

*TNO-rapport*

Rapport nr.: R 88/308a

**EMISSIEFACTOREN VOOR NATUURLIJKE  
BRONNEN**

Auteurs: J.P. Warmenhoven  
P.F.J. van der Most

Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt  
door middel van druk, fotokopie, microfilm  
of op welke andere wijze dan ook, zonder  
voorafgaande toestemming van TNO.  
Het ter inzage geven van het TNO-rapport  
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

**Datum** : 6 februari 1989

**Opdrachtnr.** : 19042-015

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-  
opdrachten TNO', dan wel de betreffende  
terzake tussen partijen gesloten  
overeenkomst.

**Opdrachtgever:**

**Stuurgroep Emissiefactoren**

© TNO

<u>INHOUD</u>	<u>blz.</u>
VOORWOORD	3
1. INLEIDING	4
2. BEPALINGSMETHODEN	5
3. STIKSTOFVERBINDINGEN	6
3.1 Inleiding	6
3.2 Emissies naar lucht	6
3.3 Emissies naar water en bodem	11
4. FOSFORVERBINDINGEN	14
4.1 Inleiding	14
4.2 Emissies naar water en bodem	14
5. ZWAVELVERBINDINGEN	16
5.1 Inleiding	16
5.2 Emissies naar lucht	16
6. KOOLSTOFVERBINDINGEN	18
6.1 Inleiding	18
6.2 Emissies naar lucht	18
7. STUIFMEEL	21
7.1 Inleiding	21
7.2 Emissies naar lucht	21
8. CONCLUSIES	23
9. LITERATUUR	24

VOORWOORD

Sinds 1974 worden in Nederland emissies van milieuverontreinigende stoffen systematisch geregistreerd. Hierbij wordt op ruime schaal gebruik gemaakt van emissiefactoren. Een emissiefactor is gedefinieerd als de hoeveelheid van een bepaalde stof die geëmitteerd wordt per emissiebepalende eenheid.

Het opstellen van emissiefactoren wordt gecoördineerd door een stuurgroep waarin vertegenwoordigers van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, het bedrijfsleven en TNO zitting hebben. Deze stuurgroep geeft, indien nodig, opdracht tot het opstellen van emissiefactoren en fiatteert de verkregen resultaten.

De emissiefactoren voor natuurlijke bronnen zoals die tot dusver gebruikt worden, zijn voor het merendeel opgesteld door een werkgroep die zich in 1978 met deze materie bezighield. Hoewel op detailpunten in de loop der jaren nieuwe inzichten waren verwerkt, bleven de voornaamste elementen ongewijzigd. Een actualisering was dan ook nodig. De resultaten van deze aanpassing zijn in dit rapport opgenomen.

Bij het toepassen van emissiefactoren dient men zich bewust te zijn van de beperkingen die hieraan verbonden zijn. Een emissiefactor beschrijft in principe een gemiddelde situatie. Individuele situaties kunnen aanzienlijk verschillen. Verder wordt de nauwkeurigheid van een emissieberekening behalve door de emissiefactor ook bepaald door de nauwkeurigheid van de gegevens over emissiebepalende eenheden.

## 1. INLEIDING

Natuurlijke bronnen kunnen een belangrijke bijdrage aan de milieubelasting door bepaalde stoffen leveren. Een voorbeeld hiervan is zwavel waarvan op wereldschaal de helft van de totale emissie uit natuurlijke bronnen afkomstig is. Ook voor distikstofoxide ( $N_2O$ ) komt een groot deel van de totale emissie uit natuurlijke bronnen. Voor de meeste stoffen zijn de "natuurlijk" geëmitteerde hoeveelheden geringer. Niettemin is het ook hier nuttig een zo goed mogelijk inzicht te bezitten in deze hoeveelheden.

In dit rapport worden emissiefactoren voor natuurlijke bronnen gegeven die gelden voor de Nederlandse situatie. Het begrip "natuurlijke bron" wordt hierbij ruim geïnterpreteerd: naast emissiefactoren voor natuurlijke uitspoeling zijn bijvoorbeeld ook factoren voor uitspoeling bij normale bedrijfsvoering opgenomen. Ook zijn emissiefactoren voor ammoniak uit mest en methaan uit magen van herkauwers opgenomen. Over de overige emissies uit mest zoals zwavelwaterstof, vetzuren, fenolen en aminen wordt voor de Nederlandse situatie nader onderzoek verricht. De resultaten hiervan zullen te zijner tijd in dit rapport worden opgenomen.

## 2. BEPALINGSMETHODEN

Voor het bepalen van emissiefactoren met natuurlijke bronnen worden voornamelijk twee methoden gebruikt: de balansmethode en de doosmethode.

