



Milieu Effect Rapport

Lelystad Airport

- Deel 4J: Deelonderzoek Voedselkwaliteit



Effecten van de ontwikkeling van de luchtvaart op Lelystad Airport op voedselkwaliteit

René Rietra en Paul Römken

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van Adecs Airinfra BV in het kader van de MER Lelystad Airport.

Alterra, Wageningen UR
Wageningen, maart 2014

Trefwoorden: Lelystad, luchtvaart, landbouw, kwaliteit landbouwproducten

© 2014 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

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

Inhoud

Inhoud	5
Samenvatting	6
1	Inleiding
1.1	Achtergrond
1.2	Deelonderzoek voedselkwaliteit
1.3	Doelstelling
1.4	Leeswijzer
2	Uitgangspunten/definitie
2.1	Projectdefinitie
2.2	Achtergrond
2.2	Projectdoelstelling
2.3	Projectafbakening
2.4	Werkwijze
3	Effecten van luchtvaart
3.1	Emissies door luchtvaart
3.1.1	Inleiding
3.1.2	Gevoelige gewassen rondom luchthavens
3.1.3	Genormeerde stoffen
3.1.4	Emissies
3.1.5	Niet-genormeerde stoffen
3.2	Kwaliteit van landbouwproducten
3.2.1	Algemeen
3.2.2	Onderzoek bij luchthavens
3.2.3	Onderzoek bij verkeer en vervoer
3.2.4	Kennis van andere verontreinigingsbronnen
3.2.5	Verskil tussen landbouwgewassen en producten
4	Effecten van ontwikkeling van de luchthaven op de kwaliteit van landbouwproducten
Literatuur	26
Lijst met afkortingen	30
Bijlage 1 Type landbouwgewassen rondom luchthavens	31
Bijlage 2 Emissie Lelystad Airport	32

Samenvatting

Voor de milieueffectrapportage Lelystad Airport is een bureaustudie gedaan naar de effecten van de ontwikkeling van de luchthaven op de kwaliteit van de landbouwproducten. Anders dan bij andere Nederlandse luchthavens, zijn er in de omgeving van Lelystad Airport veel teelten van verse bovengrondse producten voor de humane voeding, zoals spinazie, broccoli, boerenkool, sla en prei. Dergelijke gewasproducten staan bloot aan depositie via luchtverontreiniging. Gevoelig zijn vooral gewassen die pas geoogst worden in de herfst en winter omdat de genoemde landbouwgewassen dan nauwelijks of niet groeien terwijl er wel depositie is, én producten die weinig of niet gewassen worden.

Voor een aantal stoffen die uitgestoten worden bij luchthavens (zware metalen, polycyclische koolwaterstoffen) zijn er normen voor landbouwproducten. Voor PAK's in gewassen is er alleen een norm voor zuigelingen- en peutervoeding.

Lood

Bij Lelystad Airport vindt uitstoot van lood plaats door kleine vliegtuigen die nog gebruik maken van zuigermotoren. Deze zuigermotoren kunnen gebruik maken van loodhoudende brandstoffen. De grotere vliegtuigen gebruiken geen loodhoudende brandstoffen. Relevante ervaringen bij andere luchthavens, vooral in Duitsland, en bij andere bedrijven in België en Nederland zijn geïnventariseerd. Ervaringen bij bedrijven met een grote looduitstoot geven aan dat de norm in bladgewassen, met name in het najaar, overschreden kunnen worden. Door het relatief grote aandeel van kleine vliegtuigen die loodhoudende brandstof (274000 L) gebruiken is de huidige emissie van lood bij Lelystad Airport 153 kg j^{-1} . Op basis van de loodemissie zou de norm voor lood voor humane voeding (bladgewassen) in het najaar binnen zeer korte afstand van de bedrijfsgrens van de luchthaven (500 m) overschreden kunnen worden indien dergelijke najaarsgewassen geteeld worden. Door de groei van de luchthaven, zal het aandeel van vliegtuigen dat loodhoudende brandstoffen gebruikt dalen, en daarmee zal ook de loodemissie afnemen, of tot vrijwel nihil dalen als uit wordt gegaan van loodvrije Avgas. Lelystad Airport heeft aangegeven het gebruik van loodhoudende brandstof verder terug te willen dringen.

Ervaringen bij enkele Duitse luchthavens zijn geïnventariseerd omdat daar al jarenlang monitoring plaatsvindt naar de kwaliteit van gewassen. De resultaten tonen dat bij dergelijke grote luchthavens (Berlijn, München) looddepositie geen probleem is omdat er weinig loodhoudende brandstoffen worden gebruikt.

Polycyclische koolwaterstoffen (PAK)

De depositie van PAK's leidt in het algemeen vaak tot verhoogde gehalten aan PAK's in bladgewassen in de herfst en winter als de planten niet of nauwelijks meer groeien. Bij biomonitoring met boerenkool in Duitsland en Nederland wordt de norm voor som PAK4 in zuigelingen- en peutervoeding vaak overschreden, ook op locaties die niet dicht bij wegen of luchthavens liggen. Voor Lelystad Airport geldt dat de emissie aan PAK's nu en in de toekomst beperkt is ten opzichte van de rest van de bronnen (aandeel luchthaven is <1% van alle bronnen in gemeente Lelystad). Hierdoor zijn de effecten, de verhoging van PAK gehalten t.o.v. de situatie met uitbreiding van de luchthaven beperkt tot een kleine afstand rondom de luchthaven. De gegevens die ten grondslag liggen aan deze bureaustudie zijn onvoldoende om een kwantitatieve uitspraak te doen over het effect van de ontwikkeling van de luchthaven op de PAK gehalten in gewassen, omdat er geen berekeningen beschikbaar zijn van de te verwachten depositie van PAK.

ADAF's

De depositie van ADAF's (Aircraft anti icing and de-icing fluids) nabij luchthavens is onbekend, waardoor de risico's op schade bij landbouwproducten niet ingeschat kan worden. Het is hierdoor op dit moment niet mogelijk om de gehalte aan de-icing stoffen in gewassen in te schatten. Wel kan gesteld worden dat op Lelystad Airport de-icing alleen zal plaatsvinden op speciaal daarvoor ingerichte

platforms waarbij de hoeveelheid de-icings vloeistoffen voor circa 70% zal worden teruggewonnen. Een ander deel zal op het luchthaventerrein terecht komen waardoor maar een klein deel buiten het luchthaventerrein verspreid wordt. Waarschijnlijk kunnen de-icingsstoffen door middel van regen van de planten afspoelen.

Lelystad Airport en provincie Flevoland zijn in 2014 gestart met biomonitoringsonderzoek naar de benoemde kennisleemten.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Voor de beoogde ontwikkeling van Lelystad Airport is het doorlopen van een milieueffectrapportage noodzakelijk. Initiatiefnemer voor deze m.e.r.-procedure is N.V. Luchthaven Lelystad. Het milieueffectrapport beschrijft de milieueffecten van deze ontwikkelingen en zet deze af tegen de referentiesituatie (aanwijzing 1991 en 2001). Het MER beschouwt daarbij de effecten voor zowel de eindsituatie (45.000 vliegtuigbewegingen per jaar) als ook de effecten van de eerste tranche (25.000 vliegtuigbewegingen per jaar) in de ontwikkeling. Voor een uitgebreide achtergrond wordt verwezen naar *Deel 1: Hoofdrapport* van dit MER.

Dit rapport betreft een deelrapport bij het MER en beschrijft het Deelonderzoek Voedselkwaliteit.

1.2 Deelonderzoek voedselkwaliteit

Het deelonderzoek voedselkwaliteit brengt de effecten inzake de voedselkwaliteit in kaart van de voorgenomen uitbreiding van Lelystad Airport, zowel voor de eerste tranche met 25.000 vliegtuigbewegingen (niet-mainport gebonden verkeer van het type Boeing 737 en Airbus A320) in 2020 als op termijn een ontwikkeling naar 45.000 vliegtuigbewegingen per jaar.

Het effect op voedselkwaliteit in de omgeving van de luchthaven is afhankelijk van de gebruikte vertrek- en naderingsroutes. De effecten op de voedselkwaliteit worden echter heel dichtbij de luchthaven verwacht, waardoor de verschillen in de routestructuur geen invloed hebben. Tevens zijn in dit deelonderzoek de effecten op de voedselkwaliteit kwalitatief bepaald aan de hand van emissieresultaten. Het bepalen van de emissie is onafhankelijk van de routestructuur, waardoor er in dit deelonderzoek geen aandacht is besteed aan routevarianten en subvarianten op de routestructuur. Volledigheidshalve wordt hier wel vermeld dat er nog geen definitieve routestructuur is vastgesteld voor de situatie waarin er groot verkeer wordt afgehandeld op Lelystad Airport. In het voortraject is nadere invulling gegeven aan het operationeel concept, waar enkele routevarianten uit zijn voortgekomen. In Deel 3 van het MER is meer informatie over de routestructuur opgenomen.

1.3 Doelstelling

Dit rapport dient twee doelen: Ten eerste geeft dit rapport een inventarisatie van kennis over de relatie tussen voedselkwaliteit nabij luchthavens. Ten tweede beschrijft het een inschattingen en berekeningen van de effecten bij Lelystad Airport nu, en na de geplande ontwikkeling. Deze resultaten zijn tevens verwerkt in het MER Hoofdrapport.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd met de volgende hoofdstukken:

- Hoofdstuk 2 beschrijft de uitgangspunten van het onderzoek
- Hoofdstuk 3 beschrijft het onderzoek naar de effecten van de luchtvaart op de voedselkwaliteit
- Hoofdstuk 4 geeft de conclusies

2 Uitgangspunten/definitie

2.1 Projectdefinitie

Voor de milieueffectrapportage is het noodzakelijk om de effecten van de voorgenomen uitbreiding van Lelystad Airport op de kwaliteit van landbouwproducten inzichtelijk te maken. De kwaliteit van landbouwproducten kan namelijk beïnvloed worden door emissie van stoffen door de luchtvaart. Voor een aantal stoffen in landbouwproducten bestaan productnormen waarop getoetst kan worden. Verder kunnen er stoffen (bijvoorbeeld: de-icingvloeistoffen) zijn die mogelijk niet gewenst zijn in landbouwproducten waarvoor echter geen normen zijn.

2.2 Achtergrond

In de MER is specifiek aandacht gevraagd voor de mogelijke effecten van de uitbreiding van de luchtvaartactiviteiten voor agrarische bedrijven op vooral de kwaliteit van de plantaardige producten. De hier gestelde vraag is, voor zover bekend bij de auteurs, niet eerder gesteld in een MER procedure. De potentiële negatieve effecten van luchtvaart op voedselkwaliteit zijn al eerder geschetst in het ontwerp van het monitorings-programma dat in het kader van de Alderstafel-afspraken is ontworpen waarbij veldonderzoek gaat plaatsvinden. Genoemd daarin zijn potentiële effecten van o.a. lood, polycyclische koolwaterstoffen en "de-icing" substanties. Scenario's voor de uitbreiding van de luchthaven zijn gedefinieerd in "Notitie reikwijdte en detailniveau MER procedure luchtvaartbesluit Lelystad Airport" en de Nota van Antwoord.

Voor een algemene beschrijving van zowel de autonome ontwikkelingen als de voorgenomen activiteit wordt verwezen naar het hoofdrapport van het MER. In dit deelrapport worden de kenmerken van de situaties beschreven voor zover deze relevant zijn voor dit onderzoek.

De tabel hieronder vat voor de drie in dit MER te onderzoeken situaties de belangrijkste verschillen en overeenkomsten samen.

Tabel 1

Varianten die in MER onderzocht worden

	Referentiesituatie (Voorlopige voorziening)	Voorgenomen activiteit 25K	Voorgenomen activiteit 45K
Aantal bewegingen			
- Groot verkeer	0	25.000	45.000
- Zakenverkeer/MRO	6.900	4.000	4.500
- Klein verkeer/MLA	120.000	80.000	30.000
- Helikopters (incl. HEMS-vluchten)	23.000	22.000	12.000
Openstellingstijden	7:00 – 23:00	6:00 – 23:00 (met 1 uur extensie)	6:00 – 23:00 (met 1 uur extensie)
Baanlengte	1.250m verhard 300m gras (MLA)	2.400m verhard	2.400m verhard
Baanoriëntatie	48°-228°	48°-228°	48°-228°
Luchtverkeersleiding	Nee	Ja	Ja

2.2 Projectdoelstelling

De doelstelling is het uitvoeren van een bureauonderzoek naar de effecten van de ontwikkeling van de luchthaven, binnen voorgaande context, op de landbouw. Er is één hoofdvraag: wat zijn de effecten van de ontwikkeling van de luchthaven op de voedselkwaliteit (kwaliteit van plantaardige producten)? Hierbij worden effecten bedoeld van emissies van de luchtvaart op de kwaliteit van landbouwgewassen.

