



Biomonitoringprogramma rond de Reststoffen EnergieCentrale (REC) Harlingen

Februari tot en met december 2010

C.J. van Dijk & A.J. van Alfen





Biomonitoringprogramma rond de Reststoffen EnergieCentrale (REC) Harlingen

Februari tot en met december 2010

C.J. van Dijk & A.J. van Alfen

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. 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 DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Business Unit Agrosysteemkunde

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



Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 05 45
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Resultaten 2010	5
2.1 Cadmium	5
2.2 Kwik	5
2.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen	6
2.4 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's	7
2.5 Fluoriden	8
2.5.1 Fluoriden in kalkpapieren	8
2.5.2 Fluoriden in gras	9
3. Evaluatie	11
4. Conclusies	13
Referenties	15
Bijlage I. Toetsingskader	2 pp.
Bijlage II. Opzet biomonitoringprogramma	7 pp.
Bijlage III. Meteorologische gegevens	3 pp.
Bijlage IV. PAK-gehalten per component in spinazie en boerenkool	3 pp.
Bijlage V. Dioxinen en Planaire PCB's in melk	2 pp.

Samenvatting

Aan de Industriehaven te Harlingen wordt momenteel gebouwd aan de Reststoffen Energie Centrale (REC). De verbrandingsinstallatie zal naar verwachting in 2011 operationeel zijn waarbij gereinigde rookgassen via een centrale schoorsteen worden geëmitteerd naar de lucht. In het verwachte depositiegebied van de installatie bevinden zich voornamelijk akkerbouwbedrijven, veehouderijen en enkele glastuinbouwbedrijven. Om eventuele effecten van de uitstoot op de kwaliteit van gewassen en agrarische producten in de directe omgeving van de installatie vast te stellen is in opdracht van LTO Noord begin 2010 een biomonitoringprogramma opgezet.

Het monitoringprogramma rond de REC is in februari 2010 gestart en bestaat uit vijf meetpunten waar gevoelige en sterk accumulerende plantensoorten op een gestandaardiseerde wijze jaarrond worden geteeld. Na een bepaalde expositietijd worden de planten visueel beoordeeld en geanalyseerd op een aantal componenten die door de installatie geëmitteerd zullen gaan worden, namelijk cadmium, kwik, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), dioxinen en fluoriden.

In dit rapport wordt de opzet van het biomonitoringprogramma en de eerste resultaten beschreven. Let wel, in 2010 was de installatie nog niet operationeel.

Op grond van de resultaten van het afgelopen jaar kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- de resultaten geven een beeld van de huidige belasting in de directe omgeving van Harlingen, zonder bijdrage van de REC (nul-meting);
- er zijn geen verschillen gevonden tussen de belasting binnen het verwachte depositiegebied van de REC en het referentiepunt;
- het merendeel van de in gewassen en producten bepaalde gehalten kwamen overeen met het achtergrondniveau voor de betreffende component. De variatie in gehalten valt binnen de verwachte spreiding;
- in enkele boerenkoolmonsters was het totaal PAK-gehalte verhoogd ten opzichte van het achtergrondniveau als gevolg van hogere gehalten van drie specifieke componenten. Het is niet aannemelijk dat de planten blootgesteld zijn geweest aan verhoogde PAK concentraties, een afwijking in de monstervoorbehandeling of analyse ligt meer voor de hand;
- bij de huidige belastingniveaus is er geen sprake is van een potentieel risico met betrekking tot de consumptie-kwaliteit van de onderzochte gewassen en koemelk;
- in één grasmonster werd de adviesnorm voor fluoriden in veevoer voor jongvee net overschreden. De fluoridengehalten in gras vormen echter geen potentieel risico voor gevoelige plantensoorten en vee;
- het algemene beeld met betrekking tot de belasting rond Harlingen komt overeen met dat van achtergrond-metingen uit vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland.

In 2011 wordt het monitoringprogramma voortgezet. De verwachting is dat de REC eind maart in gebruik zal worden genomen. De resultaten zullen uitwijzen of de emissie van de REC een aantoonbare bijdrage levert aan de milieu-belasting in de omgeving van Harlingen.

1. Inleiding

Omrin Heerenveen is voornemens een Reststoffen Energie Centrale (REC) op te richten aan de Industriehaven van Harlingen. De verbrandingsinstallatie heeft een geplande capaciteit van gemiddeld 228.000 ton afval- en reststoffen per jaar. De installatie is momenteel in aanbouw en zal naar verwachting in 2011 operationeel zijn waarbij gereinigde rookgassen via een centrale schoorsteen worden geëmitteerd naar de lucht. Onder de overheersende windrichting zullen de rookgassen zich vooral in noord-noordoostelijke richting verspreiden waarbij de concentraties door verdunning geleidelijk zullen afnemen. In dit depositiegebied van de installatie bevinden zich voornamelijk akkerbouwbedrijven, veehouderijen en enkele glastuinbouwbedrijven. Om eventuele effecten van de uitstoot op de kwaliteit van gewassen en agrarische producten in de directe omgeving van de installatie vast te stellen is in opdracht van LTO Noord begin 2010 een biomonitoringprogramma geïmplementeerd.

Biomonitoring met behulp van planten is een techniek waarmee zowel nationaal als internationaal veel ervaring is opgedaan. Hierbij worden planten ingezet als indicatoren of als accumulatoren. Indicatoren zijn gevoelige plantensoorten die met min of meer specifieke zichtbare symptomen reageren op een bepaalde luchtverontreinigingscomponent. Accumulatoren zijn plantensoorten die een bepaalde component relatief snel uit de lucht opnemen en opslaan meestal zonder dat daarbij zichtbare effecten optreden. Doel van het monitoringprogramma is het vroegtijdig registreren 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.

In dit rapport wordt de opzet van het biomonitoringprogramma en de eerste resultaten beschreven. Het monitoringprogramma rond de REC is in februari 2010 gestart en bestaat uit vijf meetpunten waar gevoelige en sterk accumulerende plantensoorten op een gestandaardiseerde wijze jaarrond worden geteeld. Na een bepaalde expositietijd worden de planten visueel beoordeeld en geanalyseerd op een aantal componenten die door de installatie geëmitteerd zullen gaan 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 verwachte invloedssfeer van de installatie, landelijke achtergrondgehalten en normen voor consumptie- of veevoederkwaliteit. Let wel, in 2010 was de installatie in aanbouw en nog niet operationeel. De resultaten die in dit rapport worden gepresenteerd geven een beeld van de bestaande belasting in de omgeving van Harlingen zonder bijdrage van de REC (nul-meting).

Het biomonitoringprogramma rond de REC komt wat opzet betreft grotendeels overeen met lopende biomonitoringprogramma's rond de HVC afvalcentrale in Alkmaar en de Afvalverwerkingsinstallatie van Attero (voorheen Essent Milieu) in Wijster (Van Dijk & Van Alfen, 2010a; Van Dijk *et al.*, 2010). Dit biedt de mogelijkheid gegevens uit de verschillende monitoringprogramma's onderling te vergelijken.

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de metingen die in de periode februari tot en met december 2010 zijn uitgevoerd. Op verschillende tijdstippen zijn analyses uitgevoerd in spinazie, boerenkool, koemelk, gras en 'kalkpapiertjes' (Tabel 1). In Hoofdstuk 2 worden de resultaten per component gepresenteerd en toegelicht. 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 I. Informatie over de opzet en uitvoering van het biomonitoringprogramma en een toelichting op de keuze van de verschillende componenten is toegevoegd als Bijlage II. Enkele meteorologische gegevens zijn als Bijlage III toegevoegd.

2. Resultaten 2010

2.1 Cadmium

De cadmiumgehalten in spinazie varieerden van 80 tot 128 μg per kilogram vers gewicht ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.). Alle gehalten kwamen, zowel op de meetpunten rond de installatie als op het referentiepunt, overeen met de range voor het landelijk achtergrondniveau. De gehalten in boerenkool, die in de herfst en winter werd geteeld, varieerden tussen 18 en 42 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. Ook hiervoor geldt dat alle gehalten zowel op de meetpunten rond de REC als op het referentiepunt overeen kwamen met de range voor het landelijk achtergrondniveau. Het maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten van 200 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. is in beide gewassen niet overschreden (Tabel 2).