De balansmethode voor emissies naar lucht is gebaseerd op een theoretisch model. In dit model wordt er van uitgegaan dat de aarde een gesloten systeem vormt, bestaande uit verschillende compartimenten zoals oceanen, atmosfeer enz. De concentraties in deze compartimenten zijn bekend en worden constant verondersteld. Tussen de compartimenten vindt een uitwisseling van stoffen plaats waarvan de grootte over het algemeen redelijk bekend is. De natuurlijke emissie wordt nu bepaald als de emissie die noodzakelijk is om het systeem sluitend te maken (Zehnder & Zinder, 1980). Het nadeel van deze methode is dat er alleen een totale emissie kan worden bepaald en de plaats van de emissie buiten beschouwing blijft. De methode levert slechts een gemiddelde emissie per oppervlakte-eenheid, dit wordt verkregen door de totale emissie te delen door de oppervlakte van de aarde.

Emissiefactoren voor uitspoeling naar het compartiment water worden eveneens via een balansmethode bepaald, in dit geval via een balans over een waterstaatkundig samenhangend gebied. Omdat het niet eenvoudig is alle antropogene bronnen en hun invloeden goed te kwantificeren is veel onderzoek op dit terrein minder geschikt voor het opstellen van emissiefactoren.

In tegenstelling tot de balansmethode is de doosmethode en andere hieraan verwante methoden, zoals de methode waarbij takken omhuld worden om de emissie vanuit de bladeren te bepalen, een echte meetmethode. In het vervolg van dit stuk zullen alle methoden waarbij de bron op de één of andere wijze omsloten wordt omschreven worden als doosmethode. Bij de doosmethode wordt over een oppervlak waarvan men de emissie wil meten een soort doos gezet. Door de doos wordt lucht gevoerd, de ingaande lucht is schoon en daarom is de concentratie voor de uitgaande lucht een maat voor de emissie (Heidema, 1986). Het nadeel van de doosmethode is dat het systeem door de meetmethode beïnvloed wordt zodat er geen sprake is van een meting in de natuurlijke situatie. Voor een indicatie van een jaargemiddelde emissie ontleend aan deze methoden zou ook over aanzienlijk langere perioden moeten worden gemeten dan over het algemeen het geval is.

### 3. STIKSTOFVERBINDINGEN

#### 3.1 INLEIDING

Stikstofoxiden en ammoniak spelen een belangrijke rol bij de verzuring van de bodem. Stikstofoxiden spelen bovendien een rol bij de ozonvorming in de grenslaag. Distikstofoxide ( $N_2O$ ) wordt in de troposfeer niet afgebroken, en levert door absorptie van langgolvlige straling een bijdrage aan het broeikas-effect. Voor de hoge troposfeer vormt distikstofoxide een bron van  $NO_x$ . In de stratosfeer wordt distikstofoxide wel afgebroken, waarbij een bijdrage aan de afbraak van de ozonlaag geleverd wordt.

Nitraten in oppervlaktewater kunnen in bepaalde situaties de eutrofiëring bepalen. Nitraten in drinkwater kunnen boven bepaalde concentraties eveneens negatieve effecten uitoefenen.

#### 3.2 EMISSIES NAAR LUCHT

##### 3.2.1 Processen

Ammoniak ontstaat in de bodem door bacteriële afbraak van organische stikstofverbindingen.

De ammoniak die in de bodem wordt gevormd kan, als de bodem droog en warm is, door nitrificerende bacteriën worden omgezet in nitriet en in nitraat. In een zure bodem vindt nauwelijks nitrificatie plaats, ammoniak verbindt zich snel met vaste bodemdeeltjes.

In droge en koude grond wordt ammoniak niet vastgelegd en kan dan naar de atmosfeer geëmitteerd worden.

Het door nitrificerende bacteriën gevormde nitraat kan weer gedenitrificeerd worden waardoor  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $N_2O$  en  $N_2$  worden gevormd. Deze stoffen kunnen weer worden geëmitteerd, afhankelijk van de temperatuur, de vochtigheid en de beluchtingssituatie van de bodem.

Op wereldschaal speelt de vorming van  $NO_x$  bij onweer en bij vulkanische activiteit een niet verwaarloosbare rol. Voor de Nederlandse situatie zijn deze processen echter van geen belang.

### 3.2.2 Emissiefactoren

#### 3.2.2.1 Ammoniak

De afgelopen jaren is men er in toenemende mate achter gekomen dat de grootte van de ammoniakemissies als gevolg van de veehouderij afhankelijk is van een aantal factoren. De belangrijkste factoren zijn, het soort dieren dat gehouden wordt, het staltype en de wijze waarop het mest op het land gebracht wordt. Daarom is er recentelijk in opdracht van het Ministerie van VROM een zeer gedetailleerde lijst met emissiefactoren opgesteld (VROM, 1988). Het grootste gedeelte van de hier gegeven emissiefactoren is ontleend aan deze lijst. De emissiefactor voor schapen komt niet in deze lijst voor daarom is daarvoor nog uitgegaan van de cijfers van Buysman (1984). Ammoniakemissies afkomstig van huisdieren zijn ontleend aan Cass e.a. (1982). De emissiefactoren voor ammoniakemissies van dierlijke oorsprong zijn opgenomen in Tabel 3.1.

