

## **Toxicologisch rapport: Effecten van stoffen gemeten in water en bodem in omgeving Noordeinde op diergezondheid (melkvee)**

---

Zwolle, 8 november 2023, [REDACTED], toxicoloog (ERT)

### **Vraagstelling:**

Bij een veehouder in Noordeinde (provincie Gelderland), is sinds 16 tot 18 maanden sprake van verhoogde uitval van met name oudere melkkoeien zonder aanwijsbare oorzaak. De schapen van de veehouder hebben geen gezondheidsklachten. Volgens Royal GD uit Deventer (dr. Deon van der Merwe) kan een vergiftiging van melkkoeien met stoffen vanuit de aangevoerde grond zeker niet worden uitgesloten.

Tijdens uitvoerig bodem- en wateronderzoek in de omgeving van het bedrijf is een aantal stoffen aangetoond in het grondwater en in de bodem waar geen normstelling in het kader van de Wet bodembescherming (Wbb) voor is. Ook zijn incidenteel in een grond-, grondwater- of waterbodemonster (licht) verhoogde gehalten van andere stoffen aangetoond. De resultaten van dit onderzoek zijn bekeken en daarna zijn de onderzoeksvragen beantwoord.

Naar aanleiding van de resultaten van dit onderzoek zijn de volgende vragen geformuleerd:

1. Welke ziekteverschijnselen kunnen bij koeien ontstaan als van nature voorkomende (macro)parameters via gras en/of drinkwater door koeien worden opgenomen?
2. Welke ziekteverschijnselen kunnen bij koeien ontstaan als niet van nature voorkomende stoffen (zoals PFAS) via gras en/of drinkwater door koeien worden opgenomen?
3. Bij welke inname per dag via drinkwater en/of voer zal dat tot gezondheidsrisico's leiden?
4. Zijn de beschreven ziekteverschijnselen waarneembaar bij autopsie of bloedanalyses of andere (standaard)waarnemingen die door dierenartsen of Gezondheidsdienst voor Dieren (Royal GD) worden gedaan?

### **Bevindingen:**

- In het rapport van ingenieursbureau IB Land [REDACTED] staan in bijlage 6 de onderzochte stoffen per matrix (bodem, waterbodem, grondwater en oppervlakte water).
- De analysecertificaten van de laboratoriumonderzoeken staan in bijlage 7 van het rapport van IB Land.
- In bijlage 10 van het rapport van IB Land staan de resultaten per matrix en per monster.

### **Samenvatting van de bevindingen:**

- De bodem, waterbodem, grondwater en oppervlakte water zijn onderzocht op zeer uiteenlopende stoffen: organische (chloor)verbindingen, poly-aromatische

koolwaterstoffen (PAK's), poly-chloorbifenyyl-verbindingen (PCB's), aromatische koolwaterstoffen, (gebromeerde) vlamvertragers, poly- en per-fluor koolwaterstoffen (PFAS, waaronder PFOA: per-fluor-octaan-zuur), dioxinen, drugs, macro-elementen zoals natrium, calcium, nitraat, zwavel, micro-elementen zoals lood, cadmium, kwik, arseen.

### **Interpretatie van de bevindingen**

Voor berekeningen van het risico voor melkvee is uitgegaan van de volgende gegevens: een koe weegt gemiddeld 650 kg, een koe geeft gemiddeld 29 kg melk per dag, hiervoor eet een koe gemiddeld 15 kg droge stof gras (is 75 kg gras totaal) en 8 kg droge stof mengvoer. Gras bevat maximaal 200 gram droge stof en 800 gram water per kg gras. Gras bevat, afhankelijk van de lengte van het gras, gemiddeld 2% gronddeeltjes (Rietra and Römken 2009). Dus bij een opname van 75 kg gras wordt ook 1,5 kg grond opgenomen. De vochtbehoefte van een koe bij 30 °C en een relatieve luchtvochtigheid van 85% is 156 liter vocht per dag. Een koe eet per dag 75 kg gras met 60 liter vocht, dus zal een koe nog minimaal 96 liter water moeten drinken. Dit is afgerond op 100 liter per koe per dag.

Per matrix wordt een samenvatting en interpretatie van de bevindingen besproken. De analysesresultaten die als opvallend werden gezien, staan per matrix vermeld in bijlage 1.

#### Waterbodem:

In totaal zijn 10 monsters waterbodem onderzocht. In twee monsters worden verhoogde gehalten van gebromeerde vlamvertragers gemeten (één monster iets verhoogd, andere monster duidelijk verhoogd). In één monster wordt verhoogd zwavel gemeten en in een ander monster worden diverse elementen (mangaan, arseen, barium en nikkel) in verhoogde gehalten gemeten. In de waterbodem werd in alle monsters formaldehyde gemeten. Er werden geen drugs aangetroffen.

#### Oppervlakte water:

In totaal zijn 11 monsters oppervlakte water onderzocht. In vier monsters werden geen afwijkende gehalten gemeten. In drie monsters werd iets verhoogd ijzer gemeten. In drie monsters werden gebromeerde vlamvertragers aangetroffen. In één monster werden spoortjes van hogere koolwaterstoffen (vetachtige substanties) gemeten. In het oppervlakte water werden geen drugs gemeten maar wel formaldehyde en in zeven monsters acetaldehyde.

#### Grondwater:

In totaal zijn 8 monsters grondwater onderzocht. In vier monsters was niets van belang gemeten. In één monster werden sterk verhoogde gehalten van sulfaat, mangaan, ijzer, nikkel, zink, kobalt, aluminium en cresol gemeten. Cresol werd ook nog in een ander grondwatermonster gemeten. Ook werden in drie monsters spoortjes van PFAS (PFBA en PFOA) aangetoond.



**Grond:**

1. Wichelroede: In opdracht van de veehouder zijn door een wichelroedeloper een viertal verdachte locaties op de dijk aangewezen. Hier zijn in totaal 6 grondmonsters genomen. In vier monsters werden geen afwijkende resultaten gemeten. In twee monsters konden PFAS (PFOA) worden gemeten.
2. Monsterpunten dijk: 32 grondmonsters op diverse punten langs de dijk. In 19 monsters werd niets van belang gemeten. In twee monsters werden dioxinen gemeten. Viermaal werd verhoogd sulfaat gemeten, terwijl éénmaal verhoogd sulfide zonder sulfaat werd aangetoond. Ook werd tweemaal in een monster gebromeerde vlamvertragers gemeten. In één monster werden enkele elementen/stoffen verhoogd gemeten: sulfaat, ijzer, mangaan, koolwaterstoffen. In vier andere monsters werden ook verhoogde gehalten aluminium, ijzer en mangaan gemeten.
3. Aanvullende boringen dijk: 11 monsters. In negen monsters werd niets afwijkends vastgesteld. In één monster was ijzer aan de hoge kant en in een ander monster werden PAK's licht verhoogd gemeten.
4. Oevers nieuwe kanaal: 6 monsters. In één monster werden geen afwijkende resultaten gevonden. In twee monsters lijkt arseen aan de hoge kant, maar in die monsters is ook ijzer verhoogd. In drie monsters werden gebromeerde vlamvertragers gemeten. In één monster werden iets verhoogde PAK's gevonden.

De stoffen die worden besproken staan in tabel 1.

*Tabel 1 Per matrix de stoffen die nader worden besproken*

<b>Matrix</b>	<b>Stof</b>
Waterbodem, natuurlijk voorkomend	Arseen, barium, nikkel, mangaan, zwavel
Waterbodem, niet van nature voorkomend	Gebromeerde vlamvertragers, formaldehyde
Oppervlakte water, natuurlijk voorkomend	Ijzer
Oppervlakte water, niet van nature voorkomend	Gebromeerde vlamvertragers, formaldehyde
Grondwater, natuurlijk voorkomend	Sulfaat, mangaan, ijzer, nikkel, kobalt, aluminium, zink
Grondwater, niet van nature voorkomend	PFAS (PFOA), cresol
Grond, natuurlijk voorkomend	Aluminium, ijzer, mangaan, arseen, sulfaat, sulfide
Grond, niet van nature voorkomend	PAK's, PFAS, gebromeerde vlamvertragers, dioxinen

# **1. Ziekteverschijnselen die kunnen ontstaan bij koeien als van nature voorkomende (macro)parameters via gras en/of drinkwater door koeien worden opgenomen.**

## Oppervlakte water en grondwater

De normen voor (oppervlakte) water als drinkwater voor rundvee staan in (Counotte 2018; Hovenkamp-Obbema et al. 1998) en zijn nader beschreven in (Counotte 2022). De normen voor metalen en zware metalen zoals arseen, cadmium, lood en zink zijn niet zozeer normen voor direct risico op diergezondheid maar zijn vooral normen voor indicatie van verontreiniging uit de omgeving en risico op overdracht van metalen naar melk en vlees (voedselveiligheid voor mensen).

Overschrijding van de norm van (zware) metalen kan het water minder smakelijk maken waardoor koeien minder water opnemen dan ze eigenlijk moeten opnemen. Dit kan wel een risico vormen voor diergezondheid (melkproductie daalt en koeien zijn vatbaarder voor infecties). Wanneer de overschrijding van de norm risico's kunnen vormen voor de diergezondheid, wordt dat nader toegelicht en onderbouwd.

Aluminium is een van nature veel voorkomend element op de aarde. Over de risico's van aluminium voor koeien is niet veel literatuur beschikbaar (Gupta 2012). Wel is bekend dat aluminium zowel bij opname in korte tijd van hogere gehalten als langdurige opname van kleinere hoeveelheden schadelijke effecten heeft bij dier en mens. Recent is een artikel gepubliceerd over de risico's en effecten van aluminium bij melkkoeien (Eppe et al. 2023). De effecten die werden gezien bij koeien waren: anemie (bloedarmoede), subklinische ketose (koeien worden traag, hebben minder eetlust, geven minder melk), verlaagd magnesium in het bloed (verschijnselen van kopziekte: onrust, onvoldoende eten, stijf lopen, spierrillingen, nerveuze verschijnselen, krampen en ook sterfte) en een hoge verhouding aluminium/creatinine in de urine.