2.3 Projectafbakening

Het past niet in het kader van dit MER om veldonderzoek te doen. Veldonderzoek wordt in het kader van de Alderstafel Lelystad gedaan in een samenwerkingsverband tussen de Provincie, de luchthaven, agrariërs rond de luchthaven en andere betrokken partijen. Dit veldonderzoek in 2014 behelst zowel een 0-meting op en rond Lelystad Airport en tevens op een luchthaven elders in Europa die vergelijkbaar is met de toekomstige situatie op Lelystad Airport.

Het project behelst enkel landbouwgewassen. De effecten op dierlijke landbouwproducten zijn niet in dit onderzoek betrokken.

De informatie die gebruikt is voor de beantwoording van de vraag betreft

- toegankelijke wetenschappelijke literatuur
- informatie die beschikbaar is op internet
- informatie beschikbaar gesteld is door Adecs Airinfra BV en Lelystad Airport.
- informatie die beschikbaar is gekomen via overleg op initiatief van provincie Flevoland met betrokken partijen.

Er is informatie opgevraagd over diverse aspecten zoals:

- Te verwachten depositieniveaus rondom luchthaven van PAK's en lood.
- Biocidengebruik in luchtvaart en eventueel andere emissies van luchtvaart.
- brandstofgebruik Lelystad
- Gebruik van de-icing middelen in luchtvaart.

Indien deze informatie niet beschikbaar is kan de relevantie van bepaalde effecten niet goed ingeschat worden vanwege gebrek aan lokale kennis. Dat wordt dan aangeduid in de rapportage.

2.4 Werkwijze

Alhoewel er veel is gerapporteerd in de wetenschappelijke literatuur over luchtkwaliteit rondom luchthavens, is zelden gekeken naar de effecten van deze luchtkwaliteit op de kwaliteit van landbouwproducten. Evenmin waren er bij aanvang van dit onderzoek monitoringsgegevens van landbouwgewassen beschikbaar rondom Lelystad Airport of andere luchthavens, om de vraag te beantwoorden. De werkwijze die we daarom hanteren is het opdelen van de hoofdvraag in te beantwoorden deelvragen.

Om over de kwaliteit van landbouwproducten iets te zeggen kunnen we de blootstellingsketen opdelen in stappen:

emissie --> luchtkwaliteit--> depositie --> kwaliteit gewassen --> kwaliteit producten

Vaak is de in de literatuur aanwezige informatie nl. gericht op onderdelen van deze keten en dit geeft daarmee niet meteen een antwoord op de hier gestelde vraag. Als eerste benoemen we daarom de belangrijkste onderdelen van de hier te onderzoeken (voedsel)keten omdat bij een ketenbenadering het probleem in onderdelen wordt geanalyseerd. De vraag wat de effecten van uitbreiding van de

activiteiten op de luchthaven zijn op de verontreiniging in landbouwgewassen wordt daarom opgedeeld in drie deelvragen:

1. Wat is het effect van de uitbreiding op de emissie door de luchthaven? Welke stoffen zijn relevant voor landbouwproducten rekening houdend met consumptie door de mens? Bij welke emissies is luchtkwaliteit relevant (te denken valt aan etheen en ozon), en wanneer is depositie relevant (te denken valt aan lood en polycyclische koolwaterstoffen)?
2. Wat is het effect van depositie op de kwaliteit van de landbouwgewassen ?
3. Wat is het effect van depositie op de kwaliteit van landbouwproducten?

3 Effecten van luchtvaart

3.1 Emissies door luchtvaart

3.1.1 Inleiding

De emissie door de luchtvaart van stoffen die relevant zijn voor de luchtkwaliteit is in het deelonderzoek Lucht opgenomen. Het betreft stoffen (bv. NO_x, SO₂, fijn stof, lood) die effecten kunnen hebben op de humane gezondheid en kwaliteit van de natuur. De emissie van stoffen die voor de kwaliteit van landbouwproducten relevant zijn, zijn de stoffen waarvoor normen bestaan (lood (Pb), PAK) en relatief onbekende stoffen die specifiek bij de luchtvaart vrijkomen (bijvoorbeeld via de-icingproducten), die gezondheidseffecten zouden kunnen hebben.

Emissies door de luchtvaart zijn relevant indien ze:

1. Kunnen leiden tot normoverschrijdingen in landbouwproducten (warenwetnorm)
2. Bij ontbreken van normen, onderscheiden kunnen worden van andere bronnen, en toxicologisch relevant zijn.

In 3.1.2 worden de teelten rondom Lelystad beschreven in vergelijking tot andere luchthavens, in 3.1.3 worden de stoffen die genormeerd zijn besproken, in 3.1.4 worden de emissies van stoffen door de Lelystad Airport gegeven, en in paragraaf 3.1.5 wordt geïnventariseerd welke stoffen eventueel ook nog relevant zijn voor de kwaliteit van landbouwproducten.

3.1.2 Gevoelige gewassen rondom luchthavens

Er is geconstateerd dat bij voorgaande MER studies voor luchthavens de risico's voor de landbouw niet of nauwelijks zijn besproken. Ook bij Schiphol is de vraag niet gesteld, behalve dat de dierenbescherming aan Wageningen UR vroeg om onderzoek te doen naar de effecten van Schiphol op het welzijn van schapen (Slootweg et al., 2004). Hierbij is gekeken naar de literatuur over de luchtkwaliteit, zijn wolmonsters onderzocht en is dierartsen uit de omgeving van Schiphol gevraagd of er gezondheidsproblemen bij schapen zijn. De inventarisatie liet bij Schiphol geen problemen zien.

Teneinde een goede beschouwing te kunnen geven m.b.t. landbouwgewassen is geïnventariseerd welk type landbouwgewassen rondom Nederlandse luchthavens wordt geteeld met het oog op mogelijke risico's door depositie. Gevoelig voor depositie zijn gewassen waarvoor strenge normen gelden, en die voor de versmarkt geteeld worden (die niet gewassen of geschild worden) zoals bijvoorbeeld prei, spinazie, boerenkool, peultjes, sperziebonen, andijvie, sla, broccoli, en chinese kool.

Het meest gevoelig, zo blijkt uit de specifieke normen voor PAK's, zijn de landbouwgewassen die gebruikt worden voor zuigelingen- en peutervoedsel. In Bijlage 1 staan kaartjes van de luchthavens Schiphol, Eelde, Rotterdam, Eindhoven, Lelystad en Maastricht. De voor depositie gevoelige percelen (rood op kaart aangegeven) rondom Maastricht betreffen over het algemeen boomgaarden, en rondom Lelystad betreft het diverse bladgroenten en sperziebonen. Rondom andere luchthavens zijn de gewassen minder gevoelig voor depositie omdat het meestal veevoeding betreft (gras, mais). Hieruit lijkt het er op dat de landbouw rondom Lelystad wellicht gevoeliger is voor eventuele gevolgen van luchtverontreiniging dan andere luchthavens. Het aangekondigde veldonderzoek moet dat aantonen.

3.1.3 Genormeerde stoffen

Normen voor de luchtkwaliteit zijn er voor stoffen die benoemd zijn in Directive 2004/107/EC (EU, 2004), en 2008/50/EC (EU, 2008). Het betreft stoffen die een direct effect kunnen hebben op de

humane gezondheid (via inademen: fijn stof, ozon, vluchtige organische stoffen; VOS) of de kwaliteit van de natuur (stikstof, zwavel). Een aantal van die stoffen kan ook een effect hebben op de gewasgroei en kwaliteit (contaminanten aan fijn stof, ozon). De stoffen NO_x (NO+NO₂), SO₂ hebben in het algemeen geen negatieve effecten op landbouwgewassen (Bender et al., 2011). Fijn stof is voor zover het geen contaminanten betreft voor voedselkwaliteit geen probleem, maar kan een maat voor polycyclische koolwaterstoffen (PAK's) zijn.

Normen voor voedselkwaliteit zijn er voor stoffen in de wetgeving voor veevoer (benoemd in 2002/32/EC; EU 2002) en humane voeding zijn (benoemd in EU 1881/2006 en EU835/2011; EU 2006, 2011). Een groot aantal stoffen die in of op landbouwproducten voorkomen (bijvoorbeeld: schimmelmicroben, gewasbeschermingsmiddelen) is niet gerelateerd aan emissie door luchtvaart en die zijn hier dus niet relevant. Wel relevant zijn stoffen als zware metalen, en met name lood (Pb), en polycyclische koolwaterstoffen (PAK's), omdat ze geëmitteerd worden door vliegtuigmotoren. Omdat deze PAK's in de lucht deels gebonden zijn aan fijn stof (Lai, 2013), zou, bij gebrek aan gegevens, fijn stofdepositie een maat kunnen zijn voor risico's op PAK contaminatie.

Voedselkwaliteit is een belangrijk thema rondom Lelystad Airport omdat er regionaal veel gewassen geteeld worden voor humane consumptie (zie vorige paragraaf) waarvoor strengere normen gelden dan voor veevoer (zie tabel 2).

Tabel 2

Selectie van normen voor lucht, voedsel- en voerkwaliteit die relevant zijn voor landbouw i.r.t. luchthavenemissies.

Stof	Lucht 2004/107/EC, 2008/50/EC	Veevoer 2002/32/EC ⁶	Humane voeding EU 1881/2006 EU 835/2011 ³
VOS	Benzeen 5 ug/m ³	-	-
Ozon (O ₃)	Target AOT vegetatie: 18 mg/m ³ .uur Objective AOT40 vegetatie: 6 mg/m ³ .uur	-	-
PAK	BaP: 1 ng/m ³	-	BaP: 1 ug/kg, som4: 1 ug/kg ^(1,2)
Fijnstof	PM ₁₀ : 40 ug/m ³ (jaar)	-	-
Lood (Pb)	0,5 ug/m ³	5- 30 mg/kg ⁽⁵⁾	0,1- 0,3 mg/kg ⁽³⁾
Arseen (As)	6 ng/m ³	2 mg/kg ⁽⁵⁾	-
Cadmium (Cd)	5 ng/m ³	1 mg/kg ⁽⁵⁾	0,05 -0,20 mg/kg ⁽⁴⁾
Nikkel (Ni)	20 ng/m ³	-	-
PCB's (som6)	-	10 ug/kg	40 ng/g vet ⁽³⁾ , 1 ng/g ⁽¹⁾
dioxines	-	0,75 ng WHO-PCD/F-TEQ/kg	1-4,5 pg/g vet ⁽³⁾ , 0,1 pg/g ⁽¹⁾
Dioxine+dioxine-achtige PCB's	-	1,25 ng WHO-PCD/F-TEQ/kg	1,25-10 pg/g vet ⁽³⁾ , 0,2 pg/g ⁽¹⁾

¹ bewerkte voedingsmiddelen op basis van granen en babyvoeding voor zuigelingen en peuters, en zuigelingenvoeding

² norm van 1 ug BaP/kg vers materiaal voor benzo(a)pyreen en norm voor som (1 ug/kg vers) van 4 stoffen (benzo(a)pyreen, benz(a)antracene, benzo(b)fluorantheen en chryseen).

³ diverse normen voor diverse landbouwgewassen en producten op basis van versgewicht

⁴ voor diverse soorten groenten en fruit.

⁵ voeders van vegetatieve bron

⁶ Betreft voer met gestandaardiseerd vochtgehalte van 12%

3.1.4 Emissies

De emissies van genormeerde stoffen in Nederland worden berekend en gepubliceerd door de overheid op de website 'www.emissieregistratie.nl' (zie Tabel 3). Metingen aan de luchtkwaliteit worden door het RIVM gepubliceerd op de site van het "landelijk Meetnet Luchtkwaliteit" (www.lml.rivm.nl). De emissieregistratie bevat niet de emissie van ozon omdat ozon ontstaat via andere stoffen, met name stikstofoxiden en VOS's. De berekeningen voor de emissieregistratie zijn gebaseerd op emissiefactoren. De emissiefactoren voor PAK zijn bijvoorbeeld per "landing and take off" (LTO) (1,24 mg BaP LTO⁻¹). De emissiefactoren zijn in beperkte mate experimenteel bepaald en variëren per motortype (Chen et al., 2006).