Over de grootte van de ammoniakemissies uit natuurlijke bodems bestaat nog veel onzekerheid. Ook over de invloed van het opbrengen van stikstofhoudende kunstmest is nog weinig bekend. In Tabel 3.2 zijn emissiefactoren voor natuurlijke bodems en voor de invloed van kunstmest opgenomen, ontleend aan Buysman e.a. (1984). Hierbij is er van uitgegaan dat de zuurgraad van de bodem in het algemeen lager is dan 7. De emissie als gevolg van het opbrengen van kunstmest is gegeven in kilogram geëmitteerd  $\text{NH}_3$  per ton, via kunstmest, opgebracht stikstof.

Tabel 3.1 Emissiefactoren voor dierlijke ammoniakemissies  
(in kg NH<sub>3</sub>/dier.jaar).

Diersoort	Emissie- factoren	Literatuur
<u>Rundvee</u>		VROM, 1988
1. Melk- en kalfkoeien <sup>1)</sup> (evenals zoogkoeien)	57,6	
2. Vrouwelijk jongvee tot ca. 2 jaar <sup>1)</sup>	25,3	
3. Vleeskalveren van ca. 0 tot ca. 6 maanden	9,1	
4. Vleesstieren (evenals overig vleesvee) tot ca. 2 jaar	37,7	
<u>Varkens</u>		VROM, 1988
1. Fokzeugen, incl. biggen tot ca. 25 kg	32,1	
2. Opfokzeugen van ca. 25 kg tot ca. 7 maanden	12,4	
3. Opfokzeugen van ca. 7 maanden tot eerste dekking	18,6	
4. Dekberen	21,9	
<u>Kippen</u>		VROM, 1988
1. Slachtkuiken ouderdieren (hennen incl. hanen)	1,3	
2. Opfokkippen (slachtkuiken ouderdieren)	0,6	
3. Legkippen	0,7	
4. Opfokkippen (leghennen)	0,4	
5. Slachtkuikens	0,3	
<u>Schapen</u>	3,4	Buysman e.a., 1984
<u>Honden</u>	2,5	Cass e.a., 1982
<u>Katten</u>	0,8	Cass e.a., 1982

1) De emissie heeft betrekking op een stalperiode van oktober tot mei.

2) Als varkens op stro worden gehuisvest is bij de emissiefactor inbegrepen de emissie van de opslag van stromest.



Tabel 3.2 Emissiefactoren van ammoniakemissies uit natuurlijke bodems en kunstmestgebruik.

Emissiesoort	Emissiefactor	Literatuur
Natuurlijke bodems	0,88 kg NH <sub>3</sub> /ha.jr	Buysman e.a., 1984
Emissies als gevolg van kunstmest	10 kg NH <sub>3</sub> /ton stikstof	Buysman e.a., 1984

### 3.2.2.2 Distikstofoxide (N<sub>2</sub>O)

De gemeten emissies van N<sub>2</sub>O vertonen een spreiding van enkele grootteorden. Uit de metingen blijkt ook dat er verschil is tussen emissies uit verschillende bodemsoorten. Momenteel is er echter nog niet voldoende kennis om betrouwbare emissiefactoren per bodemsoort te bepalen. Daarom wordt slechts een gemiddelde factor gegeven voor alle bodemsoorten. Deze factor berust op resultaten van verschillende meetcampagnes (Schmidt e.a., 1988; Seiler en Conrad, 1981; Banin e.a., 1984). Ook wordt de N<sub>2</sub>O-emissie beïnvloed door de mestgift. In Tabel 3.3 zijn de emissiefactoren voor N<sub>2</sub>O opgenomen.

Tabel 3.3 Emissiefactoren voor N<sub>2</sub>O.

*Bouwman!*

Emissiesoort	Emissiefactor	Literatuur
Natuurlijke bodems	0,6 kg N/ha.jr	Diverse
Emissies uit mest	0,4 kg N/ton N	Seiler en Conrad, 1981

### 3.2.2.3 Overige stikstofoxiden

Ook voor NO<sub>x</sub>-emissies verschillen de resultaten van verschillende meetcampagnes aanzienlijk. In Tabel 3.4 zijn de cijfers van de emissies van NO en NO<sub>2</sub> opgenomen. Deze cijfers zijn gemiddelden van verschillende in de literatuur gerapporteerde waarden (Slemz en Seiler, 1984; Cofman Anderson en Levine, 1987; Johanson, 1984).

Tabel 3.4 Emissiefactoren voor  $\text{NO}_x$ .

Emissiesoort	Emissiefactor
Natuurlijke bodems	0,65 kg N/ha.jr
Emissies uit mest	13 kg N/ton N

### 3.2.3 Betrouwbaarheid

De cijfers met betrekking tot de ammoniakemissies van dierlijke oorsprong zijn redelijk betrouwbaar. Deze cijfers zijn gebaseerd op de stikstofbalansen voor dieren. Hieraan is veel onderzoek gedaan.

