



Biomonitoringprogramma rond de Reststoffen EnergieCentrale (REC) Harlingen

Januari tot en met december 2023

C.J. van Dijk & W. de Visser

Biomonitoringprogramma rond de Reststoffen EnergieCentrale (REC) Harlingen

Januari tot en met december 2023

C.J. van Dijk & W. de Visser

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, april 2024

Rapport WPR-1335

Van Dijk, C.J. & W.de Visser, 2024. *Biomonitoringprogramma rond de Reststoffen EnergieCentrale (REC) Harlingen Januari tot en met december 2023*. Wageningen Research, Rapport WPR-1335. 42 blz.; 10 fig.; 7 tab.; 17 ref.

© 2024 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-1335

Foto omslag: Meetpunt met spinazie (Foto Wageningen UR)

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Resultaten	9
2.1 Cadmium	9
2.1.1 Metingen 2023	9
2.1.2 Trendmatig verloop 2010-2023	11
2.2 Kwik	12
2.2.1 Metingen 2023	12
2.2.2 Trendmatig verloop 2010-2023	13
2.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen	14
2.3.1 Metingen 2023	14
2.3.2 Trendmatig verloop 2010-2023	16
2.4 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's	17
2.4.1 Metingen 2023	17
2.4.2 Trendmatig verloop 2010-2023	18
2.5 Fluoriden	19
2.5.1 Kalkpapiermetingen 2023	19
2.5.2 Trendmatig verloop kalkpapiermetingen 2010-2023	20
2.5.3 Gras-metingen 2023	20
2.5.4 Trendmatig verloop gras-metingen 2010-2023	22
2.6 Meldingen	22
3 Evaluatie	23
3.1 Weerbeeld 2023	23
3.2 Zware metalen cadmium en kwik	23
3.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)	24
3.4 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's	24
3.5 Fluoriden	25
4 Conclusies	26
Literatuur	27
Bijlage 1 Toetsingskader	28
Bijlage 2 Opzet biomonitoringprogramma	30
Bijlage 3 Meteorologische gegevens	37
Bijlage 4 PAK-gehalten per component in spinazie en boerenkool	39
Bijlage 5 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk	41

Samenvatting

Omrin heeft als exploitant van de Reststoffen Energie Centrale (REC) aan de Industriehaven in Harlingen een overeenkomst gesloten met LTO Noord om negatieve effecten op het agrarisch productiemilieu bij exploitatie van de installatie zoveel mogelijk te vermijden. In het kader van de overeenkomst is in 2010 een biomonitoringprogramma geïmplementeerd rond de installatie in aanbouw. De installatie is operationeel vanaf april 2011. In het depositiegebied van de installatie bevinden zich voornamelijk akkerbouwbedrijven, veehouderijen en enkele glastuinbouwbedrijven.

Het biomonitoringprogramma rond de REC is in 2023 voortgezet op vier meetpunten rond de installatie en een referentiepunt buiten de invloedssfeer van de installatie. Gedurende het seizoen zijn sterk accumulerende plantensoorten op een gestandaardiseerde wijze geteeld. Na een vaste expositietijd zijn de planten visueel beoordeeld en geanalyseerd op een aantal luchtverontreinigingscomponenten die door de installatie in zeer beperkte mate kunnen worden geëmitteerd, namelijk cadmium, kwik en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). Fluoriden worden bepaald in weilandgras en kalkpapier en dioxinen in koemelk.

In dit rapport worden de resultaten over de periode januari – december 2023 gepresenteerd. Op basis van de resultaten uit voorgaande jaren wordt een beeld gegeven van de trend over langere termijn.

De belangrijkste conclusies zijn:

- Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de kwaliteit van agrarische gewassen en producten in de omgeving van de installatie;
- Het algemene beeld van gemiddelde belastingniveaus op lokaal achtergrondniveau rond de installatie met incidenteel een meetwaarde daar (net) boven komt overeen met dat van voorgaande jaren. Afgezien van kleine fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een eenduidig dalende of stijgende trend ten opzichte van de nulmeting uit 2010 (zonder emissie van de REC);
- Bij de meting eind juli waren de cadmiumgehalten op alle meetpunten, inclusief het referentiepunt hoger dan in de voorgaande expositieperioden. De norm voor het maximaal toelaatbare cadmiumgehalte in bladgroenten is in een monster afkomstig van het referentiepunt overschreden. Dat wil niet direct zeggen dat er een potentieel risico zou zijn met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de onderzochte gewassen;
- PAK-gehalten op de meetpunten rond de installatie kwamen redelijk overeen met de gehalten op het referentiepunt. Er was sprake van enige variatie in gehalten tussen de verschillende expositieperioden, vooral in boerenkool, maar dat beeld is gelijk aan voorgaande jaren;
- De atmosferische fluoridenconcentraties waren relatief laag en vormen geen risico voor gevoelige plantensoorten;
- In de winterperiode waren enkele fluoriden gehalten in gras iets hoger dan het lokale achtergrondniveau. De adviesnorm voor fluoriden is eenmaal overschreden. De aangetroffen fluoridengehalten vormen geen risico voor (melk)vee;
- De dioxine en dioxine-achtige PCB-gehalten in koemelk bleven ruim beneden de maximaal toelaatbare gehalten. Er is geen sprake geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de onderzochte koemelk;
- In het afgelopen jaar zijn er geen bijzonderheden in de emissiemetingen van REC geconstateerd (Bron: REC);
- Er zijn in het afgelopen jaar geen meldingen geweest van schade aan gewassen in de omgeving van de REC.

1 Inleiding

Omrin heeft als exploitant van de Reststoffen Energie Centrale (REC) aan de Industriehaven in Harlingen een overeenkomst gesloten met LTO Noord om negatieve effecten op het agrarisch productiemilieu bij exploitatie van de installatie zoveel mogelijk te vermijden. In het kader van de overeenkomst is in 2010 een biomonitoringprogramma geïmplementeerd rond de installatie. De resultaten van de metingen in 2010 hebben een beeld opgeleverd van de bestaande belasting in het agrarisch gebied ten noordoosten van Harlingen zonder bijdrage van de REC (Van Dijk & van Alfen, 2011). Vanaf april 2011 is de installatie operationeel en worden gereinigde rookgassen via een centrale schoorsteen geëmitteerd naar de lucht. Onder de overheersende windrichting zullen de rookgassen zich vooral in noordnoordoostelijke richting verspreiden. In het depositiegebied bevinden zich voornamelijk akkerbouwbedrijven, veehouderijen en enkele glastuinbouwbedrijven.

In het biomonitoringprogramma worden planten ingezet voor het vroegtijdig signaleren van mogelijke effecten van de uitstoot van de installatie. Door de keuze van gevoelige plantensoorten en relevante biologische producten (zoals koemelk) heeft een biomonitoringprogramma voornamelijk een signaalfunctie. Dit betekent dat zolang er op de meetpunten rond de betreffende installatie geen duidelijke overschrijding van normen of achtergrondwaarden plaatsvindt er geen negatieve effecten te verwachten zijn op de overige gewassen en producten die in de omgeving van de installatie worden verbouwd of geproduceerd. Deze aanpak heeft als voordeel dat er met een beperkt meetprogramma toch adequaat een vinger aan de pols kan worden gehouden met betrekking tot de milieukwaliteit rond de installatie. Alleen in het geval dat de resultaten op de meetpunten daar aanleiding toe geven kan het onderzoek worden uitgebreid naar gewassen in het veld.

Het monitoringprogramma bestaat uit vijf meetpunten waar gevoelige en sterk accumulerende plantensoorten op een gestandaardiseerde wijze jaar rond worden geteeld. Na een bepaalde expositietijd worden de planten visueel beoordeeld en geanalyseerd op een aantal componenten die door de installatie geëmitteerd worden, namelijk cadmium, kwik, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), dioxinen en fluoriden. De analyseresultaten worden geëvalueerd door ze te vergelijken met gehalten gemeten op een referentielocatie buiten de invloedssfeer van de installatie, landelijke achtergrondgehalten en normen voor consumptie- of veevoerkwaliteit en de nul-meting uit 2010, zonder bijdrage van de installatie.

In dit jaarrapport wordt een overzicht gegeven van de metingen die in de periode januari tot en met december 2023 zijn uitgevoerd. Naast de resultaten van het afgelopen jaar worden ook de resultaten uit voorgaande jaren in samengevatte vorm gepresenteerd om een beeld te geven van de trend over langere termijn. In de grafieken zijn het maximaal toelaatbare gehalte en de bandbreedte voor het achtergrondniveau weergegeven (zie ook Bijlage 1). Bij de interpretatie dient rekening gehouden te worden met het gegeven dat de jaargemiddelden betrekking hebben op verschillende perioden van het jaar. Dit is afhankelijk van het gewas, zo wordt spinazie alleen in voorjaar en zomer geteeld en boerenkool alleen in de herfst en winterperiode.

Indien verschillen in gehalten tussen meetpunten daar aanleiding toe geven is de relatie met de windrichtinggegevens in beeld gebracht (zie ook Bijlage 3). Gehalten in gewassen blijken namelijk bij constante emissie redelijk gecorreleerd te zijn met het aantal uren dat er wind uit de richting van een bron naar de verschillende meetpunten waait. Een significante correlatie is geen bewijs dat er ook een causaal verband zou bestaan voor wat de bijdrage betreft van de installatie aan deze gehalten. Andere factoren spelen ook een rol zoals variatie in emissie, windsnelheid, landschapskarakteristieken en opname-eigenschappen van het gewas. Desondanks blijkt het leggen van genoemde relatie een nuttige bijdrage te leveren aan de evaluatie van de resultaten.

In Hoofdstuk 2 worden de resultaten per component gepresenteerd, toegelicht en word een beeld gegeven van de trendmatige ontwikkeling over de jaren dat het biomonitoringprogramma operationeel is (2010-2023). Vervolgens worden in Hoofdstuk 3 de bevindingen geëvalueerd en in perspectief geplaatst en tenslotte worden in Hoofdstuk 4 de belangrijkste conclusies gepresenteerd. Informatie met betrekking tot normstelling en achtergrondgehalten is te vinden in Bijlage 1. Informatie over de opzet en uitvoering van het biomonitoringprogramma en een toelichting op de keuze van de verschillende componenten is toegevoegd als Bijlage 2. Enkele meteorologische gegevens zijn als Bijlage 3 toegevoegd.

Tabel 1 *Tijdsplanning voor waarnemingen en monsternames in 2023.*

Indicator	Weeknummer												
	2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50
Spinazie					•	•	•	•	•				
Boerenkool		•									•		•
Gras	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Koemelk						•				•			
'Kalkpapiertjes'	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

2 Resultaten

2.1 Cadmium

2.1.1 Metingen 2023

Op de vier meetpunten rond de installatie varieerden de cadmiumgehalten in spinazie van 71 tot 178 μg per kilogram vers gewicht ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.). Op het referentiepunt varieerden de gehalten van 61 tot 208 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. (Tabel 2). Zowel het laagste als hoogste gehalte is gemeten op het referentiepunt. Het referentiepunt geeft een indicatie van het lokale achtergrondniveau. Het maximaal toelaatbare cadmiumgehalte in bladgroenten van 200 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (EU, 2008) is in een monster afkomstig van het referentiepunt overschreden. De gehalten rond de installatie kwamen redelijk overeen met het gehalte op het referentiepunt, maar in week 30 waren de gehalten op alle meetpunten, inclusief het referentiepunt duidelijk hoger dan in de voorafgaande expositieperioden. Door de hogere gehalten in week 30 lagen de gemiddelde gehalten rond de REC en het referentiepunt net iets boven de bandbreedte van het achtergrondniveau (zie Bijlage 1 voor toelichting).

De cadmiumgehalten in boerenkool varieerden op de vier meetpunten rond de installatie van 10 tot 37 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. en op het referentiepunt van 9 tot 31 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. (Tabel 2). De gehalten bleven ruim beneden het maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten. De gehalten op de meetpunten rond de installatie kwamen redelijk overeen met het referentiepunt. Gemiddeld lagen de gehalten op alle meetpunten rond de REC binnen de bandbreedte van het regionale achtergrondniveau.

Tabel 2 Cadmiumgehalten in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.).

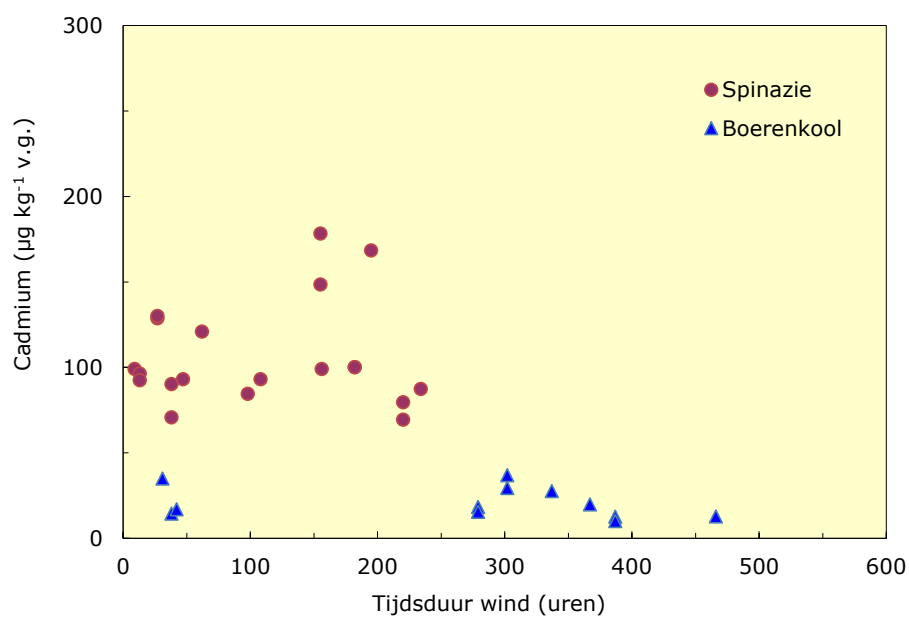
Gewas	Monster-name	Expositie (weken)	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	Achtergrond ²	MAX ³
Spinazie	Week 18	8	87	69	80	93	85		200
	Week 22	4	99	96	92	84	82		200
	Week 26	4	93	71	90	121	61		200
	Week 30	4	168	149	178	129	208		200
	Week 34	4	99	100	100	130	130		200
	Gemiddelde		109	97	108	111	113	36 - 103	
Boerenkool	Week 6	8	13	13	10	14	9		200
	Week 42	8	28	37	29	35	31		200
	Week 50	8	20	18	16	17	16		200
	Gemiddelde		20	23	18	22	19	5 - 28	

¹ Meetpunten 2 en 3 liggen onder dezelfde windrichting op respectievelijk ca. 1300 en 3200 m ten NO van de installatie.

² Bandbreedte achtergrondniveau (zie Bijlage 1 voor toelichting).

³ MAXimaal toelaatbaar gehalte voor bladgroenten (EU, 2008).