Barium werd in een enkel monster grondwater iets verhoogd gemeten: maximaal 130 µg/L. Barium is een natuurlijk bestanddeel van gesteente. Aangezien barium chemisch gezien in de zelfde kolom van het periodiek systeem staat als calcium, heeft barium (net als strontium) veel interacties met het calcium-metabolisme in het lichaam (Verbruggen et al. 2020; Raisbeck 2020). Voor herkauwers wordt op basis van de weinige literatuur die hierover is een veilige grens aangehouden van 23 mg/L barium in drinkwater. De hier gevonden concentratie (0,13 mg/L) is meer dan een factor 1000 lager. *De aangetroffen bariumgehalten zullen daarom geen effecten hebben op de koegezondheid.*

Ijzer in water maakt het water minder smakelijk. Bij ijzergehalten van meer dan 10 mg/L in water kan het ijzer de opname van andere elementen verhinderen waardoor tekorten aan onder andere koper en zink bij koeien kan ontstaan.

Sulfaat in water zorgt in de pens van koeien voor verhoogde aanmaak van sulfide. Dit sulfide verstoort de opname van spoorelementen waardoor tekorten aan koper en zink kunnen ontstaan. Bovendien kan verhoogd sulfide in bloed van koeien terecht komen en daar



verminderde zenuwwerking veroorzaken (verlamming van pensbeweging). Bij sterk verhoogde sulfaatgehalten (boven de 500 mg/L) kan diarree (weke mest) bij koeien ontstaan (Gupta 2012; Counotte 2022).

Mangaan in water is niet direct een probleem voor de diergezondheid: het kan voor verstopping van leidingen zorgen door zwart/bruine aanslag in leidingen.

Nikkel kan op diverse manieren in het water terecht komen maar heeft voor zover tot nu toe bekend geen schadelijke effecten bij runderen (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain 2015). Het CONTAM Panel van de EFSA heeft voor runderen een NOAEL (laagste gehalte waarbij geen effect wordt gezien) vastgesteld van 1,34 mg/kg lichaamsgewicht per dag en een gehalte waarbij de eerste effecten van verhoogd nikkel (verminderde voeropname en verminderde groei) van 5,34 mg/kg lichaamsgewicht. Een koe van 650 kg zou dus per dag  $1,34 * 650 = 871$  milligram nikkel mogen opnemen zonder dat er effecten zijn te verwachten.

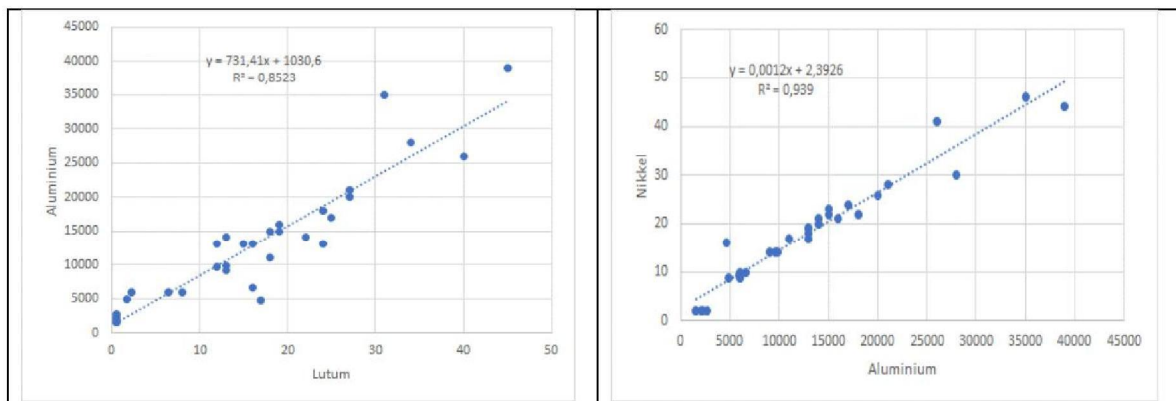
Kobalt is alleen een probleem als er te weinig kobalt in het rantsoen aanwezig is. Voor zover bekend veroorzaakt een overmaat aan kobalt geen klinische klachten of ziekteverschijnselen bij koeien (Dickson and Bond 1974).

Zink is een veelvoorkomend element in water. De bovengrens voor zink in drinkwater voor rundvee ligt op 250 µg/L. Indien het drinkwater meer dan 250 µg/L bevat, zal de wateropname van rundvee verminderen (Smith 1980). Bij hogere gehalten zal ook zink in de lever worden opgeslagen en bij een overmaat aan zink zal dit andere elementen (onder andere ijzer) verdringen waardoor koeien last krijgen van verschijnselen van ijzergebrek: verminderde prestatie, verminderde melkproductie, lusteloosheid (Gupta 2012).

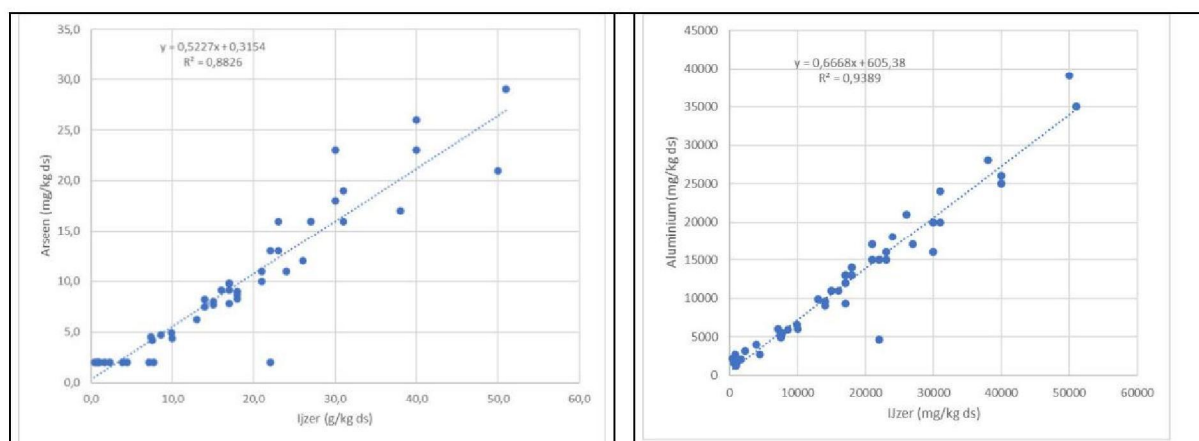
### Grond

Het aluminium in de grond is sterk gecorreleerd met het lutumgehalte van de grond. Het lutumgehalte staat in de resultaten van de grond als fractie  $< 2 \mu\text{m}$  (Spijker et al. 2008). Ook is er van nature een sterke correlatie tussen nikkel en aluminium in de grond (Spijker et al. 2008). De gevonden gehalten in grond zijn voor beide correlaties in een grafiek uitgezet (zie figuur 1). De duidelijke correlatie tussen enerzijds lutum en aluminium en anderzijds aluminium en nikkel wijst erop dat de hogere aluminiumgehalten in grond niet veroorzaakt worden door verontreinigingen maar dat dit van nature voorkomt. Er is ook een sterke relatie tussen aluminium en ijzer in de grond (zie figuur 2).

Ook worden ijzer en mangaan in grond soms verhoogd gevonden. Ook dit zijn van nature voorkomende metalen. Ook hier geldt weer dat de verhogingen te verklaren zijn door grondtype en niet worden veroorzaakt door andere factoren. Wanneer in de grond veel ijzer zit, kan er ook veel arseen worden gevonden. De relatie tussen ijzer en arseen in grondmonsters ook is te zien in figuur 2.



Figuur 1 Relatie tussen lutum en aluminium (links) en aluminium en nikkel (rechts) in grond



Figuur 2 Relatie tussen ijzer en arseen in grond (links) en ijzer en aluminium (rechts)

Verhoogde gehalten van sulfaat in grond kunnen door diverse processen ontstaan (Schils 2016; Tabatabai 1983). Vooral veen en oude zeebodem bevatten hoge gehalten sulfaat en dus ook totaal zwavel (Mol et al. 2012). De hoeveelheid zwavel (in de vorm van sulfaat of zwavel) die een koe opneemt mag bij voorkeur niet hoger zijn dan 0,4% van het totale rantsoen (Gupta 2012). Dus bij een opname van gemiddeld 23 kg droge stof per koe per dag, mag een koe niet meer dan  $23 \times 4 = 92$  gram zwavel opnemen. *Het hoogst gemeten zwavelgehalte was 3 700 mg = 3,7 gram per kg grond. Uitgaande van een opname van 1,5 kg grond per dag zal een koe maximaal  $1,5 \times 3,7 = 5,6$  gram zwavel opnemen uit de grond. Dat is minder dan de aanbevolen maximum hoeveelheid* (Drewnoski et al. 2014).

In één grondmonster van een diepte van 2,5 – 2,9 m onder maaiveld, werd sulfide aangetroffen zonder sulfaat. Dit wordt veroorzaakt door anaerobe sulfaat-reducerende bacteriën (bijvoorbeeld *Desulfovibrio*). Dit zijn wijd verspreide bacteriën en vormen geen risico voor de gezondheid van koeien. Koeien hebben deze bacteriën ook in hun pens.

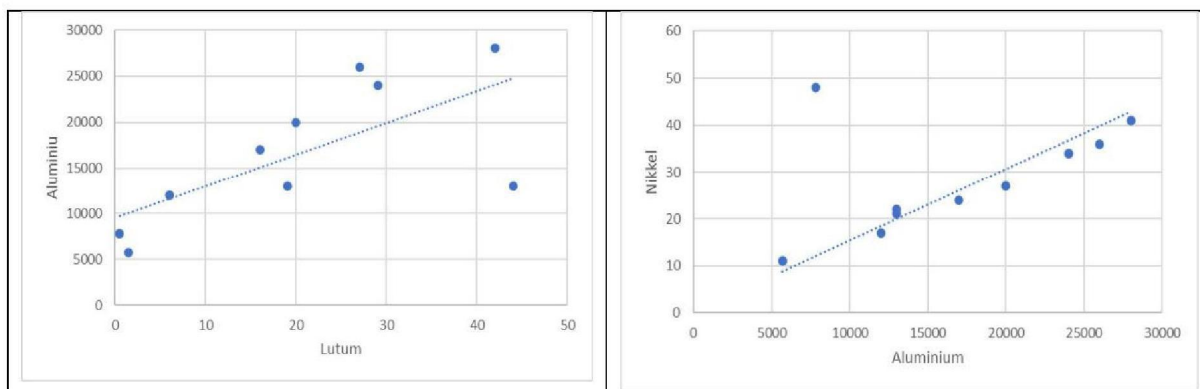


### Waterbodem

Verhoogde gehalten van arseen zijn op zich niet vreemd als ook het ijzer verhoogd is (zie ook figuur 2). IJzeroxidemineralen in de bodem bevatten van nature hoge concentraties arseen. Door (natuurlijke) processen in het grondwater lossen de ijzeroxiden langzaam op waarbij arseen vrijkomt. Beide mechanismen spelen een rol in de kustprovincies, langs de randen van de Veluwe en de Sallandse Heuvelrug (Spijker 2008).

