

Onderzoeksinstituut

**RIKILT**

## **Voedselveiligheid bij luchthavens** **Rapportage van gewasmetingen spinazie en** **boerenkool bij de luchthavens van Lelystad en** **Bremen**

Opdrachtgever  
Provincie Flevoland

Kenmerk  
R062088ad.00002.djs

Versie  
04\_001

Datum  
16 november 2015

Auteurs  
dr. H.A.E. Simons (LBP|SIGHT)  
C.J. van Dijk (PRI Wageningen)  
dr. S.P.J. van Leeuwen (RIKILT)

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Resultaten</b> .....	<b>5</b>
2.1	Elementen .....	6
2.1.1	Lood .....	6
2.1.2	Cadmium .....	7
2.1.3	Chroom.....	8
2.1.4	Nikkel.....	10
2.1.5	Kwik.....	11
2.1.6	Overige elementen.....	12
2.2	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) .....	13
2.2.1	PAK's in groentegewassen .....	13
<b>3</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>18</b>
3.1	Elementen .....	18
3.2	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) .....	19
3.3	Samenvattende conclusies .....	20

## Bijlagen

- Bijlage I Beschrijving van het monitoringprogramma
- Bijlage II Meetlocaties
- Bijlage III Analysemethoden
- Bijlage IV Geografische spreiding van het gehalte PAK16 in spinazie en boerenkool

## 1 Inleiding

In de Kabinetsreactie op het door de Alderstafel uitgebrachte advies omtrent de ontwikkeling van de luchthaven Lelystad, heeft het kabinet het advies overgenomen om Lelystad gecontroleerd te ontwikkelen naar een luchthaven met circa 45.000 vliegtuigbewegingen per jaar.

Voor de uitwerking van het advies is door de Alderstafel Lelystad een werkprogramma opgesteld. In dit werkprogramma is opgenomen dat er een monitoringsprogramma wordt uitgewerkt om de effecten van de uitbreiding van de luchthaven op de duurzame landbouw te beoordelen. Dit monitoringsprogramma is in overleg met de betrokken partijen opgesteld en is in uitvoering.

Onderdeel van het programma zijn gewasmetingen bestaande uit een nulmeting bij Lelystad en een referentiemeting bij Bremen (de luchthaven van Bremen komt qua aantal vliegbewegingen overeen met de toekomstige omvang van Lelystad). De nulmeting dient als ijkpunt voor de huidige situatie ten aanzien van het effect van de luchthaven op de regionale landbouw, en om (op termijn) eventuele veranderingen als gevolg van de uitbreiding van de luchthaven aan te kunnen tonen. De resultaten van Bremen geven een beeld van de belasting die verwacht kan worden als de luchthaven zich heeft ontwikkeld, en vormt daarmee een referentiemeting.

De onderzoeksopdracht behorende bij deze gewasmetingen is het beantwoorden van de volgende twee hoofdvragen.

- Heeft een luchthaven als Lelystad een onderscheidenlijke invloed op de kwaliteit van de gewassen die in de omgeving geteeld worden?
- Heeft de ontwikkeling naar circa 45.000 vliegtuigbewegingen per jaar een mogelijk onderscheidenlijk effect op de kwaliteit van de gewassen die in de omgeving geteeld worden?

### *Opzet onderzoek*

In onderhavig onderzoek zijn plantensoorten toegepast die een bepaalde component, middels het grote bladoppervlak, relatief snel uit de lucht opnemen en opslaan zonder dat daarbij zichtbare effecten optreden (accumulatoren). In voorjaar en zomer is spinazie geteeld, in herfst en winter boerenkool (figuur 1). Om de analyseresultaten goed te kunnen interpreteren, werden de planten volgens een gestandaardiseerde methode (Van Dijk et al., 2015) opgekweekt in containers met schone potgrond (actieve monitoring) en na een bepaalde expositietijd visueel beoordeeld en geanalyseerd op een aantal relevante luchtverontreinigingscomponenten. Planten werden niet in de volle grond geteeld om lokale verschillen in bodemkwaliteit uit te sluiten. De planten werden van water voorzien door middel van capillaire opzuiging vanuit een reservoir.

Een uitgebreidere beschrijving van de opzet van het onderzoek en de afwegingen die daar aan ten grondslag hebben gelegen, is opgenomen in bijlage I.



**Figuur 1** Overzicht van een van de meetpunten rond Lelystad Airport (november 2014).

## 2 Resultaten

In dit rapport worden de resultaten van de gewasmetingen beschreven die in 2014 en 2015 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn op verschillende tijdstippen en locaties analyses uitgevoerd aan spinazie en boerenkool (zie tabel 1).

**Tabel 1**

Uitvoering van de waarnemingen en monsternames in Lelystad.

Bioindicator	Weeknummers 2014														2015	
	2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	2	6	
Spinazie					•	•	•	•	•							
Boerenkool											•		•		•	

Uitvoering van de waarnemingen en monsternames in Bremen.

Bioindicator	Weeknummers 2014														2015	
	3	7	11	15	19	23	27	31	35	39	43	47	51	3	7	
Spinazie							•	•	•							
Boerenkool											•		•		•	

De exacte locaties van de meetpunten zijn met GPS vastgelegd en hebben de volgende geografische coördinaten (voor een overzicht op satellietfoto's wordt verwezen naar bijlage II).

<i>Lelystad:</i>	<i>Breedtegraad</i>	<i>Lengtegraad</i>
Mtp1	52.448197	5.505456
Mtp2	52.461608	5.529386
Mtp3	52.466011	5.537819
Mtp4	52.471489	5.546194
Mtp5	52.509397	5.667892
Mtp6	52.365231	5.536317

<i>Bremen:</i>	<i>Breedtegraad</i>	<i>Lengtegraad</i>
Mtp1	53.043733	8.768533
Mtp2	53.049344	8.811603
Mtp3	53.029911	8.706461

Na bemonstering van de gewassen in het veld, zijn de monsters onder gecontroleerde omstandigheden bewaard. Opwerking en analyses zijn uitgevoerd door RIKILT. Voor een beschrijving van de gehanteerde methoden, wordt verwezen naar bijlage III. Voor het vaststellen van eventuele effecten van het vliegverkeer op de kwaliteit van de gewassen zijn de gemeten gehalten op en rond de vliegvelden vergeleken met die op het bijbehorende referentiepunt, in dezelfde omgeving maar buiten de directe invloedssfeer van de luchthaven. Het referentiepunt geeft een indicatie van het lokale achtergrondniveau. Ook worden de gehalten vergeleken met achtergrondgehalten en getoetst aan normen voor consumptiekwaliteit (indien beschikbaar).

## 2.1 Elementen

De gewasmonsters zijn breed gescreend op verschillende elementen. Van 36 elementen lag het gehalte in alle geanalyseerde monsters beneden de aantoonbaarheidsgrens. De 15 elementen waarvan het gehalte (in een deel van de monsters) kon worden vastgesteld, worden in deze rapportage besproken. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen elementen die vrijkomen bij verbranding van fossiele brandstoffen zoals in verbrandingsmotoren van onder andere (vlieg)verkeer en overige elementen (Peeters, *et al.*, 2010). Lood (Pb), Cadmium (Cd), Chroom (Cr), Nikkel (Ni) en Kwik (Hg) kunnen als gevolg van emissies naar de lucht accumuleren in of op plantenweefsel.

### 2.1.1 Lood

#### *Spinazie*

In spinazie afkomstig van de meetpunten rond vliegveld Lelystad en Bremen en de regionale referentiepunten was geen lood aantoonbaar. De gehalten lagen beneden de aantoonbaarheidsgrens (<LOQ) van 0,05 mg/kg product. De loodgehalten bleven daarmee ruim beneden het maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten van 0,3 mg/kg product.

#### *Boerenkool*

In Lelystad is in boerenkool op een aantal momenten wel lood aangetroffen (tabel 2.1a), en varieerden tussen 0,06 en maximaal 0,11 mg/kg product. De gemiddelde en individuele gemeten gehalten bleven ruim beneden het maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten. Er is geen patroon te herkennen tussen het aangetroffen loodgehalte en de ligging ten opzichte van het vliegveld.

Bij Bremen is slechts in één boerenkoolmonster, op het referentiepunt, lood boven de aantoonbaarheidsgrens aangetroffen (tabel 2.1b). Het gehalte lag ook daar ruim beneden het maximaal toelaatbare gehalte.

**Tabel 2.1a**

Loodgehalten<sup>1</sup> in boerenkool op verschillende locaties rond Lelystad Airport (mg/kg product).

Gewas	Monstername	Mtp. 1	Mtp. 2	Mtp. 3	Mtp. 4	Mtp. 5	Mtp. 6 (referentiepunt)
Boerenkool	Week 42	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	Week 50	0,07	0,08	0,07	0,07	<0,05	0,06
	Week 06 (2015)	0,07	0,10	0,11	0,07	0,06	0,08
	Gemiddelde <sup>2</sup>	0,06	0,08	0,08	0,06	0,05	0,06

<sup>1</sup> ML maximaal toelaatbaar gehalte voor bladgroenten (EU, 1881/2006) is 0,3 mg/kg product

<sup>2</sup> <LOQ waarden meegenomen als 0,05 in de berekening

**Tabel 2.1b**

Lood gehalten<sup>1</sup> in boerenkool op verschillende locaties rond Bremen Airport (mg/kg product).

Gewas	Monstername	Mtp. 1	Mtp. 2	Mtp. 3 (referentie- punt)
Boerenkool	Week 43	<0,05	<0,05	<0,05
	Week 51	<0,05	<0,05	<0,05
	Week 07 (2015)	<0,05	<0,05	0,11
	Gemiddelde <sup>2</sup>	0,05	0,05	0,07

<sup>1</sup> ML maximaal toelaatbaar gehalte voor bladgroenten (EU, 1881/2006) is 0,3 mg/kg product

<sup>2</sup> <LOQ waarden meegenomen als 0,05 in de berekening

In de huidige situatie wordt er in Lelystad nog met loodhoudende brandstoffen gevlogen. Dit zal in de toekomst uitgefaseerd worden. In Bremen wordt niet met loodhoudende brandstoffen gevlogen.