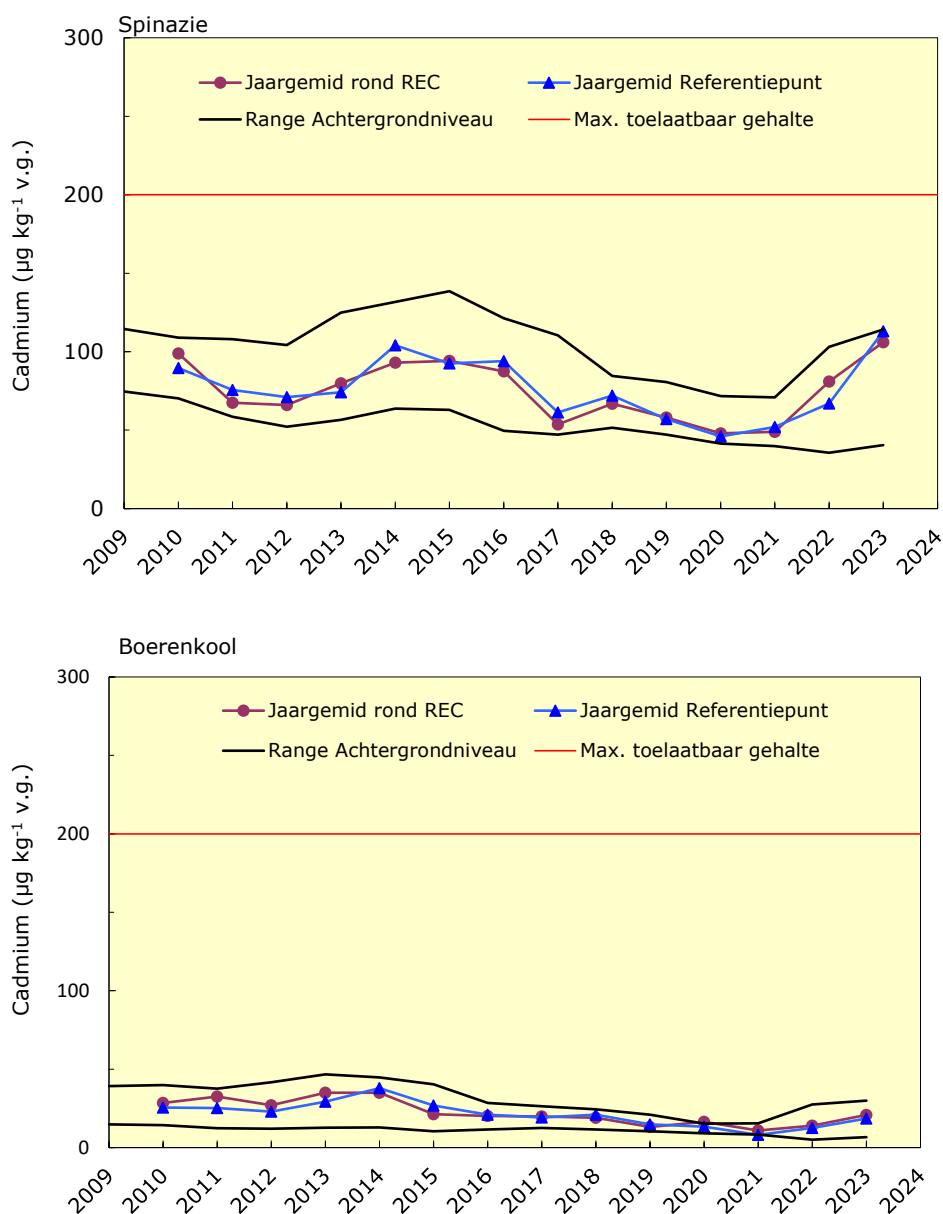
Naar aanleiding van de hogere gehalten in spinazie in week 30 is een analyse van de windrichtinggegevens gemaakt. Hiervoor is per expositieperiode het aantal uren wind uit de richting van de REC naar elk afzonderlijk meetpunt bepaald (Bijlage 3). Hieruit bleek dat er geen significant verband aantoonbaar was tussen de gevonden gehalten en het aantal uren dat er gedurende een expositieperiode wind heeft gewaaid vanuit de richting van de REC naar de meetpunten rond de installatie (Figuur 1). Met andere woorden, meer uren wind uit de richting van de installatie leidt niet tot hogere gehalten. De hogere gehalten in spinazie zijn gevonden na een expositieperiode met ca. 150-200 uren wind vanuit de richting van de installatie naar de betreffende meetpunten.



Figuur 1 Cadmiumgehalte in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.) in relatie tot het aantal uren dat er gedurende de expositieperioden wind heeft gewaaid vanuit de richting van de REC naar de vier meetpunten rond de installatie.

2.1.2 Trendmatig verloop 2010-2023

In het afgelopen jaar (2023) was het gemiddelde cadmiumgehalte in spinazie binnen de invloedssfeer van de REC vrijwel gelijk aan dat van het referentiepunt (Figuur 2) en lag net binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau. Het gemiddelde gehalte in spinazie nam zowel rond de installatie als op het referentiepunt toe ten opzichte van het voorgaande jaar. In boerenkool was het gemiddelde gehalte binnen de invloedssfeer van de REC ook nagenoeg gelijk aan dat op het referentiepunt. Als gevolg van het steeds verder aan banden leggen van de toepassing van cadmium was er een aantal jaren sprake van een licht dalende trend, maar door de hogere gehalten in met name spinazie in de afgelopen twee jaar zet deze trend zich niet voort.



Figuur 2 Trendmatig verloop van het jaargemiddelde cadmiumgehalte ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.) in spinazie (boven) en boerenkool (beneden) in de directe omgeving van de REC en het referentiepunt buiten de directe invloedssfeer van de installatie. De rode lijn geeft het maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten weer, de zwarte lijnen de bandbreedte van het achtergrondniveau (Bijlage 1).

NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.2 Kwik

2.2.1 Metingen 2023

Op de vier meetpunten rond de installatie varieerden de kwikgehalten in spinazie van 1,1 tot 2,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. Op het referentiepunt varieerden de gehalten van 1,1 tot 2,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g (Tabel 3). Het referentiepunt geeft een indicatie van het lokale achtergrondniveau. Gedurende het gehele seizoen kwamen de gehalten op de meetpunten rond de installatie nagenoeg overeen met de gehalten op het referentiepunt. Gemiddeld lagen de gehalten op de meetpunten rond de REC binnen de bandbreedte van het regionale achtergrondniveau. Voor kwik in bladgroenten is geen maximaal toelaatbaar gehalte vastgesteld waaraan de gehalten getoetst kunnen worden.

De kwikgehalten in boerenkool varieerden rond de installatie van 1,6 tot 6,4 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. en op het referentiepunt van 1,6 tot 5,2 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. (Tabel 3). In week 42 waren de gehalten op alle meetpunten, inclusief het referentiepunt lager ten opzichte van de andere expositieperioden in het jaar. Ook voor boerenkool geldt dat de gehalten op de meetpunten rond de installatie nagenoeg overeen kwamen met de gehalten op het referentiepunt. Gemiddeld lagen de gehalten op de meetpunten rond de REC binnen de bandbreedte van het regionale achtergrondniveau.

Tabel 3 Kwikgehalten in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.).

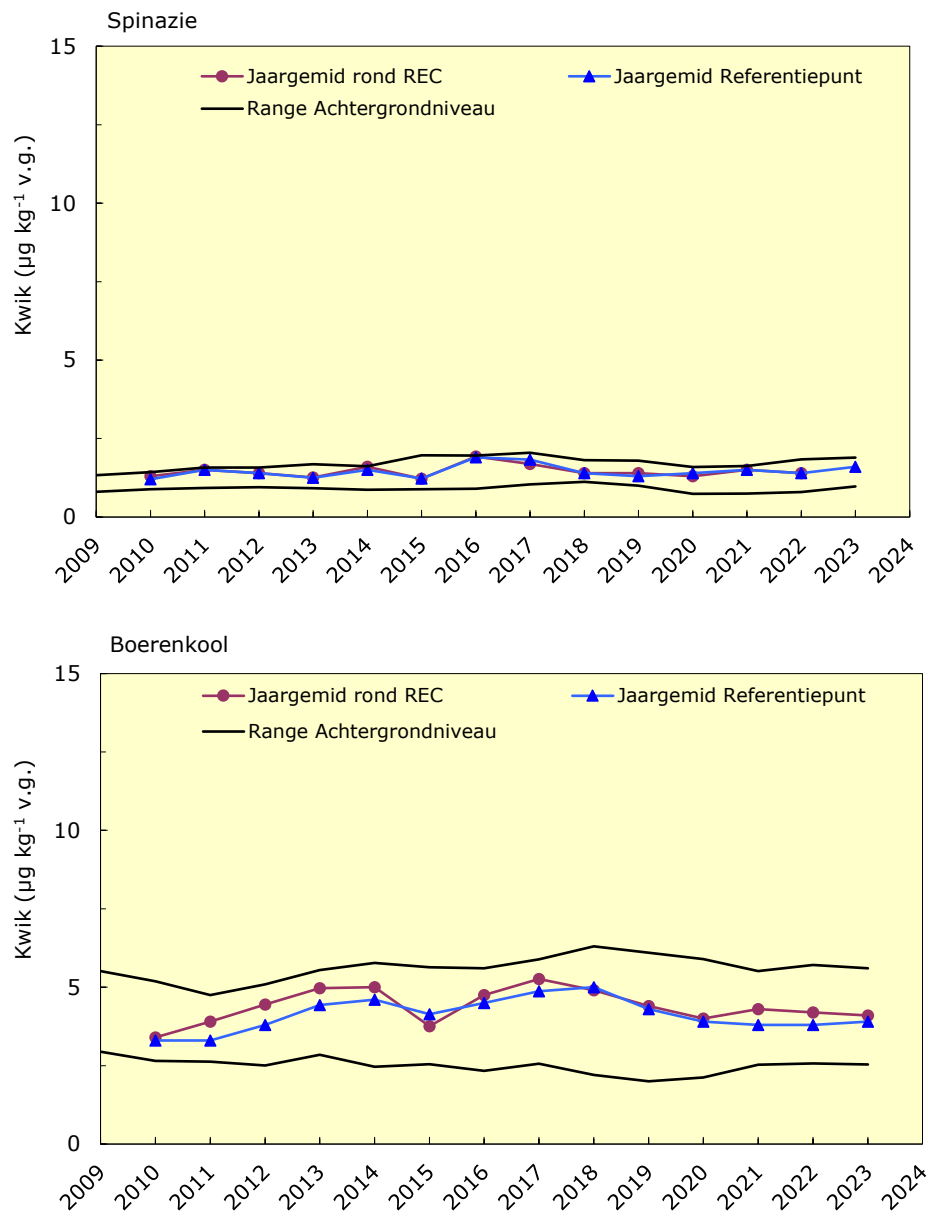
Gewas	Monster-name	Expositie (weken)	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	Achtergrond ²
Spinazie	Week 18	8	2,5	2,5	2,5	2,4	2,1	
	Week 22	4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	
	Week 26	4	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	
	Week 30	4	1,2	1,4	1,3	1,4	1,4	
	Week 34	4	1,6	1,5	1,6	1,5	2,0	
	Gemiddelde		1,6	1,7	1,6	1,6	1,6	0,8 – 1,8
Boerenkool	Week 6	8	5,1	6,4	5,2	6,1	5,2	
	Week 42	8	1,6	2,2	1,9	1,6	1,6	
	Week 50	8	5,1	5,0	4,8	4,4	5,0	
	Gemiddelde		3,9	4,5	4,0	4,0	3,9	2,6 – 5,7

1 Meetpunten 2 en 3 liggen onder dezelfde windrichting op respectievelijk ca. 1300 en 3200 m ten NO van de installatie.

2 Bandbreedte achtergrondniveau (zie Bijlage 1 voor toelichting).

2.2.2 Trendmatig verloop 2010-2023

In het afgelopen jaar (2023) was er met betrekking tot de kwikgehalten in spinazie en boerenkool geen eenduidig verschil tussen de gemiddelde kwikbelasting binnen de invloedssfeer van de installatie en het referentiepunt (Figuur 3). Het gemiddelde niveau in zowel spinazie als boerenkool was nagenoeg gelijk aan dat van het voorgaande jaar. De gemiddelde gehalten lagen binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau. Afgezien van kleine fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend ten opzichte van de nulmeting, zonder bijdrage van de REC (2010).



Figuur 3 Trendmatig verloop van het jaargemiddelde kwikgehalte ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.) in spinazie (boven) en boerenkool (beneden) in de directe omgeving van de REC en het referentiepunt buiten de directe invloedssfeer van de installatie. De zwarte lijnen geven de bandbreedte van het achtergrondniveau weer (zie Bijlage 1). Voor kwik is geen maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten vastgesteld. NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen

2.3.1 Metingen 2023

Uit deze groep van organische verbindingen zijn de uit toxiciteitsoogpunt 16 belangrijkste componenten bepaald en gesommeerd (Tabel 4). De gehalten per individuele component zijn weergegeven in Bijlage 4. De PAK-gehalten in spinazie varieerden op de meetpunten rond de installatie van 45 tot 107 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. Op het referentiepunt varieerden de gehalten van 44 tot 103 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. (Tabel 4). Er was sprake van enige variatie in gehalten tussen meetpunten in dezelfde expositieperioden, maar over all kwamen de gehalten op de meetpunten rond de installatie redelijk overeen met de gehalten op het referentiepunt. Voor PAK in bladgroenten is geen maximaal toelaatbaar gehalte vastgesteld.

De PAK-gehalten in boerenkool varieerden rond de installatie van 80 tot 190 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. en op het referentiepunt van 85 tot 130 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. (Tabel 3). De hoogste waarde is gevonden in week 50 op meetpunt 3, ook op de andere meetpunten rond de installatie en het referentiepunt zijn in deze periode hogere gehalten gevonden. De gemiddelde gehalten lagen binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau of net iets daarboven (meetpunt 3).

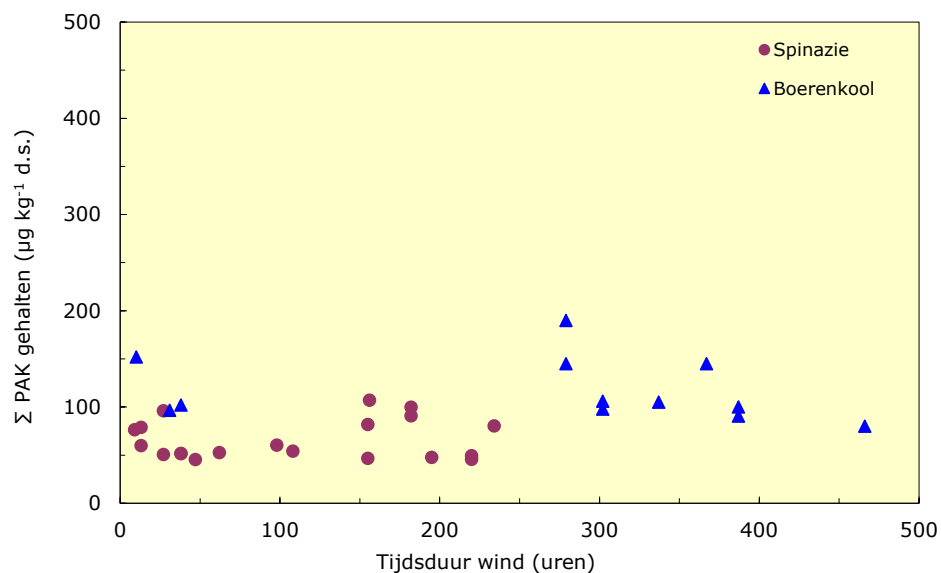
Op grond van de variatie in gehalten zijn de windrichtinggegevens geanalyseerd. Hiervoor is per expositieperiode het aantal uren wind uit de richting van de REC naar elk afzonderlijk meetpunt bepaald (Bijlage 3). Er was geen significant verband aantoonbaar tussen de gesommeerde PAK gehalten in spinazie en boerenkool en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. Met andere woorden, meer uren wind uit de richting van de installatie leidt niet tot hogere gehalten. Het hoogste gehalte in boerenkool van week 50 is gemeten na een expositieperiode met 279 uren wind vanuit de richting van de installatie (Figuur 4). Het is niet aannemelijk dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de gevonden PAK-gehalten.