De laatste jaren is er daarnaast ook aandacht voor fijn stof emissies bij luchthavens (Westerdahl et al., 2008; Hu et al., 2009). Alhoewel fijn stof voor landbouwgewassen niet relevant is, zou het een drager kunnen zijn voor contaminanten (Lai et al., 2013).

Tabel 3

Bijdrage van luchtvaart aan emissie van stoffen (kg/jaar) naar de lucht in 2011 op nationale schaal (www.emissieregistratie.nl). Geselecteerd zijn stoffen waarvoor emissieregistratie emissies geeft per luchthaven. Relevante bijdragen zijn voor de leesbaarheid grijs en vet gedrukt.

Stof	Total Nederland	Nationaal luchtvaart	Gemeente Lelystad	Airport Lelystad	luchtvaart tov nationaal	Airport Lelystad tov gemeente
Acroleïne	405100	4913	1831,04	92,01	1%	5%
Anthraceen		0,6299		0,04456		
Antimoon	7771	72,48	48,1388	0,3864	0,9%	0,8%
Arseen		0,006388		0,00003405		
Benzeen	2179000	5543	8840,49	230,3	0,3%	3%
Benzo(a)Pyreen	1262	0,1946	4,64526	0,01067	0,02%	0,2%
Benzo(b)Fluorantheen	1319	0,3487	5,89067	0,01241	0,03%	0,2%
Benzo(k)Fluorantheen	642,5	0,09549	2,70066	0,004192	0,01%	0,2%
Cadmium		0,07886		0,0004204		
Chroom		0,06388		0,0003405		
Dioxinen (PCDD/PCDF, I-TEQ)	0,03163	0,000006141		0,000000115	0,02%	
Etheen	5607000	40000	20318	1382	0,7%	7%
Fijn stof (PM10)	33600000	55980	149571	647,7	0,2%	0,4%
Fijn stof (PM2,5)	18810000	44710		587,6	0,2%	
Fluorantheen		1,651		0,0812		
Formaldehyde	1255000	36850	6695,3	690	2,9%	10%
Indeno (1,2,3-c,d)Pyreen	658,1	0,1057		0,001985	0,02%	
Koolstofdioxide	1,88E+11	714300000	2339900000	3103000	0,4%	0,1%
Koolstofmonoxide	575900000	3912000	3301000	384800	0,7%	11,7%
Koper		725		3,865		
Lood	28450	2245	529,008	488,9	8%	92%
Methaan	800300000	26140		805,8	0,003%	
NMVOS			591971	10710		2%
Naftaleen				48,84		
Nikkel		1,044		0,005566		
Seleen	830,2	0,06388	0,117629	0,0003405	0,01%	0,3%
Stikstofoxiden (als NO2)	395500000	2922000		5720	0,7%	
Styreen		1109		46,06		
Tolueen		4378		714,5		
VOS	927900000	432500	5287030	11520	0,05%	0,2%
Zink		181,1		0,9653		
Zwaveloxiden (als SO2)	61670000	99820	8350,86	396,3	0,2%	4,7%

In tabel 3 is te zien dat de bijdrage van de luchtvaart aan de totale emissie naar de lucht voor benzeen, benzo(a)pyreen (en andere PAK's), dioxines, arseen, koper, nikkel, stikstofoxiden, ten minste op landelijke schaal, verwaarloosbaar is ten opzichte van andere binnenlandse bronnen. Een bijdrage groter dan 1% van de nationale emissie hebben acroleïne, formaldehyde, en lood. Opvallend is de bijdrage van 8% van de luchtvaart in de totale emissie van lood (Pb) volgens de emissieregistratie (489 kg per jaar). Die bijdrage valt nog meer op als de bijdrage van de huidige luchthaven bekeken wordt t.o.v. alle bijdragen in gemeente Lelystad: 92%.

De berekening door de emissieregistratie is specifiek voor lood onjuist. De oorzaak hiervan is dat in de berekening van de emissieregistratie wordt aangenomen dat bepaalde type propellervliegtuigen Avgas gebruiken. Hierdoor is de geschatte loodemissie gedurende de periode 1990-2013 nauwelijks veranderd volgens de emissieregistratie. De luchthaven geeft echter aan dat in de periode tussen 2004 en 2013 het verbruik van loodhoudende brandstof is afgenomen van 670.000 L naar 274.000 L in het voordeel van loodvrije brandstof (van 75.000 L naar 298.000 L)(bron: Schiphol Group).

Hierdoor is de loodemissie door het gebruik van Avgas¹ op Lelystad Airport gedaald van 375 kg in 2004 naar 153 kg in 2013. Dit verschil is mogelijk doordat een deel van de vliegtuigmotoren is omgebouwd naar loodvrije types: het type vliegtuig is hetzelfde gebleken, en dus ook de berekening door de emissieregistratie, maar de motor is veranderd (bron: Adecs Airinfra BV).

Op lokaal niveau kan de relatieve bijdrage van luchtvaart aan de emissie groter zijn dan de relatieve bijdrage op nationale schaal. Het onderscheiden van de luchtvaart ten opzichte van andere emissiebronnen, met name de rest van de sector verkeer en vervoer, is inhoudelijk belangrijk. Luchtvaart en de rest van de sector verkeer en vervoer stoten vergelijkbare stoffen uit. Luchtvaart wijkt af van de rest van de sector verkeer en vervoer doordat emissie van de luchtvaart meer lijkt op een puntbron terwijl verkeer en vervoer emissies geeft vanuit lijnen (wegen) of gebieden (steden). Hierdoor kan luchtvaart in principe altijd wel ergens nabij de bron (de luchthaven) een belangrijker aandeel hebben dan rest van de sector verkeer en vervoer.

Op lokaal niveau is voor de landbouw eigenlijk niet de emissie van belang maar de depositie, en die wordt deels bepaald door regionale en deels door landelijke emissies. In Nederland zijn echter weinig lokale depositiegegevens voorhanden zodat er geen goed beeld is van de lokale verschillen. Lucht- en depositiemetingen in Vlaanderen (VMM, 2012) geven aan dat de PAK depositie niet alleen lokaal sterk verschilt (van 0,01- 0,24 ug BaP m⁻² dag⁻¹), maar ook sterk varieert in het seizoen, met grofweg een factor 10 hogere deposities in de wintermaanden dan in de zomermaanden (Manders en Hoogerbrugge, 2007). Vergelijkbare verschillen zijn gepubliceerd voor Groot-Brittannië (Brown, et al., 2013). Monitoring van depositie gebeurt in Nederland momenteel op kleine schaal (Manders en Hoogerbrugge, 2007), maar in het verleden is intensiever gemeten, ook rondom Schiphol (Thijse en van Loon, 2001). De lokale bijdrage van de luchtvaart (vliegverkeer, en op- en overslag van brandstof) rond Schiphol op de luchtverontreiniging buiten het terrein van Schiphol kon voor vluchtige organische stoffen (VOS) bepaald worden (59 meetpunten; Thijse en van Loon, 2001). De bijdrage op de concentratie benzeen in de lucht bij Badhoevedorp bedroeg 5-7% (0,13 ug/m³ tegen een achtergrondconcentratie van 1,2 ug/m³).

Voor een aantal stoffen bestaan modellen die de bijdrage van luchtvaart op de lokale emissie berekenen op basis van scenario's kunnen schatten. Voor een aantal stoffen kan ook de depositie via modellen ingeschat worden. Dergelijke modellen zijn toegepast in de MER voor Lelystad, Eindhoven, en Schiphol. De individuele bijdragen per luchthaven is beschikbaar via de emissieregistratie (<http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/facility.aspx>; zoek: vliegveld). In al deze milieueffectrapportages worden PAK's en lood zeer beperkt (Eindhoven) of niet (Lelystad, Schiphol) meegenomen. Er is in deze MER's voornamelijk aandacht voor stoffen die relevant zijn voor luchtkwaliteit in relatie tot humane gezondheid (fijn stof), en natuur (SO₂, NO_x). Ten behoeve van het nieuwe MER voor Lelystad, waar dit rapport deel van uitmaakt, is gevraagd om depositieberekeningen van PAK en lood maar dergelijke berekeningen zijn er niet.

Naast emissies van bovengenoemde contaminanten die door hun aanwezigheid in een landbouwproduct problematische kunnen zijn, zijn er ook andere stoffen die de kwaliteit van planten negatief kunnen beïnvloeden omdat ze de groei beïnvloeden. Negatieve effecten van vluchtige organische koolwaterstoffen (VOS) op planten (Bender et al., 2011) zijn beperkt aangetoond, met name voor ethyleen (een plantenhormoon), en alleen bij veel hogere concentraties dan in omgevingslucht, zoals door verbrandingsgassen in kassen. Negatieve effecten van ozon op de gewasgroei treden wereldwijd op, maar met name in China en India (Bender et al., 2011). De gevoeligheid van gewasgroei voor ozon is sterk afhankelijk van de plantensoort en treedt op bij ozonconcentraties (AOT40²) vanaf 3000 ppb x uur (USEPA, 2006). De schade door ozon op landbouwgewassen in Nederland wordt ten opzicht van andere landen relatief klein geacht (155

¹ Avgas 100LL van Shell bevat 0,59 gram lood per liter. <http://www.shell.com/global/products-services/solutions-for-businesses/aviation/shell-aviation-fuels/fuels/types/avgas.html>.

² AOT(Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 ppb): is een voor vegetaties relevante maat voor de ozonconcentratie in de lucht. De maat houdt rekening met de mate van overschrijding van de drempelwaarde en tijdsduur van de overschrijding overdag in de zomer. De streefwaarde is 18000 (µg/m³) x uur. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0240-Ozonconcentraties-en-vegetatie.html?i=14-66>

miljoen euro) (Van Pul, 2011). Ozonmetingen in Nederland (RIVM, 2013) laten een lage blootstelling zien in de kustprovincies (AOT40: 6000 ppb xuur), en de hoogste blootstelling in het zuidoosten van Nederland (AOT40: 10000 ppb xuur) (compendiumvoordeleefomgeving.nl), variërend van gemiddeld 15 ppb in de winter tot 30 ppb in de zomer (Van Pul, 2011).

Effecten van ozon op de kwaliteit van de landbouwproducten zijn beperkt onderzocht; soms zijn er zelfs aanwijzingen dat hogere ozon gehalten leiden tot een hogere kwaliteit (gehalte aan relevante stoffen in aardappel, tarwe) terwijl voor andere gewassen verhoogde ozon gehalten leiden tot een lagere kwaliteit (gehalte aan relevante stoffen) zoals bij koolzaad en gras (Bender et al, 2011). Over effecten van andere vormen van schade door ozon (via interacties met plagen en ziekten) is nog weinig bekend (Van Pul, 2011).

Een maximale toename van ozon van lokaal 56 ppb en regionaal 5 ppb is berekend voor de drukste luchthaven ter wereld (Hartsfield-Jackson Atlanta International airport) (Unal et al., 2005). Ozon wordt door vliegtuigen niet direct geëmitteerd maar wordt gevormd uit vluchtige koolwaterstoffen in de aanwezigheid van NO_x, stoffen die wel luchtverkeer worden uitgestoten. De vorming is complex doordat geëmitteerd NO in eerste instantie reageert met ozon waardoor ozonconcentraties in urbane gebieden lager liggen dan daarbuiten. Effecten van ozon op gevoelige planten zijn getest rondom luchthaven München (Maguhn et al 2000) maar geen specifieke effecten van de luchthaven konden aangetoond worden. Het is daarom de verwachting is dat dergelijke effecten ook niet optreden bij Lelystad Airport.

Bij uitbreiding van Lelystad Airport (zie bijlage 2) zal naar verwachting de loodemissie dalen doordat het gebruik van loodhoudende brandstoffen afneemt als gevolg van de afname van het kleine propeller verkeer. Belangrijker nog is dat er ontwikkelingen in de technologie zijn om ook voor dit soort verkeer loodvrije brandstoffen te kunnen gaan toepassen³. De verwachting is dat dit uiterlijk binnen 1 à 2 jaar op grote schaal leverbaar is waardoor de looduitstoot verder kan worden beperkt (bron: Schiphol Group).

