

*rivm*

Rapport 609021110/2010

M. Mennen | A. Dusseldorp | M. Mooij | E. Schols

# De verspreiding van dioxinen rond Thermphos

Depositie, concentratie in de lucht en blootstelling

RIVM Rapport 609021110/2010

## **De verspreiding van dioxinen rond Thermphos** Depositie, concentratie in de lucht en blootstelling

M. Mennen  
A. Dusseldorp  
M. Mooij  
E. Schols

Contact:  
E. Schols  
Inspectie-, Milieu en Gezondheidsadvisering  
[emile.schols@rivm.nl](mailto:emile.schols@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VROM-Inspectie, Regiokantoor Zuid-West, in het kader van project M/609021/09/RI, Bubi's Porto Bedrijven en risico's.

© RIVM 2010

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

# Rapport in het kort

## De verspreiding van dioxinen rond Thermphos

Depositie, concentratie in de lucht en blootstelling

Het RIVM heeft voor enkele emissiescenario's berekend in welke mate mensen de komende vijf jaar aan dioxine kunnen worden blootgesteld mede door toedoen van de Zeeuwse fosforproducent Thermphos. In het realistische emissiescenario is uitgegaan van de gemeten gemiddelde emissieconcentratie in de eerste helft van 2010 (2 nanogram per kubieke meter lucht). De blootstelling van omwonenden aan dioxinen wordt dan met de helft verhoogd ten opzichte van wat ze zonder de emissies van Thermphos binnen krijgen. De totale dagelijkse inname van dioxinen blijft onder de norm. In een worstcasescenario komt de blootstelling uit rond de norm voor de dagelijkse inname. In dit worstcasescenario is uitgegaan van een emissie gedurende vijf jaar die gelijk is aan de hoogste emissie die tot juli 2010 is gemeten (5 nanogram per kubieke meter lucht).

Dit blijkt uit een blootstellingsstudie van het RIVM op grond van beschikbare gegevens en de opgestelde scenario's. Mensen in de omgeving worden via de lucht aan dioxinen blootgesteld of via de consumptie van gewassen waarop de dioxines zijn terecht gekomen. De aannames voor de mate waarin mensen dioxinen via gewassen opnemen, zijn zodanig dat de blootstellingen van mensen aan dioxinen eerder worden overschat dan onderschat.

Om de blootstelling te kunnen schatten is met verspreidingsmodellen de concentratie in de lucht berekend, de neerslag ervan op de grond en in gewassen, evenals een bodemconcentratie na vijf jaar. Deze gegevens zijn vervolgens omgerekend naar de hoeveelheid dioxine die via de ademhaling, contact met bodemdeeltjes (hand-mondgedrag) door kinderen, en via het eten van gewassen wordt opgenomen. Het gaat hierbij om gewassen die dioxinen bevatten, doordat ze daar direct op zijn neergeslagen of doordat ze via de bodem in de gewassen zijn terechtgekomen. Vooral de consumptie van gewassen uit de omgeving die met dioxinen zijn vervuild, blijkt de extra blootstelling aan dioxinen te bepalen.

Trefwoorden:

dioxine, Sloegebied, blootstelling, depositie, bodemkwaliteit

# Abstract

## **The spread of dioxins through Thermphos**

Deposition, concentration in the air and exposure

For some emission scenarios, the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) has calculated the degree to which people will be exposed to dioxins in the next five years as a result of emissions by the Dutch Phosphorus plant Thermphos in Zeeland. The starting point of the most realistic emission scenario is that of the average emission concentration for 2010 of 2 nanograms per cubic metres air. The daily exposure of people living in the neighbourhood of the plant is then increased by one third. The total daily intake of dioxins does not exceed the accepted standard level. In the worst case scenario, this exposure will double compared with the current situation. The exposure will then be approximately the level of the accepted standard for daily intake. This is based on emission levels over a period of five years that is equal to the highest emission measured in 2010 (5 nanograms per cubic metres air).

This is clear from an RIVM risk assessment based on the available data and the scenarios that have been set. People living in the area of the plant are exposed to dioxins either through the air or through the consumption of crops that have absorbed the dioxins. The assumptions made regarding the degree of dioxin consumption through crops is such that the level of people's exposure to dioxins is more likely to be overestimated than underestimated.

In order to estimate the level of exposure, dispersion models were used to calculate the concentration in the air, the deposition on the ground and on crops as well as the soil concentration after five years. These data are subsequently converted into the amount of dioxins that are ingested through respiration, contact with ground, e.g., hand-to-mouth behaviour by children, and through the consumption of crops. This concerns crops that contain dioxins due to deposition of particles or because the crops have absorbed dioxins through the soil. The extra exposure to dioxins is determined by the consumption of locally cultivated and contaminated crops.

Key words:

Dioxins, Slogebied, exposure, deposition, soil quality

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
<b>2 Aanpak van het onderzoek</b>	<b>11</b>
<b>3 Verspreidingsberekeningen</b>	<b>13</b>
<b>4 Berekende verspreiding en depositie</b>	<b>15</b>
4.1 Jaargemiddelde concentraties in de lucht	15
4.2 Depositie	16
<b>5 Bodembelasting en humane blootstelling</b>	<b>19</b>
5.1 Bodembelasting	19
5.2 Schatting van de blootstelling van de mens	20
5.2.1 Orale blootstelling door consumptie van koemelk	21
5.2.2 Orale blootstelling door consumptie van gewassen	21
5.2.3 Orale blootstelling door ingestie	22
5.2.4 Inhalatie	22
5.2.5 Totale blootstelling via verschillende routes	22
<b>6 Conclusies</b>	<b>25</b>
<b>Referenties</b>	<b>27</b>



# Samenvatting

Thermphos produceert fosfor en fosforverbindingen uit fosfaaterts en andere grondstoffen. Uit emissiemetingen van het bedrijf en de provincie is gebleken dat hierbij dioxine-emissies optreden die boven de norm uit de Nederlandse emissierichtlijnen (NeR) liggen. Het bedrijf heeft aangegeven tijd nodig te hebben voor het implementeren van technieken om de dioxine-emissie te verlagen. De VROM-Inspectie heeft het RIVM gevraagd te berekenen wat deze dioxine-emissie betekent voor de omgeving, in termen van concentraties in de lucht en de bodem, en de blootstelling van mens en milieu. Het RIVM heeft de blootstelling van de mens onderzocht door de concentraties in de buitenlucht, de depositie ervan op de grond, de opname door gewassen en dieren en tot slot de opname van de mens via al deze routes te beschouwen.

## *Scenario's*

Om de blootstelling in beeld te brengen zijn verschillende scenario's beschouwd voor de emissiesituatie in de komende vijf jaar. Dit betreft de volgende situaties (waarbij de genoemde concentratie een continue emissie is over deze vijf jaar):

- 5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>: dit is de hoogst gemeten emissie (worstcasescenario)
- 2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>: dit is het gemiddelde van de gemeten emissie (realistisch scenario)
- 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>: de emissienorm uit de NeR (scenario als aan de norm zou worden voldaan).

## *Berekende jaargemiddelde concentratie in de lucht*

De hoogste bijdrage aan de jaargemiddelde dioxineconcentratie in de lucht door Thermphos bevindt zich op het industrieterrein, op ruim 500 m ten noordoosten van de fabriek. Bij een emissie van respectievelijk 2 en 5 ng TEQ/m<sup>3</sup> is de bijdrage aan de dioxineconcentratie ongeveer 108 en 270 fg TEQ/m<sup>3</sup>. De hoogste dioxineconcentratie in de leefomgeving (buiten het industrieterrein, in bewoond en agrarisch gebied) bevindt zich ongeveer ter hoogte van Nieuwdorp. De berekende concentratie daar is respectievelijk 14 en 37 fg TEQ/m<sup>3</sup>. Uitgaande van de gegevens over dioxineconcentraties in Nederland wordt de heersende jaargemiddelde dioxineconcentratie in de leefomgeving rond Thermphos met 50% opgehoogd in het realistische scenario en verdubbeld in het worstcasescenario. Ondanks deze forse verhogingen van de achtergrondconcentratie leidt de inhalatie van deze extra hoeveelheid dioxinen in de lucht slechts tot een verwaarloosbaar extra risico als gevolg van inhalatie.