Tabel 4 Totaal PAK-gehalten in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.).

Gewas	Monster-name	Expositie (weken)	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	Achtergrond ²
Spinazie	Week 18	8	80	46	49	54	47	
	Week 22	4	76	60	79	60	57	
	Week 26	4	45	52	52	53	45	
	Week 30	4	48	47	82	51	44	
	Week 34	4	107	100	91	96	103	
	Gemiddelde		71	61	70	63	59	37 – 70
Boerenkool	Week 6	8	80	100	91	102	122	
	Week 42	8	105	98	106	97	85	
	Week 50	8	145	145	190	152	130	
	Gemiddelde		110	114	129	117	112	71 – 126

¹ Meetpunten 2 en 3 liggen onder dezelfde windrichting op respectievelijk ca. 1300 en 3200 m ten NO van de installatie.

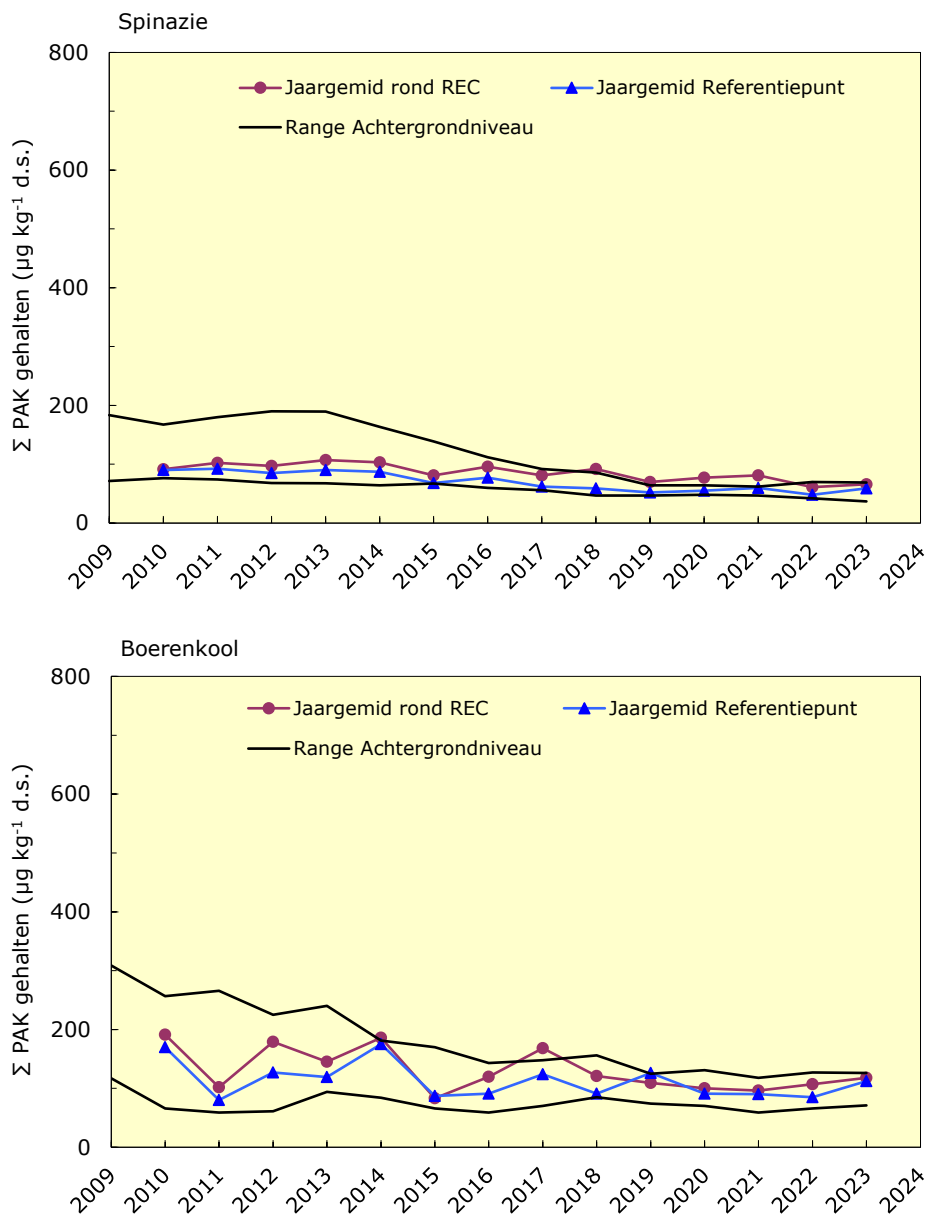
² Bandbreedte achtergrondniveau (zie Bijlage 1 voor toelichting).



Figuur 4 Totaal PAK-gehalte in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1} \text{ d.s.}$) in relatie tot het aantal uren dat er gedurende de expositieperioden wind heeft gewaaid vanuit de richting van de REC naar de afzonderlijke meetpunten.

2.3.2 Trendmatig verloop 2010-2023

In het afgelopen jaar (2023) was er voor zowel spinazie als boerenkool weinig verschil tussen de gemiddelde PAK belasting binnen de invloedssfeer van de REC en het referentiepunt (Figuur 5). De jaargemiddelde gehalten lagen op zowel de meetpunten rond de installatie als het referentiepunt binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau en was nagenoeg gelijk aan dat van vorig jaar. Afgezien van de fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend in de PAK belasting ten opzichte van de nulmeting, zonder bijdrage van de REC (2010).



Figuur 5 Trendmatig verloop van het jaargemiddelde PAK gehalte ($\mu\text{g kg}^{-1} \text{ d.s.}$) in spinazie (boven) en boerenkool (beneden) in de directe omgeving van de REC en het referentiepunt buiten de directe invloedssfeer van de installatie. De zwarte lijnen geven de bandbreedte van het achtergrondniveau weer (zie Bijlage 1). Voor PAK's is geen maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten vastgesteld. NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.4 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's

2.4.1 Metingen 2023

Uit deze groep van organische verbindingen zijn de uit toxiciteitsoogpunt belangrijkste dioxineverbindingen en dioxine-achtige PCB's bepaald en gesommeerd (Tabel 5). De gehalten per individuele component zijn weergegeven in Bijlage 5. De gemiddelde gehalten aan dioxines en dioxine-achtige PCB's in koemelk van vee dat een deel van het voer heeft gekregen uit het maximum depositiegebied zijn lager dan het achtergrondniveau voor Nederland. Dit komt niet door lagere gehalten in de melk rond de REC, deze zijn vergelijkbaar met voorgaande jaren, maar door een hoger dioxine achtergrondniveau (Tabel 5). In het monitoringonderzoek waarop het achtergrondniveau is gebaseerd zijn in 2020 namelijk enkele hogere gehalten aan dioxines gevonden die doorwerken in het voortschrijdend gemiddelde achtergrondniveau. De gesommeerde gehalten aan dioxinen en dioxine-achtige PCB's bleven ruim beneden het maximaal toelaatbare gehalte voor melk en melkproducten van 5,5 pg TEQ g⁻¹ vet.

Tabel 5 *Gehalte aan dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk (pg TEQ/g vet).*

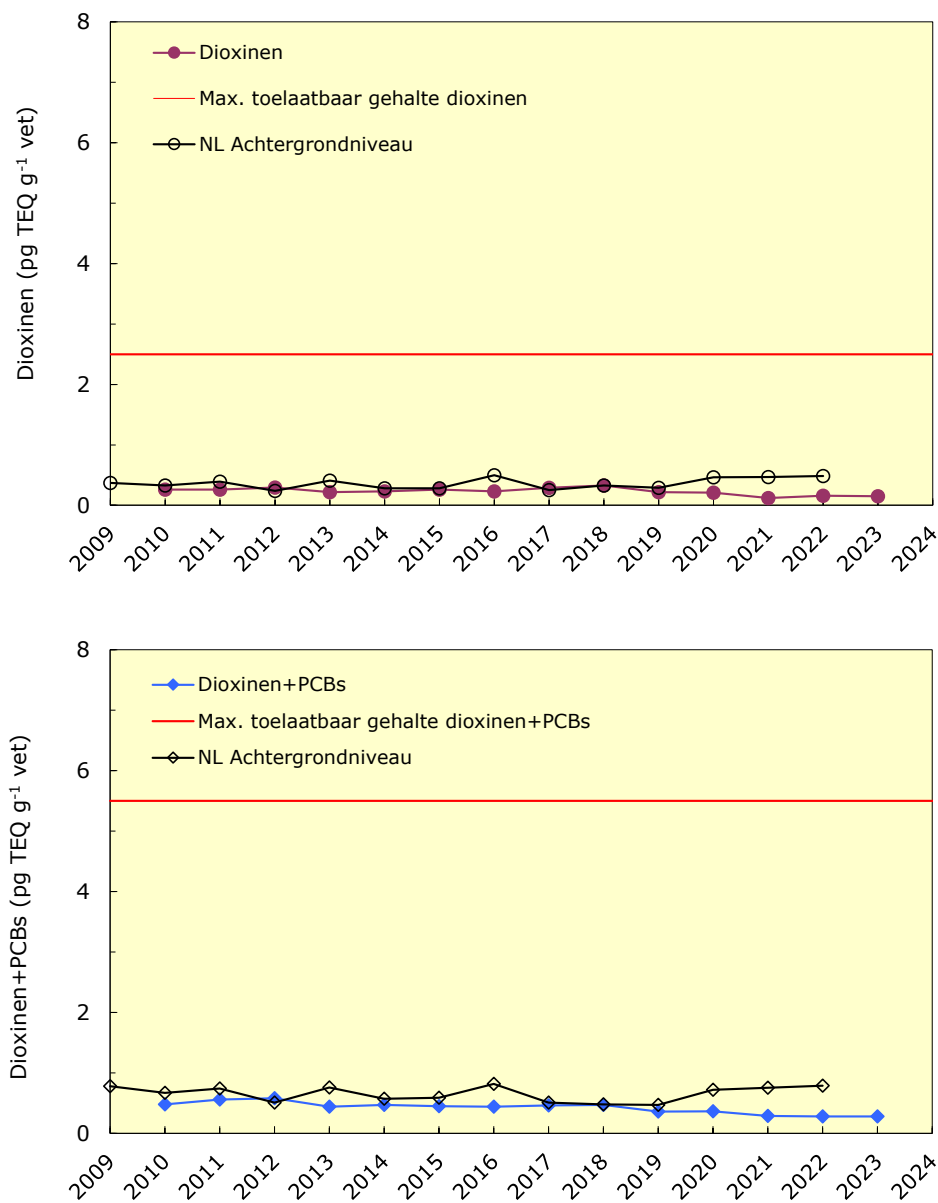
Componenten	Monstername	Gehalte (pg TEQ/g vet)	Achtergrond ¹	MAX ²
Dioxinen	Week 22	0,133		2,5
	Week 38	0,160		2,5
	Gemid.	0,147	0,484	
PCB's	Week 22	0,134		
	Week 38	0,125		
	Gemid.	0,130	0,308	
Dioxinen+PCB's	Week 22	0,267		5,5
	Week 38	0,284		5,5
	Gemid.	0,276	0,790	

¹ Gemiddelde achtergrondniveau in Nederland (zie Bijlage 1 voor toelichting).

² MAXimaal toelaatbaar gehalte voor melk en melkproducten in pg TEQ/g vet (EU, 2008, 2011).

2.4.2 Trendmatig verloop 2010-2023

Het gemiddelde gehalte aan dioxinen en dioxinen + dioxine-achtige PCB's in koemelk was vergelijkbaar met dat van vorig jaar (Figuur 7). Door afnemende dioxine-achtige PCB-gehalten in melk was er in de afgelopen jaren, zowel in de metingen rond REC als in het landelijk achtergrondniveau, sprake van een licht dalende trend. Deze trend lijkt zich enigszins te stabiliseren. Het landelijk achtergrondniveau was hoger dan de gehalten rond de installatie als gevolg van hogere gehalten in het landelijk monitoringonderzoek (metingen tot en met 2022) waarop het achtergrondniveau is gebaseerd.



Figuur 6 Trendmatig verloop van het gemiddelde gehalte aan dioxinen (boven) en dioxinen plus PCB's (onder) in koemelk (pg TEQ/g vet). De rode lijnen geven het maximaal toelaatbare gehalte weer voor respectievelijk dioxinen en dioxinen plus PCB's. De zwarte lijnen geven het gemiddelde achtergrondniveau voor Nederland weer. NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.5 Fluoriden

2.5.1 Kalkpapiermetingen 2023

De fluoridgehalten in kalkpapiertjes varieerden op de meetpunten rond de installatie van beneden de aantoonbaarheidsgrens van 0,07 tot 0,09 $\mu\text{g g}^{-1}\text{d}^{-1}$. Op het referentiepunt varieerden de gehalten van beneden de aantoonbaarheidsgrens tot 0,07 $\mu\text{g g}^{-1}\text{d}^{-1}$ (Tabel 6). De gehalten waren relatief laag, in 78% van de metingen lag het gehalte beneden de aantoonbaarheidsgrens.

De $\text{MTR}_{\text{lucht}}$ (maximaal toelaatbaar risiconiveau voor lucht) als jaargemiddelde komt overeen met een gehalte in kalkpapieren van ca. 0,16 $\mu\text{g g}^{-1}\text{d}^{-1}$ (zie ook Bijlage 1 en 2). De jaargemiddelde gehalten rond de installatie en op het referentiepunt lagen rond de aantoonbaarheidsgrens, en bleven daarmee ruim beneden de $\text{MTR}_{\text{lucht}}$.

Tabel 6 Fluoridgehalten in kalkpapieren ($\mu\text{g g}^{-1}\text{d}^{-1}$) na een expositieperiode van vier weken.

Monstername	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	Achter- grond ²	$\text{MTR}_{\text{lucht}}$ ³
Week 2	<0,07 ⁴	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
Week 6	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
Week 10	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
Week 14	0,09	<0,07	<0,07	0,08	<0,07		
Week 18	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
Week 22	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
Week 26	<0,07	<0,07	0,08	0,08	0,07		
Week 30	<0,07	<0,07	<0,07	0,07	<0,07		
Week 34	0,08	0,08	0,09	0,08	<0,07		
Week 38	<0,07	<0,07	0,07	0,08	0,07		
Week 42	<0,07	<0,07	<0,07	0,07	<0,07		
Week 46	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
Week 50	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
Gemiddelde	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	≤0,07	0,16

¹ Meetpunten 2 en 3 liggen onder dezelfde windrichting op respectievelijk ca. 1300 en 3200 m ten NO van de installatie.