De emissies van andere stoffen nemen naar verwachting toe. Relevant voor de landbouw zijn daarbij de vluchtige koolwaterstoffen (VOS) en NO_x emissies, omdat daaruit O₃ gevormd wordt, en de PAK's. De emissie van de PAK's is berekend op basis van de VOS emissie (zie bijlage 2). De huidige VOS emissie volgens de emissieregistratie is 11,5 ton per jaar, en die neemt naar verwachting toe tot 18 ton per jaar (zie bijlage 2). De emissie van PAK's door de luchthaven bedraagt nu 0,2% (zie Tabel 2) van de totale PAK emissie in gemeente Lelystad. Ook bij een verdubbeling van de VOS emissie (van 11,5 naar 18 ton/jaar), en dus PAK emissie, blijft de totale bijdrage aan de PAK emissie in gemeente Lelystad klein (<1%). Eerder is besproken dat PAK depositie ruimtelijk sterk varieert. Het is aannemelijk dat nabij de luchthaven er een kleine toename zal zijn van de PAK depositie. Door het ontbreken van de modellering van de PAK depositie rondom de luchthaven is niet duidelijk hoe groot de toename is, en in welk gebied.

3.1.5 Niet-genormeerde stoffen

Om niet genormeerde stoffen te beoordelen, is het nodig dat bekend is hoeveel depositie zal plaatsvinden, hoeveel hiervan op landbouwgewassen achterblijft (in product bij oogst), en wat de toxicologische relevantie van die gehalten dan is. Het valt op dat een dergelijke inventarisatie ontbreekt in de wetenschappelijke literatuur. Een review over de effecten van luchthavens op bodem- en grondwaterkwaliteit (Nunes et al., 2011) heeft een aantal stoffen gerangschikt op milieukundige risico's zoals PFOA, benzeen, PFOS, TCE, CCL₄⁴, etc.. Dat zijn over het algemeen niet stoffen die door vliegtuigmotoren worden geëmitteerd. Door Nunes et al (2011) worden risico's voor landbouwgewassen echter niet als receptor meegenomen, de enige receptor in de genoemde studie was grondwater.

³ <http://www.shell.com/global/products-services/solutions-for-businesses/aviation/news-and-library/press-releases/2013/press-release12032013.html>

⁴ PFOA Perfluorooctaanzuur, PFOS perfluorooctaansulfonzuur, TCE trichlooretheen

Er zijn wel algemene publicaties over de meest voorkomende stoffen die geëmitteerd worden door vliegtuigmotoren (Eickhoff, 1998; Anderson et al., 2006; Herndon et al., 2008; Schurmann et al. 2007). Eickhoff (1998) kon 350 verschillende organische verbindingen identificeren in verbrandingsgassen van drie verschillende vliegtuigmotoren. Hieruit is door Wieben en Kruse (1999) een selectie gemaakt van stoffen die humaan-toxicologisch relevant zijn gezien de gemeten niveaus (benzeen, ethylbenzeen, mesityleen, PAK's, fenol, styreen, toluen, xyleen). Dat zijn in de meeste gevallen vluchtige organische stoffen die eerder genoemd zijn bij de monitoring rondom Schiphol (Thijse en van Loon, 2001), en behalve PAK, zijn het stoffen die geen effecten hebben op de kwaliteit van landbouwproducten.

Op basis van zorgen van bewoners over verkleuringen op vruchten heeft Huber (2008) fruit onderzocht rondom de luchthaven van München. Het type schimmels op het fruit dat daarbij werd aangetroffen vertoonde echter geen relatie met de luchthaven. Daarnaast zijn veegtesten gedaan nabij de fruitbomen waarin koolstofverbindingen zijn bepaald. De gehalten van diverse PAK's in de veegtest op de luchthaven waren relatief laag t.o.v. veegtests in de omgeving zodat hieruit geen effect van de luchthaven zichtbaar was.

Naast verontreiniging door brandstoffen is het mogelijk dat door het gebruik van stoffen op vliegtuigen er depositie op landbouwgewassen plaatsvindt. De-/anti-icing van vliegtuigen op de luchthaven met diverse mengsels leidt tot resten op het vliegtuig die tijdens het opstijgen verstuiven. De-icing is het verwijderen van sneeuw en ijs van een vliegtuig. Anti-icing wordt gebruikt om ijsvorming tegen te gaan. Naast de veelgebruikte "aircraft anti-icing and de-icing fluids" (ADAF: water, ureum, propyleen glycol, ethyleen glycol) zijn er diverse additieven tegen corrosie (Kiss en Fries, 2009; Sulej, 2012; EPA, 2012). Op de Lelystad Airport wordt van 1 oktober tot 30 april rekening gehouden met winterse weersomstandigheden. Op Lelystad Airport zal alleen de-icing worden toegepast en geen anti-icing met chemische middelen (bron: Adecs Airinfra). Dit is van belang omdat anti-icing een hogere viscositeit heeft en daardoor bij stilstand minder van het toestel afdruipt. Deze vloeistoffen hebben wel de eigenschap om bij snelle luchtstroom vloeibaarder te worden en dus bij een start van het vliegtuig af te druipen waarbij het op de startbaan terecht komt.

De de-icing operatie op Lelystad Airport zal alleen plaatsvinden op speciaal daarvoor ingerichte platforms waarbij vloeistof wat van het vliegtuig afdruipt wordt opgevangen in speciaal daarvoor aangebrachte reservoirs. Ingeschat wordt dat op 75 dagen een éénstaps behandeling, en op 25 dagen een tweestaps behandeling nodig is. Bij een éénstaps behandeling is voor groot verkeer gemiddeld 250 liter nodig en bij een tweestaps behandeling in totaal 450 liter. Klein verkeer zal geen gebruik maken van de-icing. De hoeveelheid de-icing vloeistof die op het de-icing platform en aansluitend op de taxibaan wordt teruggewonnen wordt geschat op 70% (bron: Schiphol Group). Tijdens het taxiën en het opstijgen zal een ander deel binnen het luchthaventerrein verloren gaan. De Amerikaanse EPA (EPA, 2012) neemt aan dat 75% van het type I de-icingvloeistoffen bij de toepassing op de grond terecht komt. Hieruit volgt dat 25% verspreid via de lucht. Hiervan zal een deel op het luchthaventerrein terecht komen en een deel buiten het luchthaventerrein.

De-icingvloeistoffen bestaan voor 50-80% uit propyleen glycol. De toxiciteit van propyleen glycolen voor mensen wordt ook laag geacht (Fowles et al., 2013). Propyleen glycol is een toegestane diervoederadditief, en mag in de EU als draagstof toegepast worden in voedsel tot maximaal 1 g kg⁻¹ in het uiteindelijke levensmiddel (EU 1130/2011). De ecotoxiciteit van de-icingvloeistoffen zoals opgegeven door leveranciers (bijvoorbeeld een EC₅₀ van 1,0 g/L bij *Daphnia magna*; www.aviation.clariant.com), wordt dan ook niet bepaald door het propyleen glycol maar door de additieven (o.a. kleurstof, pH buffers, surfactants en corrosie remmende middelen). Het gehalte additieven varieert per product. Een lijst met ongeveer 100 potentiële componenten is gegeven door de EPA (2012). Alle gedocumenteerde potentiële problemen (ongeveer 100; EPA, 2012) met de-icingvloeistoffen betreffen problemen in het oppervlaktewater die optreden als het afvalwater niet voldoende gereinigd wordt. Problemen met landbouwproducten als gevolg van depositie zijn niet genoemd.

Samenvattend kan gesteld worden dat een inschatting van de depositie nabij luchthavens van ADAF's niet mogelijk is op basis van de huidige informatie. Het is hierdoor op dit moment niet mogelijk om de

gehalte aan de-icing stoffen in gewassen in te schatten en de risico's op schade bij landbouwproducten. Relevant is dat er maar weinig gewassen op het land staan in de periode van 1 oktober tot 30 april en dat de-icingstoffen waarschijnlijk door regen van de planten afspoelen. Bovendien is het hoofdbestanddeel van de ADAF's, de propyleen glycol, niet schadelijk.

3.2 Kwaliteit van landbouwproducten

3.2.1 Algemeen

In het algemeen is er in de wetenschappelijke literatuur weinig aandacht voor de effecten van de emissie door vliegtuigen op de kwaliteit van landbouwproducten in de omgeving van die luchthavens. In een recente review wordt de bijdrage van luchthavens op effecten van luchtkwaliteit op landbouwgewassen (Bender en Weigel, 2011) dan ook niet als zodanig benoemd. Bender en Weigel (2011) noemen wel de meest relevante contaminanten die in algemene zin aandacht vragen in relatie tot landbouwgewassen: SO₂, NO_x, VOC en zware metalen. De luchtgehalten van deze stoffen zijn in Europa in de laatste decennia echter gedaald en worden daarom minder belangrijk geacht, behalve ozon (O₃). Ozon is toxisch voor planten en de luchtgehalten nemen globaal toe alhoewel de piekgehalten duidelijk afnemen in West Europa. Bij enkele Duitse luchthavens worden echter wel landbouwproducten gemonitord die geteeld worden nabij de luchthaven waarbij ook monsters genomen worden van referentielocaties op grotere afstand van de luchthaven.

3.2.2 Onderzoek bij luchthavens

Specifiek onderzoek naar de invloed van emissie van vliegtuigen bij op de gehalten aan benz(a)pyreen (BaP) in gewassen nabij een luchthaven laat zien dat de bodem onder de vliegroute licht verontreinigd is en gehalten variëren van 30 tot 200 ug BaP/kg grond (Barcan et al., 1999). De BaP-gehalten van bessen (*Vaccinium Vitis-idaea*, *Empetrum Hermaphroditum*) waren echter net zo laag als op een referentielokatie. Waarschijnlijk zijn de aangetroffen gehalten in de bodem het resultaat van accumulatie over vele jaren terwijl de kwaliteit van de bessen iets zegt over de depositie in het jaar van bemonstering. Crépineau-Ducoulombier et al (2003) onderzochten de PAK-gehalten in bodem en gras in de nabijheid van een luchthaven (1,06 ug BaP/kg, 11,68 ug PAK4/kg gras op droge stof basis) en een snelweg (6,41 ug BaP/kg, 43,58 ug PAK4/kg gras op droge stof basis). Beide onderzoeken geven niet veel meer aan dan dat PAK depositie kan optreden nabij een luchthaven.

Tabel 4.

Overzicht van onderzochte effecten op landbouwproducten nabij luchthavens

luchthaven	aspect	parameters	ref
Berlin-Schönefeld	Bodem, testgewas*, bijenhoning	zware metalen, PAK	¹ Waber 2012; Waber 2013a
München	testgewas*, bijen	zware metalen, PAK, olie	² Maguhn et al 2000; Huber, 2008; Maier et al 2009; Waber 2009ab, 2013b;
Stuttgart	bijenhoning		³ Flughafen Stuttgart, 2012
Frankfurt	bijenhoning		⁴ Fraport AG, 2009; Flughafen Dresden, 2010; Tüv umwelt Service, 1999; Janicke, L., 1999; HLUG, 2013
Dresden	Bijenhoning, boerenkool		⁵ Flughafen Dresden, 2010.
Leipzig/Halle	Bijenhoning, testgewas*	zware metalen, PAK	⁶ Orgalab, 2010; Maier, 2009
Hamburg	bijenhoning		⁷ Hamburg Airport, 2013
Nürnberg	Bodem, gewas, bijenhoning	zware metalen, PAK	⁸ Prosoil, 2003; Müller-BBM, 2012
Düsseldorf	bijenhoning		⁹ Flughafen Düsseldorf, 2013

*testgewas: conform een standaardprocedure wordt een testgewas (gras of kool) in een pot op enige meters boven de grond gedurende een bepaalde periode blootgesteld aan de lucht.