## 2.1.2 Cadmium

### *Spinazie*

De cadmiumgehalten in spinazie afkomstig van de meetpunten rond Lelystad Airport (tabel 2.2a) varieerden van <0,05 tot 0,18 mg per kilogram vers product (mg/kg product). De meetonzekerheid voor het element cadmium bedraagt voor deze screeningsmethode 13%. De variatie in gehalten tussen de meetpunten op en rond het vliegveld onderling en het referentiepunt was relatief gering. Er was wel sprake van enige variatie in gehalten over het seizoen, met name in week 30, waarin op meetpunten 1 t/m 4 en het referentiepunt de gehalten hoger waren dan in de overige expositieperioden. Alleen op meetpunt 5 was in die periode het gehalte relatief laag (beneden de aantoonbaarheidsgrens). Op basis van de gemiddelde gehalten blijkt dat er geen afstandafhankelijke verschillen zijn gevonden tussen de gehalten in spinazie op het vliegveld (mtp 1 en 2) en de meetpunten op grotere afstand (mtp 3, 4 en 5). Er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten in spinazie op en rond het vliegveld en het regionale referentiepunt (mtp 6). Het maximaal toelaatbare cadmiumgehalte in bladgroenten van 0,2 mg/kg product is niet overschreden.

De metingen rond vliegveld Bremen (tabel 2.2b) zijn iets later gestart dan in Lelystad. In week 27 waren er geen duidelijke verschillen in cadmiumgehalten tussen de meetpunten op het vliegveld en het regionale referentiepunt. Echter, bij de twee daarop volgende metingen (week 31 en 35) waren de gehalten op beide meetpunten op het vliegveld hoger dan op het regionale referentiepunt. Het maximaal toelaatbare cadmiumgehalte in bladgroenten van 0,2 mg/kg product is daarbij eenmaal overschreden, waarbij geen rekening is gehouden met de meetonzekerheid. Indien de meetonzekerheid verdisconteerd wordt op het gehalte, dan komt het gehalte ongeveer op het maximaal toelaatbare cadmiumgehalte te liggen.

### *Boerenkool*

In boerenkool ligt het cadmiumgehalte zowel in Lelystad als in Bremen onder of net boven de aantoonbaarheidsgrens van 0,05 mg/kg product. Het hoogst gemeten gehalte is 0,06 mg/kg product, hetgeen ruim beneden het maximaal toelaatbare gehalte in bladgroenten van 0,2 mg/kg product is. Op basis van de gemiddelde gehalten was geen afstandafhankelijke gradiënt aantoonbaar met hogere gehalten op het vliegveld.

**Tabel 2.2a**

Cadmiumgehalten<sup>1</sup> op verschillende locaties rond Lelystad Airport (mg/kg product).

Gewas	Monstername	Mtp. 1	Mtp. 2	Mtp. 3	Mtp. 4	Mtp. 5	Mtp. 6 (referentie-punt)
Spinazie	Week 18 (2014)	0,07	0,09	0,07	0,08	0,12	0,10
	Week 22	0,08	0,06	0,08	0,08	0,10	0,06
	Week 26	0,07	0,08	0,09	0,09	0,07	0,11
	Week 30	0,13	0,15	0,16	0,17	<0,05	0,18
	Week 34	0,10	0,08	0,06	0,10	0,13	0,08
	Gemiddelde <sup>2</sup>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Boerenkool	Week 42	0,06	0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05
	Week 50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	Week 06 (2015)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	Gemiddelde <sup>2</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

<sup>1</sup> ML maximaal toelaatbaar gehalte voor bladgroenten (EU, 1881/2006) is 0,2 mg/kg product

<sup>2</sup> <LOQ waarden meegenomen als 0,05 in de berekening

**Tabel 2.2b**

Cadmiumgehalten<sup>1</sup> op verschillende locaties rond Bremen Airport (mg/kg product).

Gewas	Monstername	Mtp. 1	Mtp. 2	Mtp. 3 (referentie-punt)
Spinazie	Week 27 (2014)	0,08	0,06	0,05
	Week 31	0,22	0,15	0,08
	Week 35	0,16	0,17	0,08
	Gemiddelde	0,2	0,1	0,1
Boerenkool	Week 43	0,06	0,05	0,05
	Week 51	<0,05	<0,05	<0,05
	Week 07 (2015)	<0,05	<0,05	<0,05
	Gemiddelde <sup>2</sup>	0,05	0,05	0,05

<sup>1</sup> ML maximaal toelaatbaar gehalte voor bladgroenten (EU, 1881/2006) is 0,2 mg/kg product

<sup>2</sup> <LOQ waarden meegenomen als 0,05 in de berekening

## 2.1.3 Chroom

### Spinazie

De chroomgehalten in spinazie afkomstig van de meetpunten rond Lelystad Airport (tabel 2.3a) varieerden van <0,05 tot 2,1 mg per kilogram vers productvers (mg/kg product). De hoogste waarde werd gemeten op mtp 5, op grotere afstand van het vliegveld. Er was sprake van behoorlijke variatie in gehalten, zowel tussen de meetpunten op en rond het vliegveld onderling als ten opzichte van het referentiepunt. Op basis van de gemiddelde gehalten was geen afstandsafhankelijke gradiënt aantoonbaar met hogere gehalten op het vliegveld (mtp 1 en 2) en lagere gehalten op grotere afstand (mtp 3, 4 en 5).



Verder zijn er ook geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten in spinazie op en rond het vliegveld en het regionale referentiepunt (mtp 6). De variatie van gehalten wordt veroorzaakt door enerzijds de variatie in chroomgehalten op de spinazie en anderzijds de variatie veroorzaakt door de onderzoeksmethoden. Die laatste bedraagt voor het element chroom voor de meetmethode 61%. Dit verklaart slechts ten dele de gevonden spreiding.

Voor chroom is geen maximaal toelaatbaar gehalte in bladgroenten vastgesteld.

Ook voor de metingen in Bremen (tabel 2.3b) geldt dat er sprake was van behoorlijke variatie in gehalten, zowel tussen de meetpunten op het vliegveld onderling (week 31) als ten opzichte van het regionale referentiepunt (week 35). Alleen in week 27 was het niveau van de gehalten op alle meetpunten, inclusief het referentiepunt, redelijk gelijk. Het gemiddelde chroomgehalte was op het referentiepunt hoger dan op de twee meetpunten op het vliegveld.

### *Boerenkool*

Met uitzondering van één meetpunt in Lelystad (met de grootste afstand tot het vliegveld) liggen in boerenkool de chroomgehalten zowel in Lelystad als in Bremen onder of net boven de aantoonbaarheidsgrens van 0,05 mg/kg product. Het hoogst gemeten gehalte is 0,24 mg/kg product op mtp 5 bij Lelystad. Op basis van de gemiddelde gehalten was geen afstandsafhankelijke gradiënt aantoonbaar met hogere gehalten op het vliegveld.

**Tabel 2.3a**

Chroomgehalten op verschillende locaties rond Lelystad Airport (mg/kg product).

Gewas	Monstername	Mtp. 1	Mtp. 2	Mtp. 3	Mtp. 4	Mtp. 5	Mtp. 6 (referentie- punt)
Spinazie	Week 18 (2014)	0,17	0,69	0,35	<0,05	0,06	0,98
	Week 22	<0,05	0,31	0,64	0,54	2,10	0,07
	Week 26	0,07	0,10	0,16	0,08	0,14	<0,05
	Week 30	0,20	0,83	0,42	<0,05	0,62	<0,05
	Week 34	0,07	0,14	<0,05	0,13	0,28	<0,05
	Gemiddelde <sup>2</sup>	0,1	0,4	0,3	0,2	0,6	0,2
Boerenkool	Week 42	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	Week 50	0,06	0,06	0,07	0,08	0,24	0,07
	Week 06 (2015)	<0,05	<0,05	0,08	0,06	<0,05	0,08
	Gemiddelde <sup>1</sup>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

<sup>1</sup> <LOQ waarden meegenomen als 0,05 in de berekening

**Tabel 2.3b**

Chroomgehalten op verschillende locaties rond Bremen Airport (mg/kg product).

Gewas	Monstername	Mtp. 1	Mtp. 2	Mtp. 3 (referentie- punt)
Spinazie	Week 27 (2014)	0,35	0,29	0,38
	Week 31	0,59	<0,05	<0,05
	Week 35	0,07	0,06	0,66
	Gemiddelde	0,3	0,1	0,4
Boerenkool	Week 43	0,07	0,08	<0,05
	Week 51	<0,05	0,05	<0,05
	Week 07 (2015)	<0,05	0,06	0,09
	Gemiddelde <sup>1</sup>	0,1	0,1	0,1

<sup>1</sup> <LOQ waarden meegenomen als 0,05 in de berekening

## 2.1.4 Nikkel

### *Spinazie*

De nikkelgehalten in spinazie, afkomstig van de meetpunten rond Lelystad Airport (tabel 2.4a), varieerden van <0,15 tot 1,4 mg per kilogram vers product (mg/kg product). De meetonzekerheid voor het element cadmium bedraagt voor deze screeningsmethode 17%. De hoogste waarde werd gemeten op mtp 5, op grotere afstand van het vliegveld. Er was sprake van een redelijk grote variatie in gehalten over het seizoen, zowel tussen de meetpunten op en rond het vliegveld onderling als ten opzichte van het referentiepunt. Op basis van de gemiddelde gehalten was geen afstandsafhankelijke gradiënt aantoonbaar met hogere gehalten op het vliegveld (mtp 1 en 2) en lagere gehalten op grotere afstand (mtp 3, 4 en 5). Op grotere afstand (mtp 5) en op het regionale referentiepunt (mtp 6) waren de gehalten juist hoger dan op het vliegveld. Voor nikkel is geen maximaal toelaatbaar gehalte in bladgroenten vastgesteld.

Ook voor de metingen in Bremen (tabel 2.4b) geldt dat er sprake was van een behoorlijke variatie in gehalten, zowel tussen de meetpunten op het vliegveld onderling als ten opzichte van het regionale referentiepunt. Alleen in week 27 was het niveau van de gehalten op alle meetpunten, inclusief het referentiepunt, redelijk gelijk. Het gemiddelde nikkelgehalte was op het referentiepunt hoger dan op de twee meetpunten op het vliegveld. Deze verdeling van gehalten komt sterk overeen met die van chroom.