Gemiddeld lagen de gehalten van alle meetpunten binnen de range voor het achtergrondniveau en er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op de meetpunten binnen het verwachte depositiegebied van de REC en het referentiepunt. Cadmiumgehalten in spinazie en boerenkool vertonen enige variatie zowel tussen meetpunten onderling als over het seizoen. Dit beeld komt overeen met dat van referentiemeetpunten van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland en verklaart ook de relatief grote spreiding rond het landelijk achtergrondniveau. Volledigheidshalve kan nog gemeld worden dat bij beide gewassen geen specifieke zichtbare symptomen zijn waargenomen als gevolg van een verhoogde cadmiumopname. Dat was ook niet te verwachten want zichtbare symptomen treden pas op bij gehalten ruim boven de norm van 200 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. (Stoop & Rennen, 1991).

Tabel 2. Cadmiumgehalten in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.) op vijf meetpunten rond de REC in Harlingen.

Gewas	Monster-name	Meetp 1	Meetp 2	Meetp 3	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	LA ¹	MAX ²
Spinazie	Week 18	96	96	96	96	96	95 ± 32	200
	Week 22	112	112	128	112	120	95 ± 32	200
	Week 26	88	88	80	88	80	95 ± 32	200
	Week 30	80	96	88	104	88	95 ± 32	200
	Week 34	104	104	104	106	64	95 ± 32	200
	Gemiddelde	96	99	99	101	90		
Boerenkool	Week 42	26	42	34	35	30	30 ± 18	200
	Week 50	18	26	19	26	21	30 ± 18	200
	Gemiddelde	22	34	27	31	26		

¹ Landelijk achtergrondniveau in $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.

² MAXimaal toelaatbaar gehalte voor bladgroenten in $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.

2.2 Kwik

De kwikgehalten in spinazie en boerenkool (Tabel 3) waren relatief laag en lagen binnen de range voor het landelijk achtergrondniveau. Voor kwik in bladgroenten is geen maximaal toelaatbaar gehalte vastgesteld.

Gemiddeld lagen de gehalten van alle meetpunten binnen de range voor het achtergrondniveau en er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op de meetpunten binnen het verwachte depositiegebied van de REC en het referentiepunt. Het algemene beeld van relatief lage kwikgehalten in spinazie en boerenkool komt

overeen met het beeld op referentiemeetpunten van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland. Ook voor kwik geldt dat bij beide gewassen geen specifieke zichtbare symptomen zijn waargenomen als gevolg van een verhoogde kwikopname. Dat was ook niet te verwachten want zichtbare symptomen treden pas op bij gehalten ruim boven de $200 \mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. (Stoop & Rennen, 1991).

Tabel 3. *Kwikgehalten in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.) op vijf meetpunten rond de REC in Harlingen.*

Gewas	Monster-name	Meetp 1	Meetp 2	Meetp 3	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	LA ¹
Spinazie	Week 18	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	<5
	Week 22	1,0	1,0	1,2	1,4	1,3	<5
	Week 26	0,9	1,0	0,7	1,0	1,0	<5
	Week 30	0,8	1,0	0,9	1,0	0,9	<5
	Week 34	2,2	2,1	2,2	2,0	1,7	<5
	Gemiddelde	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	
Boerenkool	Week 42	2,4	3,4	2,7	2,9	2,6	<10
	Week 50	3,5	4,2	3,5	4,0	4,0	<10
	Gemiddelde	3,0	3,8	3,1	3,5	3,3	

¹ Landelijk achtergrondniveau in $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.

2.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen

Uit deze groep van organische verbindingen zijn de 13 uit toxiciteitsoogpunt belangrijkste componenten bepaald en gesommeerd (Tabel 4). De gehalten per individuele component zijn weergegeven in Bijlage IV. De PAK-gehalten in spinazie, dat in voorjaar en zomer werd geteeld, varieerden van 38 tot $160 \mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. Alle gehalten kwamen, zowel op de meetpunten in het verwachte depositiegebied als op het referentiepunt, overeen met de range voor het landelijk achtergrondniveau. De PAK-gehalten in boerenkool, die in de herfst en winter werd geteeld vertoonden een grote spreiding. De gehalten varieerden tussen 69 en $450 \mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. In week 42 lagen de gehalten op alle meetpunten nog binnen de range voor het landelijk achtergrondniveau. In week 50 echter werden op meerdere meetpunten gehalten gevonden boven het achtergrondniveau, met als uitschieter $450 \mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. op meetpunt 2. Hogere gehalten waren mat name het gevolg van hoge gehalten aan fenantreen, fluorantheen en pyreen, componenten uit de groep laag moleculaire PAK's. Hogere gehalten van enkele componenten uit de groep van 13 duiden meestal op een afwijking in de monsterverwerking en/of analyse. Bij blootstelling van gewassen aan PAK's in de buitenlucht zijn over het algemeen de gehalten van alle individuele componenten verhoogd. Het is dus niet aannemelijk dat de boerenkool in de betreffende periode aan hogere PAK concentraties is blootgesteld geweest.

Gemiddeld lagen de gehalten in spinazie en boerenkool op alle meetpunten (net) binnen de range voor het achtergrondniveau en er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op de meetpunten binnen het verwachte depositiegebied van de REC en het referentiepunt. PAK-gehalten in spinazie en boerenkool vertonen een relatief grote variatie zowel tussen meetpunten onderling als over het seizoen. Dit beeld komt overeen met dat van referentiemeetpunten van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland en verklaart ook de relatief grote spreiding rond het landelijk achtergrondniveau. Een toetsing van de gevonden gehalten aan normen of advieswaarden is niet mogelijk, voor PAK in bladgroenten is geen maximaal toelaatbaar gehalte vastgesteld.

Tabel 4. PAK-gehalten (som van 13 componenten) in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.) op vijf meetpunten rond de REC in Harlingen.

Gewas	Monstername	Meetp 1	Meetp 2	Meetp 3	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	LA ¹
Spinazie	Week 18	58	38	48	73	56	120 ± 81
	Week 22	99	110	130	130	110	120 ± 81
	Week 26	92	78	160	99	94	120 ± 81
	Week 30	62	84	76	69	60	120 ± 81
	Week 34	88	120	110	100	130	120 ± 81
	Gemiddelde	80	86	105	94	90	
Boerenkool	Week 42	69	92	88	140	140	150 ± 120
	Week 50	150	450	260	280	200	150 ± 120
	Gemiddelde	110	271	174	210	170	

¹ Landelijk achtergrondniveau in $\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.

2.4 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's

Uit deze groep van organische verbindingen zijn de 17 uit toxiciteits oogpunt belangrijkste dioxineverbindingen en 12 dioxine-achtige PCB's bepaald en gesommeerd (Tabel 5). De gehalten per individuele component zijn weergegeven in Bijlage V. De dioxinegehalten in koemelk afkomstig uit het verwachte maximum depositiegebied lagen zowel in het voor- als in het najaar binnen de range voor het landelijk achtergrondniveau. Bij gehalten op achtergrondniveau was er uiteraard geen sprake van overschrijding van het maximaal toelaatbare gehalte van 3 pg TEQ g⁻¹ vet. Ook het gehalte aan dioxine-achtige PCB's kwam overeen met het achtergrondniveau. Het gesommeerde gehalte van dioxinen en dioxine-achtige PCB's bleef ruim beneden het maximaal toelaatbare gehalte voor melk en melkproducten van 6 pg TEQ g⁻¹ vet.

Tabel 5. Gehalte aan dioxinen (som 17 componenten) en dioxine-achtige PCB's (som 12 componenten) in koemelk (pg TEQ/g vet) afkomstig uit het verwachte maximum depositiegebied van de REC in Harlingen.