Diverse Duitse luchthavens monitoren de kwaliteit van bijenhoning en boerenkool (zie tabel 4 voor overzicht) in de nabijheid van luchthavens. Het meest uitgebreid is het onderzoek aan de luchthaven

München, waar ook locaties nabij de landingsbaan en op het luchthaventerrein zelf zijn meegenomen, en waar al sinds 1993 metingen gedaan worden aan boerenkool. Luchthaven München is ook het meest interessant omdat het de tweede luchthaven van Duitsland is (38 miljoen passagiers²). Berlin Schönefeld Airport (6,7 miljoen passagiers⁵) wordt uitgebreid tot Berlin Brandenburg. Enkele andere luchthavens zijn iets groter (Düsseldorf, Hamburg, Stuttgart) dan Berlin Schönefeld maar bij deze luchthavens is alleen honing onderzocht. Bij drie kleinere luchthavens (Dresden, Leipzig/Halle, Nürnberg) zijn wel gewassen onderzocht (1,7 -3,3 miljoen passagiers), en deze luchthavens lijken meer op de ambitie van Lelystad Airport (2 miljoen passagiers).

Tabel 5

Gehalten aan genormeerde stoffen¹ in agrarische producten nabij luchthavens (referenties bij tabel 4) en significantie (p) van verschil tussen locaties nabij luchthaven en referentielocaties. PAK gehalten in ug/kg, Pb gehalten in mg/kg, bij boerenkool en honing gebaseerd op verse gehalten, bij gras op droge stofgehalten. # aangeduid zijn metingen die meermaals gedaan (meerdere snedes gras, meerdere jaren). Overschrijdingen van norm voor zuigelingen- en peutervoeding zijn roodgekleurd.

Monitori	locatie	norm	Mediaan [aantal locaties]		p	Opmerkingen
			bij referentie	bij luchthaven		
Boerenkool						
BaP	Berlijn-Schöneveld ¹	1	1,6 [6]	2,2 [6]	ns	#referentie (ref.) in omgeving (blootstellingsperiode: okt-nov)
BaP	München ²	1	0,4 [5]	0,3 [24]	ns	#ref. 70 km ten nw van München (okt-nov)
BaP	Leipzig ⁶	1	0,9 [5]	0,8 [2]	ns	ref. (1-5) en luchthaven locaties (6-7) (nov-dec)
BaP	Divers ⁶	1	0,3	-		#Mediaan ref. uit diverse onderzoeken Tüv-Süd 1986-2002 ⁶
PAK4	Berlijn-Schöneveld ¹	1	21 [6]	27 [6]	0,01	#ref. in omgeving,
PAK4	München ²	1	8 [5]	7 [24]	ns	#ref. 70 km ten nw van München
PAK4	Leipzig ⁶	1	17 [5]	17 [2]	ns	
Pb	Berlijn-Schöneveld	0,30	0,08 [6]	0,11 [6]	ns	#
Pb	Leipzig ⁶	0,30	0,14 [5]	0,09 [2]	ns	
Pb	Nürnberg	0,30	-	0,04 [21]		Diverse bladgewassen (sla, kool, prei); veldproef
gras						
BaP	München ²	-	0,4 [6]	0,7 [24]	0,04	#ref. 70 km ten nw van München (blootstellingsperiode: groeiseizoen)
PAK4	München ²	-	3,2 [6]	4,9 [24]	0,06	#ref. 70 km ten nw van München
Pb	München ²	30	0,4 [6]	0,4 [24]	ns	#Ref. 70 km ten nw van München
honing²						
BaP	Berlijn-Sch ¹	1	<0,1 [1]	<0,1 [1]		
BaP	München ²	1	<0,1 [1]	<0,1 [2]	ns	#
BaP	Nürnberg ⁸	1	<0,1 [2]	<0,1 [2]	ns	
BaP	Leipzig ⁶	1	<0,1 [2]	<0,1 [2]	ns	Ref. 3 km ten z van luchthaven
Pb	Berlijn-Sch ¹	0,2/1	<0,1 [2]	<0,1 [2]	ns	
Pb	München ²	0,2/1	0,11 [2]	0,11 [4]	ns	#
Pb	Nürnberg ⁸	0,2/1	<0,1 [2]	<0,1 [2]	ns	
Pb	Leipzig ⁶	0,2/1	<0,1 [2]	<0,1 [2]	ns	
Pb	Frankfurt ⁴		3,5 [3]	6 [3]	ns	Op basis van droge stofgehalten

¹cadmium is niet meegenomen in de tabel omdat de gehalten steeds ver onder de norm liggen.²som van 4 PAK is hier niet gegeven omdat meeste analyses beneden de detectielimiet liggen.

In tabel 5 zijn de resultaten van de onderzoeken bij de Duitse luchthavens samengevat. Gegeven is het gemiddelde gehalte nabij de luchthaven en het gemiddelde gehalte op een referentielocatie. Indien het verschil significant is (t-toets, $p < 0,1$, dan is de significantie (p) gegeven, anders is het niet-significant (ns). De genoemde loodgehalten in tabel 5 in boerenkool liggen ruim onder de norm. De gehalten aan cadmium zijn veel lager dan de norm, en zijn daarom niet in bovenstaande tabel

⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_the_busiest_airports_in_Europe

opgenomen. De gehalten aan PAK kunnen alleen vergeleken worden met de norm voor voedingsproducten voor zuigelingen- en peutervoeding (1 ug/g versgewicht voor BaP, en voor de som van 4 PAK's benzo(a)pyreen, benz(a)antracene, benzo(b)fluorantheen en chryseen). Dat zijn de enige normen voor PAK in landbouwgewassen. Bij het duiden van de resultaten m.b.t. de gevonden PAK gehalten t.o.v. de norm moet bedacht worden dat de landbouwproducten meestal geselecteerd en gewassen worden, terwijl bij de gebruikte blootstellingsproeven bij luchthavens deels ook oude bladeren mee geanalyseerd worden, en de geoogste planten niet gewassen worden (Waber, 2012). Bovendien lag de blootstellingsperiode van alle onderzoeken standaard in oktober-november wanneer de PAK depositie het hoogste is (Maguhn et al., 2000).

Normoverschrijdingen zijn aangetoond voor zowel benzo(a)pyreen (BaP)(onderzoek in Berlijn) als de som PAK4 in boerenkool (alle onderzoeken). Deze normoverschrijdingen zijn echter ook aangetoond in gewasmonsters op de referentie locaties, en zijn dus niet toe te wijzen aan de emissie door alleen de luchthavens. Een effect van de emissie van luchthavens op de gehalten aan metalen en PAK is over het algemeen niet significant zoals weergegeven in Tabel 5. Dit geldt niet voor PAK in gras (luchthaven München) en som PAK4 in boerenkool (luchthaven Berlijn) waarvoor geldt dat de gewasgehalten hoger zijn dan die in de monsters van de referentie locaties. Ook als we in nog meer detail kijken in het rapport van Maier et al. (2009) dan valt op dat de hoogste BaP gehalten in boerenkool liggen bij locaties die binnen het luchthaventerrein liggen (tussen 1,8-2,7 ug BaP kg⁻¹ fw t.o.v. de referentie met mediaan van 0,4 ug BaP kg⁻¹ fw. Dit geeft aan dat effecten meetbaar zijn als je dicht genoeg bij de emissiebron meet (in dit geval: op het luchthaventerrein).

De loodgehalten in honing variëren in het algemeen van <0,1 tot 0,35 mg/kg produkt (Waber, 2011). De gehalten kunnen vergeleken worden met de norm voor Pb in babyvoeding (0,2 mg/kg vers materiaal), of die voor voedingssupplementen (1,0 mg/kg vers materiaal, EU, 2006). Recent onderzoek naar Pb gehalten in honing geven aan dat die in Polen variëren van 0,02 tot 0,12 mg/kg (Batelkova, 2012). De honing op en nabij de luchthavens bevat minder dan 0,11 mg/kg (Tabel 5) en wordt dus niet of nauwelijks beïnvloed door de aanwezigheid van de luchthavens.

In een aantal onderzoeken nabij Duitse luchthavens worden naast het product bijenhoning ook bijenwas, pollen en bijen geanalyseerd om potentiële effecten van luchthavens te monitoren. Het is echter onduidelijk of deze matrices een goede maat zijn voor luchtverontreiniging. Recent onderzoek (Perugini et al., 2009; Lambert et al., 2012a; Lambert et al., 2012b) naar de PAK en Pb gehalten van honing, stuifmeel en bijen laat zien dat er geen duidelijke relatie is tussen de PAK of Pb gehalten in bijen, honing of stuifmeel waardoor ook niet duidelijk is of er een relatie is met milieuverontreiniging. Hierdoor zijn de monitoringsgegevens van honing waarschijnlijk weinig relevant om iets te zeggen over de mate van luchtverontreiniging.

Samenvattend kan gesteld worden dat de Duitse monitoringsgegevens aantonen dat er zich geen problemen voordoen met zware metalen in landbouwgewassen nabij grote luchthavens. Bovendien is er geen of vrijwel geen effect zichtbaar op de PAK gehalten in landbouwgewassen.

3.2.3 Onderzoek bij verkeer en vervoer

De typen stoffen die geëmitteerd worden door luchtvaart lijken op de emissies van de rest van de sector verkeer en vervoer, doordat het in beide gevallen om verbrandingsmotoren gaat. Het aantal wetenschappelijk gepubliceerde onderzoeken naar de effecten hiervan op de gehalten aan schadelijke stoffen in landbouwproducten is -zoals eerder geschreven- zeer beperkt. Het ligt voor de hand om te kijken of er effecten zijn van de rest van de sector verkeer en vervoer op de kwaliteit van landbouwproducten. De onderzoeken naar de invloed van de nabijheid van wegen op de gehalten aan schadelijke stoffen in landbouwproducten beperkt zich grotendeels tot metingen naar stoffen nabij wegen: studies naar lood (een probleem uit het verleden toen er nog lood in brandstof van auto's zat), stoffen uit katalysatoren (niet relevant bij luchtvaart) en PAK's. Het aantal studies naar schadelijke stoffen in landbouwproducten die geteeld zijn nabij wegen is beperkt, en de nabijheid tot wegen wordt

in de praktijk niet als een probleem ervaren door telers van verse groenten (Petit et al., 2011) ook al is er discussie ontstaan over groenten uit steden (Säumel et al., 2013).

Tabel 6

Overzicht van onderzochte parameters bij landbouwproducten nabij wegen.

parameters	effecten	referentie
Zware metalen en PAK's via biomonitoring in steden en buitenwijken	mediane waarde van PAK gehalte in boerenkool in steden varieert van 0,15 tot 1 ug BaP/kg fw. Duidelijk verhoogde gehalten langs drukke wegen tov verkeersluwe wegen. Schade door ozon.	Klumpp et al (2002)
Cd, Pb in granen nabij weg (op 10 t/m 310 m) bij 8000 voertuigen per dag	Ongeveer 20% daling in Pb in granen, van 10 tot 310 m van weg, geen effect bij Cd. Gemiddelden 0,08 mg Pb/kg ds tarwe, en 0,04 mg/kg ds gerst, zijn beneden EU norm (0,2).	Wieczorek et al., 2005
Pt, Pd, Rh en PAKs in potten gras gedurende 90 dagen op 5 m van snelweg bij 65000 voertuigen per dag en op referentielocatie	Som PAK 6 en 175 ug/kg ds gras resp. op referentie en nabij weg,	Tankari et al., 2007
Pt, Pd, Rh en PAKs in potten gras na 1 maand nabij weg (op 0, 10, 25 en 50 m) bij 7200 voertuigen per dag en op referentielocatie	Significante afname van PAK, en elementen in gras in eerste 50 m van weg. Ook op 50 m verhoogd t.o.v. referentie locatie. Hoogste BaP = 28 ug/kg ds gras!	Tankari et al., 2008

De onderzoeken genoemd in tabel 4 geven aan dat verkeer soms leidt tot meetbaar verhoogde gehalten aan metalen en PAK in gewassen. Overschrijdingen van normen (o.a. voor BaP) voor landbouwproducten doen zich daarbij soms voor langs drukke wegen. Er zijn echter geen modellen hiervoor opgesteld die bruikbaar zijn voor het huidige vraagstuk. Wel is er dus de verwachting dat nabij een emissiebron, zoals een weg, maar dus ook bij een luchthaven, PAK gehalten in gewassen heel lokaal verhoogd kunnen zijn.

3.2.4 Kennis van andere verontreinigingsbronnen

Er is veel bekend over de totale emissies van stoffen door de luchtvaart (zie emissieregistratie). Daarentegen zijn er weinig studies over de effecten van deze emissies op de kwaliteit van landbouwgewassen. In algemene zin zijn er wel veel studies naar de effecten van luchtverontreiniging op de kwaliteit van landbouwgewassen zonder dit specifiek aan een bron te koppelen. Dit betekent wel dat indien de bijdrage van de luchtvaart aan de gehalten van de relevante stoffen in de lucht bekend is er dus ook iets gezegd kan worden over de effecten op de kwaliteit van landbouwproducten.