### *Boerenkool*

In contrast met spinazie was in boerenkool, afkomstig van de meetpunten rond vliegveld Lelystad en Bremen en de regionale referentiepunten, geen nikkel aantoonbaar. De gehalten lagen alle beneden de aantoonbaarheidsgrens van 0,15 mg/kg product.

**Tabel 2.4a**

Nikkelgehalten op verschillende locaties rond Lelystad Airport (mg/kg product).

Gewas	Monstername	Mtp. 1	Mtp. 2	Mtp. 3	Mtp. 4	Mtp. 5	Mtp. 6 (referentie-punt)
Spinazie	Week 18 (2014)	<0,15	0,46	0,22	<0,15	<0,15	0,61
	Week 22	<0,15	0,21	0,42	0,42	1,4	<0,15
	Week 26	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
	Week 30	0,20	0,70	0,33	<0,15	0,21	0,75
	Week 34	<0,15	0,15	<0,15	<0,15	0,21	0,50
	Gemiddelde <sup>1</sup>	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4
Boerenkool	Week 42	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
	Week 50	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
	Week 06 (2015)	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
	Gemiddelde <sup>1</sup>	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

<sup>1</sup> <LOQ waarden meegenomen als 0,15 in de berekening

**Tabel 2.4b**

Nikkelgehalten op verschillende locaties rond Bremen Airport (mg/kg product).

Gewas	Monstername	Mtp. 1	Mtp. 2	Mtp. 3 (referentie-punt)
Spinazie	Week 27 (2014)	0,26	0,22	0,27
	Week 31	0,52	<0,15	<0,15
	Week 35	0,16	<0,15	0,58
	Gemiddelde <sup>1</sup>	0,3	0,2	0,3
Boerenkool	Week 43	<0,15	<0,15	<0,15
	Week 51	<0,15	<0,15	<0,15
	Week 07 (2015)	<0,15	<0,15	<0,15
	Gemiddelde <sup>1</sup>	0,15	0,15	0,15

<sup>1</sup> <LOQ waarden meegenomen als 0,05 in de berekening

## 2.1.5 Kwik

In spinazie, afkomstig van de meetpunten rond vliegveld Lelystad en Bremen en de regionale referentiepunten, was geen kwik aantoonbaar. De gehalten lagen beneden de aantoonbaarheids-grens van 0,02 mg/kg product.

Met uitzondering van één meetpunt in Bremen liggen in boerenkool de kwikgehalten, zowel in Lelystad als in Bremen, onder de aantoonbaarheids-grens van 0,02 mg/kg product. Op mtp 2 bij Bremen is een gehalte aangetroffen van 0,05 mg/kg product.

Voor kwik is geen maximaal toelaatbaar gehalte in bladgroenten vastgesteld.

## 2.1.6 Overige elementen

### Spinazie

De elementen lithium, titanium, mangaan, ijzer, kobalt, koper, zink, rubidium, strontium en barium waren aantoonbaar in (een deel van) de spinaziemonsters afkomstig van de meetpunten rond vliegveld Lelystad en Bremen (Tabel 2.5a). Met betrekking tot de elementen lithium, kobalt, koper, rubidium en strontium zijn er geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gemiddelde gehalten in spinazie op en rond de vliegvelden en de betreffende regionale referentiepunten. Op meetpunt 5, op grotere afstand van vliegveld Lelystad, zijn hogere gehalten aan titanium, ijzer en barium gevonden ten opzichte van de overige meetpunten op en rond het vliegveld en het regionale referentiepunt. Op beide meetpunten op vliegveld Bremen zijn hogere gehalten aan mangaan, ijzer en zink gevonden ten opzichte van het regionale referentiepunt. In hoeverre dit verband houdt met de daar aanwezige luchtvaart, is hier niet uit op te maken.

**Tabel 2.5a**

Gemiddelde gehalten van verschillende elementen in spinazie afkomstig van locaties rond Lelystad en Bremen Airport (mg/kg product).

Element	Lelystad						Bremen		
	Mtp. 1	Mtp. 2	Mtp. 3	Mtp. 4	Mtp. 5	Mtp. 6 (referentiepunt)	Mtp. 1	Mtp. 2	Mtp. 3 (referentiepunt)
Lithium	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Titanium	0,3	0,2	0,5	0,4	1,9	0,3	0,3	0,3	0,2
Mangaan	20,3	19,0	24,1	28,4	25,4	27,1	38,7	30,0	10,8
IJzer	9,3	9,9	18,7	17,9	34,8	13,0	18,0	14,7	9,5
Kobalt	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Koper	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,7	0,7	0,5
Zink	11,3	11,7	11,9	14,4	11,3	13,2	25,3	20,3	11,9
Rubidium	2,0	2,0	2,1	2,1	2,4	2,3	2,0	2,3	1,7
Strontium	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,7	2,3	2,3	1,6
Barium	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	0,3	0,5	0,3	0,2

### Boerenkool

De elementen lithium, titanium, mangaan, ijzer, kobalt, koper, zink, rubidium, strontium en barium waren aantoonbaar in (een deel van) de boerenkoolmonsters, afkomstig van de meetpunten rond vliegveld Lelystad en Bremen (tabel 2.5b). Er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gemiddelde gehalten in boerenkool op en rond de vliegvelden en de betreffende regionale referentiepunten. Op meetpunt 5, op grotere afstand van vliegveld Lelystad, zijn lagere gehalten aan ijzer en zink gevonden ten opzichte van de overige meetpunten.

**Tabel 2.5b**

Gemiddelde gehalten van verschillende elementen in borenkool afkomstig van locaties rond Lelystad en Bremen Airport (mg/kg product).

Element	Lelystad						Bremen		
	Mtp. 1	Mtp. 2	Mtp. 3	Mtp. 4	Mtp. 5	Mtp. 6 (referentie- punt)	Mtp. 1	Mtp. 2	Mtp. 3 (referentie- punt)
Lithium	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Titanium	0,5	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
Mangaan	21,4	22,4	21,6	18,8	19,6	20,6	21,1	21,8	21,3
IJzer	17,9	17,8	18,8	18,7	13,4	16,7	19,5	18,7	18,6
Kobalt	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Koper	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7
Zink	7,9	7,4	7,3	6,5	5,7	7,0	7,1	7,5	6,5
Rubidium	1,2	1,1	1,2	1,0	0,9	1,2	1,1	1,2	1,1
Strontium	3,8	3,4	3,6	3,4	3,7	3,7	3,9	4,0	4,7
Barium	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8

## 2.2 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

### 2.2.1 PAK's in groentegewassen

De evaluatie van de gesommeerde PAK16-gehalten (som van 16EU PAK-gehalten) is gebaseerd op de zogenaamde lowerbound-waarden. In tabel 2.6a/b zijn voor de volledigheid zowel de lower- als upperbound-waarden weergegeven. Lowerbound [lb] wil in dit kader zeggen: de gehalten beneden de kwantificeringslimiet (<LOQ) zijn als waarde 0 meegenomen in de sommering (effectief dus niet meegeteld). Bij upperbound [ub] weergave wordt de waarde van de LOQ volledig meegeteld in de sommering. De lowerbound geeft het gesommeerde gehalte van werkelijk aangetoonde PAK's, terwijl de upperbound een indicatie geeft van de *worstcase* situatie (alle PAK's net niet aantoonbaar).

Voor bladgroenten is geen maximaal toelaatbaar PAK16 gehalte vastgesteld.

#### Spinazie

De PAK16-gehalten in spinazie, afkomstig van de meetpunten rond Lelystad Airport (tabel 2.6a), varieerden van 0 tot 3,3 µg per kilogram product. Er was sprake van enige variatie in gehalten over het seizoen en tussen de meetpunten op en rond het vliegveld onderling en het referentiepunt. De hoogst gemeten waarde op het vliegveld bedroeg 2,6 µg/kg (week 26) en was hoger dan de gehalten op de overige meetpunten in die periode. Echter, gehalten boven 2,6 µg/kg kwamen verspreid over het seizoen ook voor op de meetpunten op grotere afstand van het vliegveld en het referentiepunt. De gehalten laten geen afstandafhankelijke gradiënt zien met hogere gehalten op het vliegveld (mtp 1 en 2) en lagere gehalten op grotere afstand (mtp 3, 4 en 5). De gehalten op meetpunt 2 en 3 zijn relatief laag ten opzichte van de overige meetpunten inclusief het referentiepunt.

De metingen in Bremen (tabel 2.6b) laten ook variatie zien in gehalten, zowel tussen de meetpunten op het vliegveld onderling als ten opzichte van het regionale referentiepunt (week 27 en 31). In beide expositieperioden waren de gehalten op meetpunt 1, aan de westzijde van het vliegveld, hoger dan op het andere meetpunt aan de oostzijde en het referentiepunt op grotere afstand (8 van de 16 individuele PAK's waren aantoonbaar). Er is geen duidelijk verband tussen het gehalten aan PAK's en de invloed van de luchthaven. Gelet op de heersende windrichting (west naar oost) en opstijgrichting (oost naar west), is het voor de hand liggender dat de hogere gehalten optreden aan de oostzijde (temeer omdat het direct naast een drukke weg is gelegen).

In bijlage IV zijn voor beide luchthavens de gemiddelde gemeten waarden PAK16 geografisch weergegeven.

### *Boerenkool*

De PAK16-gehalten in boerenkool, afkomstig van de meetpunten rond Lelystad Airport (tabel 2.6a), varieerden van 1,6 tot 14,8 µg per kilogram product. Er was sprake van enige variatie in gehalten tussen de meetpunten op en rond het vliegveld onderling en het referentiepunt. De gehalten laten geen afstandafhankelijke gradiënt zien met hogere gehalten op het vliegveld (mtp 1 en 2) en lagere gehalten op grotere afstand (mtp 3, 4 en 5).

Er is een opvallende sterke toename in de gehalten tussen week 42 en week 50. Na week 42 is het gehalte PAK16 op alle monsternamenpunten ongeveer een factor 8 hoger dan daarvoor.

De metingen in Bremen (tabel 2.6b) laten exact hetzelfde beeld zien als bij Lelystad: na week 43 neemt het gehalte PAK16 toe.