Zwavel in de waterbodem is vooral verhoogd waar vroeger zeewater is geweest. Door diverse processen kan zwavel in de waterbodem terecht komen en ook weer verdwijnen (Schils 2016). Zwavel op zich is niet giftig, maar de omzettingsproducten (sulfide of sulfaat) hebben wel invloed op de (dier)gezondheid.

In de waterbodem werd soms verhoogd nikkel aangetroffen. De correlatie tussen aluminium en nikkel (zie figuur 3, rechts) laat zien dat er één punt is dat duidelijk afwijkend is (48 mg/kg). Het aluminiumgehalte is niet afwijkend, zoals blijkt uit de correlatie tussen aluminium en lutum in de waterbodem (figuur 3, links). Het monster met verhoogd nikkel heeft ook verhoogd arseen, verhoogd barium, verhoogd mangaan, zink iets verhoogd maar geen verhoogd ijzer. Dit monster was ook het monster dat het hoogste PFOS-gehalte had: 0,47 µg/kg. Het gemiddelde PFOS gehalte van de andere monsters waterbodem was 0,27 µg/kg. *Ondanks dat het nikkel in dit monster van de waterbodem onnatuurlijk verhoogd lijkt te zijn, is het gemeten nikkelgehalte niet schadelijk voor koeien.*



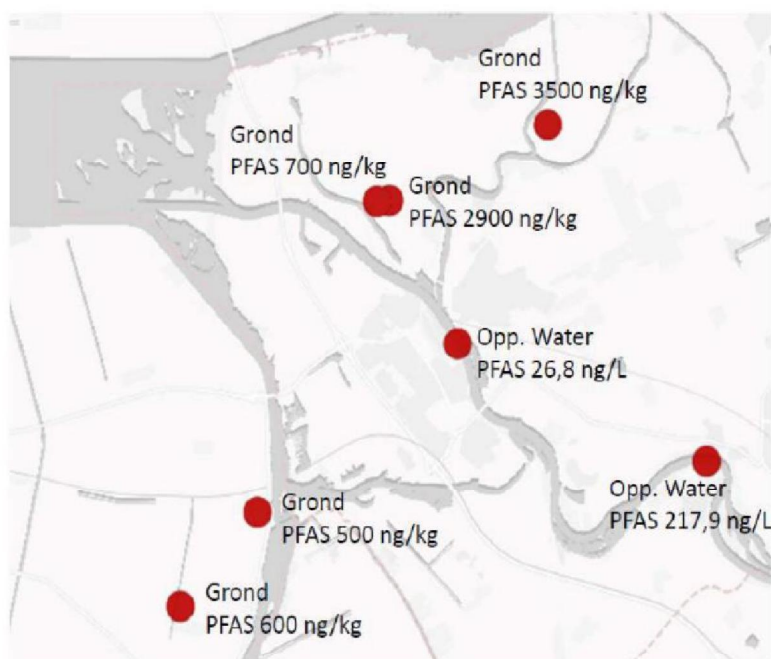
**Figuur 3** Relatie tussen lutum en aluminium (links) en aluminium en nikkel (rechts) in waterbodem

**2. Ziekteverschijnselen die kunnen ontstaan bij koeien als niet van nature voorkomende stoffen (zoals PFAS) via gras en/of drinkwater door koeien worden opgenomen.**

Oppervlakte water en grondwater

In het oppervlakte water werden gebromeerde vlamvertragers gemeten. Het zijn verbindingen die in het milieu worden gevonden omdat ze slecht afbreekbaar zijn. Onderzoeken laten zien dat deze stoffen niet geheel zonder risico's zijn, zowel voor mens (Darnierud et al. 2001) als voor koe (Boer et al. 2000). Bij een incident met gebromeerde vlamvertragers en een geschatte gemiddelde blootstelling van koeien op een sterk vervuilde boerderij van 250 mg/kg lichaamsgewicht werden enkele weken na inname van besmet veevoer klinische symptomen vastgesteld: vermindering van ongeveer 50% in de voeropname en een afname van ongeveer 40% van de melkproductie. Sommige koeien vertoonden een verhoogde frequentie van urineren en tranenvloed en ontwikkelde hematomen, abcessen, abnormaal hoefgroei, kreupelheid, alopecia (kale plekken), hyperkeratose en cachexie (extreem vermageren). Meerdere koeien stierven binnen 6 maanden na blootstelling. Het sterftecijfer bij kalveren en pinken van 6 tot 18 maanden oud was veel hoger: 50% stierf binnen 6 weken. In deze casus is sprake van een zeer hoge opname van gebromeerde vlamvertragers (Fries and Kimbrough 1985). *De hier gemeten gehalten gebromeerde vlamvertragers zijn zo laag dat er geen risico is voor diergezondheid.*

PFAS is de afkorting van poly- en peralkyl stoffen. Ze worden tegenwoordig bijna overal aangetroffen. In een publicatie van (Dagorn, G. Aubert, R. Horel, S. Martinon, L. Steffen, Th. 2023) staan de gemeten gehalten van heel Europa. Inzoomen op het gebied rond Noordeinde levert figuur 4 op. De gemeten concentraties PFAS (totaal) zijn nergens hoger dan 20 ng/L. Zowel in grondwater als in oppervlakte water. Wanneer een koe 100 liter water drinkt op een warme dag, wordt maximaal 2000 ng (2 µg) PFAS totaal opgenomen. Zoals blijkt uit figuur 4 worden dit



*Figuur 4 PFAS-gehalten van grond en oppervlakte water rond Noordeinde*



soort gehalten (en nog hoger) op meer plaatsen in de omgeving gemeten. *Een opname van 2 µg PFAS per koe per dag levert geen gezondheidsrisico's op* (Peritore et al. 2023; Vestergren et al. 2013).

In grondwater werd 2,5 µg/L cresol aangetoond. Cresol kan schadelijke effecten hebben op koeien (Campagnolo), maar de hier gevonden gehalten zijn zo laag dat drinken van water met een gehalte van 2,5 µg/L geen risico is voor diergezondheid: door het drinken van 100 liter water per dag neemt een koe 0,25 mg cresol op. De LD<sub>50</sub> (dosis waarbij 50% van de dieren sterft) van cresol bij diverse diersoorten is 200 tot ruim 650 mg/kg lichaamsgewicht. Voor koeien is geen LD<sub>50</sub> bekend. Wanneer wordt uitgegaan van de laagst bekende LD<sub>50</sub> moet een koe van 650 kg 650 \* 200 = 130 000 mg = 130 g cresol opnemen om binnen 24 uur te sterven. Nu is de LD<sub>50</sub> niet altijd een goede maat voor schadelijkheid, maar men kan ervan uitgaan dat 1% van deze hoeveelheid ook effecten zullen geven: dus de opname van 1,3 g cresol per dag zou mogelijk al schade aan koeien kunnen veroorzaken. Een opname van maximaal 0,25 mg per koe per dag is een factor 5000 lager. Ziekteverschijnselen van cresol-vergiftiging zijn (Campagnolo): suf, spierzwakte, ernstige pensverstoring, uitgedroogd, platliggen op de grond. *Maar de hier gevonden gehalten kunnen de schadelijke effecten van cresol niet veroorzaken.*

In het oppervlakte water werd ook formaldehyde gemeten, meestal in combinatie met acetaldehyde. In het oppervlakte water van het nieuwe kanaal werd de hoogste waarde formaldehyde gemeten: 16 µg/L. Formaldehyde is een indicatie van verontreiniging. Maar formaldehyde werd tot voor kort ook gebruikt om (ruw)voer pensbestendiger te maken. Men voegt dan formaldehyde toe aan (ruw)voer waardoor het eiwit in het (ruw)voer met formaldehyde reageert en niet meer direct beschikbaar is in de pens maar wordt afgebroken in de darmen. Op die manier kan de koe het eiwit beter benutten. Formaldehyde werd gebruikt bij alle diersoorten in concentraties tussen 68 en 680 mg werkzame stof/kg compleet voer. Dat betekent dat een koe van 650 kg minimaal 44 gram formaldehyde per dag kan opnemen zonder directe effecten op de gezondheid. Formaldehyde ontstaat ook in de pens van koeien. Toegevoegd formaldehyde heeft gering effect op de formaldehyde-gehalten in bloed en melk van koeien (Buckley et al. 1988). Dat komt omdat vrij en reversibel gebonden formaldehyde gemakkelijk wordt geabsorbeerd in het maagdarmkanaal en zich bij de poel van endogeen formaldehyde voegt. Het wordt snel geoxideerd tot mierenzuur en vervolgens tot kooldioxide en water. Acetaldehyde wordt heel snel in azijnzuur omgezet. Formaldehyde is alleen kankerverwekkend bij inademing (EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed 2014). In 2018 is door de EU een verbod op het gebruik van formaldehyde in diervoeders ingesteld (EU 2018).

### Grond

Ook in de grond werden gebromeerde vlamvertragers gemeten. Hier geldt weer hetzelfde als bij het oppervlakte water en grondwater: *de gehalten die werden gemeten zijn zo laag dat er geen risico is voor de diergezondheid* (Boer et al. 2000).