Componenten	Monstername	Gehalte (pg TEQ/g vet)	LA ¹	MAX ²
Dioxinen	Week 22	0,27	0,64 ± 0,32	3
	Week 38	0,24	0,64 ± 0,32	3
PCB's	Week 22	0,22	0,87 ± 0,27	
	Week 38	0,23	0,87 ± 0,27	
Dioxinen+PCB's	Week 22	0,49		6
	Week 38	0,47		6

¹ Landelijk achtergrondniveau (pg TEQ/g vet).

² MAXimaal toelaatbaar gehalte voor melk en melkproducten (pg TEQ/g vet).

2.5 Fluoriden

2.5.1 Fluoriden in kalkpapieren

Fluoridengehalten in kalkpapiertjes geven een beeld van de belasting door gasvormige anorganische fluoriden in het gebied rond Harlingen (Tabel 6). De hoogste waarde van $0,23 \mu\text{g g}^{-1}\text{d}^{-1}$ werd in juli 2010 gemeten op meetpunt 3 en was iets hoger dan de range voor het landelijk achtergrondniveau van $< 0,13 \mu\text{g g}^{-1}\text{d}^{-1}$. Ook op de overige meetpunten werd in die periode het achtergrondniveau iets overschreden. Alle overige meetwaarden kwamen overeen met het achtergrondniveau.

De jaargemiddelde gehalten lagen binnen de range voor het achtergrondniveau en er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op de meetpunten binnen het verwachte depositiegebied van de REC en het referentiepunt. Uit monitoringprogramma's rond industriële bronnen is bekend dat fluoridengehalten in kalkpapiertjes over het seizoen kunnen variëren als gevolg van verschillen in (klimaat)omstandigheden (zie ook Bijlage II-3). De niveaus zoals die op de meetpunten rond Harlingen zijn gemeten komen overeen met die van verschillende meetpunten in niet-additioneel belaste gebieden in de provincie Groningen (Siddeburen, Wildervank, Eemshaven en Noordpolderzijl). Op deze punten wordt met de zelfde methode de achtergrondbelasting van fluoriden bepaald.

Op grond van de relatie tussen de atmosferische fluoridenconcentratie en het fluoridengehalte in kalkpapieren is het mogelijk de jaargemiddelde gehalten van de verschillende meetpunten te toetsen aan het maximaal toelaatbare risiconiveau voor lucht ($\text{MTR}_{\text{lucht}}$, zie ook Bijlage I). De $\text{MTR}_{\text{lucht}}$ als jaargemiddelde komt overeen met een gehalte in kalkpapieren van $0,16 \mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$. De jaargemiddelden rond Harlingen varieerden van $0,09$ tot $0,13 \mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$, de MTR werd niet overschreden. In het algemeen geldt echter dat het landelijk achtergrondniveau de MTR voor het jaargemiddelde dicht benadert. Een geringe toename van de fluoridenbelasting leidt dan al tot overschrijding van de MTR waarde.

Tabel 6. Fluoridengehalten in kalkpapieren ($\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$) op vijf meetpunten rond de REC in Harlingen.

Monstername	Meetp 1	Meetp 2	Meetp 3	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	LA ¹
11-02/10-03	0,07	0,05	0,07	0,03	0,06	< 0,13
11-03/07-04	0,12	0,11	0,17	0,08	0,09	< 0,13
08-04/05-05	0,12	0,12	0,15	0,11	0,12	< 0,13
06-05/02-06	0,11	0,12	0,17	0,12	0,14	< 0,13
03-06/30-06	0,12	0,15	0,15	0,16	0,14	< 0,13
01-07/28-07	0,19	0,19	0,23	0,21	0,15	< 0,13
29-07/25-08	0,11	0,11	0,10	0,08	0,06	< 0,13
26-08/22-09	0,06	0,07	0,10	0,07	0,05	< 0,13
23-09/20-10	0,08	0,08	0,12	0,07	0,12	< 0,13
21-10/17-11	0,05	0,03	0,13	0,05	0,04	< 0,13
18-11/15-12	0,06	0,01	0,02	0,03	0,09	< 0,13
Gemiddelde	0,10	0,09	0,13	0,09	0,10	

¹ Landelijk achtergrondniveau ($\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$).

2.5.2 Fluoriden in gras

De fluoridgehalten in gras (Tabel 7) volgden globaal het normale seizoenspatroon met hogere gehalten in de winterperiode en lagere gehalten in de zomer. De seizoenafhankelijkheid is, bij een constante belasting, 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. Daarnaast is in deze periode de kans groter dat het gemonsterde gras enigszins verontreinigd is met grond (dat over het algemeen meer fluoride bevat dan gras).

Met name in de zomerperiode waren de gehalten relatief laag, waarvan een aantal beneden de aantoonbaarheids-grens¹ van $1 \mu\text{g g}^{-1}$. De hoogste waarde van $26,4 \mu\text{g g}^{-1}$ werd in de periode februari-maart 2010 (week 10) gemeten op meetpunt 1 en was iets hoger dan de adviesnorm voor veevoer voor jongvee van $25 \mu\text{g g}^{-1}$ d.s. als absoluut maximum. Ook op de meetpunten 2 en 3 werden in die periode hogere gehalten gevonden dan op grond van het seizoenpatroon werd verwacht. In december 2010 (week 50) waren de gehalten op meetpunt 1 en 3 iets hoger ten opzichte van het achtergrondniveau, de adviesnorm werd echter niet overschreden.

Gemiddeld lagen de gehalten voor de vijf meetpunten binnen de range voor het achtergrondniveau en er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op de meetpunten binnen het verwachte depositiegebied van de REC en het referentiepunt. Het algemene beeld dat de fluoridgehalten in gras enige variatie vertonen over de seizoenen waarbij in de winterperiode incidenteel de adviesnorm voor veevoer (net) wordt overschreden komt overeen met de resultaten van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland.

Tabel 7. Fluoridgehalten in gras ($\mu\text{g g}^{-1}$ d.s.) op vijf meetpunten rond de REC in Harlingen.

Monstername	Meetp 1	Meetp 2	Meetp 3	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	LA ¹	Advies norm ²
Week 10	26,4	21,0	18,4	11,3	11,0	9,5	25
Week 14	6,1	11,4	11,2	3,6	3,8	5,5	25
Week 18	2,0	1,0	1,7	2,5	<1,0	3,0	25
Week 22	<1,0	<1,0	<1,0	1,5	2,4	3,0	25
Week 26	<1,0	<1,0	2,0	2,6	<1,0	2,5	25
Week 30	2,5	1,9	<1,0	1,9	<1,0	3,0	25
Week 34	<1,0	<1,0	<1,0	2,4	<1,0	3,0	25
Week 38	<1,0	<1,0	<1,0	4,3	<1,0	3,5	25
Week 42	1,1	2,2	<1,0	9,1	1,8	4,0	25
Week 46	2,6	2,8	6,0	12,9	5,6	5,0	25
Week 50	15,5	9,4	23,2	10,5	8,0	6,0	25
Gemiddelde	5,5	4,9	6,1	5,7	3,4		

¹ Landelijk achtergrondniveau ($\mu\text{g g}^{-1}$ d.s.).

² Adviesnorm voor veevoer voor jongvee.

¹ Bij berekeningen is voor gehalten beneden de aantoonbaarheidsgrens de waarde van de aantoonbaarheidsgrens aangehouden.

3. Evaluatie

Zware metalen cadmium en kwik

De zware metalen cadmium en kwik zijn relatief vluchtige componenten die o.a. vrijkomen bij verbranding van afval. Als de REC operationeel is zullen deze componenten deels via de rookgassen worden afgevoerd. Zowel cadmium als kwik worden relatief snel geaccumuleerd in plantenweefsel en zijn relevant voor de consumptiekwaliteit van (groente) gewassen. Om die reden worden in het monitoringprogramma de cadmium- en kwikgehalten in spinazie (voorjaar en zomer) en boerenkool (herfst en winter) bepaald.