**Tabel 2.6a**

PAK16-gehalte, [lb] en [ub] in gewassen op verschillende locaties rond Lelystad (µg/kg product).

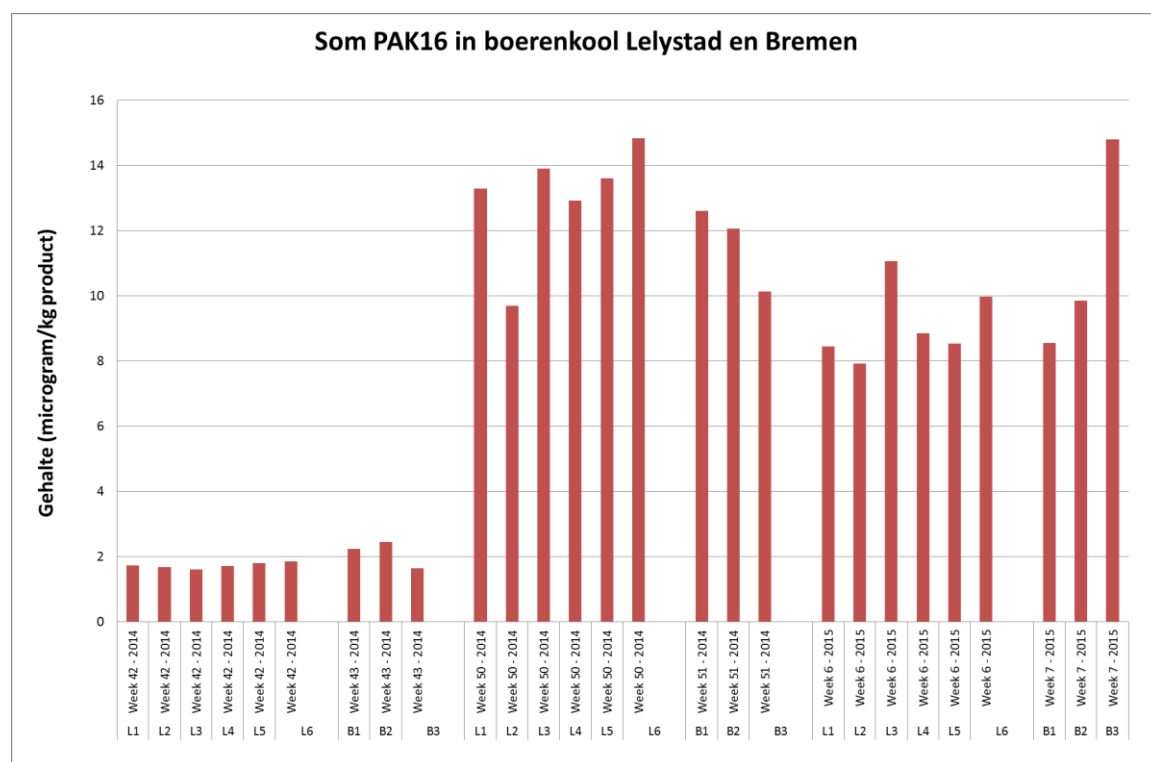
Gewas & monstername		Mtp. 1		Mtp. 2		Mtp. 3		Mtp. 4		Mtp. 5		Mtp. 6 (referentie punt)	
		[lb]	[ub]	[lb]	[ub]	[lb]	[ub]	[lb]	[ub]	[lb]	[ub]	[lb]	[ub]
Spinazie	Week 18	0,8	2,0	0,4	1,9	0,3	1,6	0,3	1,8	0,5	2,2	1,0	2,2
	Week 22	0,0	1,6	0,0	1,7	0,1	1,9	0,3	2,1	0,4	2,2	0,1	1,6
	Week 26	2,6	3,7	0,8	2,7	0,4	2,5	1,2	2,8	1,2	2,7	1,0	2,9
	Week 30	0,6	2,6	0,5	2,5	0,9	2,7	2,7	4,2	3,3	4,7	2,0	3,3
	Week 34	1,6	3,3	1,0	2,5	1,0	3,1	2,8	4,2	0,4	2,2	0,8	2,5
	Gemiddelde	1,1	2,6	0,5	2,3	0,5	2,4	1,5	3,0	1,2	2,8	1,0	2,5
Boerenkool	Week 42	1,7	1,8	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9
	Week 50	13,3	13,4	9,7	9,8	13,9	14,0	12,9	13,0	13,6	13,6	14,8	14,9
	Week 06	8,4	8,5	7,9	7,9	11,1	11,1	8,9	8,9	8,5	8,6	10,0	10,0
	Gemiddelde	7,8	7,9	6,4	6,5	8,9	8,9	7,8	7,9	8,0	8,0	8,9	8,9

**Tabel 2.6b**

PAK16-gehalte, [lb] en [ub] in gewassen op verschillende locaties rond Bremen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  product).

Gewas & monstername		Mtp. 1		Mtp. 2		Mtp. 3 (referentie punt)	
		[lb]	[ub]	[lb]	[ub]	[lb]	[ub]
Spinazie	Week 27	2,5	3,4	0,3	1,8	0,2	1,5
	Week 31	4,2	5,8	1,2	3,4	0,6	2,3
	Week 35	1,2	3,4	0,8	3,2	0,3	2,9
	Gemiddelde	2,6	4,2	0,8	2,8	0,4	2,2
Boerenkool	Week 43	2,2	2,3	2,4	2,5	1,6	1,7
	Week 51	12,6	12,6	12,1	12,1	10,1	10,2
	Week 07	8,5	8,6	9,9	9,9	14,8	14,8
	Gemiddelde	7,8	7,8	8,1	8,2	8,8	8,9

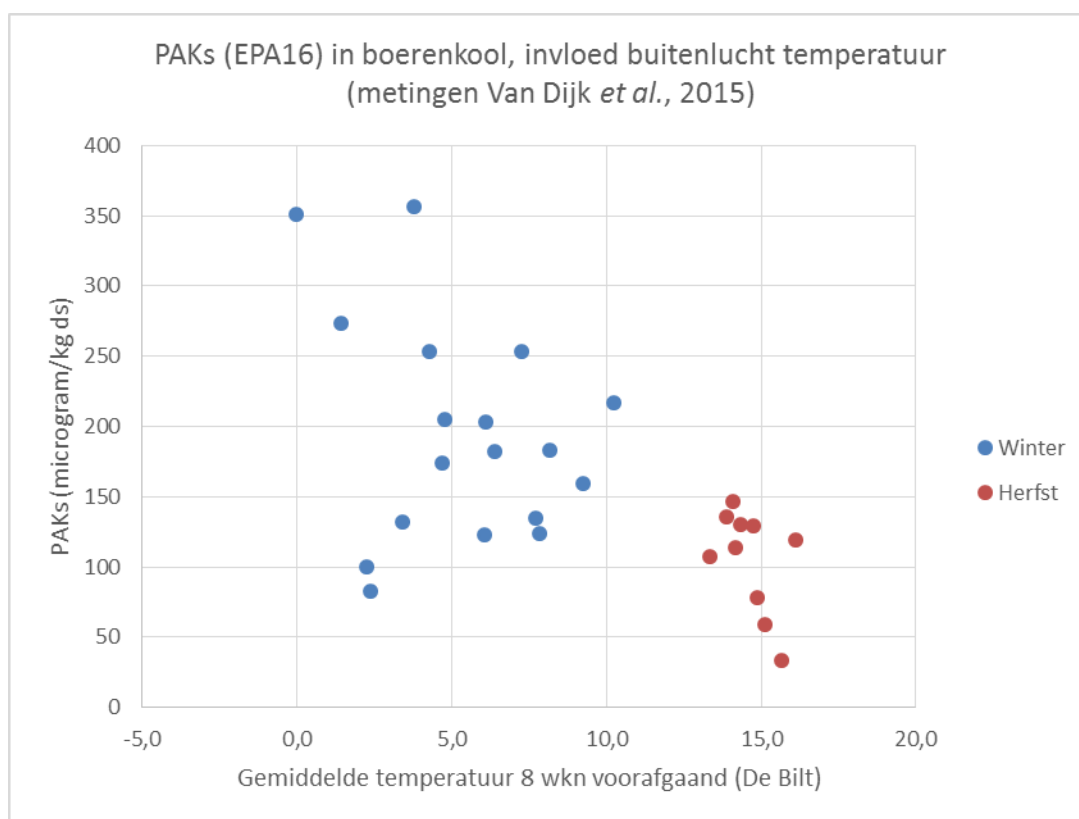
Voor zowel Lelystad als Bremen is dit in grafiekvorm in onderstaande figuur weergegeven (L = Lelystad, B = Bremen).