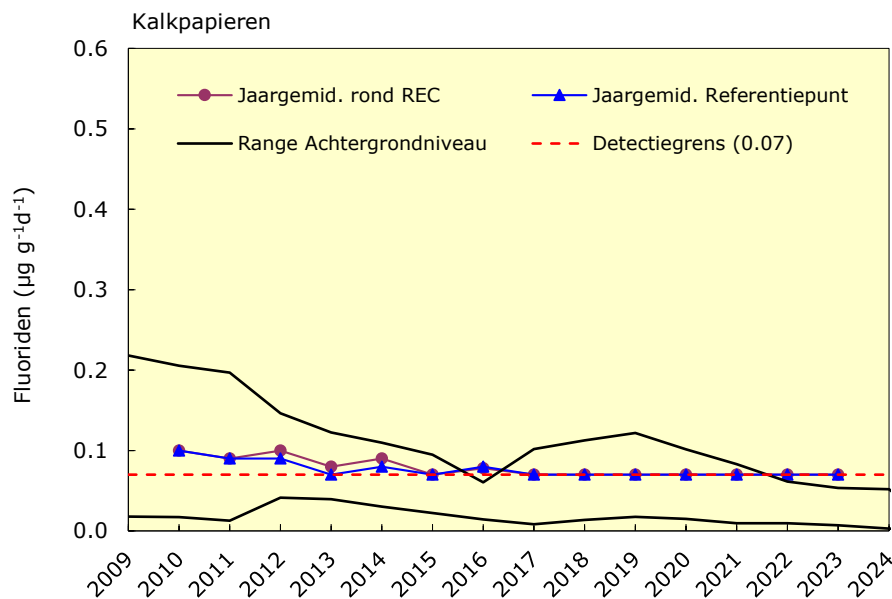
² Bandbreedte achtergrondniveau (zie Bijlage 1 voor toelichting).

³ Maximaal toelaatbaar risiconiveau voor lucht.

⁴ <: gehalte beneden de aantoonbaarheidsgrens, bij berekeningen is de waarde van de aantoonbaarheidsgrens aangehouden.

2.5.2 Trendmatig verloop kalkpapiermetingen 2010-2023

De gemiddelde atmosferische fluoridenbelasting binnen de invloedssfeer van de REC en het referentiepunt ligt al enkele jaren op of rond de aantoonbaarheidsgrens en heeft daarmee de ondergrens van wat nog meetbaar is bereikt (Figuur 7).



Figuur 7 Trendmatig verloop van het gemiddelde fluoridgehalte in kalkpapieren ($\mu\text{g g}^{-1}\text{d}^{-1}$) in de directe omgeving van de REC en het referentiepunt buiten de directe invloedssfeer van de installatie. De zwarte lijnen geven een indicatie van de bandbreedte van het achtergrondniveau weer, deze berekende waarden liggen inmiddels beneden de detectiegrens (zie Bijlage 1). NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.5.3 Gras-metingen 2023

De fluoridgehalten in gras volgden globaal het normale seizoenspatroon met hogere gehalten in de winterperiode en lagere gehalten in voorjaar en zomer. Dit verschil tussen zomer en winter is een gevolg van het feit dat er gedurende de winterperiode weinig grasgroei plaatsvindt, waardoor de verdunning van het in het gras geaccumuleerde fluoride gering is. Op de meetpunten rond de installatie varieerden de gehalten van beneden de aantoonbaarheidsgrens van 1,0 tot 28 $\mu\text{g g}^{-1}$ d.s. Op het referentiepunt varieerden de gehalten van beneden de aantoonbaarheidsgrens tot 10,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ d.s. (Tabel 7). De adviesnorm voor veevoer voor jongvee van 25 $\mu\text{g g}^{-1}$ d.s. als absoluut maximum is in één grasmonster net overschreden. Deze overschrijding is gemeten in week 2 (januari) op meetpunt 3, 3200 m ten NO van de installatie. Op meetpunt 2 dat onder dezelfde windrichting ligt maar op kortere afstand van de installatie is een gehalte van 6,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ gevonden. Ook op de overige meetpunten, inclusief het referentiepunt zijn in deze periode hogere gehalten gevonden ten opzichte van de daaropvolgende expositieperioden. Over het algemeen zijn de gehalten in het najaar en winter op de meetpunten rond de installatie iets hoger ten opzichte van het referentiepunt, maar het omgekeerde komt ook voor (week 22). Als gevolg hiervan waren de jaargemiddelden rond de installatie iets hoger dan op het referentiepunt maar lagen nog wel binnen de range voor het achtergrondniveau of net daarboven (meetpunt 3).

Naast een seizoensgebonden fluctuatie wordt een deel van de variatie in fluoridgehalten in gras veroorzaakt door regenval vlak voor monsternamen (Bijlage 3). Veel neerslag kort voor de monsternamen kan leiden tot uit- of afspoeling van fluoriden. Een aaneengesloten droge periode daarentegen kan tot hogere gehalten leiden omdat de fluoriden die op gras terecht zijn gekomen niet weer gedeeltelijk door neerslag worden uit- of afgespoeld. De hogere gehalten in het begin van het jaar kunnen niet worden verklaard door een zeer droge periode vlak voor de monsternamen, op de monsternamedag zelf viel er bijna 10 mm neerslag en in de gehele week voor monsternamen 110 mm. Het is daarmee niet uitgesloten dat de gehalten in die periode wat lager waren als gevolg van het uit- of afspoelen van fluoriden. De zomerperiode was relatief droog, maar dit heeft niet tot hogere gehalten geleid. Een substantieel deel van de gehalten lag beneden de aantoonbaarheidsgrens.

Tabel 7 Fluoridengehalten in gras ($\mu\text{g g}^{-1}$ d.s.) na een expositieperiode van vier weken.

Monstername	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	SA ²	Advies norm ³
Week 2	11,4	6,5	28,0	18,2	10,4	7,5	25
Week 6	3,5	5,1	15,8	8,2	1,4	9,5	25
Week 10	2,6	4,2	6,7	10,5	<1,0	9,5	25
Week 14	4,9	1,7	<1,0	1,7	<1,0	5,5	25
Week 18	1,7	1,0	3,5	1,5	<1,0	3,0	25
Week 22	3,7	1,3	<1,0	<1,0	8,5	3,0	25
Week 26	2,8	<1,0	<1,0	1,2	<1,0	2,5	25
Week 30	<1,0 ⁴	2,1	<1,0	1,0	<1,0	3,0	25
Week 34	3,7	<1,0	<1,0	<1,0	2,1	3,0	25
Week 38	7,2	3,4	<1,0	<1,0	1,2	3,5	25
Week 42	2,0	7,6	2,2	3,8	1,4	4,0	25
Week 46	4,2	7,0	<1,0	3,0	<1,0	5,0	25
Week 50	7,2	10,9	2,5	6,4	2,6	6,0	25
Gemiddelde	4,3	4,1	5,1	4,5	2,6	$\leq 4,7^5$	

¹ Meetpunten 2 en 3 liggen onder dezelfde windrichting op respectievelijk ca. 1300 en 3200 m ten NO van de installatie.

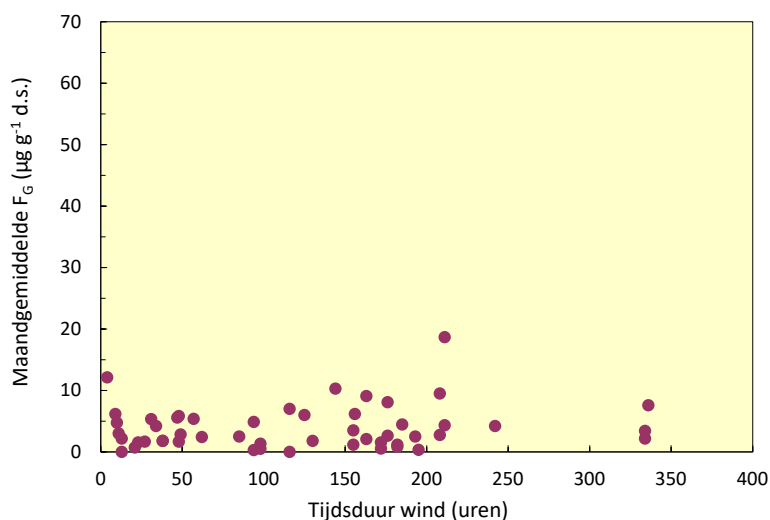
² Seizoensafhankelijk achtergrondniveau (Van der Eerden, 1991).

³ Adviesnorm voor veevoer voor jongvee (Gezondheidsraad, 1981).

⁴ <: gehalte beneden de aantoonbaarheidsgrens, bij berekeningen is de waarde van de aantoonbaarheidsgrens aangehouden.

⁵ Bandbreedte achtergrondniveau (zie Bijlage 1 voor toelichting).

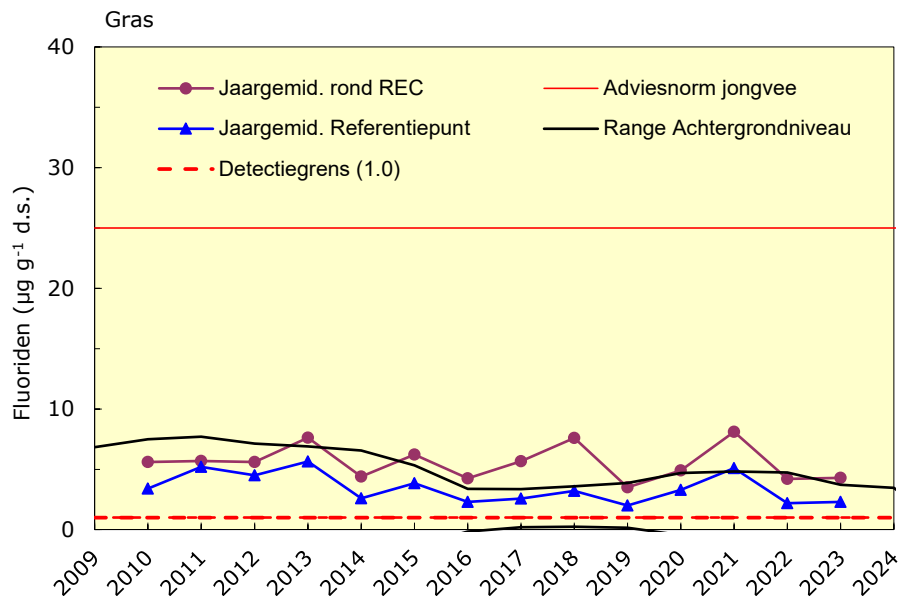
Om na te gaan of de incidenteel hogere gehalten een mogelijke relatie hebben met de emissie van de REC zijn de windrichtinggegevens van het afgelopen jaar geanalyseerd. Hiervoor is per expositieperiode van vier weken het aantal uren wind uit de richting van de REC naar elk afzonderlijk meetpunt bepaald (Bijlage 3) en gerelateerd aan het voor seizoeninvloeden gecorrigeerde fluoridegehalten (door de correctie voor verschillen in groeisnelheid worden gehalten in de winterperiode iets lager en in de zomerperiode iets hoger). Uit de analyse bleek dat er geen significant verband aantoonbaar was tussen de voor seizoeninvloeden gecorrigeerde fluoridengehalten in gras rond de installatie en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten (Figuur 8). Met andere woorden, meer uren wind leidt niet tot hogere gehalten. Uit Figuur 8 blijkt dat de hoogste meetwaarden op meetpunt 3 in week 2 van $28 \mu\text{g g}^{-1}$ ($18,7 \mu\text{g g}^{-1}$ na correctie) is gevonden bij 211 uren wind uit de richting van de installatie, maar dat er ook lagere gehalten zijn gevonden bij 300-350 uur wind uit de richting van de installatie.



Figuur 8 Voor seizoeninvloeden gecorrigeerde maandgemiddelde fluoridengehalten in gras ($\mu\text{g g}^{-1}$ d.s.) in relatie tot het aantal uren dat er gedurende de expositieperioden van vier weken wind heeft gewaaid uit de richting van de REC naar de meetpunten rond de installatie. Door de correctie voor verschillen in groeisnelheid worden gehalten in de winterperiode iets lager en in de zomerperiode iets hoger dan gemeten.

2.5.4 Trendmatig verloop gras-metingen 2010-2023

Zoals ook in voorgaande jaren was er in het afgelopen jaar (2023) een klein verschil tussen het gemiddelde fluoridengehalte binnen de invloedssfeer van de REC en het referentiepunt (Figuur 9). Het gemiddelde niveau in gras rond de installatie en het referentiepunt was nagenoeg gelijk aan dat van het voorgaande jaar. Afgezien van fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend in de fluoridenbelasting van gras ten opzichte van de resultaten van de nulmeting, zonder bijdrage van de REC (2010).



Figuur 9 Trendmatig verloop van het gemiddelde fluoridengehalte in gras ($\mu\text{g g}^{-1}\text{d.s.}$) in de directe omgeving van de REC en het referentiepunt, buiten de directe invloedssfeer van de installatie. De rode lijn geeft de adviesnorm van $25 \mu\text{g g}^{-1}\text{d.s.}$ weer als maximaal toelaatbaar fluoridengehalte in veevoer voor jongvee (VROM, 2001). De zwarte lijnen geven de bandbreedte voor het achtergrondniveau weer (zie Bijlage 1). NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.6 Meldingen

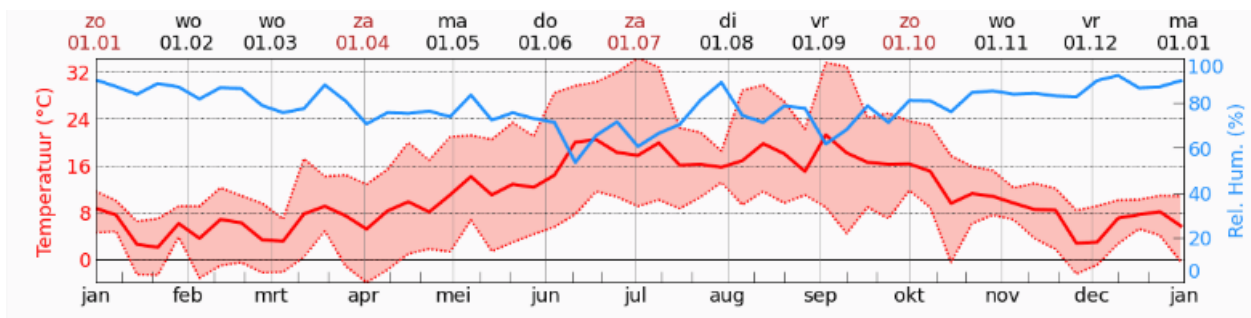
Er zijn in het afgelopen jaar geen meldingen geweest van schade aan gewassen in de omgeving van de REC die in relatie tot REC konden worden gebracht.

3 Evaluatie

3.1 Weerbeeld 2023

Het jaar begon zeer zacht, wisselvallig met veel regen en soms veel wind. In de tweede helft van januari werd het kouder met lichte vorst in de nachten. Februari begon zacht en wisselvallig maar daarna werd het rustig en zonnig weer met wisselende temperaturen, het was relatief droog. Maart begon met een koufront maar was verder vrij zacht, wisselvallig en weinig zonuren. Het weerbeeld in april was koel en wisselvallig, met af en toe regen maar ook zonnige perioden. In mei wisselden koelere en warmere periodes elkaar af. Verder was het vrij droog en zonnig. Juni was recordwarm, recordzonnig en zeer droog met 16 zomerse dagen en 2 tropische dagen. Juli kende een koel en nat begin en dagelijks regen of buien. Op 5 juli trok de zeer zware storm Poly over het land. Met gemiddeld 110 millimeter (normaal 78) was het nat en gemiddeld regende het ook vaker dan normaal. Augustus was nat met ongeveer de normale temperatuur en hoeveelheid zonneschijn. De maand begon vrij koel, maar vanaf 10 augustus was het twee weken warm zomerweer. Daarna daalde de temperatuur weer. September was zeer warm, zeer zonnig en vrij droog. Van 5 tot en met 10 september werden in het midden en vooral zuiden van het land regelmatig tropische temperaturen bereikt. Oktober kende een duidelijke tweedeling met zeer zacht weer aan het begin, maar vanaf 11 oktober sloeg het weer om en de rest van de maand was het zeer wisselvallig. In november was het zacht, uitzonderlijk nat en met een normale hoeveelheid zon. Aan het einde van de maand daalden de temperaturen geleidelijk naar 3-5 °C overdag, met in de nacht lichte vorst. December was zeer zacht, zeer nat en somber. Tijdens de koude periode in de eerste week van de maand viel er in het oosten en noorden regelmatig sneeuw (Bron: KNMI).