## *Berekende depositie*

In de leefomgeving wordt de dioxinedepositie door de emissies bij Thermphos verdubbeld (realistisch scenario) tot met een factor 10 verhoogd (worstcasescenario).

De hoogste depositie aan dioxinen door de emissie van Thermphos vindt plaats op het industrieterrein. Op het industrieterrein rond Thermphos is de depositie een factor 10 hoger dan in onbelast gebied (realistisch scenario) tot vergelijkbaar met de situatie rond grote afvalverbrandingsinstallaties in de jaren negentig (worstcasescenario). De berekende deposities zijn gebruikt om de belasting van de bodem en de blootstelling van de mens in te schatten.



### *Belasting van de bodem*

Omdat dioxinen slecht afbreken en slecht in water oplossen, hopen ze op in de bovenste laag van de bodem. Voor de berekeningen is als bovenste laag van de bodem 1 centimeter aangehouden. In het worstcasescenario is de maximaal berekende concentratie in de bodem op het industrieterrein 65 ng TEQ/kg droge stof. Dat is boven de norm van 55 ng TEQ/kg droge stof die vermeld wordt in de regeling bodemkwaliteit. Deze concentratie treedt op wanneer de dioxinen in de bovenste centimeter van de bodem blijven. In alle andere scenario's blijft de bijdrage van Thermphos onder deze normwaarde (de achtergrondconcentratie is hierin overigens niet meegerekend). In de leefomgeving ligt de maximale extra concentratie op 6 ng TEQ/kg droge stof. Deze ligt inclusief de achtergrondconcentraties dus binnen de norm in de regeling Bodemkwaliteit.

### *Blootstelling van mensen*

De berekende concentraties in de lucht en de depositie op gewas zijn doorgerekend naar een mogelijke blootstelling van omwonenden van Thermphos. De concentratie in de bodem is ook in deze studie betrokken door het inslikken van bodemdeeltjes (door hand-mondgedrag van kinderen) mee te nemen en bovendien de inname van dioxinen via lokaal geteeld gewas op vervuilde bodem te schatten. Hierbij is elke keer de hoogst berekende depositie betrokken.

De extra blootstelling ligt in het worstcasescenario iets hoger dan de achtergrondblootstelling van 0,9 pg TEG/kg lg/dag. De totale inname ligt dan rond de toegestane dagelijkse inname. In het realistische scenario ligt de totale blootstelling daaronder. Op het industrieterrein zelf zou de blootstelling hoger uitvallen, als daar ook mensen zouden wonen en/of agrarische activiteiten zouden plaatsvinden. Omdat dit momenteel niet het geval is, is dit niet in de schatting betrokken.

De blootstelling van dioxinen via dierlijke producten is niet meegenomen in de blootstellingsschatting omdat deze niet op grote schaal lokaal worden genuttigd. Voor koemelk is berekend dat in het worstcasescenario de maximaal te verwachten concentratie in de melk samen met het achtergrondgehalte in Nederlandse melk rond de EU-norm kan uitkomen.

### *Aannamen*

De berekeningen zijn gedaan op grond van een groot aantal aannamen over de emissie, de verspreiding van de pluim, de menging van de dioxinen in de bodem en op gewassen en de consumptie en opnamen door mensen. De uitkomsten moeten dan ook gezien worden als een ordegrootte. Dat geldt dus ook voor de factoren die de verhoging ten opzichte van de achtergrond aanduiden, zeker omdat de (schattingen van de) achtergrondconcentraties en -deposities in Nederland ook verschillen per gebied.

# 1 Inleiding

Thermphos produceert fosfor en fosforverbindingen uit fosfaaterts en andere grondstoffen. Een belangrijk onderdeel van het productieproces is het sinteren. Hierbij komen dioxinen vrij. Dit bleek toen het bedrijf in 2008 enkele emissiemetingen op dioxinen uitvoerde, omdat het secundaire grondstoffen wilde gebruiken voor de fosforproductie. Het bedrijf heeft dit feit gemeld aan de toezichthouder (provincie Zeeland). Omdat de emissies ruim boven de volgens de NeR geldende norm van 0,1 TEQ/Nm<sup>3</sup> lagen, is een traject ingezet om meer grip te krijgen op de dioxineproblematiek, mede vanwege de noodzakelijke aanpassing van de vergunning. Onderdeel van dat traject is een uitgebreide meetcampagne van de emissie.

## *Emissiemetingen*

Het sinterproces vindt plaats in drie ovens, die elk een eigen schoorsteen hebben waarlangs de afgassen worden afgevoerd. Het bedrijf heeft sinds de zomer van 2009 metingen uit laten voeren naar de dioxine-emissies bij deze verschillende emissiepunten. Bij deze metingen is gekeken naar de mogelijke invloed van allerlei factoren, zoals de gebruikte grondstoffen, het chloorgehalte en de proces temperatuur (Van Laarhoven, 2009). De meetcampagne is uitgevoerd in overleg met de provincie Zeeland. De provincie heeft zelf ook een aantal emissiemetingen uitgevoerd. De resultaten kwamen ongeveer overeen met die van het bedrijf. De VROM-Inspectie en het RIVM hebben een begeleidende rol gespeeld in dit proces (advisering en inbreng van kennis). Ook heeft het RIVM in 2009 een verkennend bodemonderzoek gedaan om na te gaan in hoeverre de depositie van de geëmitteerde dioxinen heeft geleid tot verhoogde gehalten in de bodem in de omgeving (Broekman e.a. 2009). In 2010 heeft het bedrijf de dioxinemetingen voortgezet. Enkele resultaten zijn gepubliceerd (Pro Monitoring, 2010a; 2010b), maar het grootste deel (nog) niet. Uit gegevens die het RIVM ter beschikking heeft gekregen, blijkt dat er ongeveer negentig emissiemetingen uitgevoerd zijn.

## *Resultaten metingen*

Uit de metingen blijkt dat de dioxine-emissie varieert tussen 0,02 en ruim 5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>, met een gemiddelde van ongeveer 2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> per emissiepunt. Er is geen evidente relatie gevonden tussen de hoogte van de uitstoot, het type grondstof en andere onderzochte variabelen. Wel is duidelijk dat de dioxinen niet afkomstig zijn uit de grondstoffen, maar ontstaan tijdens het sinterproces. De emissies voldoen niet aan de norm van 0,1 TEQ/Nm<sup>3</sup> uit de NeR en regelmatig ook niet aan de tijdelijk (tot eind 2014) voorgestelde emissie-eis van 0,4 TEQ/Nm<sup>3</sup> uit de door Thermphos aangevraagde wijzigingsvergunning. Het bedrijf is voornemens de emissie te verminderen tot het niveau van 0,1 ng m<sup>-3</sup> (de norm uit de NeR), maar heeft aangegeven daar tijd voor nodig te hebben. Die tijd is nodig om te onderzoeken welke reinigingstechniek het meest geschikt is en om vervolgens die techniek in te bouwen en te operationaliseren. Naar verwachting gaat dit enkele jaren duren.