**Figuur 2** Seizoen variatie som PAK16 in boerenkool

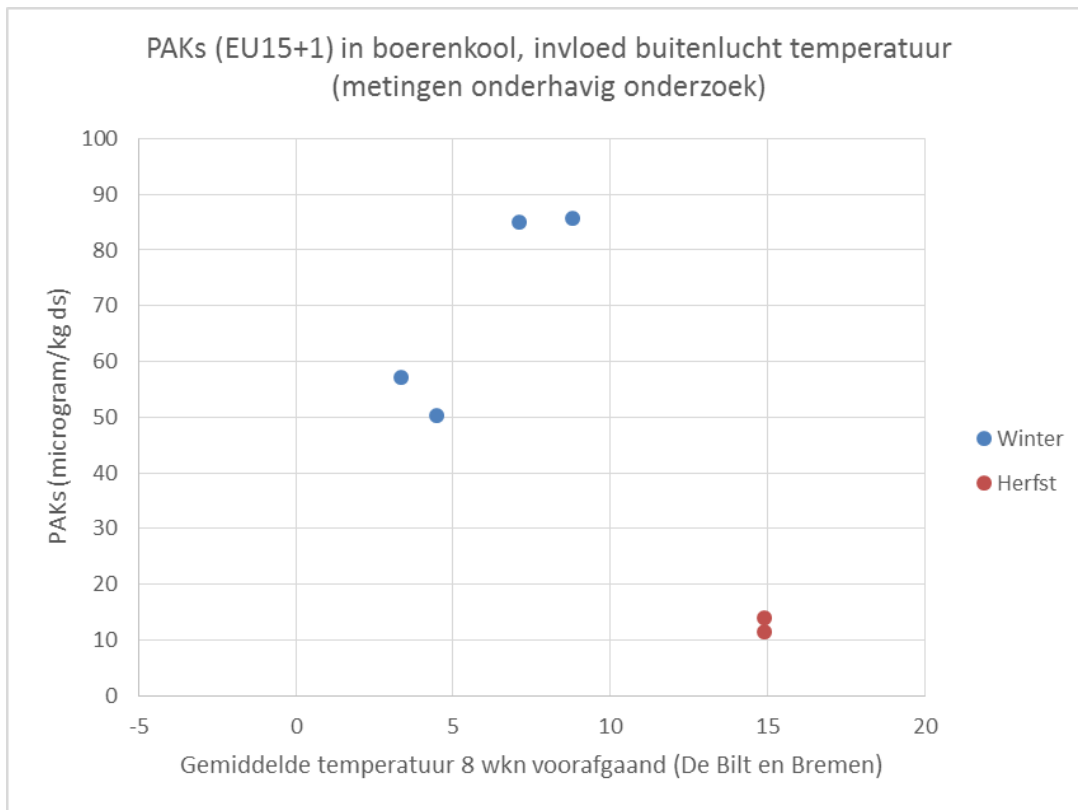
Er is geen duidelijk verband tussen het gehalte aan PAK's en de invloed van de luchthaven. De gehalten rond het vliegveld komen namelijk redelijk overeen met die op het referentiepunt. Gelet op de heersende windrichting (west naar oost) en opstijgrichting (oost naar west), is het voor de hand liggender dat de hogere gehalten optreden aan de oostzijde (temeer omdat het direct naast een drukke weg is gelegen). Voor bladgroenten is geen maximaal toelaatbaar PAK16-gehalte vastgesteld.

De sterke toename na week 42/43 kan mogelijk verklaard worden door het gebruik van (meer) stookinstallaties in de winter. Tevens zal in de winter de afbraak van PAK's in de atmosfeer minder zijn door lagere UV straling, en zal er door een lagere temperatuur meer PAK's kunnen condenseren op stofdeeltjes (Van Dijk *et al.*, 2015 en daarin genoemde referenties). In figuren 3 en 4 zijn zowel de meetresultaten voor PAK's uit onderhavig onderzoek, als voor langdurige metingen rondom afvalverbrandingsinstallaties (Van Dijk *et al.*, 2015) weergegeven als functie van de temperatuur (gemiddeld over acht weken groeitijd voorafgaand aan monsternamen).



**Figuur 3** PAK's gehalte als functie van temperatuur in boerenkool rondom AVI's in Nederland





**Figuur 4** PAK's gehalte als functie van temperatuur in boerenkool bij Lelystad en Bremen  
 De maandtemperaturen zijn berekend op basis van de lange termijn temperatuurdatabases van het KNMI en de Deutscher Wetterdienst. Zowel uit de grafiek van de metingen van onderhavig onderzoek, als uit de grafiek van de langdurige metingen rondom afvalverbrandingsinstallaties valt af te leiden dat seizoenverschillen (met name dus temperatuur) invloed hebben op de PAK's gehalten.

### 3 Conclusies

Uit de resultaten van de meetreeksen blijkt een grote variabiliteit waaruit geen duidelijke trends zijn gebleken. In het algemeen wordt opgemerkt dat, zowel bij de elementen als bij de PAK's, het soms voorkomt dat juist het meetpunt met de grootste afstand tot het vliegveld de hoogste meetgehalten kent. Dit fenomeen doet zich ook voor bij hogere emissies vanuit een relatief hoge schoorsteen. Door de pluimstijging zal in de directe nabijheid de meetgehalten laag zijn, terwijl op grotere afstand deze hoger zijn omdat dan pas de pluim zich tot op de grond heeft verspreid. Toch gaat deze vergelijking met de situatie met vliegverkeer niet op. Ten eerste is het vliegverkeer geen puntbron maar een lijnbron. Ten tweede vindt de emissie vanuit een vliegtuig horizontaal plaats, zodat er geen pluimstijging overeenkomstig een hoge schoorsteen is (met andere woorden de hoogste belasting wordt verwacht dichtbij daar waar de emissie het hoogst is: in het directe verlengde achter de positie op de startbaan waar vanuit opgestegen wordt). Ten derde omdat de hogere gehalten niet structureel op grotere afstanden van het vliegveld zijn waargenomen.

In de onderstaande paragrafen wordt specifiek ingegaan op conclusies die getrokken worden uit het onderzoek.

#### 3.1 Elementen

- Kwik en lood waren niet aantoonbaar in de spinaziemonsters van vliegveld Lelystad en Bremen en de regionale referentiepunten. De gehalten lagen beneden de aantoonbaarheids-grens van respectievelijk 0,02 en 0,05 mg/kg product. In de boerenkoolmonsters was lood echter wel aantoonbaar in Lelystad, maar er waren geen eenduidige hogere waarden vergeleken met het referentiepunt. In Bremen is in boerenkool alleen bij het referentiepunt lood aangetoond.
- Rond Lelystad Airport zijn voor cadmium, chroom en nikkel in zowel spinazie als boerenkool geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op en rond het vliegveld en het regionale referentiepunt in Zeewolde. Ook is er geen afstandsafhankelijke gradiënt gevonden tussen de gehalten op het vliegveld en die op grotere afstand in het verlengde van start/landingsbaan.
- Op grotere afstand van vliegveld Lelystad zijn in spinazie hogere gehalten aan titanium, ijzer en barium gevonden ten opzichte van de meetpunten op het vliegveld en het regionale referentiepunt. Wat hiervan de oorzaak is geweest, is onbekend.
- Op Bremen Airport waren de cadmiumgehalten bij de monsternames van spinazie eind augustus en tweede helft september op het vliegveld hoger dan op het regionale referentiepunt. Het maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten van 0,2 mg/kg product is daarbij eenmaal licht overschreden.
- De variatie in chroom- en nikkelgehalten tussen meetpunten op vliegveld Bremen en het regionale referentiepunt was relatief groot in spinazie. Het gemiddelde chroom- en nikkelgehalte was op het referentiepunt hoger dan op het vliegveld.

- Op vliegveld Bremen zijn hogere gehalten aan mangaan, ijzer en zink gevonden ten opzichte van het regionale referentiepunt. Deze elementen zijn niet direct gerelateerd aan emissies uit verbrandingsmotoren. Wat hiervan de oorzaak is geweest, is onbekend.
- Met betrekking tot die elementen die gerelateerd zijn aan emissies uit verbrandingsmotoren kan geconcludeerd worden dat er geen verband is gevonden tussen de (nabijheid van) de luchthaven en het gehalte elementen in spinazie en boerenkool.  
De gehalten op de verschillende meetpunten kwamen overeen met het lokale achtergrondniveau. M.a.w. de activiteiten van de luchthavens hebben geen aantoonbare invloed gehad op de monitoringgewassen rondom de luchthaven ten aanzien van elementen (waaronder zware metalen).

## 3.2 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

- Rond Lelystad Airport werd in spinazie het hoogste PAK-gehalte gemeten op de grootste afstand van de luchthaven. Vergelijkbare gehalten (>2,6 µg/kg) zijn verspreid over het seizoen ook aangetoond op de overige meetpunten rond het vliegveld inclusief het referentiepunt. In boerenkool werd het hoogste PAK-gehalte gemeten op het referentiepunt. Ook in boerenkool zijn op de overige meetpunten vergelijkbare gehalten (>10,0 µg/kg) aangetroffen.
- Er is zowel in spinazie als in boerenkool geen afstandsafhankelijke gradiënt gevonden met hogere gehalten op het vliegveld en lagere gehalten op grotere afstand in het verlengde van start/landingsbaan.
- De seizoengemiddelde PAK-gehalte in spinazie en boerenkool op en rond het vliegveld waren niet verhoogd ten opzichte van het referentiepunt.
- Op Bremen Airport zijn in spinazie aan de westzijde van het vliegveld gemiddeld hogere PAK-gehalten gevonden dan aan de oostzijde en het referentiepunt buiten de directe invloedssfeer van het vliegveld. In boerenkool is dit niet het geval. Er is geen verklaring voor het PAK-gehalte in spinazie aan de westzijde.
- De gehalten PAK's in de spinazie- en boerenkoolmonsters van Bremen zijn grosso modo gelijk aan die van Lelystad. De referentiepunten wijken steeds nauwelijks af van de andere punten (behalve bij de laatste bemonstering van boerenkool Bremen, waar het referentiepunt beduidend hoger is).
- De gehalten PAK's in boerenkool zijn duidelijk hoger dan in spinazie. Boerenkool staat langer op het land, en de blaadjes hebben een prominentere waslaag waarin PAK's goed in afgevangen kunnen worden.  
Binnen de meetreeks van de boerenkool neemt na week 42/43, bij zowel Lelystad als Bremen, het PAK-gehalte sterk toe. Dit blijkt temperatuurafhankelijk te zijn: boerenkool dat in de vroege herfst is bemonsterd heeft een beduidend lager PAK gehalte dan boerenkool uit de winter. Dit fenomeen doet zich zowel in Lelystad als in Bremen voor, alsmede bij de langdurige monitoring rondom afvalverbrandingsinstallaties (Van Dijk *et al.*, 2015).

- Er kan geen verband worden gevonden tussen (de nabijheid van) de luchthaven en het gehalte PAK's in boerenkool. Dit was ook geconcludeerd voor spinazie. Met andere woorden de activiteiten van de luchthavens hebben geen waarneembare invloed op de gewassen rondom de luchthaven ten aanzien van PAK's.