Het weer in 2023 laat zich samenvatten als zeer zonnig en warm, maar ook zeer nat. Door opkweek in containers met voldoende water hebben de planten op de meetpunten geen schade of groeiachterstand opgelopen gedurende de warme, droge perioden. Er was gedurende het jaar, ook in de droge zomerperiode, voldoende weilandgras beschikbaar. Alle monsternames konden volgens planning worden uitgevoerd.



Temperatuurverloop in Harlingen, 2023 (Meteoblue).

3.2 Zware metalen cadmium en kwik

De cadmiumgehalten in spinazie rond de installatie kwamen redelijk overeen met het gehalte op het referentiepunt, dat een indicatie geeft van het lokale achtergrondniveau. In week 30 (eind juli) waren de gehalten op alle meetpunten, inclusief het referentiepunt duidelijk hoger dan in de voorafgaande expositieperioden. De norm voor het maximaal toelaatbare cadmiumgehalte in bladgroenten is in een monster afkomstig van het referentiepunt overschreden. Door de hogere gehalten in week 30 lagen de gemiddelde gehalten rond de REC en het referentiepunt net iets boven de bandbreedte van het achtergrondniveau.

De cadmiumgehalten in boerenkool rond de installatie kwamen redelijk overeen met die op het referentiepunt en de jaargemiddelde gehalten lagen binnen de bandbreedte van het regionale achtergrondniveau. De norm voor het maximaal toelaatbare cadmiumgehalte is niet overschreden.

Voor kwik zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten gemeten binnen de directe invloedssfeer van de REC en het referentiepunt. De gemiddelde gehalten lagen binnen de bandbreedte van het regionale achtergrondniveau. Voor kwik is geen norm voor bladgroenten vastgesteld.

Voor zowel cadmium als kwik zijn er geen eenduidige verschillen gevonden tussen meetpunt 2, in het depositiemaximum ten noordoosten van de installatie onder de overheersende windrichting en meetpunt 3 dat onder dezelfde windrichting maar op grotere afstand ligt. Er was geen verband aantoonbaar tussen de gevonden gehalten en het aantal uren dat er gedurende een expositieperiode wind heeft gewaaaid vanuit de richting van de REC naar de afzonderlijke meetpunten. Meer uren wind uit de richting van de installatie leidt niet tot hogere gehalten. Dit laat zien dat er geen directe relatie is tussen de emissie en de gevonden gehalten.

Met betrekking tot de cadmiumgehalten in spinazie lijkt er sprake van een stijgende trend over de afgelopen twee jaar. Voor de overige cadmium en kwikgehalten is er geen duidelijke stijgende of dalende trend waarneembaar. De resultaten laten zien dat er geen sprake is geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwiteit van de onderzochte gewassen. Er zijn geen aanwijzingen zijn dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de cadmium- en kwikgehalten in de gewassen

3.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

PAK-gehalten op de meetpunten rond de installatie kwamen redelijk overeen met de gehalten op het referentiepunt (lokaal achtergrondniveau). Bij de metingen in december waren de PAK-gehalten in boerenkool hoger ten opzichte van de twee voorgaande metingen, maar ook op het referentiepunt is in die periode een hoger gehalte gevonden. De gemiddelde gehalten lagen binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau of net iets daarboven.

Er was geen verband aantoonbaar tussen de gesommeerde PAK-gehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. Meer uren wind uit de richting van de installatie leidde niet tot hogere gehalten. Dit toont aan dat er geen directe relatie is tussen de emissie en de gevonden gehalten.

Het algemene beeld van gemiddelde belastingniveaus op achtergrondniveau met incidenteel hogere meetwaarden komt overeen met dat van voorgaande jaren. Afgezien van de fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend in de PAK belasting ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting in 2010 is vastgesteld (zonder bijdrage van de REC).

Voor PAK-gehalten in land- en tuinbouwproducten zijn geen normen of advieswaarden beschikbaar waaraan getoetst kan worden, maar het is niet aannemelijk dat er sprake is geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwiteit van de gewassen. Er zijn geen aanwijzingen dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de PAK-gehalten in de verschillende gewassen.

3.4 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's

De dioxinegehalten in koemelk van vee dat een deel van het voer heeft gekregen uit het maximum depositiegebied kwamen overeen met de gehalten van vorig jaar en waren lager dan het landelijk achtergrondniveau. Het maximaal toelaatbare gehalte voor melk en melkproducten is niet overschreden. De som van de gehalten aan dioxinen en dioxine-achtige PCB's bleef ruim beneden het maximaal toelaatbare gehalte voor melk en melkproducten. De trend in dioxinegehalten in melk is redelijk stabiel. Voor de dioxine-achtige PCB-gehalten was er de laatste jaren sprake van een licht dalende trend ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting in 2010 is vastgesteld (zonder bijdrage van de REC), zowel in de metingen in de

omgeving van REC als in het landelijk achtergrondniveau. De trend in de metingen rond de installatie lijkt zich te stabiliseren terwijl het landelijk achtergrondniveau is toegenomen als gevolg van hogere gehalten in het landelijk monitoringonderzoek waarop het achtergrondniveau is gebaseerd.

De resultaten laten zien dat er geen sprake is geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwiteit van de onderzochte koemelk. Er zijn geen aanwijzingen dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de dioxinegehalten in koemelk.

3.5 Fluoriden

Fluoridengehalten in kalkpapiertjes geven een beeld van de gasvormige anorganische fluoriden in de lucht in het gebied rond de REC. De jaargemiddelde gehalten liggen zowel op de meetpunten rond de installatie als op het referentiepunt (lokaal achtergrondniveau) al enkele jaren op de aantoonbaarheidsgrens en hebben daarmee de ondergrens van wat nog meetbaar is bereikt. De resultaten tonen aan dat de atmosferische fluoridenconcentraties geen risico vormen voor gevoelige plantensoorten. Gezien de lage gehalten is het niet aannemelijk dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de fluoridengehalten in kalkpapieren.

De fluoridengehalten in gras rond de REC en het referentiepunt volgden globaal het seizoenspatroon met hogere gehalten in de winter en lagere gehalten in de zomer. De seizoenafhankelijkheid is een gevolg van het feit dat er gedurende de winterperiode vrijwel geen grasgroei plaatsvindt, waardoor de verdunning van het in het gras geaccumuleerde fluoride gering is. In de periode januari-maart zijn op de meetpunten rond de installatie hogere gehalten gevonden ten opzichte van het referentiepunt. Als gevolg hiervan waren de jaargemiddelden rond de installatie iets hoger dan die van het referentiepunt maar lagen nog binnen de range voor het landelijk achtergrondniveau of net daarboven (meetpunt 3). De adviesnorm voor veevoer voor jongvee is in eenmaal net overschreden.

Er was geen verband aantoonbaar tussen de voor seizoeninvloeden gecorrigeerde maandgemiddelde fluoridengehalten in gras rond de installatie en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. Dit laat zien dat meer uren wind uit de richting van de installatie niet tot hogere gehalten leidt.

De fluoridenbelasting van gras was zowel rond de installatie als op het referentiepunt nagenoeg gelijk aan dat van het voorgaande jaar. Er was geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting is vastgesteld zonder bijdrage van de REC (2010). Het is niet aannemelijk dat de emissie van de REC een bijdrage heeft geleverd aan fluoridengehalten in gras. Met betrekking tot het risico voor vee zijn de gevonden fluoridengehalten van weinig betekenis.

4 Conclusies

Het biomonitoringprogramma rond de REC is in 2023 voortgezet op vier meetpunten rond de installatie en een referentiepunt buiten de invloedssfeer van de installatie. Gedurende het seizoen zijn sterk accumulerende plantensoorten op een gestandaardiseerde wijze geteeld. Na een vaste expositietijd zijn de planten visueel beoordeeld en geanalyseerd op een aantal luchtverontreinigingscomponenten die door de installatie in zeer beperkte mate kunnen worden geëmitteerd.

De belangrijkste conclusies zijn:

- Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de kwaliteit van agrarische gewassen en producten in de omgeving van de installatie;
- Het algemene beeld van gemiddelde belastingniveaus op lokaal achtergrondniveau rond de installatie met incidenteel een meetwaarde daar (net) boven komt overeen met dat van voorgaande jaren. Afgezien van kleine fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een eenduidig dalende of stijgende trend ten opzichte van de nulmeting uit 2010 (zonder emissie van de REC);
- Bij de meting eind juli waren de cadmiumgehalten op alle meetpunten, inclusief het referentiepunt hoger dan in de voorgaande expositieperioden. De norm voor het maximaal toelaatbare cadmiumgehalte in bladgroenten is in een monster afkomstig van het referentiepunt overschreden. Dat wil niet direct zeggen dat er een potentieel risico zou zijn met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de onderzochte gewassen;
- PAK-gehalten op de meetpunten rond de installatie kwamen redelijk overeen met de gehalten op het referentiepunt. Er was sprake van enige variatie in gehalten tussen de verschillende expositieperioden, vooral in boerenkool, maar dat beeld is gelijk aan voorgaande jaren;
- De atmosferische fluoridenconcentraties waren relatief laag en vormen geen risico voor gevoelige plantensoorten;
- In de winterperiode waren enkele fluoriden gehalten in gras iets hoger dan het lokale achtergrondniveau. De adviesnorm voor fluoriden is eenmaal overschreden. De aangetroffen fluoridengehalten vormen geen risico voor (melk)vee;
- De dioxine en dioxine-achtige PCB-gehalten in koemelk bleven ruim beneden de maximaal toelaatbare gehalten. Er is geen sprake geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de onderzochte koemelk;
- In het afgelopen jaar zijn er geen bijzonderheden in de emissiemetingen van REC geconstateerd (Bron: REC);
- Er zijn in het afgelopen jaar geen meldingen geweest van schade aan gewassen in de omgeving van de REC.

Literatuur

- CBLB, 2011. Huidige prestatiekenmerken van de bepaling van fluoride in plantenmateriaal (volgens SWV-E1421 v2.0). Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem, Wageningen UR.
- EU, 2008. COMMISSION REGULATION (EC) No 629/2008 of 2 July 2008 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:173:0006:0009:EN:PDF>
- EU, 2011. COMMISSION REGULATION (EU) No 1259/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for dioxins, dioxin-like PCBs and non dioxin-like PCBs in foodstuffs <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:320:0018:0023:EN:PDF>
- Franzaring, J., 1995. Einflußgrößen beim Biomonitoring luftgetragener Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe mit dem Akkumulationsindikator Grünkohl. Inaugural-Dissertation Universität Trier, Shaker Verlag, Aachen.
- Halbwachs, G., 1967. Zur Frage von Schädigungen der Vegetation durch Teerdämpfe. Zhytopathologische Zeitschrift 60: 73-91.
- Hoekstra, B.W., C.J. van Dijk & W.J. van Doorn, 2009. Fluoridenconcentraties Eemshavengebied in perspectief. Tauw, Deventer. Rapport 4632275, 47 pp.
- Radermacher, L. & H. Rudolph, 1994. Beitragsserie Biomonitoring. II. Bioindikationsmethoden - aktive Verfahren. Grünkohl als Bioindikator. Ein Verfahren zum Nachweis von organischen Substanzen in Nahrungsmitteln. UWSF-Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 6: 384-386.
- Staarink, T. & P. Hakkenbrak, 1987. Het Contaminantenboekje. Staatsuitgeverij, Den Haag, 76 pp.
- Stoffen en Normen, 1999. Overzicht van de belangrijke stoffen en normen in het milieubeleid. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Samson, Alphen aan den Rijn. 593 pp.
- Van den Berg, M., Birnbaum, L.S., Denison, M., De Vito, M., Farland, W., Feeley, M., Fiedler, H., Hakansson, H., Hanberg, A., Haws, L., Rose, M., Safe, S., Schrenk, D., Tohyama, C., Tritscher, A., Tuomisto, J., Tysklind, M., Walker, N. and Peterson, R.E., 2006. The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds. Toxicological Sciences. 93, 223-241.
- Van der Eerden, L.J.M., 1980. De invloed van asfalt- en teerdampen op planten. Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Rapport R250. Wageningen, 4 pp.
- Van der Eerden, L.J.M., 1991. Fluoride content in grass as related to atmospheric fluoride concentrations: a simplified predictive model. Agriculture, Ecosystems and Environment 37: 257-273.
- Van Dijk, C.J. & A.J. van Alfen, 2011. Biomonitoringprogramma rond de reststoffen Energiecentrale (REC) Harlingen. Februari t/m december 2010. Plant Research International, Rapport 383, Wageningen.
- Van Dijk, C.J. & W. de Visser, 2023. Biomonitoringprogramma rond de Reststoffen EnergieCentrale (REC) Harlingen; Januari tot en met december 2022. Wageningen Research Rapport 1239, Wageningen.
- Van Dijk, Chris, Wim van Doorn & Bert van Alfen, 2015. Long term plant biomonitoring in the vicinity of waste incinerators in The Netherlands. Chemosphere 122:45-51.
- VDI, 1999. VDI-Richtlinie 3792, Blatt 6 - Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Messen von Immissions-Wirkungen: Standardisierte Exposition von Grünkohl. Gründruck in Arbeit. Düsseldorf.
- VROM, 2001. Emissiereductiedoelstellingen Prioritaire Stoffen. Notitie ten behoeve van NMP4. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Bijlage 1 Toetsingskader

Voor het vaststellen van eventuele effecten van de uitstoot van de REC op de kwaliteit van akker- en tuinbouwproducten worden de gemeten gehalten op de punten rond de installatie vergeleken met die op het referentiepunt, in de zelfde omgeving maar buiten de directe invloedssfeer van de installatie. Ook worden de gehalten vergeleken met achtergrondgehalten en getoetst aan normen voor consumptie- of veevoederkwaliteit (indien beschikbaar). Onderstaand een korte toelichting op de herkomst en/of berekening van de achtergrondgehalten en een overzicht van de geldende normen (Tabel B1.1).

Voor cadmium en kwik in spinazie en boerenkool zijn achtergrondwaarden afgeleid op basis van gehalten die zijn gemeten op twee referentielocaties van vergelijkbare biomonitoringprogramma's rond afvalverbrandingsinstallaties in Harlingen en Alkmaar. De referentielocaties liggen buiten de invloedssfeer van de installaties. De achtergrondwaarden worden weergegeven als voortschrijdend 3-jarig gemiddelde ($\pm$ SD). Daarvoor is voor elk jaar het gemiddelde gehalte (en standaardafwijking) berekend over de meetwaarden van het betreffende jaar, het voorgaande jaar en het jaar erna (jaar x , $x-1$, $x+1$). Op deze wijze is het mogelijk een vergelijking te maken tussen de gemiddelde achtergrondniveau's voor noord Nederland in het betreffende jaar met rond de REC gemeten waarden in dat zelfde jaar. Door het voortschrijdend 3-jaar gemiddelde met de bandbreedte te presenteren wordt een beeld verkregen van de mate van variatie in de tijd en of er sprake is van een stijgende of dalende trend.