Wat betreft de emissiefactoren van de andere bronnen zijn de onzekerheden veel groter. Welke stikstofverbinding geëmitteerd wordt is in sterke mate afhankelijk van de toestand van de bodem. Deze cijfers moeten dan ook voorzichtig worden gehanteerd. Het stikstofverlies uit kunstmest hangt, behalve van factoren die invloed hebben op de emissies uit de natuurlijke bodem, ook nog af van de mestsoort. Bij de ammoniakemissies als gevolg van de veehouderij zijn de emissies die ontstaan bij het uitrijden van de dierlijke mest opgenomen. Deze behoeven dus niet te worden berekend met het cijfer uit Tabel 3.2.

## 3.3 EMISSIES NAAR WATER EN BODEM

### 3.3.1 Processen

De processen waardoor stikstofverbindingen in de bodem ontstaan zijn dezelfde als die zijn beschreven in paragraaf 3.2.1. Het door nitrificerende bacteriën gevormde nitriet en nitraat is goed oplosbaar en kan daardoor gemakkelijk door het grondwater worden uitgespoeld. De mate waarin dit gebeurt is wel sterk afhankelijk van de grondwaterstand. Bij een hoge grondwaterstand is de uitspoeling gering terwijl die bij een lage waterstand aanzienlijk kan zijn (Steenvoorden, 1983).

### 3.3.2 Emissiefactoren

De emissiefactoren in Tabel 3.4 zijn gebaseerd op metingen van stikstofgehalten in grondwater en de hoeveelheid uitspoelend water per jaar (Steenvoorden, 1983).

Tabel 3.5 Stikstofuitspoeling uit verschillende natuurlijke bodems (in kg N/ha.jaar).

Bodemsoort	Emissiefactoren	Literatuur
Zand	3	Steenvoorden, 1983
Rivierklei	3	"
Löss	3	"
Zeeklei	6	"
Veen	9	"

De hoeveelheid stikstof die wordt uitgespoeld uit bemest grasland is sterk afhankelijk van de hoeveelheid mest die wordt opgebracht. Tabel 3.6 geeft de fractie van de opgebrachte stikstof die wordt uitgespoeld door het grondwater.

Tabel 3.6 Stikstofuitspoeling uit grasland als fractie van de hoeveelheid opgebrachte stikstof (in kg/ton meststikstof).

Mestsoort	Hoeveelheid mest (ton N/ha.jr)	Emissiefactor (kg/ton)	Literatuur
Dierlijke mest		100	Steenvoorden, 1983
Kunstmest	0-0,2	25	"
Kunstmest	0,2-0,3	200	"
Kunstmest	0,3-0,4	330	"
Kunstmest	0,4-0,5	470	"
Kunstmest	0,5-0,64	600	"

In Tabel 3.7 is de stikstofuitspoeling uit bouwland vermeld. Voor de meeste gronden is zij onafhankelijk van de mestgift, voor zandgrond is de afhankelijkheid wel meegenomen.

De bepaling van de hoeveelheid uitgespoelde stikstof is gebaseerd op de veronderstelling dat alleen via dierlijke mest opgebrachte stikstof wordt uitgespoeld. De grootte van de uitspoeling wordt gesteld op 1% van de hoeveelheid opgebrachte stikstof (Feenstra en van der Most, 1986).

Tabel 3.7 Stikstofuitspoeling uit bouwland (in kg/ha.jr).

Bodemssoort	Emissiefactor	Literatuur
Klei	50	Steenvoorden, 1983
Zandgrond	85	"
Zandgrond (overbemest)	$(0,25 \times \text{mestgift}^* + 75)$	"

\* Mestgift in kg/ha.jr.

### 3.3.3 Betrouwbaarheid

Over de uitspoeling van stikstof uit bouwland en natuurlijke gronden is vrij veel bekend en de gegeven cijfers zijn dan ook redelijk betrouwbaar (ca. 30%). Alleen als het gaat om de uitspoeling en afspoeling uit grasland is de onzekerheid nog erg groot. Hierbij speelt de afhankelijkheid van de grondwaterstand ook een belangrijke rol. Hier is een onzekerheid van ca. 100% mogelijk.

## 4. FOSFORVERBINDINGEN

### 4.1 INLEIDING

Fosfaat komt in natuurlijke gronden voor als gevolg van de afbraak van organische resten. De mate waarin fosfaat wordt uitgespoeld en in het grondwater terecht komt is afhankelijk van de fosfaatabsorptiecapaciteit van de bodem. De absorptiecapaciteit van meeste bodems is meestal groot zodat de emissie in eerste instantie gering is.

Als er veel fosfaat op een bodem terecht komt kan de bodem verzadigd worden waardoor het fosfaat niet meer gebonden wordt. Dit vindt bijvoorbeeld plaats bij zandgronden die gedurende vele jaren bemest zijn.

In veel gevallen is de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater de beperkende factor bij eutrofiëring.