### 3.3 Samenvattende conclusies

- De aan vliegverkeer te relateren contaminant lood is niet aangetroffen in de spinazie gewasmonsters op en rondom de luchthavens Lelystad en Bremen. In boerenkool was lood aantoonbaar (net boven de aantoonbaarheidsgrens) in Lelystad en eenmalig op één meetpunt in Bremen.
- Er zijn geen aanwijzingen dat emissies van het vliegverkeer op Lelystad Airport van invloed zijn geweest op de gehalten aan elementen (waaronder lood en kwik) en PAK's in spinazie en boerenkool. Uit het feit dat er op de meetpunten rond het vliegveld geen duidelijke overschrijdingen van normen of achtergrondwaarden zijn gevonden, is het aannemelijk dat er geen sprake was van negatieve effecten op agrarische gewassen en producten door de luchthavens.
- De verhoging van het PAK-gehalte van herfstboerenkool naar winterboerenkool is gerelateerd aan de omgevingstemperatuur. Dit effect wordt waargenomen bij de meetlocaties in zowel Nederland (Lelystad, en op locaties van drie afvalverbrandingsinstallaties) als Duitsland (Bremen). De hoge PAK-gehalten aangetroffen in de winterboerenkool monsters, hebben geen relatie met de nabijheid van een klein vliegveld (Lelystad nu) of middelgroot vliegveld (Bremen, of Lelystad in de toekomst).
- Het uitgevoerde onderzoek leidt tot de conclusie dat de twee onderzoeksvragen ('heeft de luchthaven van Lelystad nu en na ontwikkeling tot circa 45.000 vliegtuigbewegingen per jaar een onderscheidelijke invloed op de kwaliteit van de landbouwgewassen in de omgeving') ontkennend beantwoord moeten worden.

## Referenties

Peeters B., Bierkens J., Provoost J., Den Hond E., Van Volsem S., Adriaenssens E., Roekens E., Bossuyt M., Theuns I., De Cooman W., Eppinger R., Frohnhoffs A., D'hont D., Geeraerts C., Belpaire C., Cardon M., Ceenaeme J., De Naeyer F., Gommeren E., Van Dyck E., 2010. Milieurapport Vlaanderen (MIRA), Achtergronddocument 2010, Verspreiding van zware metalen. Vlaamse Milieumaatschappij, [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be)

EC (2006) COMMISSION REGULATION (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Consolidated version:  
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1881-20140701&from=EN>

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.

## **Bijlage I**

### **Beschrijving van het monitoringprogramma**

## I.1 Inleiding

In het licht van nationale en internationale ontwikkelingen zijn productkwaliteit en voedselveiligheid belangrijke aandachtspunten. Productkwaliteit heeft betrekking op de fysieke eigenschappen van voedselproducten (uiterlijk, geur, smaak en textuur). De primaire sector waarborgt de productkwaliteit en transparantie voor volgende schakels in de voedselproductieketen aan de hand van kwaliteitscriteria en registratiesystemen (b.v. HACCP<sup>1</sup> en GLOBALGAP). Voedselveiligheid heeft betrekking op de aanwezigheid van fysische, chemische en microbiologische stoffen in voedselproducten die een bedreiging zouden kunnen vormen voor de volksgezondheid. Als een voedselproduct niet veilig is, dan mag het niet vermarkt worden.

Agrarische ondernemers in de omgeving van Lelystad geven aan op dit moment onvoldoende inzicht te hebben in de mogelijke belasting van hun gewassen met milieuvreemde stoffen als gevolg van de ontwikkeling van Lelystad Airport. Om dit inzicht te verschaffen, is een voorstel uitgewerkt voor een meetprogramma specifiek gericht op de situatie rond Lelystad en een luchthaven die wat betreft landschappelijke inpassing en omvang (aantal en soorten vluchten) overeenkomt met hoe Lelystad Airport er in de toekomst uit zal zien. De metingen worden in de periode april 2014 tot april 2015 uitgevoerd.

Het vastleggen van de milieubelasting rond de huidige luchthaven Lelystad, de zogenaamde nulmeting, dient als ijkpunt voor het aantonen van eventuele veranderingen in belasting als gevolg van de uitbreiding van de luchthaven. Daarnaast worden vergelijkbare metingen verricht in de directe omgeving van luchthaven Bremen, dat op basis van het aantal vliegbewegingen als model dient voor de toekomstige luchthaven in Lelystad. De metingen rond Bremen geven een beeld van de belastingniveaus die in de toekomst rond Lelystad verwacht kunnen worden, en vormt daarmee een referentiemeting.

Op de meetpunten worden gevoelige en sterk accumulerende plantensoorten op een gestandaardiseerde wijze geteeld. Na een bepaalde blootstellingstijd worden de planten visueel beoordeeld, bemonsterd en geanalyseerd op een aantal relevante luchtverontreinigingscomponenten. De analyseresultaten worden geëvalueerd door ze te vergelijken met landelijke achtergrondgehalten, eventuele trends, en eventueel beschikbare normen voor menselijke consumptiekwaliteit. Door de keuze van gevoelige 'standaard' plantensoorten hebben de metingen ook een signaal-functie (worstcase). Dit houdt in dat zolang er geen duidelijke overschrijding van normen worden geconstateerd, er ook geen negatieve effecten te verwachten zijn op de (andere) gewassen die in de directe omgeving worden verbouwd.

Plant Research International (PRI, onderdeel van Wageningen UR), is in Nederland het aangewezen instituut voor het uitvoeren van gewasmetingen en biomonitoring. PRI heeft dan ook ruime ervaring met de uitvoering van dergelijke metingen rond diverse afvalverbrandingsinstallaties en industriële complexen in Nederland. De gegevens uit deze meetprogramma's geven een beeld van de gehalten die verwacht kunnen worden in zowel belaste als onbelaste gebieden verspreid over Nederland. Aan de hand van deze gegevens kunnen de metingen rond Lelystad en Bremen in perspectief worden geplaatst.

1 HACCP staat voor Hazard analysis and critical control points

## **I.2 Opzet meetprogramma**

### **I.2.1 Componenten**

Welke componenten in een meetprogramma worden meegenomen hangt af van de verwachte emissies op en rond het vliegveld. Andere selectiecriteria zijn: stofeigenschappen (toxiciteit, vluchtigheid, aantoonbaarheid), maatschappelijke relevantie en mogelijkheden tot toetsing aan normen voor consumptiekwaliteit van gewassen waarop deze stoffen terechtkomen.

- Zware metalen. Uit deze groep stoffen worden koper, lood, kwik en antimoon aangemerkt, omdat deze in verband worden gebracht met emissies van (vlieg)verkeer. Uit deze groep stoffen wordt met name lood als relevant voor het gebied rond Lelystad aangemerkt, omdat er op dit moment nog met loodhoudende brandstoffen wordt gevlogen. Deze componenten kunnen accumuleren in/op plantenweefsel en zijn relevant voor de consumptiekwaliteit van (groente)gewassen.
- Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). PAK-gehalten in bovengrondse plantendelen zijn voornamelijk het gevolg van bovengrondse opname. Vooral aan PAK's met een hoog moleculegewicht wordt een carcinogene (kankerverwekkende) werking toegeschreven. Uit deze groep van organische verbindingen worden de 16 uit toxiciteits-oogpunt belangrijkste componenten bepaald. Dit sluit aan bij de wijze waarop PAK's in andere meetprogramma's worden gemeten. Voor PAK's zijn geen normen voor onbewerkte consumptiegewassen beschikbaar.

Grootschalige luchtverontreinigingscomponenten zoals kooldioxide (CO<sub>2</sub>), zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), fijn stof, ammoniak (NH<sub>3</sub>) en stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) worden door veel verschillende bronnen uitgestoten, zoals industrie, huishoudens en verkeer. De landbouwsector zelf draagt ook substantieel bij aan de ammoniakemissies. Het is niet zinvol deze componenten te monitoren, omdat ze niet als zodanig in planten zijn aan te tonen vanwege de omzettingen die in planten plaatsvindt en omdat de bijdrage van het vliegverkeer niet valt te onderscheiden van de 'deken' die al over Nederland ligt.

Samenvattend worden de volgende componenten aangemerkt als relevant voor opname in het meetprogramma rond de luchthavens van Lelystad en Bremen: zware metalen en PAK's.

### **I.2.2 Gewaskeuze**

In het meetprogramma worden de 'standaard' plantensoorten spinazie en boerenkool gebruikt die de geselecteerde componenten relatief snel uit de lucht opnemen en/of vasthouden zonder dat daarbij direct zichtbare effecten optreden. Met deze soorten is ruime ervaring opgedaan als bioaccumulator in diverse meetprogramma's. De planten worden op een gestandaardiseerde wijze geteeld en na een bepaalde blootstellingstijd visueel beoordeeld, bemonsterd en geanalyseerd (zie tabel I.1 voor een overzicht). Spinazie wordt in het voorjaar en in de zomer geteeld en boerenkool in herfst en winter. Deze plantensoorten zijn relatief gemakkelijk te telen onder Nederlandse (en Duitse) omstandigheden en hebben een relatief groot bladoppervlak.

De bemonsterde gewassen worden na bemonstering en analyse bewaard in een gewasarchief.

Van de geselecteerde gewassen is bekend dat deze gasvormige componenten opnemen in het blad via de huidmondjes. Aan deeltjes gebonden componenten, zoals de meeste zware metalen en sommige organische verbindingen, worden door droge en natte depositie op de planten gedeponneerd en geabsorbeerd in de waslaag van het blad.



Belangrijke parameters voor opname zijn dan ook de groeisnelheid, waslaag en bladoppervlak. 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.

**Tabel I.1**

Overzicht van de in het meetprogramma toe te passen accumulatoren voor de verschillende componenten en de bijbehorende bemonsteringsfrequentie in de periode april 2014 tot april 2015.

Gewas/product	Response	Component	Periode	Bemonsteringsfrequentie (gedurende één jaar)
Spinazie	Accumulatie	Zware metalen, PAK's (16 EPA)	Voorjaar/zomer	5
Boerenkool	Accumulatie	Zware metalen, PAK's (16 EPA)	Herfst/winter	3

### I.2.3 Meetpunten

De ruimtelijke verdeling van de meetpunten wordt vastgesteld aan de hand van het verwachte verspreidingspatroon van de emissies. Uitgangspunt is dat er in ieder geval een meetpunt ligt op die plaatsen waar de hoogste depositie wordt verwacht, in dit specifieke geval zou dat aan het begin of einde van de start/landingsbaan zijn, al naar gelang de heersende windrichting. Op iets grotere afstand buiten de directe invloedssfeer van het vliegveld, wordt een locatie als referentiepunt ingericht. Rond de luchthaven van Lelystad worden zes meetpunten ingericht, en bij Bremen drie meetpunten (totaal negen). De exacte locatie van de verschillende meetpunten is ter plaatse bepaald afhankelijk van de mogelijkheden. In bijlage II zijn voor respectievelijk Lelystad en Bremen de locaties aangeduid. Stakeholders zijn gevraagd toestemming te verkrijgen om meetpunten aan te leggen.