## *Vragen aan het RIVM*

De vragen van de VROM-Inspectie aan het RIVM luiden als volgt:

1. Hoe hoog is de jaargemiddelde concentratie in de lucht en de totale depositie aan dioxinen in het omliggende gebied als de huidige emissies nog vijf jaar duren? Gevraagd wordt om zowel een worstcasebenadering als een meer realistische berekening.
2. Wat zijn de risico's daarvan voor het milieu en de gezondheid?



## 2 Aanpak van het onderzoek

Met het verspreidingsmodel Stacks zijn de concentraties in de lucht en de depositie aan dioxinen in de omgeving berekend, voor verschillende emissieconcentraties in de komende vijf jaar. Er is gerekend met drie verschillende continue emissiegroottes:

- 5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>: dit is de hoogst gemeten emissie (worstcasescenario);
- 2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>: dit is ongeveer het gemiddelde van de gemeten emissie (realistisch scenario);
- 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>: de emissienorm uit de NeR (scenario als aan de norm zou worden voldaan).

In alle berekeningen is aangenomen dat deze emissie 5 jaar lang, 24 uur per dag plaatsvindt. Er is gerekend met verschillende vormen waarin de dioxinen kunnen voorkomen (gasvormig of gebonden aan stof, waarbij enkele deeltjesgroottes zijn beschouwd). De andere inputparameters (bijvoorbeeld schoorsteenhoogte, debiet enzovoort) zijn steeds constant gehouden. De waarden van deze parameters zijn gebaseerd op door de provincie geleverde gegevens.

### *Verspreidingsmodel*

De berekeningen zijn gedaan met het verspreidingsmodel Stacks (versie 2009-1). Dit model is gebaseerd op het Nationaal Model Lucht en wordt gangbaar toegepast bij berekeningen in het kader van vergunningsvoorschriften. Aanvullend zijn ter verificatie enkele berekeningen gedaan met het model OPS (Operationeel Model Prioritaire Stoffen). Beide modellen gaan uit van hetzelfde basisprincipe, maar verschillen in toepassingsmogelijkheden, die – voor het doel van dit onderzoek – elkaar aanvullen. Het betreft dan vooral de ruimere mogelijkheden van OPS om stofdeeltjesverdelingen door te rekenen. De berekeningen met OPS gaven vergelijkbare resultaten. In deze rapportage worden alleen de uitkomsten van de berekeningen met Stacks gebruikt.

### *Milieubelasting en humane blootstelling*

De resultaten van berekende concentraties in lucht en depositie zijn vervolgens vertaald naar de blootstelling voor mens en milieu en getoetst aan de milieunormen en gezondheidkundige grenswaarden. Voor wat betreft de milieubelasting en blootstelling zijn de volgende routes doorgerekend:

- inhalatoire blootstelling van de mens (door inademing van dioxinen uit de lucht);
- het gehalte in de toplaag van de bodem als gevolg van de depositie;
- het gehalte in gras als gevolg van de depositie;
- het gehalte in koeienmelk als gevolg van inname van gras en aanhangende bodemdeeltjes (berekend met behulp van een ketenmodel);
- orale blootstelling van de mens als gevolg van depositie op consumptiegewassen;
- orale blootstelling van de mens (kind) als gevolg van ingestie van vervuilde bodemdeeltjes.



### 3 Verspreidingsberekeningen

#### *Emissie*

In de berekeningen is aanvankelijk uitgegaan van een continue emissie van 2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> per emissiepunt<sup>1</sup>. Deze waarde is de door het bedrijf gemeten gemiddelde dioxineconcentratie in de afgassen bij 94 metingen in 2010. De berekende luchtconcentraties en depositie zijn evenredig met de gebruikte emissieconcentratie. Uit de resultaten voor de berekening met 2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> kunnen dus de resultaten voor andere emissies, zoals 0,1 of 5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>, eenvoudig worden afgeleid. De waarde van 5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> is de hoogst gemeten emissieconcentratie. In het worstcasescenario wordt ervan uitgegaan dat deze emissie bij elk van de bronnen plaatsvindt.

#### *Deeltjesgrootteverdeling van de emissie*

Bij aanvang van deze studie was bekend dat uit de emissiemetingen (Van Laarhoven, 2009) bleek dat de dioxinen in het afgas voor ongeveer 98% in gasvormige toestand voorkomen en slechts voor een klein deel als aan stof gebonden dioxine. Zodra het (warme) afgas echter de schoorsteen verlaat, koelt het af en zal een gedeelte van de gasvormige dioxinen alsnog condenseren op stofdeeltjes in de atmosfeer. De mate waarin dit gebeurt hangt af van de temperatuur van de buitenlucht. Bij een temperatuur van 0°C zijn nagenoeg alle dioxinen stofgebonden, terwijl bij 25°C de lichtere dioxinen voor 30 tot 60% stofgebonden zijn en de zwaardere voor ongeveer 90% (Liem et al., 1993). Het condensatieproces treedt al snel na het verlaten van de schoorsteen op, zodat de depositie voornamelijk bepaald zal worden door stofgebonden dioxinen. In de buitenlucht komt vooral fijn stof voor en een beperkt percentage (ongeveer 20%) middelgrof tot grof stof. Om die reden zijn er berekeningen gedaan met de volgende uitgangspunten:

- De verspreide dioxinen bestaan voor 20% uit gasvormige en voor 80% uit aan fijn stof gebonden dioxinen. Dit is gebaseerd op een gemiddeld congenerepatroon van de emissie monsters en verdelingscoëfficiënten gasfase-vaste fase voor de verschillende congenere bij een temperatuur van 10°C (dat is ongeveer de jaargemiddelde buitentemperatuur in Nederland).
- De verspreide dioxinen zijn voor 100% gebonden aan fijn stof.
- De verspreide dioxinen zijn voor 100% gebonden aan middelgrof stof.

Aan het einde van deze studie bleek op basis van meetgegevens van de provincie Zeeland dat de meeste dioxinen als aan stof gebonden worden geëmitteerd. De werkelijke situatie is dus vergelijkbaar met scenario 2 of 3.

#### *Stijging van de pluim*

Omdat de praktijk uitwijst dat de rookpluim uit de schoorstenen van de sinterovens geen stijging vertoont, waarschijnlijk vanwege het hoge vochtgehalte, is bij de berekeningen de warmte-inhoud van de pluim gelijkgesteld aan 0 MW, ondanks het feit dat de afgastemperatuur ongeveer 40°C bedraagt.

#### *Overzicht inputgegevens*

In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de gebruikte inputgegevens voor de emissieberekeningen. De derde oven (Sinter3) is niet altijd in bedrijf voor het sinterproces, maar iets minder dan de helft van het jaar. De andere ovens zijn het grootste deel van het jaar in gebruik. Vanuit een conservatieve benadering is gerekend met 8760 uren (vol jaar) voor Sinter1 en Sinter2, en met 4380 uren (halfjaar) voor Sinter3.

---

<sup>1</sup> Sinteroven 1 en 2 zijn continu in gebruik; Sinteroven 3 is niet continu in gebruik. Hiervoor is in de berekeningen gecorrigeerd door het aantal bedrijfsuren voor deze oven per jaar op 4380 te stellen (zie ook Tabel 1).

De berekeningen zijn gedaan met meteorologische data over 2008 van het meetstation Schiphol, gecorrigeerd naar de locatie van Thermphos. Ter verificatie is er één berekening gedaan met meteorologische gegevens over tien jaar. Die gaf nagenoeg dezelfde uitkomsten als de berekening met meteorologische gegevens over 2008. Daarom is ervoor gekozen niet alle scenario's door te rekenen met de gegevens over tien jaar. De verschillen die hierdoor ontstaan, vallen in het niet bij verschillen die kunnen ontstaan door andere aannamen in deze studie, zoals de emissiegrootte of de dikte van de bodemlaag waarin de dioxinen zich na vijf jaar bevinden.