De cadmium- en kwikgehalten in zowel spinazie als boerenkool kwamen overeen met het landelijk achtergrondniveau. Er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op de meetpunten binnen het verwachte depositiegebied van de REC en het referentiepunt. Het maximaal toelaatbare gehalte voor cadmium in bladgroenten is op geen van de meetpunten overschreden. Voor kwik is geen maximaal toelaatbaar gehalte voor bladgroenten vastgesteld. Gezien de relatief lage kwikgehalten die zijn gevonden is daarvoor ook geen directe noodzaak. De resultaten tonen aan dat er geen sprake is geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de onderzochte spinazie en boerenkool.

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. Bepaling van de PAK gehalten is relevant omdat vooral aan PAK's met een hoog moleculegewicht een carcinogene (kankerverwekkende) werking wordt toegeschreven. Uit deze groep van organische verbindingen zijn de zestien uit toxiciteitsoogpunt belangrijkste componenten bepaald in spinazie en boerenkool. Verhoogde gehalten in bovengrondse plantendelen zijn voornamelijk het gevolg van bovengrondse opname. Voor PAK's zijn geen normen voor consumptiekwaliteit van bladgroenten beschikbaar. Wel worden de analyseresultaten getoetst aan achtergrondwaarden en vergeleken met gehalten uit andere biomonitoringprogramma's.

Het merendeel van de PAK-gehalten in spinazie en boerenkool kwam overeen met het landelijk achtergrondniveau. Er was wel sprake van variatie in gehalten tussen meetpunten, en over het seizoen, met name in boerenkool. Gehalten hoger dan het achtergrondniveau waren het gevolg van hogere gehalten aan fenantreen, fluorantheen en pyreen, componenten uit de groep laag moleculaire, relatief ongevaarlijke PAK's. De oorzaak van deze incidenteel hoge gehalten is niet bekend, maar het is meer aannemelijk dat het een gevolg is van een afwijking in de monsterverwerking of analyse dan dat de planten zijn blootgesteld geweest aan verhoogde PAK concentraties. Het algemene beeld komt overeen met de resultaten van metingen uit vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland. Er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op de meetpunten binnen het verwachte depositiegebied van de REC en het referentiepunt. Voor PAK-gehalten in land- en tuinbouwproducten zijn geen normen of advieswaarden beschikbaar waaraan getoetst kan worden. Op grond van de resultaten is het echter niet aannemelijk dat er sprake is geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de onderzochte spinazie en boerenkool, ondanks een enkele overschrijding van het achtergrondniveau.

Dioxinen

Sinds het aantonen van verhoogde dioxinegehalten in melk uit het Lickebaertgebied in 1989 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 tweemaal per jaar de uit toxiciteitsoogpunt belangrijkste dioxinen en dioxine-achtige PCB's bepaald in koemelk afkomstig uit het verwachte depositiegebied van de REC.

De gehalten aan dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk, afkomstig van een melkveehouderij in de directe omgeving van de REC, kwamen overeen met de respectievelijke achtergrondniveaus. De som van de gehalten aan dioxinen en PCB's bleven ruim beneden het maximaal toelaatbare gehalte voor melk en melkproducten.

De resultaten tonen aan dat er geen sprake is van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de onderzochte koemelk.

Fluoriden

Monocotyle plantensoorten zoals tulpen zijn relatief gevoelig voor fluoridenhoudende luchtverontreiniging. In dit depositiegebied van de installatie worden op verschillende percelen tulpen geteeld. Ook bij dieren kunnen schadelijke effecten optreden (fluorosis) door het consumeren van planten waarin fluoriden zijn geaccumuleerd of waarop deeltjes- en/of aerosolvormig fluoriden is gedeponeerd. Om die reden worden in het monitoringprogramma zowel de fluoriden gehalten in 'kalkpapiertjes' als in gras bepaald. Negatieve effecten op planten of dieren zijn alleen te verwachten als sprake is van een meer langdurende, chronische blootstelling waarbij fluoriden accumuleren in planten en vervolgens worden opgenomen door vee of in het wild levende herkauwers. Voor het in beeld brengen van de potentiële risico's voor planten en dieren zijn dus met name de lange-termijn effecten van belang.

De fluoridengehalten in kalkpapiertjes geven een beeld van de huidige belasting door gasvormige anorganische fluoriden in het gebied rond Harlingen. De gehalten in kalkpapiertjes lagen voor het merendeel binnen de range voor het landelijk achtergrondniveau. Verspreid over het jaar en op verschillende meetpunten werden enkele gehalten gemeten die iets hoger waren dan het achtergrondniveau. Er zijn echter geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op de meetpunten binnen het verwachte depositiegebied van de REC en het referentiepunt. Op grond van de relatie tussen de atmosferische fluoridenconcentratie en het fluoridengehalte in kalkpapier zijn de jaargemiddelde gehalten vergeleken met het maximaal toelaatbare risiconiveau voor lucht (MTR_{lucht}). De MTR_{lucht} als jaargemiddelde is niet overschreden. In het algemeen geldt dat het landelijk achtergrondniveau de MTR voor het jaargemiddelde dicht benadert. Een geringe toename van de fluoridenbelasting leidt dan al tot overschrijding van de MTR waarde. De resultaten tonen aan dat de atmosferische fluoridenconcentraties geen risico vormen voor gevoelige plantensoorten.

Gezien de onzekerheden in de MTR_{lucht} berekening wordt door de Gezondheidsraad aanbevolen om in geval van twijfel over een eventuele te hoge belasting van vee via het voer, in aanvulling op het toetsen van de concentraties in de lucht aan de MTR_{lucht} , de gehalten in het voer te toetsen aan de door de Raad voorgestelde maximaal toelaatbare gehalten. Hoewel daar op dit moment geen aanleiding toe is zijn in het biomonitoringprogramma de fluoridengehalten in gras bepaald als maat voor de huidige achtergrondbelasting.

De fluoridengehalten in gras volgden het normale seizoenspatroon met hogere gehalten in de winterperiode en lagere gehalten in de zomer. Het merendeel van de gehalten kwam overeen met het achtergrondniveau. In één grasmonster werd de meest strikte adviesnorm voor veevoer voor jongvee net overschreden. Er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op de meetpunten binnen het verwachte depositiegebied van de REC en het referentiepunt. Het algemene beeld van hogere fluoridengehalten in de winterperiode en lagere gehalten in de zomer waarbij in de winterperiode incidenteel de adviesnorm voor veevoer (net) wordt overschreden komt overeen met de resultaten van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland. Met betrekking tot het risico voor vee zijn de gevonden gehalten van geen betekenis.

4. Conclusies

Het biomonitoringprogramma rond de REC is in februari 2010 gestart op vier meetpunten in het verwachte depositiegebied van de REC en een referentiepunt buiten de invloedssfeer van de installatie. Gedurende het seizoen zijn gevoelige en sterk accumulerende plantensoorten op een gestandaardiseerde wijze geteeld. Na een bepaalde expositietijd zijn de planten visueel beoordeeld en geanalyseerd op een aantal componenten die door de installatie geëmitteerd zullen gaan worden. Let wel, in 2010 was de installatie nog in aanbouw en niet operationeel.

Op grond van de resultaten van het afgelopen jaar kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- de resultaten geven een beeld van de huidige belasting in de directe omgeving van Harlingen, zonder bijdrage van de REC (nul-meting);
- er zijn geen verschillen gevonden tussen de belasting binnen het verwachte depositiegebied van de REC en het referentiepunt;
- het merendeel van de in gewassen en producten bepaalde gehalten kwamen overeen met het achtergrondniveau voor de betreffende component. De variatie in gehalten valt binnen de verwachte spreiding;
- in enkele boerenkoolmonsters was het totaal PAK-gehalte verhoogd ten opzichte van het achtergrondniveau als gevolg van hogere gehalten van drie specifieke componenten. Het is niet aannemelijk dat de planten blootgesteld zijn geweest aan verhoogde PAK concentraties, een afwijking in de monstervoorbehandeling of analyse ligt meer voor de hand;
- bij de huidige belastingniveaus is er geen sprake is van een potentieel risico met betrekking tot de consumptie-kwaliteit van de onderzochte gewassen en koemelk;
- in één grasmonster werd de adviesnorm voor fluoriden in veevoer voor jongvee net overschreden. De fluoridengehalten in gras vormen echter geen potentieel risico voor gevoelige plantensoorten en vee;
- het algemene beeld met betrekking tot de belasting rond Harlingen komt overeen met dat van achtergrond-metingen uit vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland.