Zo zijn op basis van onderzoek naar landbouwgewassen rondom fabrieken die lood uitstoten (De Temmerman en Hoenig, 2004) tolereerbare looddeposities opgesteld. Indien het gehalte in de lucht beneden deze waarde blijft, voldoen de geteelde gewassen aan de wettelijke gewasnormen voor lood. Deze tolereerbare looddeposities zijn variabel en mede afhankelijk van gewas en tijdstip. Zo varieert de tolereerbare looddepositie van 40 ug/m²/dag voor sla geteeld in oktober, 70 ug/m²/dag voor sla geteeld in september, tot 105, 130 en 140 ug/m²/dag voor resp. andijvie, spinazie en sla in de zomer. Deze waarden van tolereerbare looddeposities voor bladgewassen zijn meestal geen probleem aangezien de gemiddelde looddepositie in Nederland 11 ug/m²/dag is (emissieregistratie, 2013).

Kennis van de relatie tussen de loodemissie en de looddepositie is echter complex. Uit bekende lood verontreinigingsbronnen (Vlaamse overheid, 2010), zoals bij Beerse (Turnhout) en in Hoboken (Antwerpen) wordt de emissie én de depositie gemonitord (VVM, 2013). De emissie en depositie is gedurende 1997 en 2011 gedaald (Umicore, 2011), zie tabel 7. Op basis van het Avgas gebruik op Lelystad Airport) emitteert het huidige vliegverkeer op Lelystad Airport 153 kg Pb/jaar (in 2013), en dus minder lood dan de fabriek in Hoboken (1133 kg/jaar) of Beerse (zie tabel 7). Aangezien de looddepositie in Hoboken gemeten is als functie van de afstand tot de bedrijfsgrens is het mogelijk om een berekening te maken van de looddepositie nabij Lelystad Airport. Het is echter onbekend of de verspreiding van lood rondom een fabriek hetzelfde is als bij een luchthaven. Door het ontbreken van andere gegevens of modellen wordt de verspreiding in Hoboken gebruikt voor Lelystad Airport.

Tabel 7

Overzicht van loodemissie uit schoorsteen, en depositie bij Vlaamse bedrijven (VVM, 2011, 2013ab). Afstand: afstand tot bedrijfsgrens in de richting van de meest voorkomende windrichting. De norm voor humane gezondheid (niet-geleide emissie tussen haakjes indien beschikbaar).

parameters	Emissie (kg/jaar)	jaar	Depositietellingen op afstand van fabriek	Depositie (ug/m ² /dag)
Hoboken	13000	1997	Gebied tussen 10-1000m	3000
Hoboken	557 (1133)	2011	Gebied tussen 10-1000m	451
Beerse	3915	2005	Gebied tussen 100-500m	1100
Beerse	352	2006	Gebied tussen 100-500m	1000
Beerse	882	2007	Gebied tussen 100-500m	700
Beerse	671	2011	Gebied tussen 100-500m	575
Beerse	360	2012	Gebied tussen 100-500m	488
Achtergrond Koksijde	-	2011		5
Hoboken	557 (1133)	2011	10 m	2060
Hoboken			100 m	804
Hoboken			250 m	361
Hoboken			500 m	468
Hoboken			1000 m	170

Als we de verhouding tussen de totale emissie van Hoboken en Lelystad gebruiken (emissie in Hoboken is 7,4 keer zo hoog als Lelystad) om de effecten rondom Lelystad Airport te voorspellen dan is de depositie op 500 m vanaf de kop van de baan zo'n 63 ug/m²/dag⁶, en is de depositie op 10 tot 100 m respectievelijk 278 tot 109 ug/m²/dag. Dan overschrijden de locaties binnen 500 m van de luchthaven de tolereerbare looddepositie van 40 ug/m²/dag (sla in oktober), en alleen de locaties binnen de 10 à 100 m de tolereerbare looddepositie van 105, 130 en 140 ug/m²/dag voor resp. andijvie, spinazie en sla in de zomer⁷.

Bij gebrek aan modelberekeningen van de looddepositie, zijn deze inschattingen te gebruiken om de effecten van Lelystad Airport op landbouwproducten in de omgeving in te schatten. Op een kleine afstand als 10 à 100 m van de luchthaven bevinden zich geen landbouwpercelen. Binnen 500 meter van de luchthaven zou in enkele landbouwpercelen een najaarsgewas (bijvoorbeeld sla in oktober) geteeld kunnen worden. Alleen in dat geval is het mogelijk dat de loodgehalten in het gewas te hoog worden. De indruk bestaat dat dergelijke najaarsteelten niet of zelden plaatsvinden nabij de luchthaven.

Voor PAK zijn ook geen modellen gevonden die een relatie kunnen leggen tussen de emissie van de luchthaven en de kwaliteit van landbouwgewassen. Uit de empirische gegevens bij luchthavens was te zien dat er soms, als je maar dicht genoeg bij de bron komt, een invloed is waar te nemen. Empirische gegevens zijn ook voor andere bronnen gezocht. Monitoring van gewassen vindt ook plaats bij een beperkte aantal bedrijven (bijvoorbeeld: Lunen, Noordrijn-Westfalen, 2013; Beieren BLU 2013). In Nederland wordt bij verschillende bedrijven al jaren biomonitoring toegepast met spinazie en boerenkool; onder meer bij de huisvuilverbrander in Alkmaar (2013), Harlingen (2011) en Wijster (Van Dijk et al., 1998; Van Dijk en Van Doorn, 2012). Vuilverbranders zijn daarom interessante emissiebronnen omdat de emissie hiervan voor veel stoffen hoger is dan van luchthavens zoals Lelystad of Eindhoven (zie Tabel 8). Proefveldjes liggen binnen een afstand van 4 km rondom de afvalverbrandingsinstallaties en de gehalten aan een aantal stoffen in spinazie en boerenkool worden vergeleken met die in gewassen geteeld op een locatie op een grotere afstand. Melk is bemonsterd bij nabij gelegen veehouderijen. Gemeten zijn de genormeerde stoffen cadmium, som PAK, dioxinen, en daarnaast kwik en fluoriden. Behalve voor de som PAK4 doen er zich geen normoverschrijdingen voor. Het gemiddelde gehalte aan BaP ligt bij spinazie op 0,06 ug kg⁻¹ vers gewicht en bij boerenkool op 0,32 ug kg⁻¹ vers gewicht, maar de gemiddelde gehalten aan de som PAK4 (BaA+BbF+BaP+CHR) liggen bij spinazie op gemiddeld 0,38 ug kg⁻¹ vers gewicht en bij boerenkool op gemiddeld 12,4 ug kg⁻¹.

⁶ Hierbij wordt aangenomen dat de emissie constant is gedurende het jaar terwijl er in specifieke periode veel gevlogen wordt, en minder in de herfst en winter.

⁷ Bij Hoboken betreft het de afstand tot de bedrijfsgrens. Het betreft een bedrijfsterrein van ongeveer 800 bij 1000 m. Als we dit enigszins arbitrair extrapoleren naar de luchthaven dan betreft het dus ook de afstand tot de bedrijfsgrens of de kop van de baan.

¹ vers gewicht (pers med. Van Dijk voor alle metingen in 2013). Verschillen in gehalten in gewassen geteeld bij de bron en de referentielocatie zijn zeer gering. De monitoring geeft aan de norm van 1 ug kg⁻¹ BaP voor zuigelingen- en peutervoedsel niet overschreden wordt, maar wel de norm som PAK4. De relatief hoge gehalten doen zich specifiek voor bij boerenkool omdat die bemonsterd wordt in de periode oktober-februari terwijl spinazie wordt bemonsterd in de periode mei –augustus. De gegevens van Van Dijk en van Doorn (2012) zijn relevant omdat in Nederland PAK gehalten in gewassen verder niet gemonitord worden. Verse herfst- en wintergewassen zoals bijvoorbeeld andijvie en broccoli kunnen deel uitmaken van speciaal kindervoedsel en vallen dus onder de EU norm voor zuigelingen en peuters. Hierbij wordt nadrukkelijk aangetekend dat de norm geldt voor het verkochte product (dus na eventuele bewerkingen en mengen met ander voedsel) specifiek ten behoeve van kinderen tot en met 2 jaar. Het effect van wassen wordt besproken in de volgende paragraaf.

Tabel 8

Vergelijking van de emissie (kg/jaar) vanuit verschillende puntbronnen (www.emissieregistratie.nl)

emissie	Huidige situatie Lelystad Airport	Luchthaven Eindhoven	Huisvuil verbranding Alkmaar	Reststoffen- EnergieCentrale Harlingen	Attero Wijster	
As	0,00003405	0,0003101	<	1,786	0,0038	7,424
Benzeen	230,3	117,1	<	10,64		
Cd	0,0004204	0,003829	<	2,54	3,68	10,56
Cr	0,0003405	0,003101	<	0,9299	2,356	3,866
Dioxinen	0,000000115	1,457E-07	<	0,00002632	0,0005	0,0000063
CO2	3103000	19620000	<	170300000		517500000
Pb	488,9	5,312	<	6,905	68	28,71
Methaan	805,8	584,2	<	1069		1772000
Naftaleen	48,84	18,21	<	428,2	824	1163
Ni	0,005566	0,05069	<	1,445	5,884	6,009
Se	0,0003405	0,003101	<	0,1759	0,084	0,7311
VOS	11520	5856	<	1067	824	1771000
Zn	0,9653	8,791	<	244,2	33	1015
SO2	396,3	2523	<	5503	29110	21030
Sb	0,3864	3,519		1,368	2,879	5,688
Fijn stof (PM10)	647,7	1349		1888	948,4	7849
Fijn stof (PM2,5)	587,6	801,9		1888	948,4	7849
NO2	5720	85120		70290	315800	140600
Etheen	1382	877	>	106,4	8,24	
CO	384800	51940	>	14630	10040	24600
Cu	3865	35,2	>	2,37	7,328	9,851

*Emissies van PAK ea stoffen niet voorhanden

Bladgewassen zijn een relevante bron van PAK's in de humane voeding (Leging & Trapp, 2009). De verontreiniging via de lucht is daarbij weer de belangrijkste bron van PAK's in bladgewassen (Phillips, 1999). De geschatte blootstelling aan PAK via voedsel benadert de voor mensen geschatte veilige dosis (Leging & Trapp, 2009). Er zijn nog geen normen voor groenten, behalve voedingsmiddelen op basis van granen voor zuigelingen en peuters, omdat over het algemeen de PAK gehalten laag zijn (overweging nr. 20 in EU 835/2011).

Uit bovenstaande inventarisatie van kennis van andere verontreinigingsbronnen blijkt dat er geen kwantitatieve relatie is te geven tussen de emissie van PAK's, en de PAK gehalten in landbouwgewassen nabij die emissiebron. De kennis is beperkt tot de metingen bij luchthaven München en de effecten nabij wegen. Belangrijk is dat bij de monitoring nabij de Duitse luchthavens, en de Nederlandse bedrijven, blijkt dat de norm voor de som PAK4 vaak overgeschreden wordt bij herfst en winterbladgewassen, echter ook op referentielocaties waar geen luchthavens liggen.

3.2.5 Verschil tussen landbouwgewassen en producten

In paragraaf 3.2 is beschreven dat de emissies van de sector verkeer en vervoer, waaronder luchtvaart, een effect heeft op genormeerde stoffen (Pb en PAK) op landbouwgewassen. Depositie van stoffen op *landbouwgewassen* hoeft niet te leiden tot normoverschrijdingen bij *producten* indien de stoffen door normale bewerkingen zoals wassen verwijderd worden. Voordat landbouwgewassen als product verkocht worden, worden ze in veel gevallen gewassen, geschild of op een andere manier bewerkt. Wassen van producten die verontreinigd zijn doordat ze naast wegen staan leidt tot 35-50% lagere loodgehalten (Aksoy et al, 1999). Het effect van wassen is echter veel geringer als dergelijke bronnen (verkeer) afwezig zijn. In dat geval neemt het loodgehalte in de plant met slechts 11% af (Aksoy et al, 1999). Hieruit valt af te leiden dat lood uit luchtverkeer maar deels van groenten af te wassen is. Hoog moleculaire PAK zijn volgens twee studies relatief goed afwasbaar met water (83-87% voor BaP; Bakker et al., 2001 en referentie daarin) omdat ze aan fijn stof zitten (Desalme et al., 2013) maar zijn volgens een andere studie veel minder goed afwasbaar met water (<4% voor BaP, Kaup et al., 2000). Het constante PAK gehalte in gras, dat na te zijn blootgesteld langs een weg, gedurende 5 weken op een schoner locatie is geplaatst, geeft ook aan dat PAK relatief sterk gebonden zijn (Tankari Dan-Badjo et al., 2007). Samenvattend is dus duidelijk dat wassen leidt tot minder contaminanten in het uiteindelijke product maar dat die effecten bij Pb en PAK niet altijd groot zijn.