Verder is aangenomen dat de depositiesnelheid van gasvormige dioxinen verwaarloosbaar is vergeleken bij die van stofgebonden dioxinen. Dat is een gevolg van het feit dat dioxinen in de lucht nagenoeg niet worden opgenomen door vegetatie (hoge 'surface resistance').

**Tabel 1. Inputgegevens emissieberekeningen**

	<b>Sinter1</b>	<b>Sinter2</b>	<b>Sinter3</b>
<b>X-positie van de bron [m]</b>	37060	37067	37073
<b>Y-positie van de bron [m]</b>	386210	386168	386165
<b>Schoorsteenhoogte (t.o.v. maaiveld) [m]</b>	55	55	55
<b>Inwendige schoorsteendiameter (top) [m]</b>	2	2	2
<b>Uitwendige schoorsteendiameter (top) [m]</b>	2,1	2,1	2,1
<b>Aantal bedrijfsuren</b>	8760	8760	4380
<b>Warmte-output schoorsteen [MW]</b>	0	0	0
<b>Dioxine-emissie [ng TEQ/Nm<sup>3</sup>]</b>	0,1	0,1	0,1
	2	2	2
	5	5	5
<b>Rookgasdebiet [Nm<sup>3</sup>/s]</b>	56,5	59,7	62,8
<b>Uittreesnelheid rookgassen [m/s]</b>	18	19	20
<b>Rookgastemperatuur [K]</b>	314	315	318
<b>Ruwheidslengte omgeving (m)</b>	0,25	0,25	0,25

## 4 Berekende verspreiding en depositie

In de beschrijving van de resultaten wordt onderscheid gemaakt tussen de depositie en concentratie dioxinen op het industrieterrein zelf en buiten het industrieterrein. Buiten het industrieterrein bevindt zich bewoond en agrarisch gebied dat we verder aanduiden met 'leefomgeving'.

### 4.1 Jaargemiddelde concentraties in de lucht

Figuur 1 geeft de resultaten voor de jaargemiddelde concentratie dioxine in de lucht, uitgaande van een emissie van  $2 \text{ ng TEQ/Nm}^3$  bij de drie sinterfabrieken en 100% aan fijn stof gebonden dioxine. De concentraties zijn gegeven in  $\text{fg TEQ/m}^3$  ( $f = \text{femto} = 10^{-15}$ ). De hoogste jaargemiddelde dioxineconcentratie in de leefomgeving bevindt zich ter hoogte van Nieuwdorp (X-coördinaat 40200; Y-coördinaat 388200). Op het industrieterrein rond Thermphos bevindt het punt met de hoogste jaargemiddelde dioxineconcentratie zich op ruim 500 meter ten noordoosten van de emissiepunten.



Figuur 1. Jaargemiddelde concentraties dioxinen in de lucht ( $\text{fg/m}^3$ ), uitgaande van een emissie in de drie sinterfabrieken van  $2 \text{ ng TEQ/Nm}^3$



#### *Berekende bijdrage van Thermphos aan de jaargemiddelde concentraties op grondniveau<sup>2</sup>*

De hoogste jaargemiddelde dioxineconcentraties op het industrieterrein en in de leefomgeving bedragen respectievelijk:

- 270 en 37 fg TEQ/m<sup>3</sup> bij een emissie 5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>;
- 108 en 14 fg TEQ/m<sup>3</sup> bij een emissie van 2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>;
- 5 en 0,7 fg TEQ/m<sup>3</sup> bij een emissie van 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (NeR norm).

De berekeningen met deels gasvormige en deels stofgebonden dioxinen en ook die met 100% aan fijn of middelgrof stof gebonden dioxinen geven vrijwel dezelfde resultaten. De berekende concentraties betreffen hier alleen de bijdragen van de emissies uit Thermphos, dus exclusief het achtergrondniveau.

#### *Vergelijking met meetresultaten en dioxineconcentraties in andere gebieden ('achtergrond')*

Sinds augustus 2009 meet de provincie Zeeland de dioxineconcentraties in de buitenlucht op een meetpunt in Nieuwdorp. Het RIVM heeft voorlopige meetresultaten in kunnen zien<sup>3</sup>. De voorlopige resultaten gaven aan dat op dit meetpunt een jaargemiddelde concentratie te verwachten is van 20 tot 25 fg TEQ/m<sup>3</sup>. Dit ligt in lijn met de boven vermelde berekende resultaten als ook rekening wordt gehouden met de achtergrondconcentraties.

DCMR heeft in 2009 onderzoek gedaan naar de dioxineconcentraties in het Rijnmondgebied (Van Doorn, 2009). De gemeten jaargemiddelde dioxineconcentraties bedroegen afhankelijk van de windrichting 10 tot 70 fg TEQ/m<sup>3</sup>. DCMR vermeldt in dat rapport ook de resultaten van literatuuronderzoek naar dioxineconcentraties in verschillende gebieden. In afgelegen gebieden bedragen de dioxineconcentraties 10 fg TEQ/m<sup>3</sup>, in landelijke gebieden 20 tot 50 fg TEQ/m<sup>3</sup> en in industriële gebieden tot meer dan 100 fg TEQ/m<sup>3</sup>. Deze gegevens komen overeen met data die eerder door het RIVM zijn verzameld ((Liem et al., 1993). De berekende bijdragen aan de (jaargemiddelde) dioxineconcentraties rond Thermphos zijn bij een emissie van 2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> maximaal ongeveer 100 fg TEQ/m<sup>3</sup> en liggen daarmee in de range voor het niveau in industrieel gebied. Bij deze emissie wordt de jaargemiddelde concentratie in de leefomgeving verhoogd met 14 fg TEQ/m<sup>3</sup>, wat een verhoging kan inhouden van de bestaande achtergrondconcentraties met ruwweg 50%. Bij een emissie van 5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (worstcasesituatie) ligt de berekende hoogste concentratie op het industrieterrein boven wat in andere industriële gebieden wordt gevonden. In de leefomgeving zorgt dit ruwweg voor een verdubbeling van de bestaande achtergrondconcentraties.

#### *Conclusie luchtconcentratie*

Samengevat kan worden geconcludeerd dat de emissie in de worstcasesituatie leidt tot een verdubbeling van de heersende jaargemiddelde dioxineconcentratie in de lucht in een deel van de leefomgeving. In het realistische scenario worden de heersende jaargemiddelde dioxineconcentraties in de leefomgeving ruwweg met 50% verhoogd.

## 4.2 Depositie

De berekende deposities aan dioxinen bij de verschillende scenario's zijn vermeld in Tabel 2. Gegeven zijn de hoogst berekende waarden op het industrieterrein (deze komen voor op 400 tot 600 meter van de bron) en de hoogst berekende waarden in de leefomgeving. Net als voor de luchtconcentraties bevindt dit punt zich ongeveer ter hoogte van Nieuwdorp (X-coördinaat 40200; Y-coördinaat 388200).

---

<sup>2</sup> Met grondniveau wordt bedoeld op 1,5 meter hoogte boven maaiveld waar de mens lucht inademt.

<sup>3</sup> De provincie Zeeland zal de meetresultaten rapporteren als een voldoende lange periode gemeten is.