In de grond werden ook **PAK's** aangetroffen. PAK's zijn poly-aromatische-koolwaterstoffen. (Bulder et al. 2006) hebben in 2006 een uitvoerige beschrijving opgesteld over de risico's van PAK's via diervoeder bij mensen. Vooral benzo[a]pyrene is schadelijk voor mensen vanwege de kankerverwekkende eigenschappen van deze stof. Maar de schadelijkheid voor melkvee is zeer beperkt omdat de meeste PAK's worden uitgescheiden via de melk. Wel kunnen PAK's in hogere gehalten in gras een onderdrukking van de weerstand te zien geven. Koeien zijn dan vatbaarder voor ziekten. In een artikel van Bakker et al (Bakker et al. 2000) staan PAK-gehalten die gemeten zijn op diverse plaatsen: vervuilde en schone omgeving. Gehalten van 2 tot 8 mg/kg grond zijn heel normaal. In vervuilde gebieden worden gehalten gemeten tot 300 mg/kg grond. In het onderzoek beschreven door IB Land is het hoogste gehalte aan totaal PAK's in één monster 6,7 mg/kg: dit was in een monster genomen aan de oevers van het kanaal. *De conclusie is dan ook dat de PAK's gemeten in Noordeinde geen risico hebben gevormd voor diergezondheid.*

**PFAS** werd ook in de grond aangetoond. Uit figuur 4 blijkt dat gehalten van meer dan 500 ng/kg grond heel normaal zijn. In een publicatie uit 2021 (Clare Death et al. 2021) staan de effecten van diverse PFAS op dieren beschreven. PFOA met een dosering van 1 mg/kg lichaamsgewicht leverde geen gezondheidsschade op bij melkkoeien (Lupton et al. 2012). Door (Clare Death et al. 2021) werd beschreven dat langdurige lagere concentraties bij koeien geen aanwijsbare gezondheidsrisico's opleverde. Een groot deel van de PFAS worden uitgescheiden via de melk. Verhoogde PFAS gehalten in voer (gedurende 28 dagen gegeven) leverde geen gezondheidsrisico's voor koeien (Kowalczyk et al. 2013). Ook langdurige opname van verontreinigd ruwvoer (meer dan één jaar) gaf geen gezondheidsrisico's bij melkkoeien te zien (Lupton et al. 2022). Zij beschrijven een situatie waar de koeien ruwvoer en water kregen met de volgende PFAS-gehalten (zie onderstaande tabel):

**Tabel 2 Gehalten PFAS in voer en water (Lupton et al, 2022)**

Concentrations of PFAS in water and feed sources.											
PFAS Source	n	PFBA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	Total PFCA	PFBS	PFHxS	PFHpS	PFOS
Water	8	232 ± 71*	993 ± 188*	153 ± 27*	470 ± 103*	0 ± 0	1848 ± 368	353 ± 61*	2521 ± 359*	69 ± 18*	818 ± 132*
Control Water	4	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Silage	12	NM <sup>3</sup>	4674 ± 7237 <sup>4</sup>	450 ± 329 <sup>5</sup>	1188 ± 1064 <sup>6</sup>	< 261 <sup>7</sup>	–	1304 ± 948 <sup>8</sup>	3000 ± 3439 <sup>9</sup>	340 <sup>10</sup>	3482 ± 5158 <sup>11</sup>

\*Means within row of PFASs having differing letters, differ (P < 0.003)

<sup>2</sup>Means within row of PFASs having differing letters, differ (P < 0.002 to P < 0.039)

<sup>3</sup>Not measured

<sup>4</sup>Mean of 6 silage samples, the remaining 6 samples had values below the PFHxA method detection limit of 376 ng/kg

<sup>5</sup>Mean of 3 silage samples, the remaining 9 samples had values below the PFHpA method detection limit of 197 ng/kg

<sup>6</sup>Mean of 2 silage samples, the remaining 10 samples had values below the PFOA method detection limit of 419 ng/kg

<sup>7</sup>None of the 12 silage samples contained PFNA residues above the method detection limit of 261 ng/kg

<sup>8</sup>Mean of 5 silage samples, the remaining 7 samples had values below the PFBS method detection limit of 368 ng/kg

<sup>9</sup>Mean of 6 silage samples, the remaining 6 samples had values below the PFHxS method detection limit of 398 ng/kg

<sup>10</sup>Value for a single silage sample, the remaining 11 samples had values below the PFHpS method detection limit of 242 ng/kg

<sup>11</sup>Mean of 5 silage samples, the remaining 7 samples had values below the PFOS method detection limit of 255 ng/kg

Maar zeer recent melden (Peritore et al. 2023) toch wel mogelijke gezondheidsrisico's door langdurige opname van verontreinigde grond en water: leverschade, schildklierproblemen, verminderde vruchtbaarheid, tumoren, slome en dikke koeien.



In twee grondmonsters van de dijk werden ook dioxinen aangetoond. Schulz *et al* beschrijven de overdracht van dioxinen in grond naar de melk in Duitsland (Schulz *et al.* 2005). De gehalten in grond waren in het onderzoek van Schulz *et al* tussen de 464 en 570 ng TE/kg ds. In de twee grondmonsters werd respectievelijk 35 en 13 (afgerond) ng TE/kg gemeten. *De hier gemeten gehalten zijn weliswaar iets boven de detectiegrens, maar leveren geen risico op voor de diergezondheid.*

Opmerking: Omdat er veel soorten dioxinen zijn en de toxiciteit per dioxine kan verschillen, is besloten om toxiciteit tussen dioxinen uit te drukken in 'toxische-equivalentiefactor' (TEF). De TEF van TCDD (Tetra-Chloor-Dibenzo-Dioxine), de meest toxische dioxine, is gelijk aan 1 en geldt als referentie. Deze TEF-factoren worden gebruikt om o.a. de som van deze 17 dioxines te kunnen uitdrukken in 'pg WHO-TEQ' waarbij TEQ staat voor 'TCDD toxische equivalent'.

### Waterbodem

In de waterbodem werden ook gebromeerde vlamvertragers gemeten. In één monster (nieuwe kanaal oost) werd 650 µg/kg gebromeerde vlamvertrager gemeten. *Maar ondanks dat dit gehalte verhoogd is ten opzichte van de andere monsters, zijn de gehalten niet zodanig dat er effecten zullen zijn op de diergezondheid.*

Formaldehyde werd in lage concentratie in de waterbodem gemeten als onderdeel van het analysepakket drugs. In het slibmonster van sloot zuid west werd het hoogste gehalte gemeten: 1,2 mg/kg ds formaldehyde. Dit gehalte is boven de wettelijke norm (0,1 mg/kg ds). Formaldehyde boven een gehalte van 0,1 mg/kg ds wordt gezien als een indicatie van verontreiniging (Regeling van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat, van 18 november 2022, nr. IENW/BSK-2022/203483, houdende vaststelling van de Regeling bodemkwaliteit 2022, (Nederlandse Overheid 1/19/2023)). Als vervolgstap moet dan een volledig onderzoek naar verontreinigingen plaats vinden. Dat is ook gebeurd in Noordeinde. *De gemeten formaldehydegehalten vormen geen risico voor de diergezondheid.*

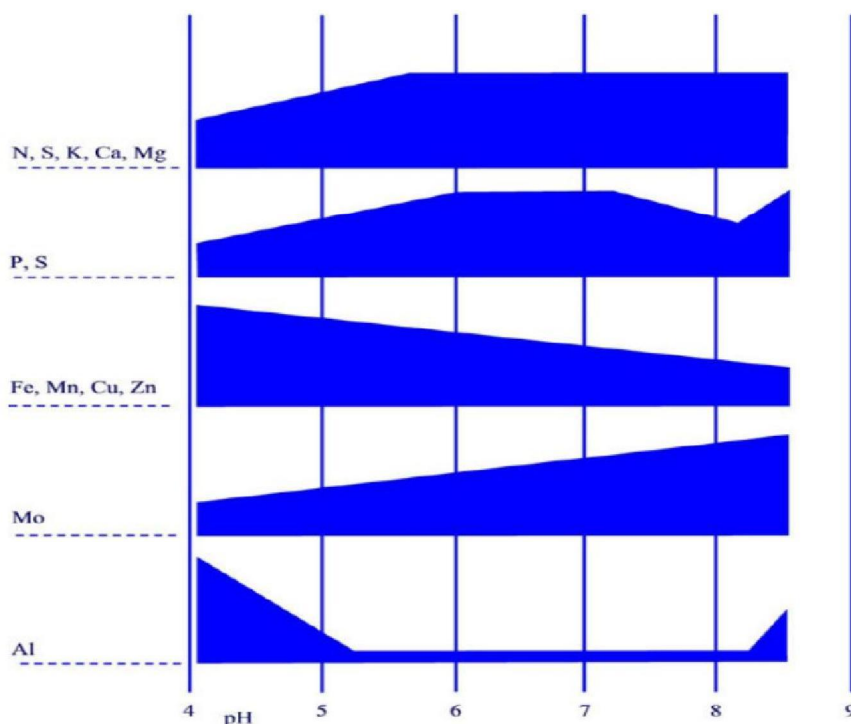
### **3. Inname per dag via drinkwater en/of voer van verhoogde gehalten van aangetroffen stoffen en risico's op diergezondheid.**

Voor het maken van een inschatting van de risico's op diergezondheid, is uitgegaan van een worst-case scenario: uitgaand van het meest ernstige dat kan gebeuren: dieren eten of drinken alleen van het betreffende gras of water waarin de stof in de hoogste concentratie aanwezig is. De opname van elementen uit de grond door het gras is afhankelijk van een aantal factoren: hoeveelheid, lengte van de graswortels, zuurgraad van de grond (Boer *et al.* 2011; Wagenaar *et al.* 2017) (zie figuur 5). Ook grondsoort (klei, veen, zand) speelt een grote rol bij de relatie tussen element in grond en element in gewas (West 1981; Wagenaar *et al.* 2017).

De streefwaarden voor spoorelementen in grassoorten staat in tabel 3. Voor de opname van spoorelementen uit 15 kg gras is gerekend met de volgende gehalten van de

spoorelementen: Fe: 250, Mn: 50, Cu: 10, Zn: 50, Mo: 1,0 (alles in mg/kg ds). De opname per dag wordt dan: Fe: 3,75 gram, Mn: 750 mg, Cu: 150 mg, Zn: 750 mg en Mo: 15 mg.

Voor veel andere verontreinigingen (zoals PFAS, dioxinen, cresol) is nog veel onduidelijk over de opname van deze verontreinigingen door grassen. Grassen nemen deze stoffen wel op (Groffen et al. 2023), maar een directe relatie tussen het gehalte in de grond en die in de plant is er niet. Voor gebromeerde vlamvertragers (BDE-209) is wel een publicatie over de relatie grond en gras (Natasha A. Andrade et al. 2017). Bij een gehalte in de grond van gemiddeld 70 µg/kg ds werd in gras een gehalte gemeten van 232 µg/kg.