4 Effecten van ontwikkeling van de luchthaven op de kwaliteit van landbouwproducten

De positie van de Lelystad Airport is bijzonder in Nederland doordat het in een gebied ligt met veel teelten van gewassen voor humane consumptie in de vollegrond. Dergelijke gewassen zijn blootgesteld aan verontreinigingen uit de lucht.

Looddepositie kan leiden tot overschrijding van de norm voor lood in voedsel, met name bij bladgewassen in de herfst omdat gewassen dan nauwelijks nog groeien terwijl de depositie wel doorgaat. De kritische looddepositie voor bladgewassen is laag. Bij loodemissies, gebaseerd op het brandstofgebruik van loodhoudende brandstof op Lelystad Airport, worden alleen overschrijdingen verwacht van normen voor lood als in het najaar nog bladgewassen worden geteeld binnen een afstand van 500 m tot de luchthaven. In de zomer worden geen normoverschrijdingen in bladgewassen verwacht. Door de ontwikkeling van de luchthaven zal het aantal vliegtuigen met loodhoudende brandstof dalen. Door de introductie van loodvrije Avgas verwacht Lelystad Airport het gebruik van loodhoudende brandstof verder te kunnen terugdringen in de toekomst.

Depositie van PAK's kan leiden tot overschrijding van de norm voor benzo (a) pyreen (BaP) en de som PAK4 in zuigelingen- en peutervoedsel. Deze norm voor de som PAK4 ligt lager dan de gehalten die normaal in Nederland aangetroffen worden in bladgewassen in de herfst en winter. De agrarische sector dient in het algemeen waakzaam te zijn bij het gebruik van bladgewassen die in de herfst en winter geoogst worden als ze gebruikt worden in zuigelingen- en peutervoedsel. Er zijn geen normen voor PAK in andere landbouwgewassen. De emissie van PAK's door de luchthaven is klein ten opzichte van andere bronnen in de gemeente Lelystad. Door de ontwikkeling van de luchthaven neemt de emissie van PAK toe, maar blijft het aandeel van de luchthaven klein ten opzichte van de rest van de emissie in gemeente Lelystad (<1%). Op basis van een zeer beperkt aantal studies wordt verwacht dat PAK depositie hoger zal worden binnen korte afstand van de luchthaven. Deze bureaustudie kan geen kwantitatieve uitspraak doen over het effect hiervan omdat er geen modellen of empirische relaties beschikbaar zijn voor de PAK gehalten in gewassen en de emissie van PAK's.

Het grootste deel van de gebruikte hoeveelheid de-icing vloeistoffen wordt opgevangen op de luchthaven. Er zijn echter geen gegevens beschikbaar van de te verwachten depositie van anti/de-icing substanties. Hierdoor kunnen hierover geen uitspraken gedaan worden. Hoewel het niet geïnventariseerd is, wordt verwacht dat er in het najaar (tot oktober), en winter, maar een beperkt oppervlak geteeld wordt met gewassen nabij de luchthaven. Dat is relevant omdat de gewassen dan het gevoeligste zijn voor Pb en PAK depositie, en omdat de-icing alleen plaatsvindt in de winter.

Literatuur

- Bakker, M I, Koerselman, JW, Tolls, J, Kolloffel, C. Localization of deposited polycyclic aromatic hydrocarbons in leaves of *Plantago*. *Environ. Toxicol. Chem.* 2001, 20 (5), 1112–1116.
- Barcan V, E Kovnatsky, A Shylina, 2000. Benz(a)pyrene in soils and berries in an area affected by jets over the Kola Peninsula. *Atmos. Env.* 34, 1225-1231.
- Bender J, en HJ Weigel, 2011. Changes in atmospheric chemistry and crop health: A review. *Agron. Sustain. Dev.* 31:81–89.
- Brown A, RJC Brown, PJ Coleman, C Conolly, AJ Sweetman, KC Jones, DM Butterfield, D Sarantaridis, BJ Donovan, I Roberts, 2013. Twenty years of measurement of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in UK ambient air by nationwide air quality networks. *Environmental Science Processes & Impacts*, 15, 1199.
- Crépineau-Ducoulombier C, G Rychen, 2003. Assessment of soil and grass polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contamination levels in agricultural fields located near a motorway and an airport. *Agronomie* 23, 345–348.
- Chen YC, WJ Lee, SN Uang, SH Lee,, PJ Tsai, 2006. Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) emissions from a UH-1H helicopter engine and its impact on the ambient environment. *Atmospheric Environment* 40, 7589–7597.
- Ciemniak A, A Witczak, K Mocek, 2013. Assessment of honey contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons, *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 48:11, 993-998
- Desalme D, P Binet, G Chiapusio, 2013. Challenges in Tracing the Fate and Effects of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Deposition in Vascular Plants. *Environ. Sci. Technol.* 47, 3967–3981
- De Temmerman L, en M Hoenig, 2004. Vegetable Crops for Biomonitoring Lead and Cadmium Deposition. *J. of Atmos. Chem.* 49, 121-135.
- Dijk CJ van, AJ van Alfen, LJM van der Eerden, 1998. Gewasmonitoringprogramma rondom de geïntegreerde afvalverwerkingsinstallatie Wijster: januari t/m december 1997. Nota 120, AB-DLO, Wageningen.
- Van Dijk CJ en AJ van Alfen, 2011. Biomonitoringsprogramma rond de ReststoffenEnergieCentrale (REC) Harlingen. PRI rapport 383, Wageningen.
- Van Dijk C en W van Doorn, 2012. Plant Biomonitoring around waste incinerators. *Proc. BIOMAQ conference on Biomonitoring of Air Quality* November 12-14, 2012. Antwerp, Belgium. pp. 20-23.
- Dobrinas S, S Birghila, V Coatu, 2008. Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in honey and propolis produced from various trees and plants in Romania. *J. Food Comp. Anal.* 21(1), 71–77.
- Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air. *Off. J. Eur. Comm. L* 23, 3–16, 26/1/2005.
- Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Off.J.Eur.Comm L* 152, 1–44, 11/6/2008.
- Eickhoff, W., 1999. Emissionen organisch-chemischer Verbindungen aus zivilen Flugzeugtriebwerken, *Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz*, Heft 252, HLFU (Hessische Landesanstalt für Umweltschutz).
- EPA, 2012. Environmental Impact and Benefit Assessment for the Final Effluent Limitation Guidelines and Standards for the Airport Deicing Category. United States Environmental Protection Agency. April 2012, EPA-821-R-12-003, Washington DC.
- European Commission Regulation (EC) No1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs, *Off.J.Eur.Comm. L* 364 (2006)5.
- European Commission Regulation (EC) No 835/2011 of 19 August 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs, *Off.J.Eur.Comm. L* 215 (2011)4.

-
- Emissieregistratie, 2013. Atmosferische Depositie op Nederland en Nederlands Continentaal Plat.
<http://www.emissieregistratie.nl/ERPUBLIEK/documenten/Water/Factsheets/Nederlands/Atmosferische%20Depositie%20op%20Nederland%20en%20NCP.pdf>
- EU 2004. Richtlijn 2004/107/EG van het Europees Parlement en de Raad van 15 december 2004 betreffende arseen, cadmium, kwik, nikkel en polycyclische aromatische koolwaterstoffen in de lucht. L23, blz 3.
- EU, 2008 Richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad van 20 mei 2008 betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa. L152 blz 1.
- EU, 2002. Richtlijn 2002/32/EG van het Europees Parlement en de Raad van 7 mei 2002 inzake ongewenste stoffen in diervoeding. L140 blz 10.
- EU 2006. Verordening (EG) Nr. 1881/2006 van de Commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen. L364, blz 5.
- EU, 2011a Verordening (EU) Nr. 835/2011 van de Commissie van 19 augustus 2011 tot wijziging van Verordening (EG) nr. 1881/2006 wat betreft de maximumgehalten aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen in levensmiddelen. L 215, blz 4.
- EU, 2011b. Verordening (EU) Nr. 1130/2011 van de Commissie van 11 november 2011 tot wijziging van bijlage III bij Verordening (EG) nr. 1333/2008 van het Europees Parlement en de Raad inzake levensmiddelenadditieven door de opstelling van een EU-lijst van voor gebruik in levensmiddelenadditieven, voedingsenzymen, levensmiddelenaroma's en voedingsstoffen goedgekeurde levensmiddelenadditieven. L295, blz 178.
- Hamburg Airport, 2013. http://www.airport.de/de/u_umwelt_biomonitoring.html
- Huber, W. 2008. Gutachten Flughafen München. TU Munchen, Freising. http://www.munich-airport.de/media/download/bereiche/umw/apfel_gut.pdf
- HLUG, 2013. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie.
<http://www.hlug.de/?id=7122&station=0406>
- Flughafen Stuttgart, 2012. <http://www.mvi.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/110215/>
<http://www.flughafen-stuttgart.de/das-unternehmen/presse/pressemitteilungen/2012/07/biomonitoring-mit-bienen-flughafenhonig-schadstofffrei/>
- Flughafen Dusseldorf, 2013. http://www.dus.com/dus/biomonitoring_bienen .
http://www.welt.de/videos/wissen_original/article8735805/Flughafen-analysiert-Schadstoffe-mit-Bienen.html
- Fraport AG, 2009. Frankfurt Airport Services Worldwide Umweltmanagement (VAU). Biomonitoring am Flughafen Frankfurt, Bienen überwachen Standortqualität. Frankfurt am Main.
<http://www.pri.org/stories/2011-07-12/honey-bees-monitor-pollution-frankfurt-airport>
- Flughafen Dresden, 2010. Biomonitoring mit Bienen umweltprojekt Schadstoffüberwachung.
www.dresden-airport.de. <http://www.dresden-airport.de/Unternehmen/laerm-und-umweltschutz/biomonitoring.html>
- Fowles JR, MI Banton, LH Pottenger, 2013. A toxicological review of the propylene glycols. Crit Rev Toxicol, 43(4) 363–390.
- Huber, W 2008. Gutachten Flughafen München. TU Munchen, Freising. http://www.munich-airport.de/media/download/bereiche/umw/apfel_gut.pdf
- Hu S, S Fruin, K Kozawa, S Mara, AM Winer, SE Paulson, 2009. Aircraft emission impacts in a neighborhood adjacent to a general aviation airport in southern California. Environ Sci Technol 43:8039–8045.
- Janicke, L., 1999. Immissionsberechnung für den Flughafen Frankfurt/Main und das Jahr 1998, September 1999. Ingenieurbüro Janicke, Dunum. <http://www.forum-flughafen-region.de/fileadmin/files/Umweltmonitoring/oe13cg.pdf>
- Kaupp, H, Blumenstock, M, McLachlan, MS 2000. Retention and mobility of atmospheric particle-associated organic pollutant PCDD/ Fs and PAHs in maize leaves. New Phytol. 148 (3), 473–480.
- Kiss, A en E Fries, 2009. Occurrence of benzotriazoles in the rivers Main, Hengstbach, and Hegbach (Germany) Environ Sci Pollut Res 16:702–710.
- Klump W, Ansel, G Klumpp, N Belluzzo, V Calatayud, N Chaplin, JP Garrec, HJ Gutsche, M Hayes, HW Hentze, H Kambezidis, O Laurent, J Pefielas, S Rasmussen, A Ribas, H Ro-Poulsen, S Rossi, MJ Sanz, H Shang, N Sifakis and P Vergne, 2002. Environmental Science & Pollut. Res. 9 (3) 199-203.