Tabel 2. Berekende hoogste depositie door de emissie van Thermphos, uitgedrukt in ng TEQ/m<sup>2</sup> per jaar, op het industrieterrein en in de leefomgeving bij verschillende emissiescenario's

Emissieconcentratie dioxinen (ng TEQ/Nm <sup>3</sup> )	Vorm dioxinen	Depositie op industrieterrein	Depositie in de leefomgeving
5	20% gasvormig, 80% fijn stof	104	10,1
5	100% fijn stof	130	12,5
5	100% middelgrof stof	196	19
2	20% gasvormig, 80% fijn stof	42	4,0
2	100% fijn stof	52	5,0
2	100% middelgrof stof	78	7,8
0,1	20% gasvormig, 80% fijn stof	2,1	0,2
0,1	100% fijn stof	2,6	3,9
0,1	100% middelgrof stof	0,3	0,4

De hoogste depositie wordt berekend onder de aanname dat de dioxinen aan middelgrof stof zijn gebonden en de laagste bij het scenario: 20% gasvormig, 80% fijn stof (zie Tabel 2). Dit is in lijn met de verwachting (grotere stofdeeltjes hebben immers een grotere depositionsnelheid). In Tabel 2 staat alleen de bijdrage van Thermphos aan de depositie, dus exclusief het achtergrondniveau.

In Figuur 2 zijn ter illustratie van het depositiepatroon de resultaten gegeven voor de jaarlijkse dioxinedepositie, uitgaande van een emissie van 2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> bij de drie sinterfabrieken en 100% aan fijn stof gebonden dioxine. De depositie is uitgedrukt in ng TEQ/m<sup>2</sup> per jaar.



Figuur 2. Jaargemiddelde depositie in de omgeving van Thermphos (in ng/m<sup>2</sup> per jaar), uitgaande van een emissie in de drie sinterfabrieken van 2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> en 100% binding van de dioxinen aan fijn stof

#### *Achtergrondwaarden voor depositie van dioxinen*

De achtergronddepositie van dioxinen in onbelaste gebieden bedraagt 2 tot 10 ng TEQ/m<sup>2</sup> per jaar (Liem et al., 1993)<sup>4</sup>. In belaste gebieden kan de depositie hoger zijn. Zo werden in het begin van de jaren negentig nabij afvalverbrandingsinstallaties, die toen grote bronnen van dioxinen waren, waarden gevonden tot ongeveer 200 ng TEQ/m<sup>2</sup> per jaar.

De berekende bijdrage van Thermphos aan de depositie op het industrieterrein is in de worstcasesituatie duidelijk verhoogd ten opzichte van de achtergrondwaarde en ligt rond hetzelfde niveau als bij afvalverbrandingsinstallaties in het begin van de jaren negentig. In de leefomgeving is de depositie verhoogd ten opzichte van de achtergrondwaarde. In het realistische scenario met een emissie van 2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> is de depositie op het industrieterrein ruwweg een factor 10 hoger dan in onbelaste gebieden. In de leefomgeving is de depositie van hetzelfde niveau als de achtergrondwaarde, wat een verdubbeling van de totale depositie inhoudt. Bij een emissie van 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> draagt de depositie nauwelijks bij.

#### *Conclusie depositie*

In de worstcasesituatie is de dioxinedepositie op het industrieterrein vergelijkbaar met de situatie rond afvalverbrandingsinstallaties in de jaren negentig. In de leefomgeving is de depositie ruwweg een factor 10 hoger dan in onbelast gebied. In het realistische scenario is de depositie op het industrieterrein ruwweg een factor 10 hoger dan in onbelaste gebieden en veroorzaakt het bedrijf in de leefomgeving een verdubbeling van de depositie.

---

<sup>4</sup> Deze waarden zijn afgeleid uit achtergrondconcentraties in de lucht en een gemiddelde depositiesnelheid van 0,5 cm/s. Volgens Liem et al. (1993) kan de achtergronddepositie in stedelijk en industrieel gebied tot 25 ng TEQ/m<sup>2</sup> per jaar bedragen, maar dit betreft gegevens uit de jaren negentig, toen het aantal relevante dioxinebronnen hoger was dan nu.

## 5 Bodembelasting en humane blootstelling

In dit hoofdstuk worden de berekende concentraties in lucht en depositie vertaald naar de blootstelling voor mens en milieu, waarna de berekende blootstelling met de norm wordt vergeleken.

Voor wat betreft de milieubelasting gaat het dan vooral om verhoogde gehalten in de bodem. Dit wordt uitgewerkt in paragraaf 5.1. Gedeponeerde dioxinen komen ook terecht in oppervlaktewater, maar door verdunning als gevolg van horizontale stroming en verticale dispersie zijn de concentraties in het oppervlaktewater zeer gering. De blootstelling van mensen wordt uitgewerkt in paragraaf 5.2.

### 5.1 Bodembelasting

Langdurige depositie van dioxinen kan verhoogde gehalten in de bodem tot gevolg hebben. Dioxinen zijn zeer persistente stoffen, dat wil zeggen dat ze nauwelijks worden afgebroken in het milieu. Bovendien lossen dioxinen zeer slecht op in water en ze hechten sterk aan organisch bodemmateriaal. Daardoor vindt bijna geen transport plaats met infiltrerend regenwater (uitspoeling) en is hun mobiliteit in de bodem gering. Uit de lucht gedeponeerde dioxinen blijven daardoor vooral aanwezig in de bovenlaag van de bodem, als die niet wordt bewerkt. Dit is onder meer gebleken uit onderzoek naar dioxinegehalten in de bodem in het Rijnmondgebied, waar in 2006 waarden werden gevonden die nauwelijks lager waren dan in de jaren negentig, toen de emissies van industrie en afvalcentrales veel hoger waren (Traag et al., 2006).

Om de toename van het dioxinegehalte in de bodem in de omgeving van Thermphos te berekenen, is aangenomen dat de dioxinen zich ophopen in de bovenste centimeter van de bodem. Bij een bodemdichtheid van  $1500 \text{ kg/m}^3$  en een depositieduur van vijf jaar zijn dioxinegehalten berekend (zie Tabel 3). Het gaat hier om de toename van het gehalte door de dioxinedepositie; het achtergrondniveau is dus niet meegeteld.

**Tabel 3. Berekende toename van het dioxinegehalte in de bodem, uitgedrukt in ng TEQ/kg d.s., op het industrieterrein en in de leefomgeving bij verschillende emissiescenario's**

<b>Emissieconcentratie dioxinen (ng TEQ/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>Vorm dioxinen</b>	<b>Op industrieterrein</b>	<b>In de leefomgeving</b>
5	20% gasvormig, 80% fijn stof	35	3,4
5	100% fijn stof	43	4,2
5	100% middelgrof stof	65	6,4
2	20% gasvormig, 80% fijn stof	14	1,4
2	100% fijn stof	17	1,6
2	100% middelgrof stof	26	2,3
0,1	20% gasvormig, 80% fijn stof	0,7	0,1
0,1	100% fijn stof	0,9	0,1
0,1	100% middelgrof stof	1,3	0,1

Van den Berg et al. (1994) geven achtergrondwaarden voor het dioxinegehalte in de toplaag (bovenste 5 centimeter) van de Nederlandse bodem van 1,4 tot 13,9 ng TEQ/kg d.s. met een mediaan van 4,3 ng TEQ/kg d.s. De normwaarde in de regeling Bodemkwaliteit (Staatscourant, 2007, Bijlage B)

bedraagt 55 ng TEQ/kg d.s. Indien het gehalte onder deze norm ligt, is de milieukwaliteit voor de bodemfunctie wonen en industrie gewaarborgd.