### 4.2 EMISSIES NAAR WATER EN BODEM

#### 4.2.1 Emissiefactoren

Aan de hand van metingen van fosfaatgehalten in grondwater onder jarenlange onbemeste terreinen zijn Rijtema en Toussaint (1983) tot de emissiefactoren gekomen die in Tabel 4.1 opgenomen zijn. De emissiefactoren worden gegeven in kg/ha.jr, hiermee wordt bedoeld het aantal kilogram fosfaat dat per hectare in een jaar door uitspoeling in het grondwater terecht komt.

Feenstra en Van der Most (1986) schatten de fosfaat-uitspoeling uit overbemeste zandgronden op 1,0 kg/ha.jr voor 1985. Deze waarde kan groter zijn bij grotere verzadiging van de bodem (Bodembeschermingsreeks no. 74, 1986).

Voor het bepalen van de fosfaat-afspoeling wordt ervan uitgegaan dat alleen dierlijke mest wordt uitgespoeld omdat kunstmest minder water-oplosbaar is. Op grond van een beperkt aantal metingen is aangenomen dat 1% van de opgebrachte dierlijke mest via uitspoeling in het oppervlaktewater terecht komt.

Tabel 4.1 Fosfaatemissies uit natuurlijke bodems (in kg/ha.jr).

Bodemsoort	Emissiefactor
Veenweidegebied	0,75
Zeekleigebied	0,72
Overgang veen/zeeklei	1,50
Rivierkleigebieden	0,15
Zandgebieden	0,30
Lössgebieden	0,40

#### 4.2.2 Betrouwbaarheid

De emissiefactoren voor uitspoeling uit natuurlijke gronden zijn goed onderbouwd (ca. 30% onzekerheid). De factoren voor uitspoeling en afspoeling als gevolg van overbemesting is echter minder betrouwbaar mede omdat de emissie afhankelijk is van de periode waarin de mest op het land wordt gebracht (ca. 100% onzekerheid).

## 5. ZWAVELVERBINDINGEN

### 5.1 INLEIDING

Het belang van zwavelverbindingen ligt in eerste instantie op het vlak van de zure depositie. Alle zwavelverbindingen kunnen in de atmosfeer worden omgezet in zwaveldioxide en sulfaat die weer verzurend werken op bodem en neerslag.

Hiernaast zijn de gevonden hoeveelheden van het relatief stabiele carbonylsulfide (COS) een groot reservoir van gasvormig zwavel dat van belang is voor het in stand houden van de stratosferische sulfaataërosollaag die invloed heeft op het klimaat (Khalil en Rasmussen, 1984).

De natuurlijke produktie van  $H_2S$  en zwavelhoudende koolwaterstoffen vindt plaats bij de bacteriële afbraak van organische stoffen en bij de reductie van sulfaat. Deze produktie komt vooral voor in moerasachtige gebieden en in het sediment van ondiepe meren en sloten.

Ook in normale watermassa's worden zwavelverbindingen gevormd die vervolgens naar de atmosfeer worden geëmitteerd in de vorm van aërosolen.

### 5.2 EMISSIES NAAR LUCHT

#### 5.2.1 Emissiefactoren

Door Adams en Lamb zijn met behulp van de doosmethode een groot aantal concentratiemetingen verricht boven verschillende bodemtypen (Lamb e.a., 1987; Adams e.a., 1981).

Emissiefactoren van de belangrijkste zwavelverbindingen voor enkele grondsoorten zijn in Tabel 5.1 opgenomen. De getallen zijn gemiddelden van een groot aantal metingen op verschillende locaties in de Verenigde Staten (Adams e.a., 1981).

Tabel 5.1 Emissiefactoren van enkele zwavelverbindingen boven verschillende grondsoorten (in kg S/ha.jr).

Stof	Leem en Zand	Klei op Veen	Hoog- en Laagveen	Klei	Zoutwatermoeras
Zwavelwaterstof	0,40	0,35	0,60	0,90	1200*
Carbonylsulfide	0,07	0,05	0,10	0,10	5,0
Dimethylsulfide	0,03	0,02	0,05	0,02	6,6
Zwavelkoolstof	0,06	0,06	0,20	0,10	4,1
Dimethyldisulfide	-	0,02	0,01	0,01	1,6

\* Gemiddelde van een reeks sterk uiteenlopende resultaten variërend van 0,2 tot 6000 kg S/ha.jr.

De totale mondiale zwavelemissies zijn ook bepaald met behulp van balansstudies. Möller (1984) bepaalde dat de totale zwavelemissie als gevolg van bacteriële activiteit door het land en de oceanen 70 Tg.S/jr is, waarbij beide oppervlakken gelijkelijk bijdragen. De sulfaatemissie als gevolg van opstuiwen van water wordt door hem geraamd op 175 Tg.S/jr. Wanneer er vanuit gegaan wordt dat de totale oppervlakte van de aarde  $510 \cdot 10^8$  ha is en dat 70% daarvan bestaat uit oceanen levert dit een factor van 2 kg zwavel per ha per jaar voor land, en 1,1 kg zwavel voor water, getallen die binnen de marges niet strijdig zijn met de factoren uit Tabel 5.1.