In 2011 wordt het monitoringprogramma voortgezet. De verwachting is dat de REC eind maart in gebruik zal worden genomen. De resultaten zullen uitwijzen of de emissie van de REC een aantoonbare bijdrage levert aan de milieubelasting in de omgeving van Harlingen.

Referenties

- EU, 2006.
 VERORDENING (EG) Nr. 1881/2006 VAN DE COMMISSIE van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen.
 Bron: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:NL: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.
- Liem, A.K.D., R. van der Berg, H.J. Bremmer, J.M. Hesse & W. Slooff, 1993.
 Integrated criteria document dioxins. National Institute of Public Health and Environmental Protection. Report no. 710401032, Bilthoven, 191 pp.
- Milieujaarverslag, 2010.
 Essent Milieu, Wijster. 31 maart 2010.
- 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.
- Stoop, J.M., R.J.D. Leemans & A.J.M. Rennen, 1992.
 Schadelijke stoffen voor de land- en tuinbouw. Kwik. Centrum voor Landbouw en Milieu, CLM 100-1992, Utrecht, 60 pp.
- Stoop, J.M. & A.J.M. Rennen, 1991.
 Schadelijke stoffen voor land- en tuinbouw. Cadmium. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht, 55 pp.
- 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, 2010a.
 Gewasmonitoringprogramma rond de Geïntegreerde Afvalverwerkingsinstallatie Wijster. Januari t/m december 2009. Plant Research International Rapport 342, Wageningen. 33 pp.
- Van Dijk, C.J. & A.J. van Alfen, 2010b.
 Fluoridehoudende luchtverontreiniging in de provincie Groningen. Evaluatie van de regionale achtergrondbelasting in de periode april 2009 – april 2010. Notitie Plant Research International, Wageningen.
- Van Dijk, C.J., A.J. van Alfen & W.J. van Doorn, 2010.
 Biomonitoringprogramma rondom HVCafvalcentrale te Alkmaar. - Januari t/m december 2009. Plant Research International Rapport 343, Wageningen, 31 pp.
- 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.

Wania, F., 1999.

On the origin of elevated levels of persistent chemicals in the environment. *Environmental Science and Technology* 30: 360A-396A.

Wania, F. & D. Mackay, 1993.

Global fractionation and cold condensation of low volatility organochlorine compounds in polar regions. *Ambio* 22: 10-18.

WHO, 1998.

Preparation and use of food-based dietary guidelines. WHO Technical Report Series, Geneva, 108 pp.

Bijlage I.

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 de landelijke achtergrondgehalten (voor zover bekend) en getoetst aan normen voor consumptie- of veevoederkwaliteit.

In 2009 zijn de landelijke achtergrondwaarden voor cadmium, kwik en PAK's in spinazie en boerenkool opnieuw geïnventariseerd. De in Tabel I-1 weergegeven achtergrondgehalten zijn gebaseerd op gemeten gehalten op twee referentielocaties van vergelijkbare biomonitoringprogramma's rond afvalverbrandingsinstallaties in Nederland over de afgelopen tien jaar. De referentielocaties lagen buiten de invloedssfeer van de installaties. Het achtergrondgehalte voor dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk is gebaseerd op een inventarisatie van het RIKILT en RIVM waarbij het gemiddelde gehalte werd bepaald in melk uit niet additioneel belaste gebieden.

Voor consumptiegewassen (spinazie en boerenkool) gelden de normen zoals vastgelegd in de *EU verordening tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen* (EU, 2006). Deze zijn in plaats gekomen van de Nederlandse Warenwetnormen. In de verordening zijn normen opgenomen voor o.a. zware metalen in bladgroenten zoals spinazie en boerenkool en dioxinen/PCB gehalte in koemelk. Voor kwik en PAK-gehalten in bladgroenten zijn geen normen geformuleerd (Tabel I-1).

Er zijn in het verleden milieukwaliteitsnormen voor fluoriden in lucht afgeleid ten behoeve van de prioritare stoffen (VROM, 2001). De milieukwaliteitsnormen voor fluoriden (MTR en streefwaarde) worden wel genoemd in het 'Groene Boekje' (VROM, 1999), maar zijn niet officieel vastgesteld door de Stuurgroep Stoffen in het kader van de (Inter-) nationale Normen Stoffen (INS). Wel worden deze MTR en streefwaarde gebruikt als richtwaarden voor de toetsing van het beleid.

MTR _{lucht} (daggemiddelde):	0,3	µg m ⁻³
MTR _{lucht} (jaargemiddelde):	0,05	µg m ⁻³
Streefwaarde (jaargemiddelde):	0,0005	µg m ⁻³

Uit een studie van Hoekstra *et al.* (2009) blijkt dat fluoridenniveaus zoals die nu in Nederland voorkomen, zowel in onbelaste gebieden als rond lokale bronnen, niet leiden tot acute effecten op planten of dieren als gevolg van kortdurende hoge blootstellingniveaus via de lucht. Negatieve effecten op planten of dieren zijn alleen te verwachten als sprake is van een meer langdurende, chronische blootstelling waarbij fluoriden accumuleren in planten en vervolgens worden opgenomen door vee of in het wild levende herkauwers. Voor het in beeld brengen van de potentiële risico's voor planten en dieren zijn dus met name de lange-termijn effecten van belang. Toetsing aan de daggemiddelde MTR is daarmee minder relevant geworden ook omdat de risico's worden overschat. Verder geldt dat enkele overschrijdingen van de norm niet betekent dat negatieve effecten bij planten en/of vee ook daadwerkelijk zullen optreden (actueel risico), dat hangt namelijk ook af van factoren als de aan- of afwezigheid van de risicogroep, de emissie, de verspreiding en de gevoeligheid voor de betreffende component. Geconcludeerd wordt dat het potentiële risico voor planten en dieren als gevolg van fluoriden bepaald kan worden door jaargemiddelde gehalten te toetsen aan de MTR voor het jaargemiddelde, als maat voor een *worst case* situatie.

Gezien de onzekerheden in de MTR berekening wordt door de Gezondheidsraad aanbevolen om in geval van twijfel over een eventuele te hoge belasting van vee via het voer, in aanvulling op het toetsen van de concentraties in de lucht aan de MTR-waarde, de gehalten in het voer te toetsen aan het door de Raad voorgestelde maximaal toelaatbare gehalten. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de wetenschappelijke basis voor deze veevoernorm nog smaller is dan die voor planten.

Maximaal toelaatbaar gehalte voor jong rundvee: 25 $\mu\text{g g}^{-1}$ voer.

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

Het seizoenafhankelijk achtergrondgehalte voor fluoriden in gras werd afgeleid door het jaargemiddelde achtergrondgehalte te corrigeren met een seizoensindex. De index is bepaald op basis van analyses rond een aantal fluoridenbronnen in Nederland (Van der Eerden, 1991).