#### *Locatie Lelystad*

Voor de locatie Lelystad zijn zes meetpunten gekozen op een lijn zo parallel mogelijk aan de start-/landingsbaan en loodrecht op de Provinciale weg. Drie hiervan zijn benodigd om het effect van de luchthaven in beeld te brengen (dichtbij de luchthaven, op enige afstand van de luchthaven, en op een referentielocatie op grote afstand - circa 20 km - van de luchthaven waar de invloed van de luchthaven en andere bronnen zo minimaal mogelijk is). Additioneel zijn drie meetpunten benodigd om de invloed van wegverkeer te kunnen onderscheiden van de invloed van het vliegverkeer/de luchthaven. Dit wordt bereikt door de locaties van vijf van de in totaal zes punten zodanig te kiezen dat deze aan beide zijden van de weg op gelijke afstanden liggen (met andere woorden in twee tegenovergestelde richtingen neemt de invloed van de weg af) én tegelijk op locaties waar de invloed van de luchthaven merkbaar is maar zodanig dat de invloed maar in één richting afneemt. Het zesde meetpunt wordt gekozen direct langs de weg op een locatie waar de invloed van de luchthaven minimaal/afwezig is. Met deze keuze van meetpuntlocaties is het mogelijk om de invloed van het wegverkeer van het vliegverkeer te scheiden, indien er trends in de meetgegevens waarneembaar zijn.

### *Locatie Bremen*

Luchthaven Bremen komt wat betreft locatie goed overeen met Lelystad: de luchthaven wordt voornamelijk omgeven door landelijk gebied, en ligt alleen aan één zijde in de nabijheid van een stadskern (de luchthaven ligt net zoals in Lelystad eveneens niet benedenwinds van de stad). Ook bij deze luchthaven liggen nabij en op enige afstand doorgaande (snel)wegen.

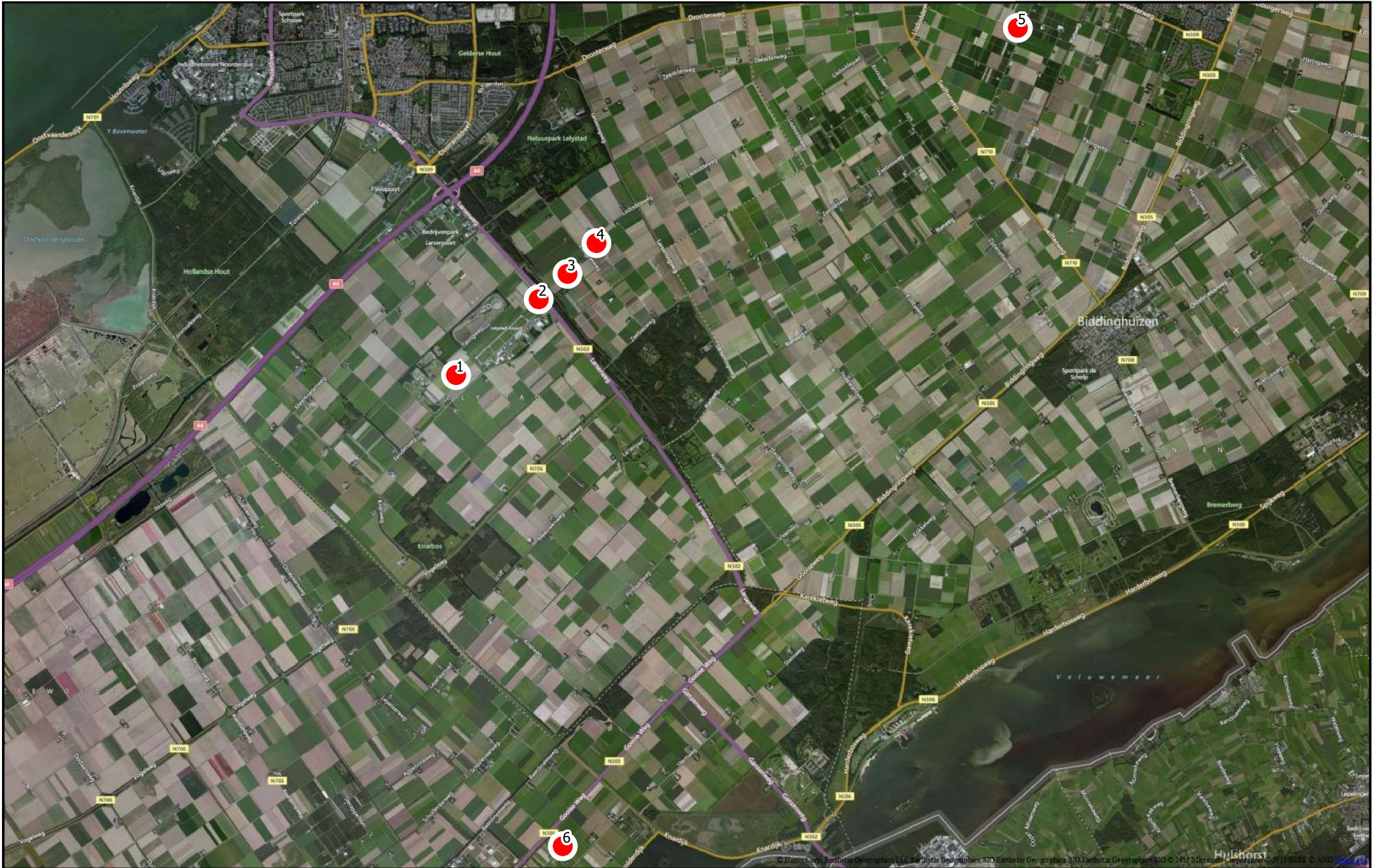
Voor de luchthaven Bremen zijn drie locaties gekozen waarbij er voor twee eenzelfde invloed door de luchthaven wordt verwacht. Bij deze twee is er één dichtbij en de ander op grote afstand van een drukke doorgaande (snel)weg. Het derde meetpunt is gekozen op grotere afstand van de luchthaven (circa 10 km), en op grote afstand van een drukke doorgaande (snel)weg.

### *Meetlocaties*

Voor het betrouwbaar vaststellen van de belasting op de meetpunten moet de aanvoer van lucht uit de richting van de bron zo min mogelijk worden belemmerd door bebouwing en/of begroeiing. Elke locatie beslaat circa 20 m<sup>2</sup> en is afgezet met ±1 m hoog gaas en windscherm (zie ook figuur 1 in hoofdstuk 1) en moet goed bereikbaar zijn. Het windscherm dient er toe zoveel mogelijk te voorkomen dat omliggende 'onbekende' landbouwgrond en waai vuil in de proefopstelling terecht komt. Het heeft geen invloed op de depositie. Op alle meetpunten worden afhankelijk van het seizoen verschillende plantensoorten geteeld in kunststof bakken gevuld met standaard potgrond. De planten worden van water voorzien door middel van capillaire opzuiging vanuit een ondergelegen reservoir.

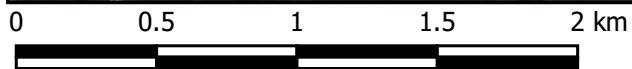
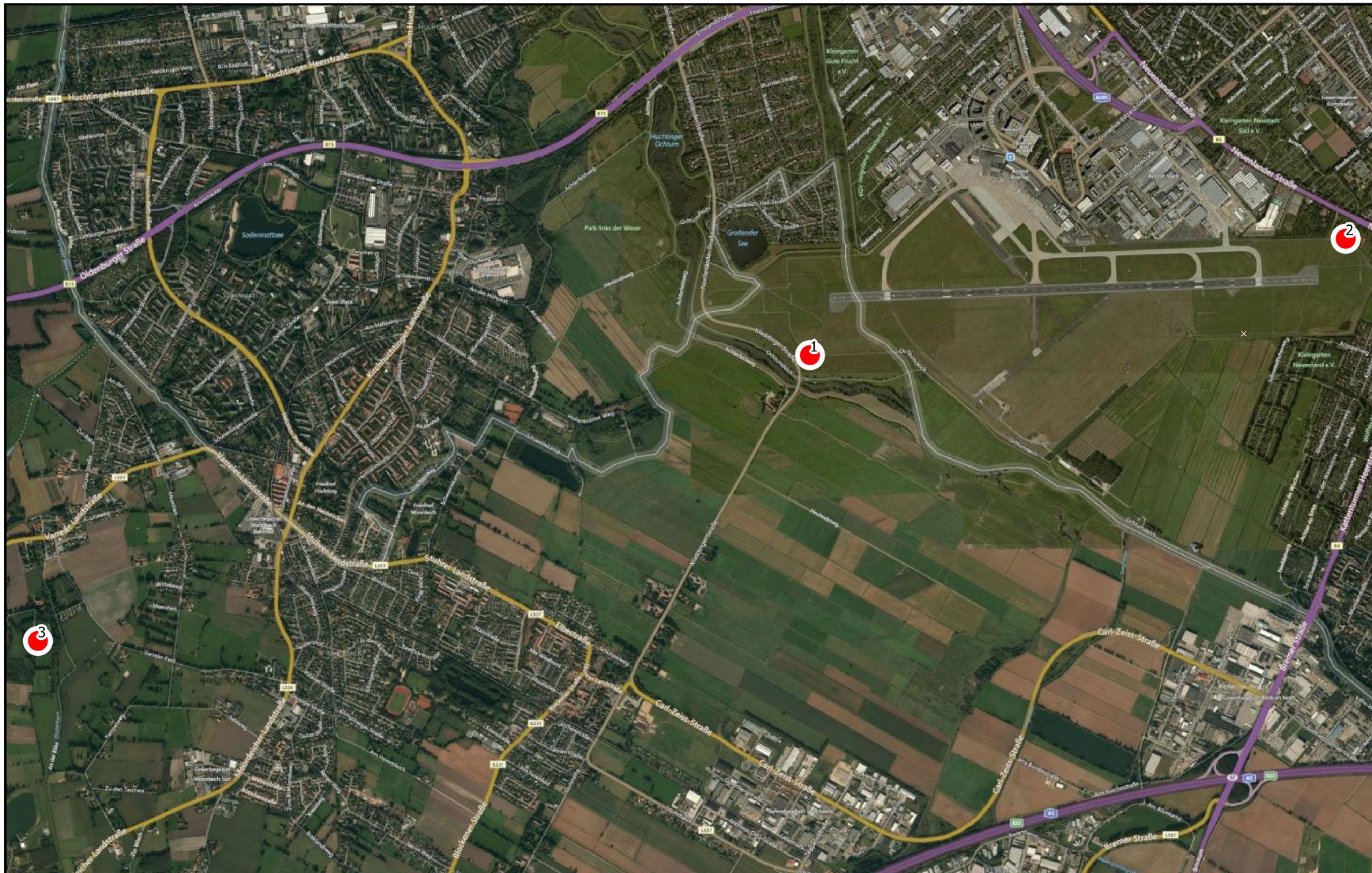
## **Bijlage II**