Figuur 5 Effect van zuurgraad van grond op relatieve opname van element door gras (Boer et al. 2011)

#### Aluminium:

Het hoogst gemeten gehalte aluminium in water was 810 µg/L in grondwater. Bij een opname van 100 liter per dag krijgt een koe dan 81 milligram aluminium binnen. De hoogste waarde van aluminium in grond werd gemeten in een grondmonster in de toplaag van de dijk: 39 000 mg/kg ds. Bij een opname van 1,5 kg grond per dag wordt dan 58 500 milligram

Tabel 3 Streefwaarden voor spoorelementen in grassoorten (mg/kg ds)

	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo
<i>Lolium perenne</i>	100 – 930	30 – 70	5 – 20	6 – 40	10 – 60	0,5 – 1,0
<i>Poa pratensis</i>	100 – 190	20 – 50	6 – 9	8 – 30	20 – 90	0,8 – 1,8
<i>Agrostis sp.</i>	100 – 400	40 – 130	6 – 20	8 – 40	20 – 70	0,5 – 1,0
<i>Festuca rubra sp.</i>	270 – 350	50 – 70	6 – 9	20 – 30	30 – 50	1,0 – 1,7



aluminium opgenomen. (Eppe et al. 2023) houden een norm aan van 300 mg/kg ds in voeders als bovenste grens voor effecten van aluminium op diergezondheid. Bij een opname van 15 kg droge stof is dat 4 500 milligram aluminium per koe per dag. *De opname uit de grond overschrijdt dan de aanbevolen hoeveelheid en kan een risico vormen voor de diergezondheid.*

#### Barium:

Vrij barium is gevaarlijk voor dier en mens, maar barium dat is gebonden via grond is veel minder schadelijk (Perdrizet et al. 2020). Een gehalte van meer dan 40 mg/kg ds barium wordt als schadelijk gezien (Wrzecińska et al. 2021). Bij een opname van 15 kg ds gras komt dit overeen met 600 milligram barium. Het hoogste gehalte van barium werd in grondwater gemeten: 130 µg/L. Het drinken van 100 liter water per dag zorgt er dan voor dat 13 milligram barium wordt opgenomen. Het hoogste gehalte barium werd in grond langs de oevers van het kanaal gemeten: 91 mg/kg ds. Door het eten van 75 kg gras wordt 1,5 kg grond per dag gegeten en wordt 137 milligram barium opgenomen. Samen met het water zorgt dit voor 228 milligram barium per dag, minder dan de bovengrenzen van 600 milligram per dag.

#### Ijzer:

Pas bij een plotselinge hoge opname van ijzer of langdurige opname van veel ijzer, wordt een slechtere gezondheid van dieren gezien. Het hoogst gemeten gehalte ijzer in grond was 51 000 mg/kg ds in de toplaag van de dijk. In oppervlaktewater werd een hoogste gehalte gemeten van 1,6 mg/L ijzer. In een monster grondwater werd 29 mg/L ijzer gemeten. Dit monster wordt verder besproken bij het onderdeel sulfaat, zwavel, sulfide. Een gehalte van 1,6 mg/L ijzer in drinkwater voor koeien zonder risico. Bij een gehalte van 51 000 mg/kg ds ijzer in grond en een opname van 1,5 kg grond, wordt dus per dag 76,5 gram ijzer per koe opgenomen. Het meeste ijzer uit grond is slecht opneembaar en zal het dier via de mest weer verlaten. Ijzervergiftiging wordt zelden gezien (Gupta 2012), ook niet bij hogere opname. Vanuit gras komt per dag 3,75 gram ijzer bij de koe terecht.

#### Mangaan:

Mangaan kan in grote hoeveelheden worden opgenomen zonder dat effecten op diergezondheid worden gezien (Ballantine et al. 2002). De hoogste mangaangehalten gerapporteerd door IB Land (grond dijk: 2300 mg/kg ds en grondwater 12 mg/L) zijn weliswaar aan de hoge kant, maar vormen geen direct risico voor diergezondheid. Mangaan in drinkwater is slecht oplosbaar. In een zuurstofarme omgeving zal het mangaan opgelost blijven, maar zodra water met zuurstof in aanraking komt (oppervlakte water) zal het mangaan oxideren tot een bruin/zwarte-neerslag.

#### Nikkel:

Het CONTAM Panel van de EFSA heeft voor runderen een NOAEL (laagste gehalte waarbij geen effect wordt gezien) vastgesteld van 1,34 mg/kg lichaamsgewicht per dag en een gehalte waarbij de eerste effecten van verhoogd nikkel (verminderde voeropname en verminderde groei) van 5,34 mg/kg lichaamsgewicht. Een koe van 650 kg zou dus per dag 1,34 \*

650 = 871 milligram nikkel mogen opnemen zonder dat er effecten zijn te verwachten. In grond werd maximaal 46 mg/kg ds nikkel gerapporteerd en in grondwater 76 µg/L als hoogste waarde. Dit betekent dat een koe per dag maximaal 7,6 mg nikkel uit water en 69 mg nikkel uit gronddeeltjes opneemt. Dat is duidelijk minder dan de 871 mg als hoogste waarde waar geen gezondheidseffecten zijn te verwachten.

#### Kobalt:

Een maximum opname van 10 mg/kg ds kobalt in het totale rantsoen wordt aanbevolen (Clark 2001). Bij een opname van 23 kg droge stof per dag mag dan niet meer dan 230 mg kobalt worden opgenomen. In één monster grondwater werd 69 µg/l kobalt gemeten (dus 6,9 mg kobalt per dag). Het hoogste gehalte kobalt in grond was 16 mg/kg ds in een grondmonster van de dijk (dus 24 mg kobalt). Dat betekent dat de koeien in totaal maximaal 31 mg kobalt uit het milieu kunnen opnemen. Dat is duidelijk minder dan de 230 mg kobalt die als bovengrens wordt aangehouden.

#### Zink:

Alleen wanneer zink in grote hoeveelheden wordt opgenomen, kan soms zinkvergiftiging worden gezien. Bij koeien is dit zeer zeldzaam. Wel kan een overmaat zink de opname van koper verdringen en daardoor zorgen voor een kopertekort. Het hoogste gehalte zink in water werd gemeten in grondwater (260 µg/L) en in een grondmonster van de dijk (120 mg/kg ds). Dit zijn relatief lage gehalten die geen risico vormen voor diergezondheid. Vanuit het gras neemt een koe al 750 mg zink op.

#### Arseen:

De schadelijkheid van arseen is sterk afhankelijk van de chemische vorm van arseen: anorganisch arseen (zoals het meestal voorkomt in grond en water) is het meest schadelijk (Gupta 2012). De effecten van een overmaat arseen zijn samengevat in (Zubair and Martyniuk 2019). In de EU geldt een maximum gehalte van arseen in diervoeders van 2,0 mg/kg product met een droge stof van 88%, hetgeen overeenkomt met 2,3 mg/kg ds arseen in het totale rantsoen (Adamse et al. 2017). Dat betekent dat een koe met opname van 23 kg droge stof niet meer dan 53 mg arseen per dag mag binnenkrijgen. In water werd geen arseen gemeten boven de detectiegrens (5 µg/L). In een grondmonster van de dijk werd 29 mg/kg ds arseen gemeten. Bij een opname van 1,5 kg grond betekent dit maximaal 44 milligram arseen per koe per dag, hetgeen onder het wettelijk toegelaten maximum is. Dat houdt in dat er geen effecten op de diergezondheid zijn te verwachten.

#### Sulfaat, zwavel, sulfide:

Sulfaat wordt in de pens van koeien omgezet naar zwavel en sulfide. Sulfide als gas is zeer giftig. Het sulfide dat werd gerapporteerd door IB Land was in een grondmonster van een diepte van 2,5 tot 2,9 meter onder het oppervlak. Dat is een natuurlijk proces en dit sulfide komt niet bij koeien terecht. Zoals al eerder besproken, is de opname van totaal zwavel uit



gronddeeltjes 5,6 gram zwavel per dag. De hoogste concentratie zwavel in grondwater was 540 mg/L. Dit was in het monster van grondwater dat ook veel ijzer en mangaan bevat. In oppervlakte water zat maximaal 22 mg/L zwavel. Ervan uitgaande dat het zwavel afkomstig is van sulfaat, betekent dit dat het sulfaatgehalte van oppervlakte water  $96/32 * 22 = 66$  mg/L is. Dat is een normaal gehalte in Nederland. Het grondwater bevat dan omgerekend 1620 mg/L sulfaat (gemeten is 1700 mg/L sulfaat). Dat is extreem veel. Een koe die dit water drinkt krijgt de volgende gezondheidsklachten: diarree, gebrek aan diverse mineralen en spoorelementen (onder andere kopertekort). *In dat monster grondwater werd ook een gehalte gemeten van 29 mg/L ijzer en 12 mg/L mangaan naast 1700 mg/L sulfaat. Wanneer dit soort water direct als drinkwater voor dieren wordt gebruikt, heeft dat ernstige gevolgen voor de diergezondheid.*

#### Gebromeerde vlamvertragers:

Bij een gehalte van maximaal 0,007 µg/L in oppervlakte water zoals gerapporteerd door IB Land en een opname van 100 liter water per dag, wordt per dag maximaal 0,007 mg opgenomen. In een maand tijd dus 0,021 milligram. Dit is per kg lichaamsgewicht verwaarloosbaar. In grond van de toplaag van de dijk werd maximaal 9,5 µg/kg ds BDE-209 aangetoond. Bij een opname van 1,5 kg grond per dag wordt per maand 0,44 milligram gebromeerde vlamvertragers (BDE-209) opgenomen. Indien de koe zowel water drinkt als grond met gebromeerde vlamvertragers eet, wordt per maand minder dan 0,5 milligram opgenomen. Wanneer dezelfde verhouding tussen grond en gras wordt aangehouden als in de publicatie van (Natasha A. Andrade et al. 2017), kan worden verondersteld dat het gras  $9,5 / 70 * 232 = 32$  µg/kg BDE-209 bevat. Bij een opname van 15 kg is dit 480 µgram per dag. Per kg lichaamsgewicht is dit 0,74 µg/kg. De LD<sub>50</sub> voor koeien is niet bekend. De LD<sub>50</sub> voor ratten is 500 mg/kg. Uitgaande van het principe dat de schadelijke hoeveelheid voor koeien een factor 1000 lager is dan de LD<sub>50</sub> voor ratten (10 voor diersoort, 10 voor langere termijn, 10 voor veiligheid en onzekerheid) betekent dit een veilige opname van 0,5 mg/kg lichaamsgewicht. Dus de opname uit mogelijk verontreinigd gras van de maximaal verontreinigde grond is net iets hoger dan veiligheidsgrens. Wanneer koeien uitsluitend dit gras op deze grond eten met het oppervlakte water dat de hoogste concentratie BDE-209 bevat, zou dat op de langere duur tot een risico kunnen leiden.