### 5.2.2 Betrouwbaarheid

De gegevens uit Tabel 5.1 zijn gebaseerd op metingen in de Verenigde Staten. De vertaalbaarheid van deze metingen naar de Nederlandse situatie, zowel op het gebied van gemiddelde temperatuur als bodemtypering is onzeker. Een onzekerheid van 100% lijkt dan ook een redelijke schatting.



## 6. KOOLSTOFVERBINDINGEN

### 6.1 INLEIDING

De voornaamste door de natuur geëmitteerde koolstofverbindingen zijn koolwaterstoffen. Deze spelen een rol bij de vorming van ozon in de grenslaag. Daarnaast heeft methaan, dat redelijk stabiel is, een belangrijke invloed op de afbraak van de stratosferische ozonlaag.

Naast koolwaterstoffen wordt er in de natuur ook koolmonoxide geëmitteerd. Dit wordt snel omgezet in kooldioxide dat van groot belang is voor de warmtehuishouding van de aarde. Daarnaast wordt bij de oxidatie van koolmonoxide in  $\text{NO}_x$ -rijke omgeving ook nog ozon gevormd.

### 6.2 EMISSIES NAAR LUCHT

#### 6.2.1 Processen

Methaan wordt in de bodem hoofdzakelijk gevormd bij de afbraak van organische verbindingen onder anaërobe omstandigheden. Ook bij het fermentatieproces in de pens van herkauwers worden grote hoeveelheden methaan gevormd. Verder komt er nog methaan vrij bij de verbranding van plantaardig materiaal.

Tijdens de fotosynthese door bomen en struiken worden onverzadigde koolwaterstoffen zoals terpenen en isoprenen geëmitteerd. De emissie van deze stoffen hangt sterk af van de temperatuur.

Koolmonoxide wordt in de natuur gevormd door vegetatie op land en in oceanen.

#### 6.2.2 Emissiefactoren

In Tabel 6.1 zijn de emissiefactoren van methaan en koolmonoxide als gevolg van verschillende processen opgenomen.

Tabel 6.1 Emissiefactoren voor methaan en koolmonoxide (in kg/ha.jr of kg/dier.jr).

Verbinding	Bron	Emissiefactoren	Literatuur
Methaan	Moeras	34	Bouwman, 1987
	Oceanen	0,70	Bouwman, 1987
	Rundvee	77	Reinders, 1980
	Schape	8,8	Reinders, 1980
Koolmonoxide	Vegetatie	8,5	Khalil en Rasmussen, 1984b
	Oceanen	1,1	Khalil en Rasmussen, 1984

Verschillende auteurs hebben gezocht naar een verband tussen koolwaterstofemissies uit bossen en de temperatuur en lichtintensiteit (Tingey, 1981; Zimmerman, 1979; Flijckt e.a., 1980). Op basis van deze onderzoeken is door de Leeuw e.a. (1987) een formule opgesteld voor de totale koolwaterstofemissies van loofbos en naaldbos:

60° 15°C : 20° 5°

26440  $E_{\text{naaldbos}} = 133,2 \cdot 10^{(-2+0,075 T)}$  1407 3526 0351 627  
 1905km<sup>2</sup>

21860  $E_{\text{loofbos}} = 168,2 \cdot 10^{(-3+0,075 T)}$  123 292 691 52  
 1300km<sup>2</sup>

1660 3818 9052 679 → ~ 38000 kg j<sup>-1</sup>

waarin

- E = emissiefactor voor totaal koolwaterstof in kg/ha.jr
- T = temperatuur in °C

In het kader van internationaal overleg wordt dit onderwerp nader uitgewerkt (Veldt, 1988).

Een belangrijk gedeelte van de emissies uit naaldbos bestaat uit terpenen, terwijl er door loofbos voornamelijk isoprenen geëmitteerd worden (Lamb e.a., 1987). Er moet echter wel rekening worden gehouden met het feit dat een niet onbelangrijk gedeelte geëmitteerd wordt in ongedifferentieerde niet-methaan koolwaterstoffen (Rasmussen, 1981; Lamb e.a., 1987).

~~Er wordt momenteel in het kader van klimaatstudies veel onderzoek gedaan naar emissies uit bossen. De beschrijving hiervan zal dus waarschijnlijk in de naaste toekomst verbeterd worden.~~

### 6.2.3 Betrouwbaarheid

De gegeven emissiefactoren voor methaan en koolmonoxide zijn grotendeels gebaseerd op balansstudies. De cijfers zijn voor de Nederlandse situatie minder nauwkeurig (ca. 100% afwijking).

De emissies uit moerassen en uit bossen zijn in de Verenigde Staten gemeten volgens de doosmethode. Vooral voor emissies uit bossen is het de vraag hoe betrouwbaar deze methode is (onzekerheid minstens 100%).

De emissies van dierlijke oorsprong zijn goed bekend omdat ze gebaseerd zijn op de veel onderzochte energiebalans van dieren (onzekerheid ca. 30%).

## 7. STUIFMEEL

### 7.1 INLEIDING

De emissies van stuifmeel vormen gedurende bepaalde perioden van het jaar een voor vrij veel mensen (ca. 15% van de bevolking) hinderlijke verschijnsel. Om deze reden is onder andere in het basisdocument "Fijn stof" hieraan aandacht besteed.