Voor consumptiegewassen (spinazie en boerenkool) gelden de normen zoals vastgelegd in de EU regelgeving (EU, 2008). In de verordening zijn normen opgenomen voor o.a. zware metalen in bladgroenten zoals spinazie en boerenkool. Voor kwik en PAK-gehalten in bladgroenten zijn geen normen geformuleerd.

Het landelijk achtergrondgehalte voor dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk is gebaseerd op een jaarlijkse inventarisatie van het WFSR – Wageningen Food Safety Research (onderdeel van Wageningen UR) in het kader van de EU monitoring van achtergrondconcentraties van dioxinen, dioxine-achtige PCB's en niet-dioxine-achtige PCB's in voedingsmiddelen zoals vlees, melk en eieren ([Website WFSR](#)). De achtergrondwaarden worden weergegeven als voortschrijdend 3-jaar gemiddelde op basis van de beschikbare metingen. Voor dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk zijn maximaal toelaatbare gehalten vastgesteld (EU, 2008, 2011).

De achtergrondwaarde voor fluoriden in kalkpapieren is gebaseerd op metingen op het referentiepunt van het biomonitoringprogramma rond de REC in Harlingen en twee niet additioneel belast meetpunten in Oostvoorne (Zuid-Holland) en Wildervank (zuidoost Groningen), en wordt weergegeven als voortschrijdend 3-jarig gemiddelde (zie bovenstaand). Op grond van de bestaande relatie tussen de atmosferische fluoridenconcentratie en het fluoridgehalte in kalkpapieren (zie Bijlage 2) is het mogelijk de jaargemiddelde gehalten in kalkpapieren indicatief te toetsen aan het maximaal toelaatbare risiconiveau voor lucht (MTR_{lucht}). De MTR_{lucht} als jaargemiddelde van $0,05 \mu\text{g m}^{-3}$ komt overeen met een gehalte in kalkpapieren van $0,16 \mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$.

De regionale achtergrondwaarde voor fluoriden in gras is gebaseerd op metingen op twee referentielocaties van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Alkmaar en Harlingen en een niet additioneel belast punt in Wildervank (zuidoost Groningen), en wordt weergegeven als voortschrijdend 3-jarig gemiddelde (zie bovenstaand). Fluoridgehalten in gras vertonen over het algemeen een seizoenspatroon met lagere gehalten in de zomerperiode en hogere gehalten in de winterperiode. Het seizoenafhankelijk achtergrondgehalte voor fluoriden in gras is afgeleid door het jaargemiddelde te corrigeren met een seizoensindex. De index is bepaald op basis van analyses rond een aantal fluoridenbronnen in Nederland (Van der Eerden, 1991).

De Gezondheidsraad (1981) heeft aanbevolen om in geval van twijfel over een eventuele te hoge fluoridenbelasting van vee via het voer, de gehalten in het voer te toetsen aan de maximaal toelaatbaar fluoridengehalte. In het biomonitoringprogramma rond de REC worden de fluoriden gehalten in gras standaard getoetst aan de door de Raad voorgestelde maximaal toelaatbare gehalten. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de wetenschappelijke basis voor deze veevoernorm smal is.

Maximaal toelaatbaar fluoridengehalte voor jong rundvee: 25 $\mu\text{g g}^{-1}$ voer.
 Maximaal toelaatbaar fluoridengehalte voor ouder vee: 30-33 $\mu\text{g g}^{-1}$ voer.

Tabel B1.1 Overzicht van de maximaal toelaatbare gehalten en achtergrondgehalten voor de verschillende componenten en gewassen.

Component	Gewas/ Product	Max. toelaat- baar gehalte	Achter- grond	Weergave	Eenheid	Herkomst onderliggende data
Cadmium	Spinazie	200 ^a	36 – 103	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties (2) van monitoringprojecten rond AVI's (n=30)
	Boerenkool	200 ^a	5 – 28	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's (n=18)
Kwik	Spinazie	-	0,8 – 1,8	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties (2) van monitoringprojecten rond AVI's (n=30)
	Boerenkool	-	2,6 – 5,7	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties (2) van monitoringprojecten rond AVI's (n=18)
PAK's ^b	Spinazie	-	47 – 62	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.	Referentielocatie Harlingen (n=15)
	Boerenkool	-	59 – 118	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.	Referentielocatie Harlingen (n=9)
Dioxinen	Koemelk	2,5 ^c	0,484	Voortschr. gemid.	pg WHO-TEQ g^{-1} vet	WFSR inventarisatie voor EU van 2019-2021 ^e (n=7)
Dioxine-achtige PCB's	Koemelk		0,308	Voortschr. gemid.	pg WHO-TEQ g^{-1} vet	WFSR inventarisatie voor EU van 2019-2021 ^e (n=7)
Dioxinen+PCB's	Koemelk	5,5 ^c	0,790	Voortschr. gemid.	pg WHO-TEQ g^{-1} vet	WFSR inventarisatie voor EU van 2019-2021 ^e (n=7)
Fluoriden	Kalkpapier	0,16 ^d	0,01-0,06	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g g}^{-1}$ d ⁻¹	Referentielocatie (1) van monitoringproject rond AVI en meetpunt in Oostvoorne en Wildervank (n=82)
	Gras	25 ^f	$\leq 4,7$	Voortschr. gemid	$\mu\text{g g}^{-1}$ d.s.	Referentielocaties (2) van monitoringprojecten rond AVI's en een meetpunt in Wildervank (n=104)
	Gras		2,5-9,5	Seizoen- patroon		Jaargemiddelde van 5 $\mu\text{g g}^{-1}$ d.s. vermenigvuldigd met een seizoenindex (Van der Eerden, 1991)

^a Maximaal toelaatbaar gehalte in bladgroenten (EC, 2008).

^b Indicatief achtergrondniveau. De basis voor de berekening van het PAK-achtergrondniveau en bijbehorende bandbreedte is smal geworden omdat in vergelijkbare biomonitoringprogramma's geen PAK metingen meer worden uitgevoerd waardoor het aantal achtergrondmetingen is afgenomen.

^c Maximaal toelaatbaar gehalte voor melk en melkproducten (EC, 2011).

^d Maximaal toelaatbaar risiconiveau ($\text{MTR}_{\text{lucht}}$) als jaargemiddelde van 0,05 $\mu\text{g m}^{-3}$ komt overeen met een gehalte in kalkpapier van 0,16 $\mu\text{g g}^{-1}$ d⁻¹ (Van der Eerden & Van Alfen, 1990).

^e <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/RIKILT/Expertisegebieden/Stoffen-meten-en-opsporen/Contaminanten/Dioxine-analyses/Monitoring-dioxines-PCBs-en-vlamvertragers-in-agrarische-producten.htm>

^f Maximaal toelaatbaar gehalte in veevoer voor jong rundvee, voor ouder vee gelden hogere adviesnormen (Gezondheidsraad, 1981).

Bijlage 2 Opzet biomonitoringprogramma

B2.1 Algemeen

Biomonitoring met behulp van planten is een methode waarmee nationaal en internationaal veel ervaring is opgedaan. Doel is in beide gevallen het vroegtijdig registreren van mogelijke effecten van de uitstoot van een installatie. Door de keuze van gevoelige plantensoorten eventueel in combinatie met andere relevante agrarische producten (bijvoorbeeld koemelk) heeft een biomonitoringprogramma voornamelijk een signaalfunctie (Van Dijk, *et al.*, 2015).

In het biomonitoringprogramma worden accumulatoren toegepast, dat wil zeggen plantensoorten die een bepaalde component relatief snel uit de lucht opnemen en opslaan zonder dat daarbij zichtbare effecten optreden (Tabel B2.1). De gewassen worden op een gestandaardiseerde wijze geteeld (actieve monitoring) en na een bepaalde expositietijd visueel beoordeeld en geanalyseerd op een aantal door de REC geëmitteerde luchtverontreinigingscomponenten: cadmium (Cd), kwik (Hg) en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). Op een melkveehouderij nabij de installatie wordt het dioxine- en PCB-gehalte in koemelk bepaald (passieve monitoring). Het fluoridengehalte (F) wordt bepaald in weilandgras uit de directe omgeving van de meetpunten en de metingen door middel van kalkpapiertjes geven een beeld van de ruimtelijke verdeling van de belasting door gasvormige anorganische fluoriden.

Om de analyseresultaten goed te kunnen interpreteren, worden de planten opgekweekt in containers met standaard schone potgrond, en niet in de volle grond. Op deze wijze wordt alleen de opname via de lucht door de bovengrondse plantendelen bepaald en de invloed van lokale verschillen in bodemkwaliteit uitgesloten. Door de over het algemeen grote variatie in bodemsamenstelling is het monitoren van grond niet zinvol. De bijdrage van REC aan de depositie op de bodem is dermate laag dat deze niet aantoonbaar zal zijn binnen de natuurlijke variatie in gehalten.

Tabel B2.1 Overzicht van de verschillende gewassen en producten, de bijbehorende componenten en de bemonsteringsfrequenties en aantallen per jaar.

Gewas/ product	Component	Periode	Bemonstering- frequentie per jaar	Aantal locaties	Totaal aantal analyses
Spinazie	Cd, Hg, PAK's	Voorjaar/zomer	5	5	25
Boerenkool	Cd, Hg, PAK's	Herfst/winter	3	5	15
Koemelk	Dioxinen en PCB's	Voor- en najaar	2	1	2
'Kalkpapieren'	Fluoriden	Jaarrond (4-wekelijks)	13	5	65
Gras	Fluoriden	Jaarrond (4-wekelijks)	13	5	65

B2.2 Meetpunten

Situering

Gekozen is voor een meetstrategie waarbij het monitoren vooral is gericht op het bewaken van de milieukwaliteit. Daarbij past een ruimtelijke verdeling met locaties in zoveel mogelijk windrichtingen ten opzichte van de potentiële bron. Op deze manier kan de correlatie tussen windrichting en gevonden gehalten optimaal worden geëvalueerd. De keuze van het aantal en de situering van de meetpunten is bepaald op grond van de geografische ligging en het verspreidingspatroon van de installatie. Uit de resultaten van verspreidingsberekeningen voor NO_x die in het kader van de MER studie zijn uitgevoerd blijkt dat het depositiemaximum op ca. 1250 m noordnoordoost van het bedrijfsterrein ligt (MER Hoofdstuk 6, Figuur 6.2). Bij de MER berekeningen is uitgegaan van een geplande schoorsteenhoogte van 55 m. Deze is later aangepast tot 44 m, dit betekent dat het verwachte depositiemaximum iets dichterbij de installatie zal komen te liggen dan in de MER is aangegeven.

Uitgaande van het bovenstaande zijn voor het biomonitoringprogramma in totaal 5 meetpunten ingericht (Figuur B2.1). Eén van de meetpunten (2) ligt in het depositiemaximum op ca. 1250 m ten noordoosten van de installatie. Op dezelfde lijn op circa 3000 m afstand is eveneens een meetpunt aangelegd (3). Op grotere afstand in de omgeving van Pingjum, op circa 8 km ten zuiden van de installatie en buiten de directe invloedssfeer is een meetpunt (5) als referentielocatie ingericht. Voor het bepalen van het dioxinen en PCB gehalte in koemelk wordt tweemaal per jaar een melkmonster genomen op een melkveehouderij ('Melk 1') waarvan het vee hoofdzakelijk in het verwachte depositiegebied graast of voer krijgt uit dat gebied. Analyse van melk uit de omgeving van het referentie meetpunt is niet noodzakelijk omdat reeds een betrouwbaar landelijk achtergrondniveau is vastgesteld waaraan getoetst kan worden.



Figuur B2.1 Geografische ligging van de meetpunten 1 tot en met 4 rond de REC. Ook is de melkveehouderij aangegeven waar melkmonsters worden genomen ('Melk 1'). Meetpunt 5, het referentiepunt staat niet in de figuur, deze ligt op circa 8 km ten zuiden van de REC in Pingjum.

Meetpunt 1

Coördinaten: 53°12'17.08"N, 5°26'25.44"O

Ligging: ca. 2000 m ten noord-noordoosten van REC

Omschrijving: het meetpunt ligt aan de Hoarnesteek op ca 450 m van de zeedijk en wordt in alle richtingen omringd door akkers en weilanden. De dichtsbijzijnde woning en bedrijfsgebouwen staan op enkele tientallen meters afstand noordelijk van het meetpunt. De aanstroming van lucht vanaf de REC in de richting van het meetpunt wordt niet belemmerd door bebouwing, begroeiing of andere obstakels.

Meetpunt 2

Coördinaten: 53°11'48.64"N, 5°26'45.13"O

Ligging: ca 1300 m ten noordoosten van REC

Omschrijving: het meetpunt ligt achter de woning op het perceel aan de Haulewei. Het meetpunt wordt aan alle kanten omringd door akkers en weilanden. De aanstroming van lucht uit de richting van de REC naar het meetpunt wordt niet belemmerd door hoge begroeiing of andere obstakels. In de 'zichtlijn' bevindt zich alleen het haventerrein. Gezien de hoogte van de bebouwing vormt dit geen noemenswaardige belemmering voor de aanstroming.

Meetpunt 3

Coördinaten: 53°12'18.88"N, 5°28'14.97"O

Ligging: ca 3200m ten noordoosten van REC

Omschrijving: het meetpunt ligt in de zelfde lijn ten opzichte van de REC als meetpunt 2 maar op grotere afstand, naast de zoutwinlocatie Barradeel aan de Haerewei. Het meetpunt wordt aan alle kanten omringd door akkers en weilanden. De aanstroming van lucht uit de richting van de REC naar het meetpunt wordt niet belemmerd door hoge begroeiing of andere obstakels. In de 'zichtlijn' bevindt zich alleen het haventerrein. Gezien de hoogte van de bebouwing vormt dit geen noemenswaardige belemmering voor de aanstroming.

Meetpunt 4

Coördinaten: 53°11'3.5"N, 5°26'20.6"O

Ligging: ca 1200 m ten zuid-zuidoosten van REC

Omschrijving: het meetpunt ligt in de noord-oost hoek van het perceel aan de Haulewei nabij het 'gasstation'. In de zichtlijn tussen het meetpunt en de REC bevindt zich bouwland, de provinciale weg N390 en het haventerrein. Vanaf het meetpunt gezien is er vrij zicht op de schoorsteen van de REC, de bebouwing op het haventerrein vormt dit geen noemenswaardige belemmering voor de aanstroming.

Meetpunt 5

Coördinaten: 53° 7'10.56"N, 5°24'30.03"O

Ligging: 8,4 km ten zuiden van REC

Omschrijving: Het meetpunt ligt aan de noordzijde van het perceel aan de Strandweg, op ongeveer 15 m afstand van de boerderij. Westelijk van het meetpunt op ongeveer 250 m afstand ligt de autoweg N31 en daarachter de zeedijk. In alle andere richtingen wordt het omringd door akkers en weilanden. Het meetpunt ligt buiten de invloedssfeer van de REC.

Inrichting

Voor het betrouwbaar vaststellen van de belasting op de meetpunten rond de installatie moet de aanvoer van lucht uit de richting van de installatie zo min mogelijk worden belemmerd door bebouwing en/of begroeiing. Elk meetpunt beslaat circa 20 m² en is afgezet met ±1 m hoog gaas en windscherm (Figuur B2.2) en moet goed bereikbaar zijn. Op alle meetpunten worden afhankelijk van het seizoen verschillende plantensoorten geteeld in kunststof bakken gevuld met standaard potgrond. De planten worden van water voorzien d.m.v. capillaire opzuiging vanuit een reservoir.