Tabel I-1. *Overzicht van de maximaal toelaatbare gehalten en achtergrondgehalten voor de verschillende componenten en gewassen.*

Component	Gewas/ Product	MAX	Achtergrond- gehalte	Eenheid	Herkomst Achtergrondgehalte
Cadmium	Spinazie	200 ^a	95 ± 32	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties van monitoring-projecten rond AVI's (1999-2008)
	Boerenkool	200 ^a	30 ± 18	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties van monitoring-projecten rond AVI's (1999-2008)
Kwik	Spinazie	-	<5	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties van monitoring-projecten rond AVI's (1999-2008)
	Boerenkool	-	< 10	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties van monitoring-projecten rond AVI's (1999-2008)
PAK's	Spinazie	-	120 ± 81	$\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.	Referentielocaties van monitoring-projecten rond AVI's (1999-2008)
	Boerenkool	-	150 ± 120	$\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.	Referentielocaties van monitoring-projecten rond AVI's (1999-2008)
Dioxinen	Koemelk	3 ^b	0,64 ± 0,32	pg TEQ g ⁻¹ vet	RIKILT/RIVM inventarisatie uitgevoerd in 1999-2000 (Traag pers. med.)
Dioxine-achtige PCB's	Koemelk	6 ^b	0,87 ± 0,27	pg TEQ g ⁻¹ vet	RIKILT/RIVM inventarisatie uitgevoerd in 1999-2000 (Traag pers. med.)
Fluoriden	Kalkpapieren	0,16 ^c	<0,13	$\mu\text{g g}^{-1}$ d ¹	Metingen i.o.v. RIVM en provincie Groningen (Van Dijk & van Alfen, 2010)
Fluoriden	Gras	25 ^d	2,5-9,5	$\mu\text{g g}^{-1}$ d.s.	Jaargemiddelde van 5 $\mu\text{g g}^{-1}$ d.s. vermenigvuldigd met een seizoenindex (Van der Eerden, 1991)

^a maximaal toelaatbaar gehalte in bladgroenten ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.).

^b maximaal toelaatbaar gehalte voor melk en melkproducten (pg TEQ/g vet).

^c maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR_{lucht}) als jaargemiddelde van 0,05 $\mu\text{g m}^{-3}$ komt overeen met een gehalte in kalkpapieren van 0,16 $\mu\text{g g}^{-1}$ d¹.

^d maximaal toelaatbaar gehalte in veevoer voor jong rundvee ($\mu\text{g g}^{-1}$ d.s.).

Bijlage II.

Opzet biomonitoringprogramma

II-1 Algemeen

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 II-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 II-1. Overzicht van de verschillende gewassen en producten, de bijbehorende componenten en de bemonsteringfrequenties en aantallen per jaar.

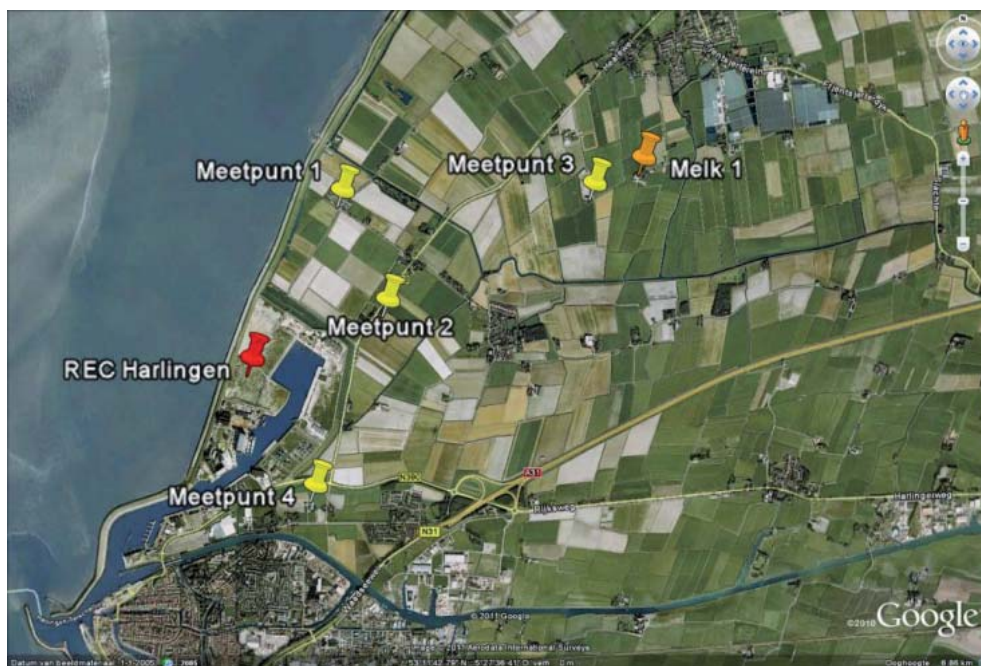
Gewas/ product	Component	Periode	Bemonstering- frequentie per jaar	Aantal locaties	Totaal aantal analyses
Spinazie	Cd, Hg, PAK's	Voorjaar/zomer	5	5	25
Boerenkool	Cd, Hg, PAK's	Herfst/winter	3	5	15
Koemelk	Dioxinen en PCB's	Voor- en najaar	2	1	2
'Kalkpapiere'	Fluoriden	Jaarrond (4-wekelijks)	13	5	65
Gras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

II-2 Meetpunten

Situering

Gekozen is voor een meetstrategie waarin het monitoren vooral een bewakingsfunctie heeft. 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 verwachte 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 (Tabel II-2 en Figuur II-1). Één van de meetpunten (2) ligt in het verwachte depositiemaximum op ca. 1000-1250 m ten noordoosten van de installatie. Op dezelfde lijn op circa 2000-2500 m afstand is eveneens een meetpunt aangelegd (3). Op grotere afstand in de omgeving van Penjum, op circa 8 km ten zuiden van de installatie en buiten de directe invloedssfeer van de installatie 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.



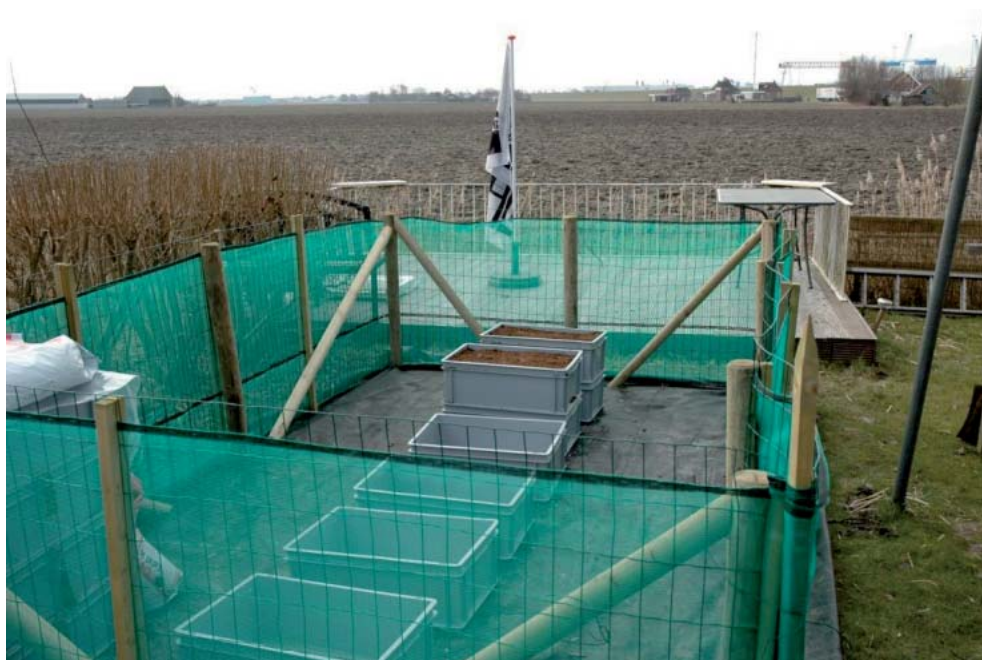
Figuur II-1. Geografische ligging van de meetpunten 1 tot en met 4 rond de REC. Ook is de melkveehouderij aangegeven waar melkmonsters worden genomen ('Melk 1'). Meetpunt 5, het referentiepunt staat niet in de figuur, deze ligt op circa 8 km ten zuiden van de REC in Pingjum.

Tabel II-2. Overzicht van de adressen waar de meetpunten van het biomonitoringprogramma zich bevinden.