- Lai C, KY Chuang, JW Chang, 2013. Characteristics of nano-/ultrafine particle-bound PAHs in ambient air at an international airport. *Environ Sci Pollut Res* 20:1772–1780.
- Lambert O, B Veyrand, S Durand, P Marchand, B Le Bizec, M Piroux, S Puyo, C Thorin, F Delbac, H Pouliquen, 2012a. Polycyclic aromatic hydrocarbons: bees, honey and pollen as sentinels for environmental chemical contaminants.
- Lambert O, M Piroux, S Puyo, C Thorin, M Larhantec, F Delbac, H Pouliquen, 2012. Bees, honey and pollen as sentinels for lead environmental contamination. *Environmental Pollution* 170, 254- 259.
- Manders, AMM, R Hoogerbrugge, 2007. Heavy metals and benzo(a)pyrene in ambient air in the Netherlands. A preliminary assessment in the framework of the 4th European Daughter Directive, RIVM Report 680704001.
- Maier, 2009. Biomonitoring von Luftschadstoffen mit dem Grünkohl-Verfahren im Umfeld des Flughafens Leipzig 2008. TÜV Süd Industrie Service, München. https://www.leipzig-halle-airport.de/mediapool/bericht_biomonitoring_2008.pdf
- Maguhn, J., A. Wimschneider, R. Brotsack, P. Spitzauer, D. Freitag, A. Kettrup, 2000. Immissionsbelastungen im Umfeld des Flughafens München. *Z. Umweltchem. Okotox.* 12(5) 259-268.
- Maier, W., Wicher-Albrecht, en M. Steudle, 2009. Biomonitoring in der Umgebung des Flughafens München 2008. TÜV Süd Industrie Service, München. http://www.munich-airport.de/media/download/bereiche/umw/biom_ber_08.pdf
- Müller-BBM, 2012. Untersuchung von Honigproben Proben 2012 Bericht Nr. M93947/18.
- Orgalab, 2010. Prüfergebnisse Flughafen Leipzig/Halle 2010.
- Prosoil, 2003. Ergebnisbericht, Untersuchungen über Anfall und etwaige Auswirkungen von Schadstoffen des Flughafens Nürnberg auf den Gemüseanbau des Knoblauchlandes. Prosoil, Nürnberg.
- Perugini M, G Di Serafino, A Giacomelli, P Medrzyck, AG Sabatini, Persano, L Oddo, E Marinelli, M Amorena, 2009. Monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons in bees (*Apis mellifera*) and honey in urban areas and wildlife reserves. *J. Agric. Food Chem.* 57, 7440–7444.
- van Pul WAJ, PH Fischer, FAAM de Leeuw, RJM Maas, D Mooibroek, TPC van Noije, MGM Roemer, A Sterkenburg, 2011. Dossier Ozon 2011. Een overzicht van de huidige stand van kennis over ozon op leefniveau in Nederland. RIVM rapportnummer 680151001, Bilthoven.
- Säumel, I, Kotsyuk, I, Hölscher, M, Lenkerei, C, Weber, F, Kowarik, I. 2012. How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environmental Pollution*. 165, 124-132.
- Sulej AM, Ż Polkowska & J Namieśnik, 2012. Pollutants in Airport Runoff Waters. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 42 (16) 1691-1734.
- Slootweg T., L Waanders, THM Hamers, AJ Murk, 2004. Het mogelijke effect van toxische stoffen, afkomstig van de luchthaven Schiphol, op schapen die in de omgeving grazen. Rapport 196, Wetenschapswinkel Wageningen UR. <http://edepot.wur.nl/16862>.
- Tankari Dan Badjo A., C Ducoulombier, C Soligot, C Feidt, G Rycken, 2007. Deposition of platinum group elements and polycyclic aromatic hydrocarbons on ryegrass exposed to vehicular traffic. *Agron. Sustain. Dev.*, 27, 261-266.
- Tankari Dan Badjo A., G Rycken, C Ducoulombier, 2008. Pollution maps of grass contamination by platinum group elements and polycyclic aromatic hydrocarbons from road traffic. *Agron. Sustain. Dev.*, 28, 457-464
- Thijssen Th R & M van Loon, 2001. Nader onderzoek naar de luchtkwaliteit in de omgeving van Schiphol en de bijdrage van te onderscheiden bronnen. TNO-rapport 2001/382. TNO, Apeldoorn.
- TÜV Umwelt Service, 1999. Halbjahresbericht TÜV für die Durchführung von Immissionsmessungen bezüglich der Komponente Geruch in der Umgebung des Flughafens Frankfurt/Main, Mai 1999. Heppenheim. <http://www.forum-flughafen-region.de/fileadmin/files/Umweltmonitoring/imiss.pdf>
- Unal A, Y Hu, ME Chang, M Talat Odman, AG Russell, 2005. Airport related emissions and impacts on air quality: Application to the Atlanta International Airport. *Atmospheric Environment* 39 (32), 5787-5798.
- Umicore, 2010. Fabriek in de buurt 2010. Hoboken. http://www.preciousmetals.umicore.com/PMR/SustainableDevelopment/environment/show_FIB2010.pdf

-
- USEPA, 2006. Air quality criteria for ozone and related photochemical oxidants (2006 final)
http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?dirEntryID=149923
- Vlaamse overheid, 2010. Actieplan voor de zone Beerse in uitvoering van de richtlijnen 1996/62/EG en 1999/30/EG, 14 Juli 2010.
- VMM, 2011. Luchtkwaliteit in de omgeving van de Umicore vestiging in Hoboken in 2011.
- VMM, 2012. Luchtkwaliteit in Vlaanderen: Polycyclische aromatische koolwaterstoffen – jaarrapport 2012.
- VMM, 2013a. De VMM meet zware metalen in Hoboken op verschillende meetposten.
<http://www.vmm.be/lucht/meetresultaten/zware-metalen/hoboken>
- VMM, 2013b. Luchtkwaliteit in Beerse – periode 2001 – 2012.
- Waber, M. 2009a. Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen in der Nachbarschaft des Flughafens München 2006 und 2007. LMW. http://www.munich-airport.de/media/download/bereiche/umw/biom_depober_0607.pdf
- Waber, M. 2009b. Depositionsuntersuchungen in der Nachbarschaft des Flughafens München 2008. Messung der Deposition von Metallen mit dem Bergerhoff-Verfahren Messung der Deposition von Stickstoff und weiteren Nährstoffen mit Bulk-Sammlern, kombiniert mit einer Ammoniak-Passivsammlung 2008 im Vergleich zu den Vorjahren. LMW. www.munich-airport.de/media/download/bereiche/umw/depo_ber_08.pdf
- Waber, M. 2012. Bienenmonitoring im Umfeld des Flughafens Berlin Schönefeld. Gutachterliche bewertung der untersuchungsjahre 2011 und 2012. http://www.berlin-airport.de/de/_dokumente/unternehmen/umwelt/bienenmonitoring-bericht-2012.pdf
- Waber, M. 2013a. Biomonitoring im Umfeld des Flughafens Berlin Schönefeld. Gutachterliche bewertung der untersuchungsjahre 2011 und 2012. LMW. <http://www.berlin-airport.de/de/nachbarn/luft/biomonitoring/index.php>
- Waber, M, 2013b. Honigmonitoring am Flughafen München 2012. LMW. <http://www.munich-airport.de/media/download/bereiche/umw/honigmonit-2012-bericht.pdf>
- Wieben, W, H Kruse, 1999. Toxikologische Bewertung von organisch-chemischen Triebwerksemissionen (zivile Luftfahrt) Institut für Toxikologie, Klinikum der Christian-Albrechts-Universität Kiel Kiel.
- Westerdahl D, SA Fruin, PL Fine, C Sioutas, 2008. The Los Angeles International Airport as a source of ultrafine particles and other pollutions to nearby communities. Atmos Environ 42:3143–3155.
- Wieczorek J, ZWieczorek, T Bieniaszewski, 2005. Cadmium and Lead Content in Cereal Grains and Soil from Cropland Adjacent to Roadways Polish Journal of Environmental Studies,14 (4) 535-540

Lijst met afkortingen

PAK	polycyclische koolwaterstoffen
Som PAK4	som van benzo(a)pyreen, benz(a)antraceen, benzo(b)fluorantheen en chryseen, (BaA+BbF+BaP+CHR)
VOS	vluchtige organische stoffen
ADAF	Aircraf anti-icing and de-icing fluids
Avgas	aviation gasoline (loodhoudende brandstof)

Bijlage 1 Type landbouwgewassen rondom luchthavens



Figuur 1. Type landbouwgewassen nabij luchthavens met het oog op risico's door depositie. De voor depositie gevoelige percelen (rood op kaart) rondom Maastricht betreffen over het algemeen boomgaarden, rondom Lelystad diverse bladgroenten en sperziebonen. Rondom ander luchthavens betreft het meestal veevoeding (gras, mais).

Bijlage 2 Emissie Lelystad Airport

Totale emissie [in ton] voor alle vliegbewegingen en APU's (Bron: deelonderzoek Lucht ten behoeve van dit MER)

Referentiesituatie (Aanwijzing 1991)										
	CO	NOX	VOS	SO2	PM10	HC**	Benzeen	PAK*	CO2	Pb
Approach	103.51	13.26	1.53	0.04	0.07	0.00	0.00	0.00	322.13	0.06
Idle	36.07	2.45	2.84	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	126.85	0.02
Take-off	20.33	2.06	0.20	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	52.12	0.01
Climb-out	239.22	22.98	2.74	0.09	0.26	0.00	0.00	0.00	666.98	0.12
APU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totaal [Ton]	399.12	40.76	7.30	0.15	0.36	0.00	0.00	0.00	1168.09	0.21

Referentiesituatie (Voorlopige voorziening, Aanwijzing 2001)										
	CO	NOX	VOS	SO2	PM10	HC	Benzeen	PAK	CO2	Pb
Approach	137.43	15.24	2.16	0.13	0.15	0.03	0.00	0.00	1019.38	0.06
Idle	63.06	3.79	10.81	0.18	0.07	1.39	0.03	0.00	1386.05	0.02
Take-off	20.51	4.43	0.23	0.04	0.13	0.00	0.00	0.00	327.39	0.01
Climb-out	276.84	29.76	3.28	0.21	0.60	0.00	0.00	0.00	1615.19	0.12
APU	0.73	0.54	0.03	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	320.90	0.00
Totaal [Ton]	498.57	53.76	16.51	0.60	0.97	1.42	0.03	0.00	4668.90	0.21

25k scenario (Routevariant A, A+, B en B+)										
	CO	NOX	VOS	SO2	PM10	HC	Benzeen	PAK	CO2	Pb
Approach	90.90	27.74	2.00	1.04	0.76	0.17	0.00	0.00	8174.57	0.05
Idle	106.22	19.57	11.85	1.62	0.89	4.48	0.08	0.01	12737.39	0.03
Take-off	11.85	28.07	0.20	0.40	0.73	0.08	0.00	0.00	3167.36	0.01
Climb-out	164.43	94.25	2.31	1.60	3.23	0.19	0.00	0.00	12565.37	0.10
APU	8.34	11.88	1.57	0.58	0.35	0.00	0.00	0.00	4528.18	0.00
Totaal [Ton]	381.74	181.52	17.92	5.23	5.96	4.91	0.09	0.01	41172.87	0.18

45k scenario (Routevariant A, A+, B en B+)										
	CO	NOX	VOS	SO2	PM10	HC	Benzeen	PAK	CO2	Pb
Approach	42.60	42.54	1.23	1.66	1.26	0.30	0.01	0.00	13099.14	0.01
Idle	129.47	34.19	13.46	2.85	1.62	7.02	0.13	0.02	22409.27	0.01
Take-off	4.97	51.87	0.18	0.73	1.28	0.14	0.00	0.00	5731.64	0.00
Climb-out	66.61	135.23	1.19	2.30	4.32	0.33	0.01	0.00	18109.04	0.03
APU	12.70	21.82	2.58	1.00	0.62	0.00	0.00	0.00	7861.30	0.00
Totaal [Ton]	256.35	285.64	18.64	8.54	9.10	7.79	0.14	0.02	67210.39	0.05

*3,4 gram PAK-VR0M per kg VOS. tabel 6.8c uit Klein et al 2013, www.emissieregistratie.nl, documentatie, lucht, verkeer en vervoer. **HC: koolwaterstoffen.

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport XXXX
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