### 7.2 EMISSIES NAAR LUCHT

#### 7.2.1 Processen

Stuifmeeldeeltjes komen vrij gedurende de bloeiperiode van een plant. Hoewel voor iedere plant bekend is wanneer deze ongeveer begint, is het tijdstip waarop de bloeiperiode precies aanvangt in sterke mate afhankelijk van het weer in de voorbije periode.

Het dagelijks verloop van de stuifmeelemissie vertoont een piek in de ochtend. Hiernaast wordt de emissiesterkte sterk beïnvloed door het weer. Warm droog weer met weinig wind verhoogt duidelijk de emissie (Den Tonkelaar, 1986).

In Nederland zijn er drie soorten planten die met betrekking tot hooikoorts van belang zijn: de berk met een bloeitijd in april-mei, het gras (verschillende soorten waartussen niet gedifferentieerd kan worden) met een bloeitijd van mei tot en met augustus en de bijvoet die voornamelijk in augustus bloeit (Spieksma e.a., 1985; Spieksma, 1987).

#### 7.2.2 Emissiefactoren

Over de emissie van sporen is betrekkelijk weinig bekend omdat zij zo'n grillig verloop heeft. Voor een modelonderzoek naar het transport van pollen is gebruik gemaakt van geschatte emissiecijfers voor grassen op een warme droge dag die met een gemiddelde waarde 3,5 pollen/m<sup>2</sup>.s (Den Tonkelaar, 1986). Voor de berk en de bijvoet zijn nog geen emissiecijfers bekend. De emissiefactor van graspollen staat in Tabel 7.1. Deze kan alleen toegepast worden op warme droge dagen binnen de bloeitijd van het gras.

Tabel 7.1 Emissie van pollen van gras op een warme dag (in pollen/ha.dag).

Emissiesoort	Emissiefactor	Literatuur
Graspollen	$3,0 \cdot 10^9$	Den Tonkelaar, 1986

### 7.2.3 Betrouwbaarheid

Het enige beschikbare kwantitatieve gegeven berust op één meting in een bepaalde situatie. Als emissiefactor heeft het dan ook slechts indicatieve waarde. De nauwkeurigheid is dan ook niet beter dan 100-200%.

## 8. CONCLUSIES

De emissies door natuurlijke processen worden door een aantal factoren bepaald, factoren die bij tot dusver uitgevoerde onderzoeken niet altijd vermeld worden. Dit maakt vertaling van bijvoorbeeld veel Amerikaans onderzoek moeilijk. Bij bacteriële activiteit spelen factoren als vochtigheid, temperatuur en zuurgraad een belangrijke rol, terwijl ook het bodemtype essentieel is. Daarnaast zijn in Nederland als gevolg van depositie van stikstof- en zwavelverbindingen vrijwel nergens meer natuurlijke omstandigheden in de bodem aanwezig. De vertaling van hoofdzakelijk buitenlandse resultaten naar de Nederlandse situatie zoals in dit rapport gebeurd is levert dan ook niet meer dan een grootteorde-indicatie van de emissie op. Aanvullend modelmatig onderzoek voor Nederlandse omstandigheden is hier dan ook gewenst.

Voor emissies in water door uit- of afspoeling geldt eveneens dat de factoren op een gering aantal onderzoeken gebaseerd zijn. Gezien het belang van deze emissies in het kader van de kwantificering van diffuse bronnen wordt hieraan reeds veel aandacht besteed.

9. LITERATUUR

Adams, D.F., S.O. Farwell (1981)

Biogenic sulphur source  
Strengths, 15, 1493-1498.

Banin, A., J.G. Lawless, R.C. Whitten (1984)

Global N<sub>2</sub>O cycles terrestrial emissions, atmospheric accumulation and  
biospheric effects  
Adv. Space Res., 4, 207-216.

Barker, J.B., B. Akholm-Hansen (1985)

Emissions of biogenic sulphur gases from a Danish estuary  
Atm. Env., 19, 1737-1749.

Bodembescherming 74 (1986)

Fosfaatophoping en uitspoeling in de bodem van mestoverschotgebieden  
Serie.

Bouwman, A.F. (1988)

Background paper to the international conference on "Soils and the  
greenhouse effect" to be organized in Wageningen August 14-18, 1989  
International soil reference and information centre.

Buysman, E., H.F.M. Maas, W.A.H. Asman (1987)

Antropogenic NH<sub>3</sub> emissions in Europe  
Atm. Env., 21, 1009-1022.

Cass, G.R., S. Gharib, M. Peterson, J.W. Tilders (1982)

The origin of ammonia emissions to the atmosphere in an urban area  
Report 82-6, California Institute of Technology.

Cofman, A.I., J.S. Levine (1987)

Simultaneous field measurements of biogenic emissions of nitric oxide  
and nitrous oxide  
J. Geo. Res. 92, 965-976.