In 2009 heeft het RIVM in samenwerking met het RIKILT een indicatief onderzoek verricht naar dioxinegehalten in de bodem in de omgeving van Thermphos (Broekman et al., 2009). Op het industrieterrein werden uiteenlopende waarden gevonden. Op drie locaties lagen de gehalten ruim boven de achtergrondwaarden (19 tot 30 ng TEQ/kg d.s.), op de andere locaties lagen ze rond het achtergrondniveau (0,4 tot 9,7 ng TEQ/kg d.s.). In de ruimtelijke verdeling van de verhoogde waarden was geen duidelijk patroon te ontdekken, zodat geen relatie kon worden gelegd met een mogelijke bron. De drie locaties met verhoogde waarden waren alle hotspots. Het agrarische gebied om het industrieterrein bleek niet belast met dioxinen; alle gehalten lagen binnen het achtergrondniveau. Het zij opgemerkt dat niet bekend is hoe hoog de dioxine-emissies van Thermphos waren in de periode tot 2009.

De berekeningen met het worstcasescenario geven gehalten op het industrieterrein die ruim boven het achtergrondniveau liggen. Onder de aanname dat de dioxinen voor 100% aan middelgrof stof zijn gebonden, liggen de gehalten ook boven de normwaarde uit de regeling Bodemkwaliteit. In de leefomgeving liggen de berekende waarden beneden de normwaarde (ook als de achtergrondwaarde wordt meegenomen). In het realistische scenario is de extra concentratie dioxinen in de bodem op het industrieterrein groter dan het achtergrondniveau. In de leefomgeving ligt de extra concentratie aan de onderkant van de range aan achtergrondwaarden. In het scenario van 0,1 ng TEQ/m<sup>3</sup> leidt de depositie niet tot een significante belasting van de bodem.

Er moet bedacht worden dat de berekeningen zijn gedaan voor de bovenste centimeter van de bodem, terwijl de gemeten dioxinegehalten betrekking hebben op de bovenste 5 centimeter. Ondanks hun persistentie is te verwachten dat in een periode van vijf jaar enige verwijdering uit de bovenste centimeter optreedt, waardoor de concentratie in de bovenste centimeter wat lager wordt.

## 5.2 Schatting van de blootstelling van de mens

Mensen kunnen via verschillende routes worden blootgesteld aan dioxinen: via de lucht (inhalatoire blootstelling) en via de mond (orale blootstelling). Inhalatoire blootstelling aan dioxinen vindt plaats door inademing van geëmitteerde of opgewaaide (fijn)stofdeeltjes. Voor dioxine is orale blootstelling via de voeding verreweg de belangrijkste blootstellingsroute.

De huidige mediane inname van dioxinen en dioxineachtige PCB's via de voeding wordt in Nederland op dit moment op maximaal 0,9 pg TEQ/kg lichaamsgewicht/dag geschat. Deze blootstelling komt uit nagenoeg alle voedingsmiddelen categorieën. Zo dragen zuivelproducten voor 38% aan de blootstelling bij, vlees voor 17%, plantaardige olieën voor 17%, vis voor 12%, groenten en fruit voor 8% en ei en ei producten voor 5% (De Mul et al., 2008). In de omgeving van het bedrijf Thermphos kan extra blootstelling via eigengekweekte groenten waarop de dioxinen door depositie vanuit de lucht terechtgekomen zijn voor extra blootstelling zorgen. Theoretisch kan er ook nog extra blootstelling plaatsvinden wanneer ook de grond door depositie verontreinigd raakt met dioxinen, en gewassen deze dioxinen opnemen uit de bodem. Verder kan specifieke blootstelling bij kinderen optreden via handmondcontact bij het buitenspelen.

De orde grootte van de extra blootstelling aan dioxinen voor de omwonenden van Thermphos via deze routes wordt in de volgende paragrafen beschreven. Daarvoor gaan we uit van de hoogst geschatte

concentraties in de leefomgeving, omdat daar bewoning kan zijn en/of agrarische activiteiten kunnen plaatsvinden. Deze komen uit het scenario dat er vijf jaar lang 5 ng TEQ/m<sup>3</sup> wordt uitgestoten, in de vorm van middelgroot stof. De andere scenario's zijn ook doorgerekend, maar worden alleen vermeld in paragraaf 0, waar alle innameroutes samen worden weergegeven als een maximaal geschatte blootstelling van omwonenden van Thermphos.

### 5.2.1 Orale blootstelling door consumptie van koemelk

#### *Koemelk*

Indien er koeien grazen in een gebied met dioxineverontreiniging kan de mens via koemelk worden blootgesteld aan dioxinen. Op grond van een aantal aannamen kan de concentratie in koemelk worden berekend bij de berekende depositie van dioxinen in de omgeving van Thermphos. Hierbij gaan we uit van de hoogst berekende depositie in het gebied in de leefomgeving (19 ng TEQ/m<sup>2</sup> per jaar, zie Tabel 2), een hoeveelheid gras per vierkante meter van 150 gram (d.s.)<sup>5</sup> en één keer per week uitspoeling van dioxinen door regen. Een koe eet per dag 15 kilogram gras (ds), met 4% aanhangende grond (0,6 kg/dag). Uit de grond neemt een koe 50% van de dioxinen daadwerkelijk op, uit het gras 15%. Per dag levert een koe 50 liter melk (Traag e.a. 2006). Deze getallen zijn ook weergegeven in Tabel 4.

**Tabel 4. Inname van dioxine door koeien, op dagen dat ze buiten grazen**

<b>Wat</b>	<b>Gehalte</b>	<b>Hoeveelheid</b>	<b>Biobeschikbaarheid</b>	<b>Inname per dag (koe)</b>
gras	2,6 ng TEQ/kg d.s.	15 kg/dag	15%	5,8 ng TEQ/dag
grond	6,4 ng TEQ/kg d.s.	0,6 kg/dag	50%	1,9 ng TEQ/dag

Op grond van de berekende dagelijkse dioxine-inname van koeien (zie Tabel 4) en een fysiologisch kinetisch model (Traag e.a. 2006) is berekend dat de extra concentratie in de melk maximaal 2,4 pg TEQ/g melkvet bedraagt. Het achtergrondgehalte in Nederlandse consumptiemelk is ongeveer 0,6 pg TEQ/g melkvet. De EU-norm voor dioxinen in koemelk bedraagt 3 pg TEQ/g melkvet. Het worstcasescenario is op grond hiervan een ongewenste situatie.

De berekende gehalten in melk vergelijken we alleen met de EU-norm en rekenen we niet mee in een lokale blootstelling. Mensen consumeren immers nauwelijks melk die direct afkomstig is uit de omgeving. Er vindt daardoor ook verdunning plaats van de dioxineconcentratie, doordat melk van verschillende bedrijven wordt samengevoegd.

### 5.2.2 Orale blootstelling door consumptie van gewassen

#### *Via depositie direct op het gewas*

De dioxinen die worden geëmitteerd door Thermphos kunnen terechtkomen op gewassen die bedoeld zijn voor menselijke consumptie. De hoogste depositie in de leefomgeving, dus plekken waar gewas gekweekt zou kunnen worden, bedraagt 19 ng TEQ/m<sup>2</sup> per jaar (zie Tabel 2). Om een inschatting te maken van de maximale hoeveelheid dioxinen die mensen binnen zouden kunnen krijgen via deze route, gaan we uit van een snelgroeïend bladgewas (sla) met een gemiddelde bodembedekking van 50% (zestien kroppen per m<sup>2</sup>). Deze sla kan drie maanden per jaar worden geoogst en gegeten, waarbij we uitgaan van een halve krop sla per dag per volwassen persoon (met een lichaamsgewicht van 70 kg). De hoogst geschatte depositie leidt met bovenstaande aannamen tot een inname via gewas van

<sup>5</sup> Gebaseerd op gegevens van het RIKILT en een drogestofgehalte van gras van 20%.