#### PFAS:

In de toplaag van grond rond Noordeinde is maximaal 1,3 µg/kg droge stof PFOA in grond gemeten. Transport van PFAS (PFOA) naar planten (gras) is beschreven door (Sharifan et al. 2021). Het is afhankelijk van de kwaliteit van de grond en grondwater (onder andere zuurgraad) hoeveel PFAS vanuit de grond in gras diffundeert. Maximaal wordt 59% van de gemeten gehalten in grond in de plant die op die grond groeit gevonden. Dat zou betekenen dat maximaal 59% van 1,3 µg/kg ds in gras terecht komt: 0,8 µg/kg ds PFAS in gras. Bij een opname van 15 kg ds gras is dit dus dagelijks 12 µg PFAS per koe. (Asselt, van, E. D. et al. 2013) beschrijven de overdracht van PFOS vanuit gras naar melk. Koeien namen in deze studie tussen de 3,1 en 5,6 mg PFOS per koe per dag op uit gras gedurende 28 dagen zonder dat er gezondheidseffecten werden gezien. Een opname per koe per dag van 12 µg PFAS (waaronder PFOS) per koe is veel lager.

#### Formaldehyde:

In oppervlakte water (nieuw kanaal) werd als hoogste gehalte 16 µg/L formaldehyde gemeten. Bij een opname van 100 liter water per dag wordt dus 1,6 mg formaldehyde opgenomen. Dat is veel minder dan de 44 gram die een koe maximaal per dag mag opnemen zonder dat er effecten op de gezondheid te zien zullen zijn.

#### Cresol:

Zoals al eerder beschreven, is cresol aangetoond in grondwater, *maar zijn de gemeten gehalten van cresol zo laag dat deze geen effecten te zien zullen geven bij koeien.*

#### PAK's:

Van de PAK's is vooral het benzo[a]pyrene schadelijk voor mensen vanwege de kankerverwekkende eigenschappen van deze stof. Maar de schadelijkheid voor melkvee is zeer beperkt omdat de meeste PAK's worden uitgescheiden via de melk. Wel kunnen PAK's in hogere gehalten een onderdrukking van de weerstand te zien geven. IB Land heeft in één monster (grondmonster oevers kanaal) totaal PAK's gerapporteerd van 6,7 mg/kg. Bij het enige onderzoek van de effecten van benzo[a]pyreen op de gezondheid van koeien werden de effecten van benzo[a]pyreen op cellen beschreven (Harris et al. 2009). Echter dit waren geen proeven met het hele dier waardoor geen conclusie kan worden getrokken over de effecten van de opname van PAK's op diergezondheid. *De gemeten gehalten PAK's in Noordeinde hebben voor zover nu bekend geen risico gevormd voor diergezondheid.*

#### Dioxinen:

In twee grondmonsters werd respectievelijk 35 en 13 (afgerond) ng TE/kg gemeten (TE: toxische equivalent). Bij een opname van 1,5 kg grond wordt dan maximaal 53 ng TE opgenomen. Er zijn aanwijzingen dat dioxine chromosoom-beschadigingen kunnen veroorzaken (Di Meo et al. 2011). Dit trad op bij bedrijven die meer dan 16 ng/kg dioxine in de melk hadden. In Nederland ligt de norm voor dioxine in melk op 3 ng/kg. Dioxinen worden ook van moeder op kalf overgedragen (Hirako et al. 2005) zodat ook de ongeboren kalveren een risico oplopen. Maar zolang de melk minder dan 6 ng/kg dioxine bevat, is er geen risico op diergezondheid. Melk wordt regelmatig gecontroleerd op dioxine. Een verontreiniging van melk met dioxine wordt dus direct gesignaleerd.



**4. Ziekteverschijnselen die waarneembaar zullen zijn bij autopsie of bloedanalyses of andere (standaard)waarnemingen die door dierenartsen of Gezondheidsdienst voor Dieren (Royal GD) worden gedaan.**

De ziekteverschijnselen die mogelijk waarneembaar zullen zijn, worden per stof hieronder beschreven.

Aluminium: anemie (bloedarmoede), verlaagd magnesium in serum waardoor spierproblemen kunnen optreden.

Barium: verandering van tanden (verkleuring), botstructuur verandert.

IJzer: ijzerstapeling in de lever, tekort van zink en koper, gevoeliger voor infecties. Gevoeliger voor infecties betekent ook dat er makkelijker abscessen kunnen ontstaan.

Mangaan: uitdroging.

Nikkel: verminderde groei, onderontwikkeld.

Kobalt: geen.

Zink: verdringing van koper (kopertekort) en ijzer, gevoeliger voor infecties, abscessen.

Arseen: leverschade (ook verhoogde gehalten leverenzymen in bloed), bloedingen in de nieren en schade aan de glomerulus (nier).

Sulfaat, zwavel, sulfide: diarree, gebrek aan diverse mineralen en spoorelementen (onder andere kopertekort), sulfide: als gas: verminderde penswerking,

Gebromeerde vlamvertragers: hematomen, abscessen, kale plekken op de huid, hyperkeratose.

PFAS: leverschade, schildklier-problemen, verminderde vruchtbaarheid, tumoren, slome en dikke koeien.

Formaldehyde: geen.

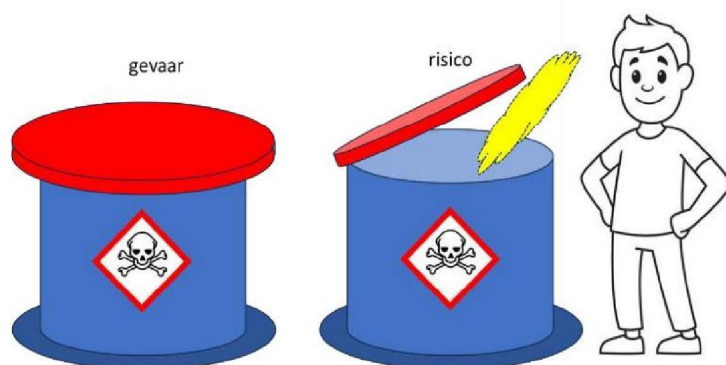
Cresol: duffe koeien (sufheid), spierzwakte, uitdroging, problemen met bewegen,

PAK's: gevoeliger voor infecties.

Dioxinen: door chromosoom-beschadigingen verandering van cel-eigenschappen (kans op tumoren), problemen met ongeboren kalveren.

## Discussie en Conclusie

Een plotseling of langdurige verhoogde uitval van melkkoeien zonder aanwijsbare oorzaak kan wijzen op een vergiftiging. Daarom is uitvoerig bodem- en wateronderzoek in de omgeving van het bedrijf gedaan. Daarbij is een aantal stoffen aangetoond in het grondwater en in de bodem waar geen normstelling in het kader van de Wet bodembescherming (Wbb) voor is. Ook zijn incidenteel in een grond-, grondwater- of waterbodemonster (licht) verhoogde gehalten van andere stoffen aangetoond. Voor alle stoffen waarbij afwijkende of opvallende meetresultaten zijn gevonden, is op basis van openbare literatuur en kennis over vergiftigingen bij dieren onderzocht welke ziekteverschijnselen kunnen ontstaan door deze stoffen. Het aantonen van een gevaarlijke stof betekent niet automatisch dat dit ook een risico vormt voor de (dier)gezondheid. Wanneer de stof ook bij het dier kan terecht komen, op welke wijze dan ook, kan dit een risico vormen, afhankelijk van concentratie en hoeveelheid (zie figuur 6). Daarom is



*Figuur 6 Verschil tussen gevaar en risico*

een inschatting gemaakt hoeveel van de stof een koe daadwerkelijk zou kunnen opnemen via grond, gras dat op die grond groeit en drinkwater. Hierbij is uitgegaan van de meest ernstige situatie: de koe eet alleen het gras op de verontreinigde plek en de koe drinkt alleen het water dat de stof in de hoogste concentratie bevat. Voor iedere afwijkend gevonden stof is berekend hoeveel een koe per tijdseenheid (meestal dag) zou kunnen opnemen en wat dan het gezondheidsrisico is. Voor de volgende stoffen werd via een worst-case situatie berekend wat de effecten zouden kunnen zijn van de stof op de gezondheid van melkkoeien en of er gezondheidsrisico's zijn met de gemeten concentraties:

Stof	Risico	Stof	Risico
Gebromeerde vlamvertragers:	Op langere termijn	Arseen:	Geen
Cresol:	Geen	Barium:	Geen
Dioxinen:	Geen	IJzer:	Geen
Formaldehyde:	Geen	Kobalt:	Geen
PFAS (PFOS, PFOA):	Geen	Nikkel:	Geen
Aluminium:	Ja (via grond)	Zwavel:	Ja (via drinkwater)



Niet alle verhoogde gehalten van stoffen worden in hetzelfde monster gemeten. Dat maakt het moeilijk om precies aan te geven welke verschijnselen bij de koe kunnen worden gezien bij onderzoek door dierenartsen of Royal GD. Bovendien kunnen stoffen die in combinatie worden opgenomen weer andere effecten laten zien dan wanneer de stof alleen wordt opgenomen: stoffen samen doen soms meer dan de optelsom van iedere stof apart (synergetisch effect). Wel is een aantal effecten van verhoogde opname van een stof bij de koe hetzelfde. Op basis van effecten die op elkaar lijken, is een overzicht gemaakt van de verschijnselen die kunnen worden verwacht bij koeien die langere tijd op (licht) verontreinigde grond grazen en water drinken dat (licht) verontreinigd is:

- anemie (bloedarmoede)
- bloedingen/hematomen
- veranderde botstructuur
- diarree, uitdroging
- slome koeien (sufheid), schildklier verminderde werking, dikkere koeien
- kopertekort
- gevoeliger voor infecties en daardoor mogelijk abscessen
- afwijkingen van de huid: hyperkeratose, kale plekken
- tumoren
- leverschade
- spierproblemen
- problemen met ongebornen kalveren, verminderde vruchtbaarheid

De bovengenoemde verschijnselen zijn echter niet echt specifiek voor een vergiftiging of tekort van stoffen door vergiftiging. Ook sommige bacteriën, virussen of parasieten kunnen deze verschijnselen veroorzaken. Daarom moeten altijd eerst ziektes en bekende infecties worden onderzocht en uitgesloten. Pas wanneer alle bekende infecties niet aanwezig zijn en desondanks bovenstaande verschijnselen worden gezien, komen de beschreven stoffen in beeld.

Op basis van de stoffen die zijn aangetoond in (licht) verhoogde concentraties in grond en water, is het niet mogelijk om een oorzaak of stof aan te wijzen die de verhoogde uitval van met name oudere melkkoeien veroorzaakt zou kunnen hebben.