Meetpunt	Naam	Adres	Coördinaten
1	Mts. Tichelaar	Hoarnesteek 8, 8857 RB Wijnaldum	53°12'17.08 "N 5°26'25.44"O
2	J. Graham	Haulerwei 7a, 8857 RE Wijnaldum	53°11'48.64 "N 5°26'45.13"O
3	D. de Jong	Haerewei 7, 8856 BT Pietersbierum	53°12'18.88 "N 5°28'14.97"O
4	Mts. De Jong Velsma	Harlingerstraatweg 36, 8872 NB Midlum	53°11'0.34 "N 5°26'13.75"O
5	W. de Witte	Strandweg 2, 8749 TG Pingjum	53° 7'10.56 "N 5°24'30.03"O
Melk 1	S. Bootsma	Leane 7, 8856 XH Pietersbierum	53°12'25.55 "N 5°28'36.23"O

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 II-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 II-2. Overzicht van één van de meetpunten van het biomonitoringprogramma, net na aanleg met een oppervlakte van circa 20 m², afgezet met windbreekgaas en vrij 'zicht' in de richting van de REC.

II-3 Componenten

De componentkeuze is gebaseerd op de vergunde emissies van de REC. Andere selectiecriteria zijn de stoffeigenschappen (toxiciteit, vluchtigheid) en de mogelijkheid tot toetsing aan normen voor consumptiekwaliteit 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 geogst. Per meetpunt werd een mengmonster samengesteld uit al het oogstbare plantmateriaal. Voor boerenkool werd per meetpunt het jongste bladmateriaal van alle planten geogst 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).

In de lucht komen laag moleculaire, niet kankerverwekkende, PAK's vooral voor in de gasfase. Droge gasvormige depositie is dan het belangrijkste verwijderingsproces uit de lucht. Hoog moleculaire PAK's (overwegend kankerverwekkend) zijn vooral gebonden aan stofdeeltjes en aërosolen. Voor deze deeltjes is naast de droge depositie ook de natte depositie van belang. De temperatuur heeft een grote invloed op zowel het gedrag van de componenten (condenseren of overgaan in de gasfase) als op het verdampen vanuit het plantmateriaal van reeds opgenomen PAK's. Deze desorptie bij hogere temperatuur heeft onder andere tot gevolg dat PAK-concentraties in plantenmateriaal in de winterperiode hoger zijn dan in de zomer. Door hetzelfde proces vindt er een zeer geleidelijk accumulatie van PAK's plaats in koude berg- en poolgebieden, het zogenaamde 'cold-condenser-effect' (Wania *et al.*, 1993; Wania, 1999).

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, een verzamelnaam voor polychloordibenzodioxinen (PCDD's) en polychloordibenzofuranen (PCDF's), ontstaan in o.a. verbrandingsinstallaties². De verblijftijd in de lucht van de afzonderlijke componenten wordt bepaald door de verschijningsvorm. Afhankelijk van stoffeigenschappen en de temperatuur komen deze voor in de gasfase of gebonden aan deeltjes. In combinatie met de meteorologische omstandigheden bepaalt dit het depositiegebied (Liem *et al.*, 1993). Dioxinen hebben de eigenschap zich op te hopen in lichaamsvet. Vee dat vervuild gras of kuilvoer opneemt, accumuleert op deze wijze dioxinen in het vetweefsel en in de melk (melkvet).

Onder dioxine-achtige polychloorbifenylen (PCB's) worden twee groepen chloorbifenylen verstaan. De eerste groep zijn die chloorbifenylen waarvan het waterstofatoom op één ortho positie vervangen is door een chlooratoom. Dit zijn de zogenaamde Mono-Ortho gesubstitueerde chloorbifenylen (MO-CB's) Deze groep bevat de volgende congenere PCB 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 en 189.

De tweede groep zijn die planaire chloorbifenylen waarvan geen van de waterstofatomen op de ortho positie vervangen is door een chlooratoom. Dit zijn de zogenaamde Non-Ortho gesubstitueerde chloorbifenylen (planaire PCB's). Deze groep bevat de congenere PCB 77, 81, 126 en 169.

Bij de analyses 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 aantonen van verhoogde dioxinegehalten in melk uit het Lickebaertgebied in 1989 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 werd twee maal 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 werd 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. 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 zogenaamde 'kalkpapiermetingen'.

² 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; WHO, 1998). De werkelijk gemeten gehalten van de 17 afzonderlijke componenten worden vermenigvuldigd met de bijbehorende TEF-factor en tenslotte gesommeerd.

Metingen van fluoriden in kalkpapieren 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 kalkpapieren op de wijze waarop planten fluoriden opnemen. Het weer beïnvloedt beide processen op ongeveer dezelfde manier, en zowel voor planten als voor kalkpapieren geldt dat gasvormige fluoriden sterker accumuleren dan deeltjesvormige fluoriden. Het omrekenen van fluoridengehalten in kalkpapieren naar atmosferische fluoridenconcentraties voor het toetsen aan normen moet als indicatief worden beschouwd omdat de variatie in deze relatie vrij groot is. De opname van fluoriden in kalkpapieren 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 luchtcirculatie te realiseren (Figuur II-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 kleurreegens. 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: $\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$).

Fluoridengehalten in kalkpapieren kunnen worden omgerekend naar fluoridengehalten 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 fluoridengehalten 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 $0,16 \mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$.



Figuur II-3. Links een 'fluoridenkastje' in het veld en rechts een bovenaanzicht van het kastje met de geïmpregneerde filtreerpapiertjes.

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 x 9 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 ($\mu\text{g g}^{-1}$ d.s.). De analyses zijn uitgevoerd door het Centraal Laboratorium van Wageningen UR.

Bijlage III.

Meteorologische gegevens

Zodra de REC operationeel is zal de verspreiding van de geëmitteerde componenten afhangen 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. Voor elke locatie is een sector uit de windroos bepaald waarvandaan de wind over de bron en de betreffende locatie waait. Voor cadmium, PAK's en mogelijk ook kwik geldt dat eenmaal opgenomen materie niet gemakkelijk de plant verlaat. Daarom zijn voor deze componenten windrichtinggegevens over de gehele expositieperiode per gewas bepaald (Tabel III-1).

Van fluoride (in gras) is bekend dat het kan uit- of afspoelen afhankelijk van de hoeveelheid neerslag vlak voor monsternamen. De hoeveelheid neerslag (station Harlingen) is bepaald voor enkele tijdstippen voor de afzonderlijke monsternamen (Tabel III-2).

Tabel III-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										
11-03/05-05	210	15,6	232	17,3	232	17,3	115	8,6	120	8,9
06-05/02-06	28	4,2	33	4,9	33	4,9	179	26,6	126	18,8
03-06/30-06	29	4,3	51	7,6	51	7,6	112	16,7	118	17,6
01-07/28-07	150	22,3	86	12,8	86	12,8	99	14,7	20	3,0
29-07/25-08	170	25,3	189	28,1	189	28,1	26	3,9	42	6,3
Boerenkool										
28-08 / 20-10	172	12,8	253	18,8	253	18,8	92	6,8	99	7,4
21-10 / 15-12	301	22,4	282	21,0	282	21,0	75	5,6	79	5,9

Tabel III-2. *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
09-12/13-01	0,0	4,1	6,5	68,3
14-01/10-02	0,1	0,1	9,7	45,4
11-02/10-03	0,0	0,9	9,6	62,9
11-03/07-04	0,0	5,6	20,9	79,6
08-04/05-05	0,3	32,0	34,8	45,7
06-05/02-06	0,0	3,5	9,6	23,7
03-06/30-06	0,5	0,5	0,5	31,7
01-07/28-07	3,8	8,5	8,5	66,9
29-07/25-08	4,4	15,4	15,4	84,2
26-08/22-09	0,0	9,0	22,4	127,0
23-09/20-10	7,5	15,5	24,7	40,3
21-10/17-11	0,0	9,6	32,8	85,8
18-11/15-12	0,5	2,5	20,5	41,6

Bijlage IV.