1,1 pg TEQ/kg lg/dag. Daarbij is aangenomen dat de volledige depositie op het gewas geconsumeerd wordt, en dat sla model staat voor andere gewassen die in de rest van het jaar worden gegeten. Het is aannemelijk dat de werkelijke inname via gewas lager zal liggen, omdat geen rekening is gehouden met afspoeling van stofdeeltjes tijdens regen en door het wassen van de sla voor consumptie. Bovendien is uitgegaan van het elke dag eten uit eigen tuin (tijdens het oogstseizoen) en 100% biobeschikbaarheid van de aanwezige dioxinen.

#### *Via opname uit de bodem*

Indien er dioxinen in de bodem zitten, kan een deel daarvan terechtkomen in gewassen die voor consumptie zijn bedoeld. Dioxinen die aan de bodem gebonden zijn, zullen niet snel in de plant terechtkomen. Dioxinen die terechtkomen in het poriewater, kunnen wel goed opgenomen worden door gewassen, omdat dioxinen makkelijker hechten aan organische componenten in de plant dan dat ze oplossen in water. De extra blootstelling aan dioxinen die via deze route zou kunnen plaatsvinden, is verwaarloosbaar ten opzichte van de hoeveelheid dioxinen die direct via het gewas zou kunnen plaatsvinden (zie hierboven); namelijk ongeveer honderd keer zo laag. Dit is berekend op grond van de geschatte bodemconcentraties na vijf jaar depositie en gegevens over de verwachte concentraties in gewas bij bepaalde bodemconcentraties (Lijzen e.a. 2001). Grofweg is de concentratie dioxinen in de plant duizend keer lager dan in de bodem. Daarnaast is aangenomen dat de ongeveer 140 gram groente die mensen per dag eten (Swartjes e.a. 2007) helemaal afkomstig is uit de eigen tuin en dat 100% van de dioxinen ook daadwerkelijk in het lichaam wordt opgenomen. Vanwege de lage extra blootstelling bij deze conservatieve schatting wordt deze route niet verder uitgewerkt.

### **5.2.3 Orale blootstelling door ingestie**

Vooral kinderen krijgen bodemdeeltjes binnen door hand-mondgedrag. Zij slikken bodemdeeltjes in tijdens het spelen op (verontreinigde) bodem. De maximale extra concentratie dioxinen in de bodem die we in de leefomgeving hebben berekend, is 6,4 ng TEQ/kg. Kinderen krijgen naar schatting 100 milligram grond binnen per dag (Otte e.a., 2001). Een kind van 15 kilogram heeft hierdoor een dagelijkse extra inname van dioxinen van 0,04 pg TEG/kg lg/dag. Dit is een worstcasebenadering omdat we uitgaan van de hoogste concentratie dioxinen (dus na vijf jaar lang uitstoot van 5 ng TEQ/m<sup>3</sup>) en van volledige biobeschikbaarheid van deze dioxinen.

### **5.2.4 Inhalatie**

Er zijn geen luchtkwaliteitseisen voor dioxineconcentraties in de lucht. In de studie naar de effecten van emissies door Corus heeft het RIVM vanuit de maximaal toegestane opname via voedsel een gezondheidkundige norm voor de dioxineconcentratie in de lucht afgeleid (Schols, 2009). Deze gezondheidkundige norm bedraagt 7 pg TEQ/m<sup>3</sup> = 7000 fg TEQ/m<sup>3</sup>. Aan deze norm voldoet de situatie bij Thermphos, zelfs in de worstcasesituatie. Op basis van deze resultaten zijn voor wat betreft de concentraties in de lucht geen gezondheidseffecten te verwachten.

### **5.2.5 Totale blootstelling via verschillende routes**

Inname van dioxinen die direct op het gewas terecht zijn gekomen door depositie, vormt potentieel de grootste bijdrage aan de extra blootstelling aan dioxinen in de omgeving van Thermphos. De berekende extra blootstelling in de leefomgeving waar de hoogste depositie van dioxinen plaatsvindt, ligt rond de 1 pg TEQ/kg lg/dag. Via de andere routes (inhalatie, opname van dioxinen in gewas in de bodem) kunnen daar maximaal nog enkele tienden pg bij komen. Deze waarde geldt voor een vijf jaar durende emissie van dioxinen van 5 ng TEQ/m<sup>3</sup>. Dat is meer dan een verdubbeling ten opzichte van de achtergrondblootstelling van de Nederlandse bevolking van maximaal 0,9 pg TEQ/kg lg/dag (De Mul e.a. 2008).

Er moet nog worden opgemerkt dat op het industrieterrein zelf de concentraties hoger zijn. Daar speelt alleen extra inhalatoire blootstelling een rol (er groeit immers geen gewas en er graast geen vee). Zoals beschreven in paragraaf 5.2.4 is deze blootstelling beneden de waarde waarbij onaanvaardbare risico's optreden.

**Tabel 5 Maximale dagelijkse extra inname aan dioxinen in pg TEQ per kg/lichaamsgewicht in de omgeving van Thermphos**

Route	Inname (in pg TEQ/kg lg/dag) bij verschillende emissies		
<i>Emissie (in ng/m<sup>3</sup>)</i>	<i>0,1</i>	<i>2</i>	<i>5</i>
Inhalatoir	0	0,006	0,01
Oraal, gewas <sup>6</sup>	0,02	0,44	1,1
Oraal, dierlijke producten	verwaarloosbaar	verwaarloosbaar	verwaarloosbaar
Oraal, ingestie	0	0,02	0,04 <sup>7</sup>
Totaal extra (afgerond)	0,02	0,4	1,2
<i>Achtergrondblootstelling</i>	<i>0,9</i>	<i>0,9</i>	<i>0,9</i>
Totaal	0,9	1,3	2,1

De werkelijke inname zal lager zijn omdat in alle berekeningen de aannamen over de opname van dioxinen worst case zijn en de resultaten vervolgens zijn opgeteld.

#### *Toelaatbare inname*

In 2000 is door de WHO de toelaatbare dagelijkse inname (TDI) voor dioxinen en dioxine-achtige PCB's vastgesteld op 1-4 pg TEQ per kilogram lichaamsgewicht per dag. Daarbij werd de ondergrens gezien als een waarde die uiteindelijk bereikt zou moeten worden en de bovengrens als een maximaal toelaatbare waarde. De Scientific Committee on Food (SCF) van de Europese Commissie heeft vervolgens in 2001 een TWI (tolerable weekly intake) van 14 pg TEQ/kg lichaamsgewicht/week vastgesteld. Aan deze TWI wordt momenteel gerefereerd in Europese wet- en regelgeving (Baars A.J., 2003). Een wekelijkse waarde geeft aan dat dagelijkse schommelingen in de inname geen directe gezondheidsrisico's met zich meebrengen en is daarom speciaal geschikt voor het toetsen van kortdurende blootstelling. Omdat we hier een blootstelling van vijf jaar lang bekijken, vergelijken we deze met de TDI van 2 pg TEQ/kg lg/dag. De berekende 'worst case' extra dioxine-inname in de omgeving van Thermphos van 1,2 pg TEQ/kg lg/dag ten gevolge van het eten van eigen gekweekte groenten samen met de achtergrondblootstelling van 0,9 pg TEQ/kg lg/dag uit overige voedingsmiddelen ligt op het niveau van de TDI.

<sup>6</sup> Alleen via directe depositie, indirect via de opname uit de bodem verwaarloosbaar ten opzichte van deze route.

<sup>7</sup> Berekend voor de grondinname van kinderen door hand-mondgedrag; het is ongeveer 50% lager voor volwassenen.