- Lamb, B., H. Westerberg, G. Allowine, L. Bamsberger, A. Guenther (1987)  
Measurement of biogenic sulphur emissions from soils and vegetation:  
Application of dynamic enclosure methods with na??? filter and GC/F???  
analysis  
Journal of Atmospheric Chem. 5, 469-491.
- Lamb, B., A. Guenther, D. Gay, H. Westerberg (1987)  
A national inventory of biogenic hydrocarbon emissions  
Atm. Env. 21, 1695-1705.
- Feenstra, J.F., P.F.J. van der Most (1986)  
Diffuse bronnen van waterverontreiniging  
Rapport Cuvvo VI subwerkgroep diffuse bronnen (1985).
- Flijckt, D.L., H.H. Westberg, M.W. Holdren (1980)  
Natural organic emissions and their impact on air quality.  
Proceedings of the 73th annual meeting of Air Pollution Control  
Association, Montreal, 1980, document 80-69-2.
- Heidema, L.F. (1986)  
Emissies van NO en NO<sub>2</sub> uit begroeide en onbegroeide bodems  
TNO rapport R 86/176.
- Johansson, C. (1984)  
Field measurements of emission of nitric oxide from fertilized and un-  
fertilized forest soils in Sweden  
J. Atmos. Chem. 1, 429-442.
- Khalil, M.A.K., R.A. Rasmussen (1984a)  
Global sources, lifetimes and mass balances of carbonyl sulphide (OCS)  
and carbon disulphide (CS<sub>2</sub>) in the earth's atmosphere  
Atm. Env. 18, 1805-1813.
- Khalil, M.A.K., R.A. Rasmussen (1984b)  
The global increase of carbon monoxide  
In: Environmental Impact of Natural Emissions, V.D. Aneja (ed.)  
Air Pollution Control Association, Pittsburg, U.S.A.



Leeuw, F.A.A.M. de, H.J. van Rheineck Leyrius, K.D. van der Hout, H.S.M.A. Diederer, M. Berens, W.A.H. Asman (1988)

Een Lagrangiaans lange-afstand transport model met niet lineaire atmosferische chemie: MPA Model

RIVM Rapport in druk.

McMahon, C.K., J.D. White, S.N. Tsoukalas (1984)

Organic compounds in the particulate matter from burning organic soils

In: Environmental impact of natural emissions, V.P. Aneja (ed.)

Air Pollution Control Association, Pittsburg, U.S.A.

Möller, D. (1984)

On the global natural sulphur emission

Atm. Env. 18, 29-39.

Rasmussen, R.A. (1981)

A review of the natural hydrocarbon issue (discussion)

in: Atmospheric biogenic hydrocarbons Vol. 1: Emissions

Ann Arbor Science Publishers.

Reinders, M.E. (1980)

Emissies uit natuurlijke bronnen

Staatsuitgeverij, Den Haag.

Rijtsema, P.E., C.G. Toussaint (1983)

Een globale raming van de fosfaatbelasting uit het landelijk gebied

ICW nota 1322.

Schmidt, J., W. Seiler, R. Conrad (1988)

Emissions of nitrous oxide from temperate forest soils into the atmosphere

J. Atmos. Chem. 6, 95-115.

Seiler, W., R. Conrad (1981)

Field measurements of natural and fertilizer induced  $N_2O$  release rates from soils

JAPCA 31, 767-772.

Slemz, F., W. Seiler (1984)

Field measurements of NO and NO<sub>2</sub> emissions from fertilized and unfertilized soils

J. Atmos. Chem. 2, 1-24.

Simon, H.M., M. Kruse, J.N.B. Bell (1987)

Ammonia emissions and their role in acid deposition

Atm. Env. 21, 1939-1946.

Spieksma, F.T.H.M., A. van den Arsem, B.J.A. Collette (1985)

Airborne pollen concentration in Leiden, the Netherlands, 1977-1981:

II Poacea (grasses), variations and relation to hay fever

Grana 24, 99-108.

Spieksma, F.T.H.M. (1987)

Dertig Nederlandse windbestuivers

Lab voor Aerobiologie, Afd. Longziekte, Academisch Ziekenhuis Leiden.

Tingey, D.T. (1981)

The effect of environmental factors on the emission of biogenic hydrocarbons from live oak and slash pine

In: Atmospheric biogenic hydrocarbons, J.J. Bufalini, R.R. Arnts (eds.)  
Ann Arbor Science.

Tonkelaar, J.F. den (1986)

Grass pollen counts in the west Netherlands as a function of the weather conditions

KNMI Scientific Reports WR-86-7.

Veldt, C. (1988)

Persoonlijke mededelingen (MT-TNO)

VROM, 1988)

Ammoniak-emissiefactoren voor de veehouderij

VROM, Publicatierreeks Lucht nr. 76.

Zehnder, A.J.B., S.H. Zinder (1980)

The sulphur cycle

In: The handbook of environmental chemistry vol 1A: The natural environment and the biogeochemical cycles, O. Hutzinger (ed.)

Springer Verlag, Berlin.