## Bijlagen

## Bijlage 1 Beschouwing analyseresultaten per matrix

monsternr.	datum	omschrijving, aanvullende info	
<b>waterbodem</b>			
327611	03-08-2023	noord sloot west	geen afwijkende gehalten
327612	03-08-2023	noord sloot midden west	geen afwijkende gehalten
327613	03-08-2023	noord sloot midden oost	geen afwijkende gehalten
334767	09-08-2023	noord sloot oost	geen afwijkende gehalten
334764	09-08-2023	zuid sloot west	licht verhoogde gehalten vlamvertragers, formaldehyde
334765	09-08-2023	zuid sloot midden	zwavel 18 000 mg/kg, formaldehyde
334766	09-08-2023	zuid sloot oost	formaldehyde
329919	04-08-2023	Nieuwe kanaal west	geen afwijkende gehalten
329920	04-08-2023	Nieuwe kanaal midden	diverse elementen verhoogd: mangaan, arseen 60 mg/kg, barium 230 mg/kg, nikkel 48 mg/kg
329921	04-08-2023	Nieuwe kanaal oost	BDE-209 verhoogd (decabroomdifenyl ether, vlamvertrager, CAS 1163-19-5)
<b>oppervlakte water</b>			
329922	04-08-2023	WA.nk.1-1 NK west	iets verhoogd ijzer, formaldehyde
329923	04-08-2023	WA.nk.2-1 NK midden	iets verhoogd ijzer, formaldehyde
329924	04-08-2023	WA.nk.3-1 NK oost	iets verhoogd ijzer, formaldehyde
334768	09-08-2023	WA.SL.1-1 Z sl west	pH aan de hoge kant, spoortjes van vlamvertragers
334769	09-08-2023	WA.SL.2-1 Z sl midden	spoortjes van vlamvertragers
334770	09-08-2023	WA.SL.3-1 Z sl oost	spoortjes van vlamvertragers
328667	04-08-2023	WZ2.1-1 WZ2.1 N sl west	geen afwijkende gehalten
328668	03-08-2023	WZ2.2-1 WZ2.2 N sl midden W	geen afwijkende gehalten
328669	03-08-2023	WZ3.1-1 WZ3.1 N sl midden O	geen afwijkende gehalten
334771	09-08-2023	WZ3.2-1 N sl oost	geen afwijkende gehalten
334772	09-08-2023	WZ3.2-2 Noord slo oost olie	spoortjes van hogere koolwaterstoffen
<b>grondwater</b>			
351914	22-08-2023	west voet	geen afwijkende gehalten
351916	22-08-2023	west land	geen afwijkende gehalten
351909	22-08-2023	midden west voet	spoortje PFAS (PFBA), aluminium licht verhoogd, cresol licht verhoogd
351910	22-08-2023	midden oost voet	verhoogd sulfaat, spoortjes PFAS (PFBA, PFOA)
351911	22-08-2023	midden oost land	geen afwijkende gehalten
351912	22-08-2023	oost land	spoortje PFAS (PFBA), aluminium licht verhoogd
351915	22-08-2023	oost voet	geen afwijkende gehalten
351913	22-08-2023	oost oost land	sterk verhoogd sulfaat, verhoogd mangaan, ijzer, nikkel, zink, kobalt, aluminium, cresol aangetoond
<b>grond</b>			
<b>aanvullende boringen dijk</b>			
409698	21-09-2023	201-6 Zand 201 (600-650)	geen afwijkende gehalten
409699	21-09-2023	201-7 Klei 201 (650-680)	PAK's licht verhoogd
409700	21-09-2023	202-5 Klei 202 (580-630)	geen afwijkende gehalten
409701	21-09-2023	202-9 Veen 202 (700-750)	geen afwijkende gehalten
409702	21-09-2023	203-5 Klei 203 (600-650)	geen afwijkende gehalten
409703	21-09-2023	203-7 Zand 203 (680-720)	geen afwijkende gehalten
409704	21-09-2023	204-15 Klei 204 (480-520)	ijzer aan de hoge kant
409705	21-09-2023	204-18 Zand 204 (570-620)	geen afwijkende gehalten
409706	21-09-2023	205-10 Zand 205 (330-380)	geen afwijkende gehalten
409707	21-09-2023	205-13 Klei 205 (450-500)	geen afwijkende gehalten
409708	21-09-2023	205-16 Zand 205 (550-600)	geen afwijkende gehalten
<b>oevers kanaal</b>			
329925	04-08-2023	NK1.1721-oever	poly-aromatische verbindingen (PAK's) iets verhoogd
329926	04-08-2023	NK1.2226-oever	arsen lijkt soms verhoogd, maar verhouding Fe:As is goed (tussen 1000 en 2000), vlamvertrager aangetoond
329927	04-08-2023	NK2.2731-oever	vlamvertrager aangetoond
329928	04-08-2023	NK2.3236-oever	vlamvertrager aangetoond
329929	04-08-2023	NK3.3741-oever	geen afwijkende resultaten
329930	04-08-2023	NK3.4246-oever	arsen lijkt soms verhoogd, maar verhouding Fe:As is goed (tussen 1000 en 2000)
<b>wichelroede</b>			
332433	08-08-2023	101-1 pot	geen afwijkende resultaten
332434	08-08-2023	101-2 steekbus	geen afwijkende resultaten
331208	07-08-2023	102-1 pot	PFAS (PFOA) aangetoond
331209	07-08-2023	103-1 pot	PFAS (PFOA) aangetoond
332435	08-08-2023	104-1 pot	geen afwijkende resultaten
332436	08-08-2023	104-2 steekbus	geen afwijkende resultaten



monsterpunten dijk			
332410	08-08-2023	land boer west filterdiepte	enkele elementen/stoffen verhoogd: sulfaat, ijzer, mangaan, koolwaterstoffen,
332412	08-08-2023	land boer mid west filterdiepte	spoorjes van vlammvertragers
332414	08-08-2023	land boer mid oost filterdiepte	beetje sulfide, geen sulfaat
332416	08-08-2023	land boer oost filterdiepte	geen afwijkende resultaten
331056	07-08-2023	voet filterdiepte	dioxines aangetoond
330628	04-08-2023	voet filterdiepte	geen afwijkende resultaten
331060	07-08-2023	voet filterdiepte	ijzer, mangaan verhoogd
331058	07-08-2023	voet filterdiepte	geen afwijkende resultaten
330626	04-08-2023	midden lichaam	geen afwijkende resultaten
330630	04-08-2023	midden lichaam	geen afwijkende resultaten
330633	04-08-2023	midden lichaam	geen afwijkende resultaten
345973	17-08-2023	top lichaam	geen afwijkende resultaten
345975	17-08-2023	top lichaam	dioxines aangetoond
338404	10-08-2023	top lichaam	geen afwijkende resultaten
338406	10-08-2023	top lichaam	geen afwijkende resultaten
338407	10-08-2023	top lichaam	geen afwijkende resultaten
332409	08-08-2023	land boer west toplaag	verhoogde gehalten aluminium, ijzer, mangaan
332411	08-08-2023	land boer mid west toplaag	verhoogde gehalten aluminium, ijzer, mangaan
332413	08-08-2023	land boer mid oost toplaag	verhoogde gehalten aluminium, ijzer, mangaan
332415	08-08-2023	land boer oost toplaag	verhoogde gehalten aluminium, ijzer, mangaan
331055	07-08-2023	voet toplaag	verhoogd sulfaat
330627	04-08-2023	voet toplaag	geen afwijkende resultaten
331057	07-08-2023	voet toplaag	geen afwijkende resultaten
331059	07-08-2023	voet toplaag	geen afwijkende resultaten
330625	04-08-2023	midden toplaag	geen afwijkende resultaten
330629	04-08-2023	midden toplaag	geen afwijkende resultaten
330631	04-08-2023	midden toplaag	spoorjes van vlammvertragers
330632	04-08-2023	midden toplaag	verhoogd sulfaat
345972	17-08-2023	top toplaag	geen afwijkende resultaten
345974	17-08-2023	top toplaag	geen afwijkende resultaten
338403	10-08-2023	top toplaag	geen afwijkende resultaten
338405	10-08-2023	top toplaag	geen afwijkende resultaten

## Literatuur

Adamse, P.; van der Fels-Klerx, H. J.; Jong, J. de (2017): Arsenic, lead, cadmium and mercury in animal feed and feed materials: Trend analysis of monitoring result collected in the Netherlands. RIKILT Wageningen University & Research.

Asselt, van, E. D.; Kowalczyk, J.; van Eijkeren, J.C.H.; Zeilmaker, M. J.; Ehlers, S.; Fürst, P. et al. (2013): Transfer of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) from contaminated feed to dairy milk. In *Food Chemistry* 141 (2), pp. 1489–1495.

Bakker, Martine I.; Casado, Berta; Koerselman, Judith W.; Tolls, Johannes; Kollöffel, Chris (2000): Polycyclic aromatic hydrocarbons in soil and plant samples from the vicinity of an oil refinery. In *Science of The Total Environment* 263 (1-3), pp. 91–100.

Ballantine, H. T.; Socha, M. T.; Tomlinson, Dpl Acan DJ; Johnson, AB; Fielding, A. S.; Shearer, J. K.; van Amstel, SR (2002): Effects of feeding complexed zinc, manganese, copper, and cobalt to late gestation and lactating dairy cows on claw integrity, reproduction, and lactation performance. In *The professional animal scientist* 18 (3), pp. 211–218.

Boer, Ir D. J. den; Holshof, G.; Bussink, D. W.; van Middelkoop, Ir J. C. (2011): Type en toedieningsvorm van N-kunstmest; Effecten op gewas-en eiwitproductie en-kwaliteit. In *Studie NMI en Livestock Research*, p. 95.

Boer, Jacob de; Boer, Karin de; Boon, Jan P. (2000): Polybrominated Biphenyls and Diphenylethers. In Otto Hutzinger, Jaakko Paasivirta (Eds.): Volume 3 Anthropogenic Compounds Part K. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 61–96.

Buckley, Katherine E.; Fisher, Lorne J.; MacKay, Vernon G. (1988): Levels of formaldehyde in milk, blood, and tissues of dairy cows and calves consuming formalin-treated whey. In *Journal of agricultural and food chemistry* 36 (6), pp. 1146–1150.

Bulder, A. S.; Hoogenboom, L. A.P.; Kan, C. A.; van Raamsdonk, L. W.D.; Traag, W. A.; Bouwmeester, H. (2006): Initial risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in feed (materials). RIKILT.

Campagnolo, Enzo R.: Suspected Cresol Poisoning in Cattle Presented for Slaughter. In *Cresol* 20, p. 23.

Clare Death; Cameron Bell; David Champness; Charles Milne; Suzie Reichman; Tarah Hagen (2021): Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in livestock and game species: A review. In *Science of The Total Environment* 774, p. 144795. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.144795.

Clark, J. H. (2001): Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001. Seventh Revised Edition, 2001.