## 6 Conclusies

De conclusies voor de blootstelling van mensen vanwege de uitstoot van dioxinen door Thermphos worden in dit hoofdstuk beknopt weergegeven. In de conclusies wordt gerefereerd aan twee scenario's:

1. worst case: een continue emissie gedurende vijf jaar van 5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (de hoogst gemeten emissie);
2. realistisch: een continue emissie gedurende vijf jaar van 2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (gemiddelde van de gemeten emissie).

Binnen deze scenario's zijn de aannamen conservatief, zoals 100% biobeschikbaarheid van dioxinen. Ook is in het rapport de emissie van 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> doorgerekend. Dat is de norm uit de Nederlandse emissierichtlijnen (NeR). Omdat dan alle berekende concentraties en deposities verwaarloosbaar zijn, wordt dit scenario in de conclusies niet verder beschreven.

De blootstellingsschattingen zijn gebaseerd op vele aannamen over bijvoorbeeld de emissie, de pluimstijging en de innamehoeveelheden. De uitkomsten moeten worden gezien als een ordegrootte om de gevolgen van een voortdurende emissie te kunnen inschatten.

### *Jaargemiddelde concentratie in de lucht*

In het worstcasescenario wordt de jaargemiddelde concentratie dioxinen in de lucht in de leefomgeving geschat op 37 fg TEQ/m<sup>3</sup>; in het realistische scenario op 14 fg TEQ/m<sup>3</sup> als gevolg van alleen de emissies van Thermphos (geen achtergrond, geen andere specifieke bronnen). Op het industrieterrein zelf bedragen deze concentraties respectievelijk 270 en 108 fg TEQ/m<sup>3</sup>.

De dioxineconcentratie in Nederland varieert ongeveer van 10 tot 100 fg TEQ/m<sup>3</sup>. Bij een concentratie tot 7000 fg TEQ/m<sup>3</sup> in de lucht worden geen schadelijke effecten verwacht. Blootstelling via de lucht vormt in de omgeving van Thermphos daarom een verwaarloosbaar risico.

### *Depositie*

In de leefomgeving wordt de verwachte achtergronddepositie van dioxinen door de emissies bij Thermphos verdubbeld in het realistische scenario en met een factor 10 verhoogd in het worstcasescenario. Op het industrieterrein rond Thermphos is de depositie een factor 10 hoger dan in onbelast gebied in het realistische scenario en vergelijkbaar met de situatie rond grote afvalverbrandingsinstallaties in de jaren negentig in het worstcasescenario.

### *Concentratie in koemelk*

De extra concentratie in de melk bedraagt in het worstcasescenario 2,4 pg TEQ/g melkvet. Er vindt verdunning plaats van de dioxineconcentratie, doordat melk van verschillende bedrijven wordt samengevoegd. Het berekende gehalte is daarom niet meegerekend in de totale blootstelling van omwonenden. Mensen consumeren immers nauwelijks melk die van één beperkt gebied afkomstig is. Wel komt in het worstcasescenario het gehalte in koemelk samen met het achtergrondgehalte uit op het niveau van de EU-norm voor dioxinen in koemelk van 3 pg TEQ/g melkvet.

### *Belasting van de bodem*

In het worstcasescenario kan op het industrieterrein de normwaarde uit de regeling Bodemkwaliteit (55 ng TEQ/kg d.s.) worden overschreden. Dit is berekend voor de bovenste centimeter van de bodem. In het realistische scenario, en/of als de verontreiniging zich in vijf jaar over een grotere diepte zou verspreiden, wordt de normwaarde niet overschreden op het terrein en in de omgeving.

#### *Totale blootstelling van omwonenden*

Op grond van de hierboven beschreven concentratie in lucht, bodem en de depositie op gewas is een totale extra blootstelling aan dioxinen geschat in de omgeving van Thermphos. In het worstcasescenario zal de blootstelling verdubbelen ten opzichte van de achtergrondblootstelling, en samen met deze achtergrond rond de norm voor de dagelijkse inname uitkomen. In een meer realistisch (emissie)scenario maar met een conservatieve schatting voor wat mensen opnemen, is de blootstelling van omwonenden maximaal met iets minder dan de helft verhoogd en blijft deze binnen de norm.

## Referenties

- Berg, R. van den, Hoogerbrugge, R., Groenemeijer, G.S., Gast, L.F.L. en Liem, A.K.D. Achtergrondgehalten van dioxinen in de Nederlandse bodem. RIVM Rapport 770501014, Bilthoven, 1994.
- Broekman, M.H., Fortezza, F., Putten, E.M. van en Mennen, M.G. Dioxinen in de bodem in en rond het Sloegebied. RIVM Rapport 609040001, Bilthoven, 2009.
- Doorn, R.J. van. Dioxineonderzoek in het Rijnmondgebied. Rapportage van luchtmetingen in de periode van maart 2007 t/m januari 2009. Documentnummer 20881828, Schiedam, april 2009.
- Laarhoven, R.A.J. van. Kwantificering dioxine emissies sinterfabriek. Thermphos, Vlissingen, september 2009.
- Liem, A.K.D., van de Berg, R., Bremmer, H.J., Hesse, J.M. en Slooff, W. Basisdocument dioxinen. RIVM Rapport 710401024, Bilthoven, 1993.
- Lijzen, J.P.A., Baars, A.J., Otte, P.F., Rikken, M.G.J., Swartjes, F.A., Verbruggen, E.M.J. en van Wezel, A.P. Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic sediment and groundwater. RIVM Rapport 711701 023, Bilthoven, februari 2001.
- Mul, A. de, Bakker, M.I., Zeilmaker, M.J., Traag, W.A., Leeuwen, S.P., Hoogenboom, R.L., Boon, P.E. en Klaveren, J.D. Dietary exposure to dioxins and dioxin-like PCBs in The Netherlands anno 2004. Regul Toxicol Pharmacol. 2008 Aug; 51(3): 278-87. Epub 2008 Apr 24.
- Otte, P.F., Lijzen, J.P.A., Otte, J.G., Swartjes, F.A. en Versluijs C.W. Evaluatie en herziening van de CSOIL parameter set. Parameter set voor de modellering van de humane blootstelling en onderbouwing van Interventiewaarden voor stoffen van de eerste tranche. RIVM Rapport 711701021, RIVM, Bilthoven, 2001.
- Pro Monitoring. Dioxinenmetingen aan sinterroosters 1 en 2, 23 en 24 februari 2010, Thermphos International BV, 2e kartaal 2010. Rapport r08834e, Pro Monitoring, Barneveld, 28 mei 2010.
- Pro Monitoring. Dioxinenmetingen aan sinterroosters 1 en 2, 1 en 2 juni 2010, Thermphos International BV, 2e kartaal 2010. Rapport r08834e, Pro Monitoring, Barneveld, 19 juli 2010.
- Schols, E. (ed.). De invloed van Corus op de luchtkwaliteit in de omgeving. RIVM Rapport 609021079, Bilthoven, 2009.
- Staatscourant. Regeling Bodemkwaliteit (regeling van 13 december 2007 nr. DJZ2007124397). Ministerie van VROM, 2007.
- Swartjes, F.A., Dirven-Van Breemen, E.M., Otte, P.F., Van Beelen, P., Rikken, M.G.J., Tuinstra, J., Spijker, J. en Lijzen, J.P.A.. Human health risks due to consumption of vegetables from contaminated sites. Towards a protocol for site-specific assessment. RIVM Report 711701040, Bilthoven, 2007.

Traag, W.A., Zeilmaker M.J., Eijkeren, J.C.H. van en Hoogenboom, L.A.P. Onderzoek dioxines in gras en bodem in de Rijnmond en de overdracht naar melk, RIKILT en RIVM Rapport 2006.015, Bilthoven, november 2006.

**RIVM**

Rijksinstituut  
voor Volksgezondheid  
en Milieu

Postbus 1  
3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)