Figuur B2.2 Meetpunt 1 van het biomonitoringprogramma met op de achtergrond de REC. Oppervlakte van circa 20 m², afgezet met windbreekgaas en vrij 'zicht' in de richting van de REC. Tijdstip: mei, op moment van de eerste spinazieoogst.

B2.3 Componenten

De componentkeuze is gebaseerd op de vergunde emissies van de REC. Andere selectiecriteria zijn de stofeigenschappen (toxiciteit, vluchtigheid) en de mogelijkheid tot toetsing aan normen voor consumptiekwiteit van gewassen waarop deze stoffen terechtkomen.

Op basis van genoemde criteria zijn de volgende componenten geselecteerd:

- Zware metalen (cadmium en kwik).
- Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's).
- Dioxinen en dioxine-achtige PCB's.
- Fluoriden.

Onderstaand wordt nader ingegaan op de verschillende componenten, de verspreiding via de lucht en de wijze waarop deze in het biomonitoringprogramma worden bepaald.

Cadmium en kwik

Uit de groep van zware metalen zijn de componenten cadmium en kwik geselecteerd omdat deze relatief vluchtige componenten vrijkomen bij verbranding van afval en deels via de rookgassen worden afgevoerd. Cadmium wordt, geadsorbeerd aan zwevende deeltjes, via de lucht verspreid. Planten kunnen het door de lucht aangevoerde cadmium via de huidmondjes opnemen. In de plant is het cadmium zeer mobiel en kan door de gehele plant worden getransporteerd. Uiteindelijk kan het in diverse plantendelen zoals wortels, bladranden en zaden worden opgeslagen (Stoop & Rennen, 1991). Het gasvormig kwik kan zich over grote afstanden verspreiden in tegenstelling tot de gebonden fractie die, afhankelijk van de deeltjesgrote, weer in de directe omgeving van de installatie neerslaat. Planten kunnen gasvormig kwik opnemen via de bovengrondse plantendelen (Stoop *et al.*, 1992).

In het monitoringprogramma is alleen de opname door de bovengrondse plantendelen bepaald. Opname via de wortels is in het biomonitoringprogramma verwaarloosbaar door het telen van de gewassen in bakken met standaard potgrond.

Spinazie werd na een expositieperiode van ± 4 weken geoogst. Per meetpunt werd een mengmonster samengesteld uit al het oogstbare plantmateriaal. Voor boerenkool werd per meetpunt het oudste bladmateriaal van alle planten geoogst na een expositieperiode ± 8 weken. Van de boerenkoolmonsters wordt alleen het bladmateriaal gebruikt voor verdere behandeling, stengels en nerven worden verwijderd. De gewasmonsters werden gedroogd en gemalen en vervolgens verpakt in plastic monsterflesjes voor transport naar het laboratorium. De analyses zijn uitgevoerd door Eurofins, Heerenveen.

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) ontstaan bij onvolledige verbranding van organisch materiaal. De verhouding tussen de afzonderlijke verbindingen is sterk afhankelijk van de omstandigheden gedurende het verbrandingsproces. Planten kunnen PAK's uit de lucht opnemen en in zeer beperkte mate transporteren naar andere plantendelen. Verhoogde gehalten in bovengrondse plantendelen zijn dan ook voornamelijk het gevolg van opname via de bladeren. De belangrijkste opnameroutes zijn de actieve opname van gasvormige PAK's via huidmondjes en de passieve diffusie door de cuticula. Plantensoorten met een hoog gehalte aan lipiden, brede, gekrulde bladeren en een voor opname gunstige oppervlaktestructuur (dikke waslaag) nemen PAK's gemakkelijk op. Een voorbeeld van een dergelijk gewas is boerenkool. Deze soort wordt in Duitsland veelvuldig als monitoringplant in routinematig milieuonderzoek naar organische luchtverontreinigingscomponenten toegepast (Rademacher & Rudolph, 1994; VDI, 1999). De relatie tussen atmosferische PAK concentraties en PAK gehalten in gewassen sterk afhankelijk van het seizoen (Franzaring, 1995).

Ondanks het feit dat PAK's in sterke mate kunnen accumuleren in bovengrondse plantendelen zijn direct zichtbare effecten slechts incidenteel waargenomen met name na blootstelling van planten aan teer- en asfaltdampen (Halbwachs, 1967; Van der Eerden, 1980).

In het biomonitoringprogramma zijn uit deze groep van organische verbindingen de 13 uit toxiciteitsoogpunt belangrijkste componenten bepaald. De PAK gehalten werden bepaald in dezelfde gewasmonsters als voor de cadmium en kwik bepaling. De analyses zijn uitgevoerd door Eurofins, Heerenveen.

Dioxinen en dioxine-achtige PCB's

Dioxinen is een verzamelnaam voor een groep van chemische stoffen die bij (vuil)verbrandingsprocessen kunnen ontstaan. Dioxinen komen in kleine concentraties nog steeds in heel Nederland voor. Het inademen van dioxinen uit de lucht draagt nauwelijks bij aan de hoeveelheid dioxinen die mensen via het voedsel binnenkrijgen. Dieren kunnen dioxinen binnenkrijgen via het voer en overdragen naar eieren, melk en vlees en op die manier in de menselijke voedselketen terechtkomen. Om blootstelling van mensen en dieren te beperken zijn productnormen opgesteld. Meer informatie over dioxinen en dioxine-achtige PCB's is te vinden op: <https://www.rivm.nl/dioxine>.

Dioxinen is een verzamelnaam voor twee subgroepen van gechlloreerde tricyclische aromatische componenten welke overeenkomstige chemische, fysische en biologische eigenschappen bezitten. Het betreft de polychloordibenzo_p_dioxinen (PCDD's) en de polychloor_dibenzofuranen (PCDF's). Dioxinen hebben geen technische toepassing en worden derhalve dan ook niet opzettelijk gemaakt (m.u.v. wetenschappelijk onderzoek). De toxiciteit wordt bepaald door middel van Toxiciteit Equivalenten¹ (Van den Berg *et al.*, 2006).

Dioxinen worden gevormd in verbrandingsprocessen in onder andere afvalverbrandingsinstallaties (AVI's). Deze vorming vindt met name plaats bij rookgastemperaturen tussen 250 en 400 graden Celsius. Bij temperaturen boven de 850 graden Celsius worden dioxinen binnen 2 seconde vernietigd in een verbrandingsproces. Dioxine-uitstoot wordt voorkomen door daarna de rookgassen voldoende snel af te koelen tot onder de temperatuur waarin zich dioxines vormen en de resterende dioxines in de rookgasreiniging te verwijderen.

Naast de PCDD/F's zijn er ook een aantal dioxineachtige chloorbifenylen (PCB's) die in de toekomst meegenomen dienen te worden bij de beoordeling of een product geschikt is voor menselijke consumptie of als veevoeder mag worden gebruikt. Bij de analyses van de melk worden de mono- en non-ortho gesubstitueerde chloorbifenylen en enkele indicator PCB's simultaan met de dioxinen bepaald. De toxiciteit wordt op dezelfde wijze bepaald als voor dioxinen: door middel van Toxiciteit Equivalenten. Bij de bepaling van het totaal gehalte worden de indicator PCB's buiten beschouwing gelaten.

Sinds het in 1989 aantonen van verhoogde dioxinegehalten in melk uit de polder Lickebaert bij Vlaardingen is er tot op de dag van vandaag nog steeds grote maatschappelijke belangstelling voor de relatie tussen dioxinen en afvalverbrandingsinstallaties. Om hieraan tegemoet te komen worden de uit toxiciteitsoogpunt belangrijkste dioxine en PCB componenten bepaald in koemelk afkomstig uit het verwachte maximum depositiegebied van de installatie. Op een melkveehouderij wordt tweemaal per jaar een melkmonster genomen van vee dat hoofdzakelijk in dat gebied heeft gegraasd of daaruit voer heeft gekregen. Uit de tank met melk van meerdere dagen wordt een monster van één liter genomen en koel bewaard tijdens transport naar het laboratorium. De analyses zijn uitgevoerd door het RIKILT, onderdeel van Wageningen UR.

Fluoriden

Monocotyle plantensoorten zoals tulpen, gladiolen en fresia's zijn relatief gevoelig voor fluoridenhoudende luchtverontreiniging. In de omgeving van Harlingen worden tulpen geteeld. Ook bij dieren kunnen schadelijke effecten optreden (fluorosis: aantasting van beenderen en gebit) door het consumeren van planten waarin fluoriden zijn geaccumuleerd of waarop stofvormig fluoriden is gedeponeerd. Op basis van resultaten uit vergelijkbare monitoringprogramma's rond afvalverbrandingsinstallaties wordt de ruimtelijke verspreiding van gasvormig fluoride gemonitord door middel van een accumulatiemeting, de zogenoemde 'kalkpapiermetingen'.

Metingen van fluoriden in kalkpapier zijn vooral geschikt om een indruk te krijgen van de veranderingen in fluoridenbelasting in ruimte en tijd. Daarnaast lijkt de passieve opname van gasvormige fluoriden in kalkpapier op de wijze waarop planten fluoriden opnemen. Het weer beïnvloedt beide processen op ongeveer dezelfde manier, en zowel voor planten als voor kalkpapier geldt dat gasvormige fluoriden sterker accumuleren dan deeltjesvormige fluoriden. Het omrekenen van fluoridengehalten in kalkpapier naar atmosferische fluoriden-concentraties voor het toetsen aan normen moet als indicatief worden beschouwd omdat de variatie in deze relatie vrij groot is. De opname van fluoriden in kalkpapier is een passief proces: windsnelheid, relatieve vochtigheid en de verhouding tussen stof- en gasvormige fluoriden spelen daarbij een belangrijke rol. Bij dezelfde atmosferische fluoridenconcentratie is de opname van fluoriden hoger naarmate de windsnelheid en luchtvochtigheid toenemen.

Een 'kalkpapiertje' bestaat uit een rond filtreerpapier geïmpregneerd met een suspensie van calciumhydroxide. Zes van dergelijke papiertjes worden opgehangen in een kastje op 1,50 m boven het maaiveld (Van Dijk, 2011). Het kastje is aan de boven- en onderzijde gedeeltelijk open om een optimale

¹ De toxiciteit van de 17 belangrijkste dioxinen wordt uitgedrukt in zgn. Toxiciteit Equivalenten (TEQ) ten opzichte van de meest toxische verbinding 2,3,7,8-tetrachloordibenzodioxine (2,3,7,8-TCDD). Dit betekent dat de componenten afzonderlijk worden gewogen op basis van hun toxiciteit ten opzichte van 2,3,7,8-TCDD. Deze wegingsfactoren worden uitgedrukt in zogenaamde Toxiciteits-Equivalentie-Factoren (TEF). De werkelijk gemeten gehalten van de 17 afzonderlijke componenten worden vermenigvuldigd met de bijbehorende TEF-factor en tenslotte gesommeerd (Van den Berg *et al.*, 2006).

luchtcirculatie te realiseren (Figuur B2.3). Door de vorm van het kastje worden deeltjes met een grote depositiesnelheid niet opgenomen. De kalkpapieren worden standaard vier weken blootgesteld aan de atmosfeer. Verzadiging met fluoriden komt onder praktijkomstandigheden niet voor. Het in kalkpapiertjes geaccumuleerde fluoriden wordt ontsloten door middel van verassing waarna het fluoride uit de oplossing wordt gedestilleerd en gemengd met een kleurreagens. De bepalingen zijn uitgevoerd door het Centraal Laboratorium van Wageningen UR. De analyseresultaten worden gepresenteerd als daggemiddelden. Dit betekent dat het totale gehalte wordt gedeeld door het aantal blootstellingdagen (standaard 28 dagen; eenheid: $\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$).

Fluoridgehalten in kalkpapieren kunnen worden omgerekend naar fluoridgehalten in lucht (Van der Eerden & Van Alfen, 1990). Uit onderzoek rond enkele fluoridenbronnen in Nederland en België is een formule afgeleid voor de relatie tussen de atmosferische fluoridenconcentratie (F_A , in $\mu\text{g m}^{-3}$) en het fluoridgehalten in kalkpapieren (F_K , in $\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$):

$$F_K = 7,714 F_A^{1,302}$$

Hoewel de correlatie tussen F_A en F_K significant is ($r=0,81$; $p < 0,001$), is er geen voor de hand liggende fysiologische verklaring voor het feit dat de exponent in de functie groter is dan 1. Ook geeft de correlatie coëfficiënt aan dat de onzekerheidsmarge rondom voorspelde waarden van F_K bij gegeven F_A substantieel is. Voorzichtigheid bij het gebruik van deze relatie is daarom geboden. Op grond van bovenstaande relatie komt de $\text{MTR}_{\text{lucht}}$ voor het jaargemiddelde overeen met een gehalte in kalkpapieren van $0,16 \mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$.

De accumulatie van fluoriden in gras is behalve van de belasting via de lucht ook afhankelijk van de groeisnelheid van het gras en de meteorologische omstandigheden. De fluoridgehalten in gras kunnen van dag tot dag verschillen. Toch wordt er om praktische redenen slechts eenmaal per vier weken een monster genomen. Het is een aanvaarde methode om deze als maandgemiddelden te beschouwen.

Voor de bepaling van het fluoridgehalte in gras werd eenmaal per vier weken in de directe omgeving van de meetpunten in een raster over een oppervlakte van $9 \times 9 \text{ m}$ op 16 punten gras iets boven de grond afgeknipt. Het is van belang dat bij de bemonstering geen grond of kunstmestkorrels worden meegenomen, omdat dit de analyseresultaten sterk beïnvloedt. Het verse materiaal werd gedroogd en gemalen waarna het fluoridgehalte werd bepaald. De analyseresultaten worden weergegeven als hoeveelheid fluoriden per gram droge stof ($\mu\text{g g}^{-1} \text{d.s.}$). De analyses zijn uitgevoerd door het Centraal Laboratorium van Wageningen UR.



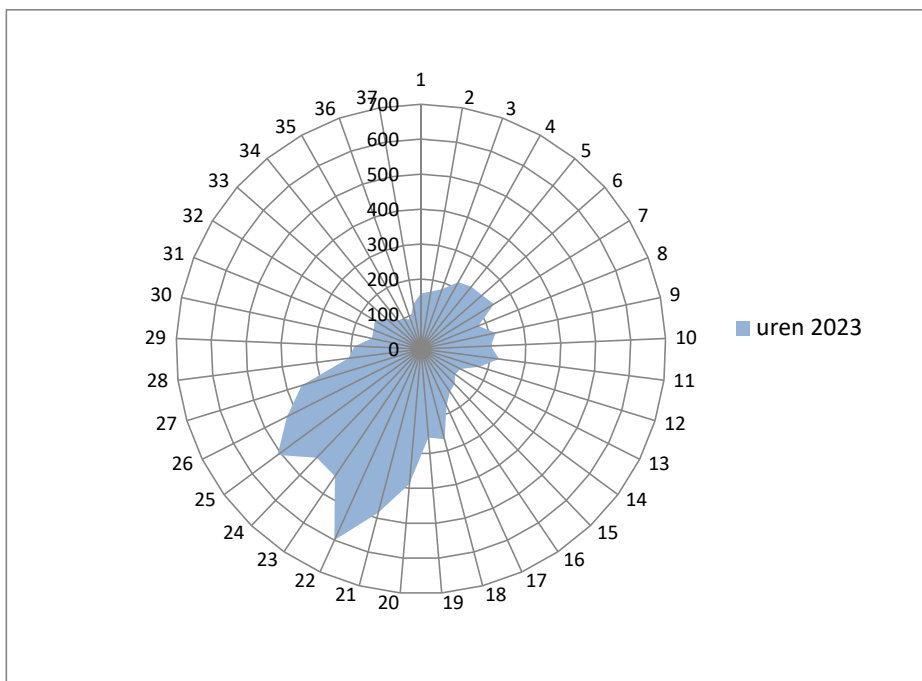
Figuur B2.3 Links een 'fluoridenkastje' in het veld en rechts een bovenaanzicht van het kastje met de geïmpregneerde filterpapiertjes.