### **Meetlocaties**



0 1 2 3 4 km





## **Bijlage III**

### **Analysemethoden**

#### **Analyse van (zware) metalen en elementen**

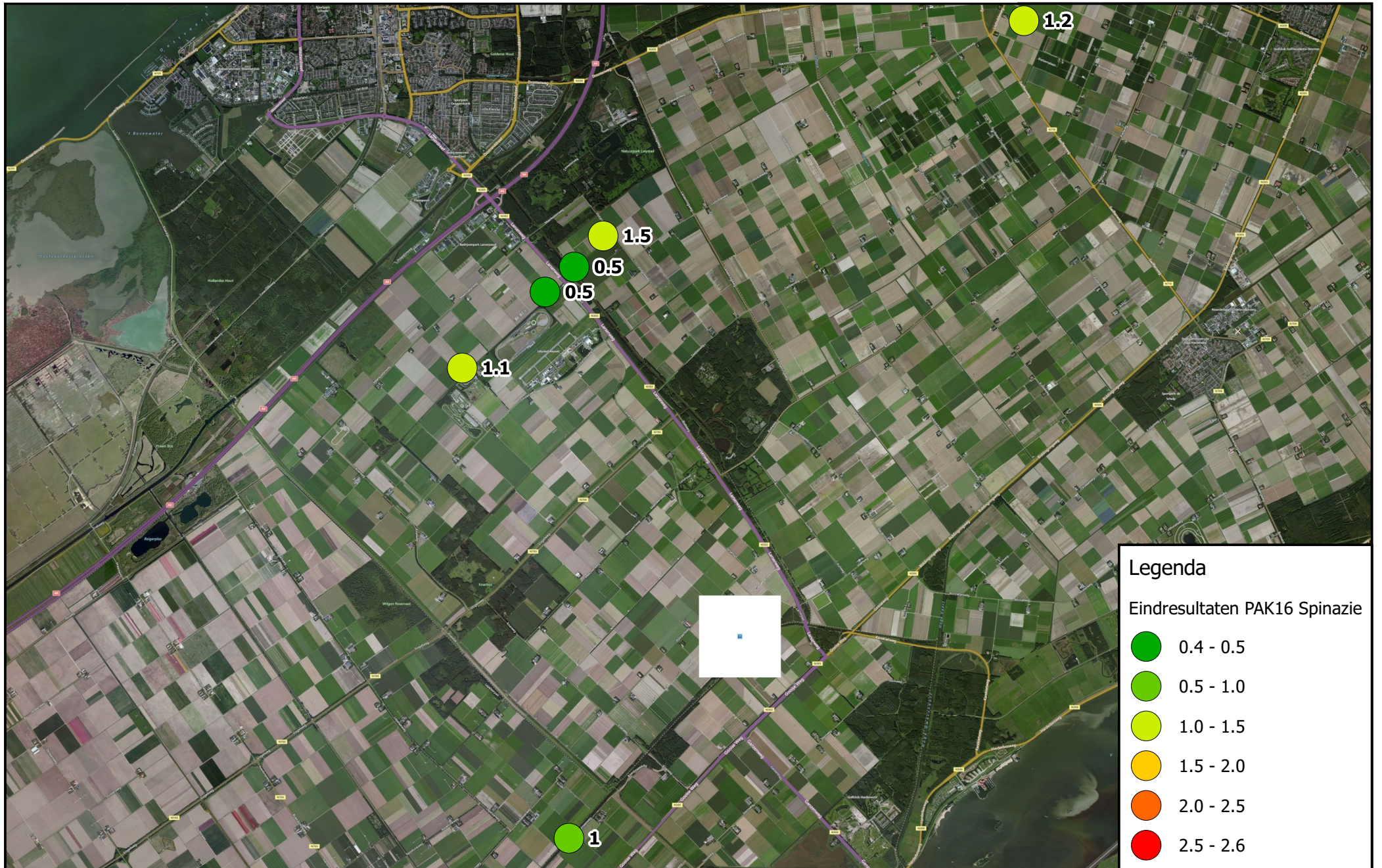
De analyse van metalen en elementen start met de ontsluiting van de stoffen uit de matrix. Dit gebeurt met zure destructie. Aan 1 gram monster werd 10 ml salpeterzuur (70%) toegevoegd en in een afgesloten destructievaatje verhit in een magnetronoven. Na de ontsluiting werden de monsters overgebracht in een maatkolf van 50 ml en aangevuld met Milli-Q water. De elementen en metalen werden vervolgens selectief gemeten in het destruaat met behulp van ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry). De kwantificering werd uitgevoerd aan de hand van een kalibratiecurve.

#### **Analyse van PAK's**

De RIKILT methode omvat 16 verschillende PAK's, waaronder de vier PAK's die in EU normstelling zijn opgenomen. De analyse van PAK's start met de extractie van de PAK's uit de matrix. Voorafgaand aan de extractie worden interne standaarden toegevoegd aan het analysemonster, waarmee de gehele analyse gecontroleerd kan worden. De opzuivering van het ruwe extract gebeurt met behulp van gel permeatie chromatografie (GPC). De PAK's werden in het opgezuiverde extract selectief gemeten met behulp van gas chromatografie (GC) gekoppeld met hoge resolutie massa spectrometrie (HRMS, resolutie 10.000). Kwantificering vond plaats aan de hand van een kalibratiecurves voor elk van de individuele PAK's

## **Bijlage IV**

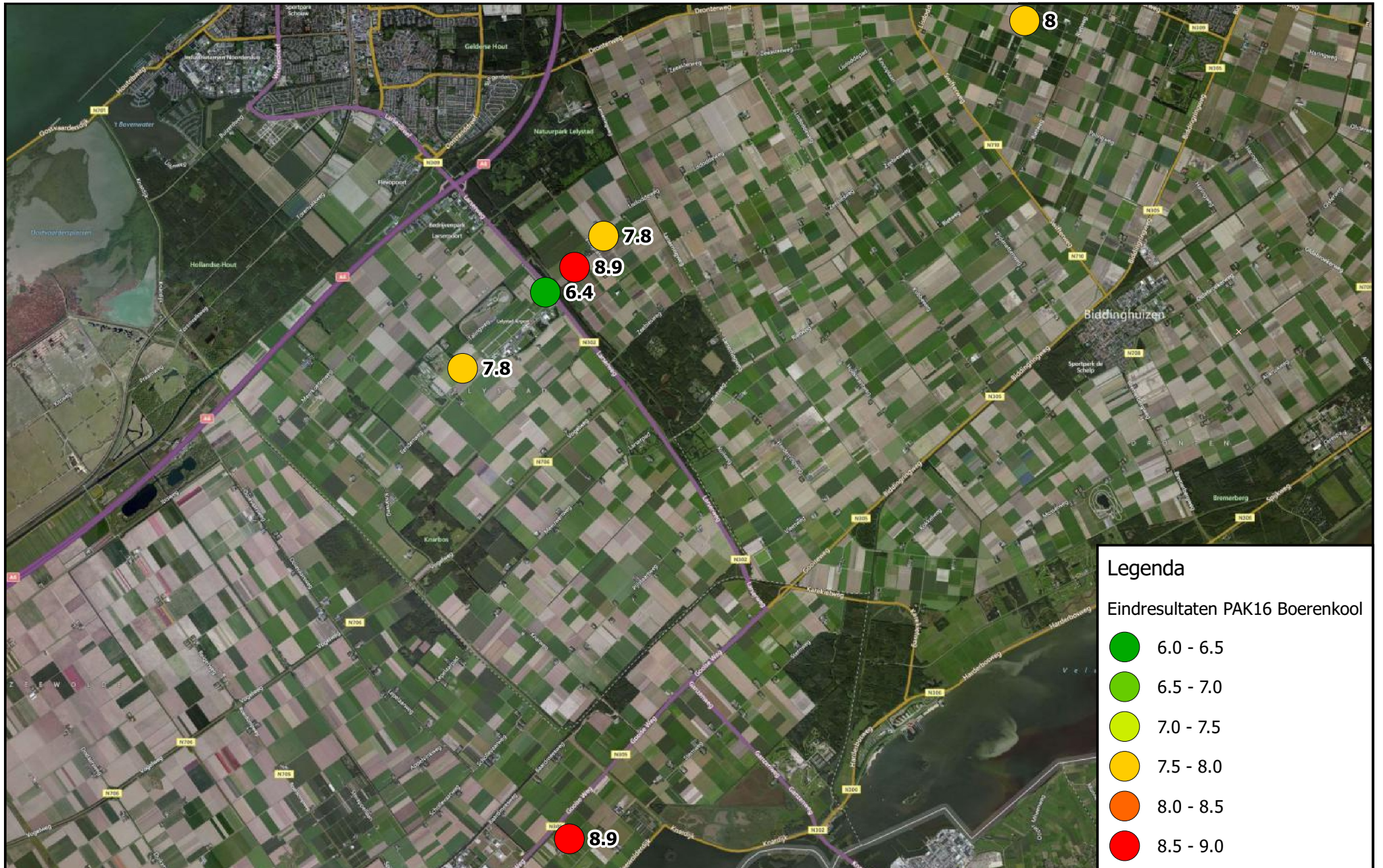
**Geografische spreiding van het gehalte PAK16 in spinazie en boerenkool**



0 1 2 3 4 5 km







0 1 2 3 4 5 km