Counotte, G.H.M. (2018): normen drinkwater rundvee.

Counotte, G.H.M. (2022): Drinkwater voor dieren. van start tot staart. Available online at [www.cvier.nl](http://www.cvier.nl).

Dagorn, G. Aubert, R. Horel, S. Martinon, L. Steffen, Th. (2023): 'Forever pollution': Explore the map of Europe's PFAS contamination. The Map of Forever Pollution in Europe. Le Monde. Available online at [https://www.lemonde.fr/en/les-decodeurs/article/2023/02/23/forever-pollution-explore-the-map-of-europe-s-pfas-contamination\\_6016905\\_8.html](https://www.lemonde.fr/en/les-decodeurs/article/2023/02/23/forever-pollution-explore-the-map-of-europe-s-pfas-contamination_6016905_8.html), updated on 3/14/2023, checked on 10/17/2023.

Darnerud, Per Ola; Eriksen, Gunnar S.; Jóhannesson, Torkell; Larsen, Poul B.; Viluksela, Matti (2001): Polybrominated diphenyl ethers: occurrence, dietary exposure, and toxicology. In *Environmental health perspectives* 109 (suppl 1), pp. 49–68.

Di Meo, G. P.; Perucatti, A.; Genuardo, V.; Caputi-Jambrenghi, Anna; Rasero, Roberto; Nebbia, Carlo; Iannuzzi, L. (2011): Chromosome fragility in dairy cows exposed to dioxins and dioxin-like PCBs. In *Mutagenesis* 26 (2), pp. 269–272.

Dickson, J.; Bond, M. P. (1974): Cobalt toxicity in cattle. In *Aust. Vet. J. (Australia)* 50 (5).

Drewnoski, M. E.; Pogge, D. J.; Hansen, S. L. (2014): High-sulfur in beef cattle diets: A review. In *J. Anim. Sci* 3763, p. 3780.

EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (2014): Scientific Opinion on the safety and efficacy of formaldehyde for all animal species based on a dossier submitted by Adiveter SL. In *EFSA Journal* 12 (2), p. 3562.

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (2015): Scientific Opinion on the risks to animal and public health and the environment related to the presence of nickel in feed. In *EFSA Journal* 13 (4), p. 4074.

Eppe, Justine; Djebala, Salem; Rollin, Frédéric; Guyot, Hugues (2023): Herd Health Troubles Potentially Related to Aluminium Grass Silage Content in Dairy Cows. In *Veterinary Sciences* 10 (2), p. 149.

EU (2018): COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) concerning the denial of authorisation of formaldehyde as a feed additive. Source: EC Europe. Available online at [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/1202-COMMISSION-IMPLEMENTING-REGULATION-EU-concerning-the-denial-of-authorisation-of-formaldehyde-as-a-feed-additive\\_nl](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/1202-COMMISSION-IMPLEMENTING-REGULATION-EU-concerning-the-denial-of-authorisation-of-formaldehyde-as-a-feed-additive_nl), checked on 10/27/2023.

Fries, George F.; Kimbrough, Renate D. (1985): The PBB episode in Michigan: an overall appraisal. In *CRC Critical reviews in Toxicology* 16 (2), pp. 105–156.



Groffen, Thimo; Prinsen, Els; Devos Stoffels, Ona-Abeni; Maas, Layla; Vincke, Pieter; Lasters, Robin et al. (2023): PFAS accumulation in several terrestrial plant and invertebrate species reveals species-specific differences. In *Environmental Science and Pollution Research* 30 (9), pp. 23820–23835.

Gupta, Ramesh C. (2012): Veterinary toxicology: basic and clinical principles: Academic press.

Harris, Deacqunita L.; Huderson, Ashley C.; Niaz, Mohammad S.; Ford, J. Joe; Archibong, Anthony E.; Ramesh, Aramandla (2009): Comparative metabolism of benzo (a) pyrene by ovarian microsomes of various species. In *Environmental Toxicology: An International Journal* 24 (6), pp. 603–609.

Hirako, Makoto; Aoki, Mari; Kimura, Koji; Hanafusa, Yasuko; Ishizaki, Hiroshi; Kariya, Yoshihiro (2005): Comparison of the concentrations of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, and dioxin-like polychlorinated biphenyls in maternal and fetal blood, amniotic and allantoic fluids in cattle. In *Reproductive Toxicology* 20 (2), pp. 247–254.

Hovenkamp-Obbema, I.; Counotte, G. H.M.; Roos, C.; van Dokkum, H. P. (1998): Quick-scan om geschiktheid van slootwater als drinkwater voor weidevee te bepalen. In *H2O*, pp. 15–18.

(2023): Diverse onderzoeken omgeving Noordeinde. Bodem-, grondwater-, waterbodembodem-, oppervlaktewateronderzoek. IB Land. Ede.

Kowalczyk, Janine; Ehlers, Susan; Oberhausen, Anja; Tischer, Marion; Fürst, Peter; Schafft, Helmut; Lahrssen-Wiederholt, Monika (2013): Absorption, distribution, and milk secretion of the perfluoroalkyl acids PFBS, PFHxS, PFOS, and PFOA by dairy cows fed naturally contaminated feed. In *Journal of agricultural and food chemistry* 61 (12), pp. 2903–2912.

Lupton, Sara J.; Huwe, Janice K.; Smith, David J.; Dearfield, Kerry L.; Johnston, John J. (2012): Absorption and excretion of <sup>14</sup>C-perfluorooctanoic acid (PFOA) in Angus cattle (*Bos taurus*). In *Journal of agricultural and food chemistry* 60 (4), pp. 1128–1134.

Lupton, Sara J.; Smith, David J.; Scholljegerdes, Eric; Ivey, Shanna; Young, Wendy; Genualdi, Susan et al. (2022): Plasma and Skin Per- and Polyfluoroalkyl Substance (PFAS) Levels in Dairy Cattle with Lifetime Exposures to PFAS-Contaminated Drinking Water and Feed. In *Journal of agricultural and food chemistry* 70 (50), pp. 15945–15954.

Mol, Gerben; Spijker, Job; van Gaans, Pauline; Römkens, Paul (2012): Geochemische bodematlas van Nederland: Wageningen Academic Publishers.

Natasha A. Andrade; Laura L. McConnell; Marya O. Anderson; Alba Torrents; Mark Ramirez (2017): Polybrominated diphenyl ethers: Residence time in soils receiving biosolids application. In *Environmental Pollution* 222, pp. 412–422.

Nederlandse Overheid (1/19/2023): Regeling van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat, van 18 november 2022, nr. IENW/BSK-2022/203483, houdende vaststelling van de Regeling bodemkwaliteit 2022. In : Staatscourant. Available online at <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2023-1338.html>.

Perdrizet, Ursula; Blakley, Barry; Al Dissi, Ahmad (2020): Concentrations and deficiencies of minerals in cattle submitted to a diagnostic laboratory in Saskatchewan from 2003–2012: A retrospective study. In *The Canadian Veterinary Journal* 61 (1), p. 57.

Peritore, Alessio Filippo; Gugliandolo, Enrico; Cuzzocrea, Salvatore; Crupi, Rosalia; Britti, Domenico (2023): Current Review of Increasing Animal Health Threat of Per- and Polyfluoroalkyl

- Substances (PFAS): Harms, Limitations, and Alternatives to Manage Their Toxicity. In *International Journal of Molecular Sciences* 24 (14), p. 11707.
- Raisbeck, Merl F. (2020): Water Quality for Cattle: Metalloid and Metal Contamination of Water. In *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* 36 (3), pp. 581–620.
- Rietra, R.P.J.J.; Römken, P.F.A.M. (2009): De invloed van toemaak op de kwaliteit van veevoer en inname door grote grazers: invloed van bodemverontreiniging op de kwaliteit van veevoer en de gehalten aan lood faeces en orgaanvlees van koeien en schapen in het veenweidegebied. Alterra.
- Schils, René (2016): 30 vragen en antwoorden over zwavel. Alterra, Wageningen-UR.
- Schulz, Ann Johanna; Wiesmüller, T.; Appuhn, H.; Stehr, D.; Severin, K.; Landmann, D.; Kamphues, J. (2005): Dioxin concentration in milk and tissues of cows and sheep related to feed and soil contamination. In *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 89 (3-6), pp. 72–78.
- Sharifan, Hamidreza; Bagheri, Majid; Wang, Dan; Burken, Joel G.; Higgins, Christopher P.; Liang, Yanna et al. (2021): Fate and transport of per-and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in the vadose zone. In *Science of The Total Environment* 771, p. 145427.
- Smith, B. L. (1980): Effect of high concentrations of zinc sulphate in the drinking water of grazing yearling dairy cattle. In *New Zealand Journal of Agricultural Research* 23 (2), pp. 175–178.
- Spijker, Jacobus; van Vlaardingen, P. L.A.; Mol, Gerben (2008): Achtergrondconcentraties en relatie met bodemtype in de Nederlandse bodem. In *RIVM rapport 711701074*.
- Spijker, Job (2008): Arseen in Nederlands grondwater: oorzaak van verhoogde arseenconcentraties: RIVM.
- Tabatabai, M. A. (1983): Sulfur. In *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties* 9, pp. 501–538.
- Verbruggen, E. M.J.; Smit, C. E.; van Vlaardingen, P. L.A. (2020): Environmental quality standards for barium in surface water: Proposal for an update according to the methodology of the Water Framework Directive.
- Vestergren, Robin; Orata, Francis; Berger, Urs; Cousins, Ian T. (2013): Bioaccumulation of perfluoroalkyl acids in dairy cows in a naturally contaminated environment. In *Environmental Science and Pollution Research* 20, pp. 7959–7969.
- Wagenaar, Jan-Paul; Wit, Jan de; Hospers-Brands, Monique; Cuijpers, Willemijn; van Eekeren, Nick (2017): Van gepeperd naar gekruid grasland: Functionaliteit van kruiden in grasland. In *Publicatie/Louis Bolk Instituut nummer: 2017-022 LbD*.
- West, Thomas Summers (1981): Soil as the source of trace elements. In *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences* 294 (1071), pp. 19–39.
- Wrzecińska, Marcjanna; Kowalczyk, Alicja; Cwynar, Przemysław; Czerniawska-Piątkowska, Ewa (2021): Disorders of the reproductive health of cattle as a response to exposure to toxic metals. In *Biology* 10 (9), p. 882.
- Zubair, M.; Martyniuk, C.J. (2019): A review on hemato-biochemical, accumulation and patho-morphological responses of arsenic toxicity in ruminants. In *Toxin Reviews* 38 (3), pp. 176–186.