Bijlage 3 Meteorologische gegevens

De verspreiding van de door de REC geëmitteerde componenten hangt af van de meteorologische omstandigheden, de terreinkenmerken en de chemische eigenschappen van de component. Een indicatie over mogelijke verbanden tussen REC-emissie en verhoogde gehalten in gewassen kan verkregen worden door de windrichting tijdens de expositieperiode te beoordelen. Uiteraard levert het leggen van een relatie tussen gehalten en windrichtingfrequentie geen volledige bewijsvoering op voor wat betreft de eventuele bijdrage van de REC aan deze gehalten. Andere factoren spelen ook een rol zoals variatie in emissie, windsnelheid, landschapskarakteristieken en fysiologische eigenschappen van het gewas. Desondanks blijkt het evalueren van genoemde relatie een nuttige bijdrage te kunnen leveren aan de evaluatie van de resultaten.

De windrichtinggegevens zijn afkomstig van vliegveld Eelde (KNMI). Voor elke locatie is een sector van 30° uit de windroos bepaald waarvandaan de wind over de bron en de betreffende locatie waait (Figuur B3.1).

Voor cadmium en mogelijk ook kwik geldt dat eenmaal opgenomen materie niet gemakkelijk de plant verlaat. Voor deze componenten zijn de windrichtinggegevens (uren) over de gehele expositieperiode per gewas beoordeeld (Tabel B3.1). Voor evaluatie van de voor seizoeninvloeden gecorrigeerde fluoridgehalten in gras zijn de windrichtinggegevens per vier-wekelijkse expositieperiode en de seizoenindex (Van der Eerden, 1991) gebruikt (Tabel B3.2). Van fluoride (in gras) is bekend dat het kan uit- of afspoelen afhankelijk van de hoeveelheid neerslag vlak voor monsternamen. De hoeveelheid neerslag is bepaald voor enkele tijdstippen voor de afzonderlijke monsternamen (Tabel B3.3).



Figuur B3.1 Windroos op basis van metingen van het KNMI weerstation in Eelde, 2023.

Tabel B3.1 Aantal uren per expositieperiode dat er wind heeft gewaaid uit de richting van de REC naar de verschillende meetpunten (vliegveld Eelde).

Expositieperiode	Meetpunt 1		Meetpunt 2		Meetpunt 3		Meetpunt 4		Meetpunt 5 (referentiepunt)	
	Uren	%	Uren	%	Uren	%	Uren	%	Uren	%
Spinazie										
10-03 /04-05	234	17,4	220	16,4	220	16,4	108	8,0	56	4,2
05-05/01-06	9	1,3	13	1,9	13	1,9	98	14,6	219	32,6
02-06/29-06	47	7,0	38	5,7	38	5,7	62	9,2	130	19,3
30-06/27-07	195	29,0	155	23,1	155	23,1	27	4,0	19	2,8
28-07/24-08	156	23,2	182	27,1	182	27,1	27	4,0	42	6,3
Boerenkool										
16-12 / 09-02	466	34,7	387	28,8	387	28,8	38	2,8	50	3,7
25-08 / 19-10	337	25,1	302	22,5	302	22,5	31	2,3	90	6,7
20-10 / 14-12	367	27,3	279	20,8	279	20,8	42	3,1	44	3,3

Tabel B3.2 Aantal uren wind per expositieperiode van vier weken uit de richting van de REC naar de verschillende meetpunten.

Expositieperiode	Meetpunt 1	Meetpunt 2	Meetpunt 3	Meetpunt 4	Meetpunt 5	Seizoen-index ¹
	190°-220°	220°-250°	220°-250°	310°-340°	120°-150°	
16-12 2021/12-01	336	211	211	4	7	1.5
13-01/9-02	130	176	176	34	43	1.95
10-02/09-03	98	334	334	57	76	1.95
10-03/06-04	185	172	172	23	17	1.1
07-04/04-05	49	48	48	85	39	0.6
05-05/01-06	9	13	13	98	219	0.6
02-06/29-06	47	38	38	62	130	0.5
30-06/27-07	195	155	155	27	19	0.6
28-07/24-08	156	182	182	27	42	0.6
25-08/21-09	144	94	94	21	75	0.7
22-09/19-10	193	208	208	10	15	0.8
20-10/16-11	242	116	116	11	10	1
17-11/14-12	125	163	163	31	34	1.2

1 Seizoenindex volgens Van der Eerden (1991).

Tabel B3.3 Hoeveelheid neerslag (mm) gevallen op de monsterdatum en op de laatste 3, 7 en 28 dagen van elke expositieperiode (KNMI-station Harlingen).

Expositieperiode	Monsterdatum	Laatste 3 dagen	Laatste 7 dagen	Totale periode
16-12 2021/12-01	9,8	12,4	17,5	110,6
13-01/9-02	0,0	1,5	10,5	83,8
10-02/09-03	0,0	9,6	10,6	23,9
10-03/06-04	0,0	0,0	9,4	76,8
07-04/04-05	0,0	0,0	4,2	71,5
05-05/01-06	0,0	0,0	0,0	27,7
02-06/29-06	1,0	1,0	1,0	16,0
30-06/27-07	2,0	3,1	33,2	103,8
28-07/24-08	0,0	0,0	0,0	84,9
25-08/21-09	8,5	37,3	37,3	98,7
22-09/19-10	0,0	5,6	49,9	89,3
20-10/16-11	6,4	13,5	48,1	242,9
17-11/14-12	7,6	16,1	34,0	118,8

Bijlage 4 PAK-gehalten per component in spinazie en boerenkool

Tabel B4.1 PAK-gehalten per component in spinazie ($\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.) op vijf meetpunten rond de REC Harlingen.

Component	Week 18					Week 22					Week 26					Week 30					Week 34				
	mtp 1	mtp 2	mtp 3	mtp 4	mtp 5	mtp 1	mtp 2	mtp 3	mtp 4	mtp 5	mtp 1	mtp 2	mtp 3	mtp 4	mtp 5	mtp 1	mtp 2	mtp 3	mtp 4	mtp 5	mtp 1	mtp 2	mtp 3	mtp 4	mtp 5
Acenafteen	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00
Acenaftyleen	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80
Anthraceen	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.02	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.35	0.909	1.10	0.987	1.04
Benz(a)antraceen	2.38	<1.00	<1.00	<1.00	1.00	1.87	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.33	<0.80	<0.80	<0.79	<0.79
Benzo(b/j)fluorantheen	6.86	2.32	2.04	3.5	3.71	4.67	1.31	1.26	1.95	1.17	1.34	1.49	<1.00	2.03	1.36	1.00	1.05	<1.00	<1.00	<1.00	2.66	<0.80	<0.80	<0.79	1.68
Benzo(ghi)peryleen	3.31	<1.00	<1.00	1.42	1.13	3.84	1.06	1.20	4.58	2.36	<1.00	<1.00	<1.00	1.04	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.64	<0.80	<0.80	0.859	10.2
Benzo(a)pyreen	3.39	<1.00	<1.00	1.13	1.15	2.31	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.63	<0.80	<0.80	<0.79	1.83
Benzo-(k)-fluorantheen	2.64	<1.00	<1.00	1.29	1.52	1.57	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.07	<0.80	<0.80	<0.79	<0.79
Chryseen	4.81	1.67	1.47	3.03	1.83	2.73	<1.00	<1.00	1.42	<1.00	1.07	1.62	<1.00	1.58	1.14	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	2.59	1.21	<0.80	1.19	1.34
Dibenzo(ah)antraceen	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.61	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<0.80	<0.80	<0.80	<0.79	<0.79
Fenanthreen	12.6	<10.0	<10.0	<10.0	10.0	21.40	23.00	24.20	16.80	20.20	<10.6	11.6	11.1	<10.9	<10.9	<14.2	<12.8	18.4	<13.4	<12.9	16.3	18.3	12.4	15.4	13.0
Fluorantheen	15.5	6.04	9.98	9.64	5.49	8.93	6.52	20.10	6.67	5.48	7.84	10.9	14.0	12.0	7.17	4.82	6.22	27.5	8.28	4.13	11.4	10.6	9.27	9.89	6.54
Fluoreen	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	2.00	4.83	4.63	4.85	3.80	4.50	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.50	<2.30	<2.50	<2.30	<2.30	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00
Indeno(123cd)pyreen	4.14	1.41	1.15	1.83	1.73	2.74	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.48	<0.80	<0.80	<0.79	3.43
Naftaleen	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.2	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.8	<10.0	<10.9	<10.2	<10.0	<50.0	<50.0	<50.0	<50.0	<50.0
Pyreen	7.63	3.29	3.71	4.28	2.21	6.47	3.44	7.18	6.07	3.43	2.35	3.97	2.54	4.02	2.10	3.28	3.28	10.4	4.44	2.25	5.76	4.55	2.98	4.44	3.09
PAK's som [UB]	80.3	45.7	49.3	54.1	47.4	76.4	60.0	78.8	60.3	57.1	45.4	51.6	51.6	52.7	44.7	47.6	46.7	81.8	50.6	43.6	107.0	99.9	90.9	96.2	103.0

¹ <: gehalte ligt beneden de aangegeven aantoonbaarheidsgrens.

Tabel B4.2 PAK-gehalten per component in boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.) op vijf meetpunten rond de REC Harlingen.

Component	Week 6					Week 42					Week 50				
	mtp 1	mtp 2	mtp 3	mtp 4	mtp 5	mtp 1	mtp 2	mtp 3	mtp 4	mtp 5	mtp 1	mtp 2	mtp 3	mtp 4	mtp 5
Acenafteen	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00
Acenaftyleen	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<0.70	<0.73	<0.79	<0.77	<0.70	<0.79	<0.80	<0.76	<0.79	<0.80
Anthraceen	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.20	0.818	0.857	1.01	0.954	<0.70	<0.791	1.1	1.14	1.18	1.28
Benz(a)antraceen	1.89	2.83	2.09	3.76	4.95	2.21	1.28	<0.79	0.793	<0.70	5	2.81	3.07	4.55	2.09
Benzo(b/j)fluorantheen	6.03	7.18	6.02	9.18	11.1	3.28	2.17	<0.786	1.29	0.716	8.03	8.01	7.55	8.75	6.77
Benzo(ghi)peryleen	1.53	1.51	1.39	2.14	2.48	1.6	0.786	<0.79	<0.77	<0.70	1.96	1.99	1.78	1.96	1.51
Benzo(a)pyreen	1.07	1.05	1.08	1.6	2.16	2.26	0.89	<0.79	<0.77	<0.70	1.29	1.22	1.2	1.3	0.925
Benzo-(k)-fluorantheen	1.67	1.99	1.79	2.75	3.3	1.05	<0.73	<0.79	<0.77	<0.70	2.36	2.3	2.17	2.49	1.85
Chryseen	9.63	14.1	9.55	15.3	19.6	3.04	2.78	1.2	2.65	1.1	14.5	13.9	13.1	15.8	10.6
Dibenzo(ah)antraceen	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<0.70	<0.73	<0.79	<0.77	<0.70	<0.79	<0.80	<0.76	<0.79	<0.80
Fenanthreen	<15.7	<16.10	<16.20	<15.90	<15.90	11.4	11.1	14.5	13.5	<10.0	<13.2	<13.3	<17.5	<13	<13.3
Fluorantheen	11.4	19.1	17.1	16.1	19.8	12	10.9	17.1	9.22	6.19	22.1	23.5	55	25.3	19.4
Fluoreen	<3.70	<3.20	<4.50	<3.50	<5.70	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00
Indeno(123cd)pyreen	2.58	2.6	2.47	3	3.34	1.65	0.947	<0.79	<0.77	<0.70	2.92	3.02	2.77	2.96	2.4
Naftaleen	<13.60	<13.70	<14.60	<14.20	<15.90	<50.0	<50.0	<50.0	<50.0	<50.0	<50.0	<50.0	<50.0	<50.0	<50.0
Pyreen	6.16	11.8	8.72	9.06	12.2	6.28	6.04	7.69	5.61	3.07	12.9	13.9	25.3	15.3	10.2
PAK's som [UB]	80.0	100.0	90.5	102.0	122.0	105.0	97.9	106.0	96.7	84.7	145.0	145.0	190.0	152.0	130.0

¹ <: gehalte ligt beneden de aangegeven aantoonbaarheidsgrens.

Bijlage 5 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk

Tabel B5.1 Gehalte aan dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk afkomstig van een melkveehouderij in de directe omgeving van de REC.

Component	Week 22	Week 38
Dioxinen (pg g⁻¹ vet)		
2,3,7,8-TCDF	0,027	<0,050
1,2,3,7,8-PeCDF	<0,028 ¹	<0,032
2,3,4,7,8-PeCDF	0,139	0,141
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,054	0,076
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,055	0,071
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,054	0,070
1,2,3,7,8,9-HxCDF	<0,026	<0,022
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	<0,059	0,062
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	<0,019	<0,021
OCDF	<0,020	<0,015
2,3,7,8-TCDD	<0,021	0,019
1,2,3,7,8-PeCDD	<0,038	<0,057
1,2,3,4,7,8-HxCDD	<0,022	<0,021
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,052	0,050
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,024	<0,018
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,086	<0,189
OCDD	0,110	0,115
Totaal Dioxinen (pg WHO(2005) TEQ g⁻¹ vet) [UB]	0,133	0,160
Dioxine-achtige PCB's (pg g⁻¹ vet)		
PCB81	0,122	0,157
PCB77	0,515	0,514
PCB126	1,23	1,12
PCB169	0,174	<0,202
PCB123	<8,24	<10,0
PCB118	121	124
PCB114	<7,81	<10,3
PCB105	24,1	23,2
PCB167	<9,20	<10,2
PCB156	11,2	12,7
PCB157	<8,88	<10,8
PCB189	<5,45	<6,95
Totaal Dioxine-achtige PCB's (pg WHO(2005) TEQ g⁻¹ vet) [UB]	0,134	0,125
Totaal Dioxinen+Dioxine-achtige PCB's (pg TEQ g⁻¹ vet) [UB]	0,267	0,284
Indicator PCB's (ng g⁻¹ vet)		
PCB28	<0,049	<0,062
PCB52	<0,064	<0,139
PCB101	<0,116	<0,133
PCB153	0,253	0,321
PCB138	0,168	0,193
PCB180	<0,069	<0,095
Totaal Indicator PCB's (ng g⁻¹ vet) [UB]	0,717	0,942

¹ <: gehalte beneden de detectiegrens.

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16

6700 AA Wageningen

T 0317 48 07 00

wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1335



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, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 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



Correspondentieadres voor dit rapport:
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1335

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, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 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.

