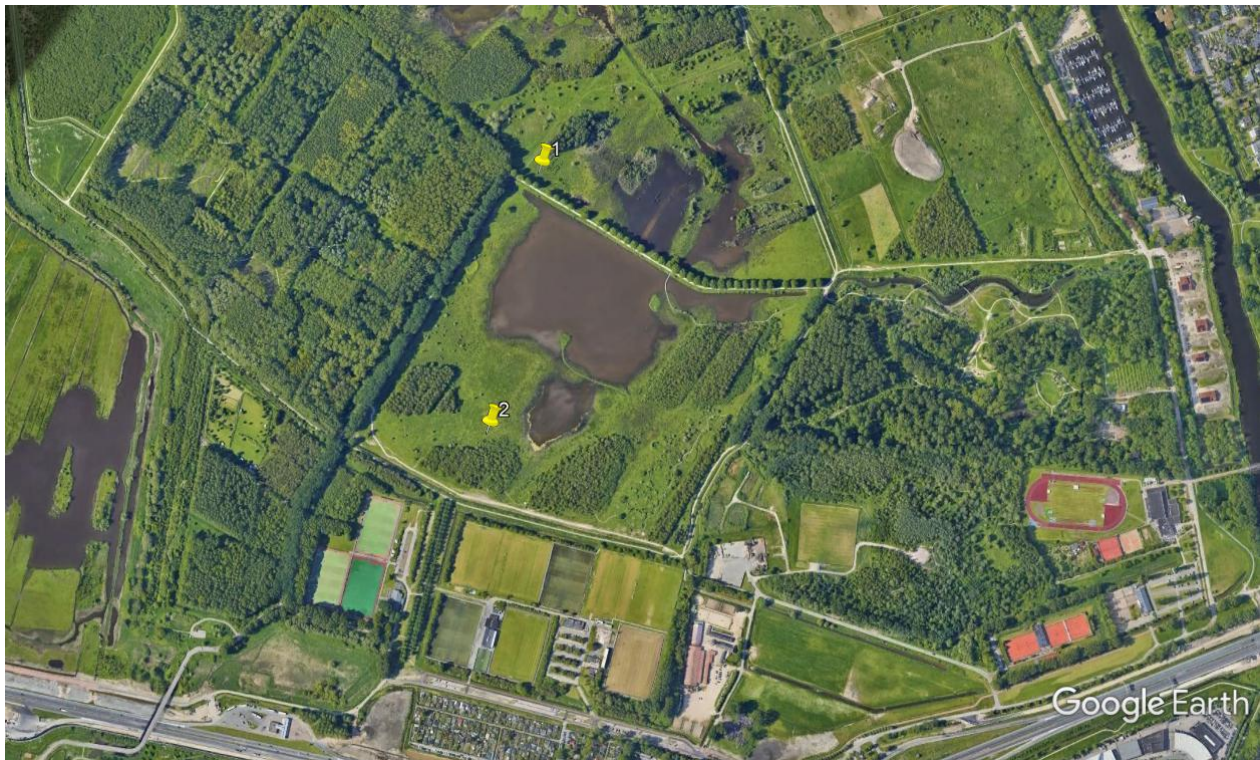
Bijlage 1 Locaties monstername van gras en grond



Locaties rond de Nederrijn bij Arnhem in Bakenhof. Ossen zijn vanuit dit gebied verplaatst naar Elst.



Locaties rond Landerij de Park in Elst (Gld) waar dieren eerst werden gehuisvest in de wei west (1) en later oost (2).



Locaties in de Broekpolder bij Vlaardingen ten noorden (1) en zuiden van het meer (2). Op beide locaties verbleven Schotse Hooglanders tijdens de monstername.



Locaties langs de Merwede in de Noordwaard (1) en Lijnoorden in de Biesbosch (2). Net ten zuiden van dit gebied stroomt de Maas.



Locaties in de Gendtse Waard (1) en de wei bij Ooij (2). In de Gendtse Waard is alleen binnen de zomerdijk bemonsterd maar dieren kunnen die dijk oversteken en een klein gebied langs de Waal betreden.



Locaties aan de Waal bij Loevestein, ten oosten (1) en westen (3) van het kasteel en ten zuiden van de parkeerplaats (2). Vanuit dit gebied werden vijf stieren verplaatst naar een stal.

Wageningen Food Safety Research
Postbus 230
6700 AE Wageningen
T 0317 48 02 56
wur.nl/food-safety-research

WFSR-rapport 2022.022



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Food Safety Research
Postbus 230
6700 AE Wageningen
T 0317 48 02 56
wur.nl/food-safety-research

WFSR-rapport 2022.022

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