PAK-gehalten per component in spinazie en boerenkool

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

Component	Meetpunt 1				Meetpunt 2				Meetpunt 3				Meetpunt 4				Meetpunt 5								
	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week					
Fluoreen	1,9	4,7	1,2	1,7	2,5	6,6	1,4	1,1	1,6	3,0	7,1	<0,5	1,2	3,0	3,7	6,7	0,7	1,0	2,3	2,8	4,4	<0,5	1,2	2,3	
Fenanthreen	22	57	39	20	28	66	45	24	34	23	66	60	31	36	27	74	49	27	35	22	60	45	23	47	
Acenaftheen	<0,5 ¹	2,6	<0,5	1,2	<0,5	2,8	<0,5	5,2	<0,5	0,6	3,7	0,5	1,1	0,5	1,0	3,2	<0,5	1,5	1,0	<0,5	2,4	2,2	1,5	<0,5	
Fluorantheen	16	20	24	22	36	9,5	21	26	35	11	29	73	30	42	17	25	28	22	33	15	23	29	22	42	
Pyreen	6,0	8,8	10	9,5	14	2,6	10	8,2	12	22	3,9	13	24	11	20	7,7	14	12	9,8	18	5,9	11	11	10	23
Benzo(a)anthraceen	1,3	<0,5	1,2	0,9	0,6	0,8	0,6	<0,5	2,1	3,6	0,8	1,2	<0,5	<0,5	0,7	2,1	1,1	1,1	0,8	1,6	1,1	1,3	0,8	<0,5	1,9
Chryseen	2,8	3,8	10	1,7	3,1	1,7	1,9	1,2	2,9	7,0	1,6	1,8	1,0	1,0	2,3	3,6	2,6	2,3	1,9	4,4	2,4	2,3	1,9	1,1	3,9
Som lichte PAK (2 - 4 ringen)	50	97	85	56	83	35	110	77	73	100	44	120	160	75	100	62	130	93	64	95	49	100	90	59	120
Benzo(b)fluorantheen	2,9	0,9	2,4	2,0	1,8	1,6	0,8	1,0	3,5	6,3	1,5	1,4	0,7	0,9	1,5	3,5	2,0	2,3	1,7	2,8	2,3	1,8	1,6	1,1	3,4
Benzo(k)fluorantheen	2,4	0,8	1,0	0,7	0,8	1,1	0,7	<0,5	1,6	2,4	1,3	1,2	<0,5	<0,5	0,5	2,8	1,7	0,8	0,8	1,2	1,9	1,6	0,6	<0,5	1,6
Benzo(a)pyreen	1,5	<0,5	1,5	1,2	1,1	0,7	<0,5	<0,5	2,6	2,7	0,7	1,1	<0,5	<0,5	0,7	2,1	1,1	1,2	1,0	1,5	1,1	1,3	1,0	<0,5	2,3
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,8	<0,5	0,9	0,7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,2	2,1	0,6	0,6	<0,5	<0,5	0,9	1,4	0,8	0,7	0,8	1,8	1,1	0,6	0,7	<0,5	2,3
Dibenzo(a,h)anthraceen	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(ghi)peryleen	0,8	<0,5	1,2	0,7	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	1,3	1,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	0,7	1,2	0,6	0,6	0,7	1,1	0,8	<0,5	0,7	<0,5	1,5
Som zware PAK (5 en meer ringen)	8,4	1,7	7,0	5,3	5,1	3,4	1,5	1,0	10	15	4,1	4,9	0,7	0,9	4,3	11	6,2	5,6	5,0	8,4	7,2	5,3	4,6	1,1	11
PAK's som	58	99	92	62	88	38	110	78	84	120	48	130	160	76	110	73	130	99	69	100	56	110	94	60	130

¹ <: gehalte ligt beneden de detectiegrens.

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

Component	Meetpunt 1			Meetpunt 2			Meetpunt 3			Meetpunt 4			Meetpunt 5			
	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	
	42	50	50	42	50	50	42	50	42	50	42	50	42	50	42	
Fluoreen	7,6	6,3	22	14	22	17	11	17	16	15	13	9				
Fenanthreen	25	28	34	34	95	33	33	54	38	55	29	33				
Acenaftheen	0,7	0,7	1,2	1,2	3,9	0,5	0,5	1,6	1,7	1,4	0,9	2,8				
Fluorantheen	22	52	25	25	170	27	27	97	38	98	24	75				
Pyreen	10	30	13	13	100	13	13	53	26	64	14	48				
Benzo(a)anthraceen	0,7	3,5	0,9	0,9	13	0,6	0,6	6,0	4,1	9,5	1,2	6,2				
Chryseen	2,2	12	2,6	2,6	24	2,3	2,3	16	7,9	20	3,3	16				
Som lichte PAK (2 - 4 ringen)	68	137	91	91	430	87	87	240	130	260	85	190				
Benzo(b)fluorantheen	1,3	4,5	1,2	1,2	9,3	1,0	1,0	5,5	2,2	6,3	1,3	4,6				
Benzo(k)fluorantheen	<0,5 ¹	1,9	<0,5	<0,5	4,2	<0,5	<0,5	2,1	1,0	2,9	0,5	2,2				
Benzo(a)pyreen	<0,5	2,0	<0,5	<0,5	2,3	<0,5	<0,5	1,5	0,8	2,2	<0,5	0,9				
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	<0,5	1,9	<0,5	<0,5	3,9	<0,5	<0,5	2,6	<0,5	3,0	<0,5	1,7				
Dibenzo(a,h)anthraceen	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5				
Benzo(ghi)peryleen	<0,5	2,7	<0,5	<0,5	3,3	<0,5	<0,5	2,0	0,7	2,5	<0,5	1,3				
Som zware PAK (5 en meer ringen)	1,3	13	1,2	1,2	24	1,0	1,0	14	4,7	17	1,8	10,7				
PAK's som	69	150	92	92	450	88	88	260	140	280	87	200				

¹ <: gehalte ligt beneden de detectiegrens.

Bijlage V.

Dioxinen en Planaire PCB's in melk

Tabel V-1. Gehalte aan dioxinen en planaire 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	0,09	<0,05 ¹
1,2,3,7,8-PeCDF	<0,05	<0,05
2,3,4,7,8-PeCDF	0,19	0,18
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,10	0,07
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,08	0,06
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,08	0,05
1,2,3,7,8,9-HxCDF	<0,05	<0,05
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,07	<0,05
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	<0,05	<0,05
OCDF	<0,10	<0,10
Dioxinen (pg g⁻¹ vet)		
2,3,7,8-TCDD	<0,05	<0,05
1,2,3,7,8-PeCDD	0,06	<0,05
1,2,3,4,7,8-HxCDD	<0,05	<0,05
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,13	0,11
1,2,3,7,8,9-HxCDD	<0,05	<0,05
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,15	0,13
OCDD	0,15	<0,10
Totaal Dioxinen (pg TEQ g⁻¹ vet)	0,27	0,24
Non-ortho-PCB's (pg g⁻¹ vet)		
PCB81	0,29	0,07
PCB77	0,53	0,12
PCB126	1,70	2,14
PCB169	0,24	0,22
Mono-ortho-PCB (pg g⁻¹ vet)		
PCB123	<10	<10
PCB118	224	<10
PCB114	<10	<10
PCB105	39	41
PCB167	12	14
PCB156	25	25
PCB157	<10	<10
PCB189	<10	<10
Totaal PCB's (pg TEQ g⁻¹ vet)	0,22	0,23
Totaal Dioxinen+PCB's (pg TEQ g⁻¹ vet)	0,49	0,47

Component	Week 22	Week 38
<i>Indicator PCB's (pg g⁻¹ vet)</i>		
PCB28	<100	<100
PCB52	<100	<100
PCB101	<100	<100
PCB153	445	512
PCB138	295	350
PCB180	131	136

¹ <: gehalte ligt beneden de detectiegrens.