

# Aerosolen

Kleine deeltjes, groot effect

Lesbrief over invloed van aërosolen op gezondheid en klimaat



**Docentenhandleiding**  
**Vwo bovenbouw**



## COLOFON

### Check it out! tools voor een duurzame wereld



In de serie lesbrieven Check it out! is gratis beschikbaar:

- 🌐 Aanpassen aan klimaatverandering:  
Maas, Wadden en Zuidplaspolder  
4 niveaus: basisonderwijs, vmbo, onderbouw  
havo/vwo, bovenbouw havo/vwo
- 🌐 De Natuurkalender  
4 niveaus: basisonderwijs, vmbo, onderbouw  
havo/vwo, bovenbouw vwo
- 🌐 Duurzame Veeteelt  
MBO-Groen
- 🌐 Aerosolen  
Vwo bovenbouw

**Check it out! tools voor een duurzame wereld** is een samenwerkingsverband van:  
COS Nederland, Oikos, Ecofys en SME Advies

De ontwikkeling van deze serie lesbrieven is mede mogelijk gemaakt door het nationale onderzoekprogramma Klimaat voor Ruimte.



### Lesbrief Aerosolen



SME Advies



### Ontwikkeling & samenstelling:

SME Advies, Check it out! en  
GLOBE Nederland  
Joris Veenhoven

Deltares  
Ruth Heerdink

KNMI  
Joris de Vroom

### Uitgave:

SME Advies  
Utrecht, 2009

Postbus 43016  
3540 AA Utrecht  
Tel: (030) 635 89 00  
www.cio-scholen.nl  
info@cio-scholen.nl

Het lesmateriaal mag vrij gekopieerd worden voor gebruik op school en is gratis te downloaden van de website [www.cio-scholen.nl](http://www.cio-scholen.nl)

Vermenigvuldiging voor overige doeleinden is uitsluitend toegestaan na toestemming van SME Advies.

© SME Advies, 2009



# INHOUD

---

HANDLEIDING .....	2
ANTWOORDEN .....	4



# HANDLEIDING

---

## Achtergrond

Check it out! is een totaalconcept voor duurzaamheid op school. Binnen Check it out! werkt de school aan verschillende duurzaamheidsthema's, met een focus op klimaat en energiebesparing. Dit gebeurt via lesmateriaal, fysieke maatregelen en gedragverandering. Deze lesbrief over Aerosolen is een van de lesmaterialen van het Check it out! programma. Deze lesbrief is bedoeld voor leerlingen uit de tweede fase van het voortgezet onderwijs. De leerlingen ontdekken in één les op activerende wijze wat aerosolen zijn en wat aerosolen te maken hebben met klimaatverandering en gezondheidsproblemen.

## Leerdoelen

- Leerlingen leren wat aerosolen zijn, waar aerosolen vandaan komen, hoe hoge concentraties veroorzaakt worden en wat de gevolgen zijn voor gezondheid van mensen en het klimaat.
- Leerlingen vertrouwd maken met het halen van informatie uit data van verschillende bronnen.

## Niveau

Vwo 4-5-6.

## Tijd

Deze les kan als volledig op zichzelf staande les gebruikt worden. De les bestaat uit 5 hoofdstukken met in totaal 10 opdrachten. De les heeft een studielast van ongeveer 50 minuten.

## Materialen

Bijna alle informatie die de leerlingen nodig hebben is in de werkbladen opgenomen.

Bij opdracht 5 en bij opdracht 9 is de 53<sup>e</sup> editie van de Grote Bosatlas nodig.

Bij opdracht 10 kunt u leerlingen de mogelijkheid bieden van het internet gebruik te maken.

## Werkvorm

- Er kan zonder uitgebreide introductie met de les begonnen worden.
- Leerlingen kunnen de opdrachten in deze les zelfstandig maken, mits de opdrachten goed gelezen worden.
- De opdrachten kunnen individueel uitgevoerd worden, maar samenwerking in groepjes van 3 tot 4 leerlingen is zeker ook mogelijk.
- Voor vrijwel elke opdracht moet een figuur of tabel bekeken worden. Als docent is het bij deze les belangrijk om te monitoren of leerlingen alle data in de figuren en tabellen kunnen doorgronden. Ondersteuning is gewenst als zij er niet zelfstandig of met hulp van elkaar uitkomen. Een groot deel van de figuren en tabellen is gebaseerd op 'echte' data, in de zin dat



deze door wetenschappelijke instituten zijn verzameld m.b.v. satellieten of anderszins. Er zijn ondermeer data opgenomen van het KNMI, het RIVM, van de Geologische Dienst van de Verenigde Staten (USGS) en van de NASA.

## Omschrijving

- Hoofdstuk 1: Waar komen aerosolen vandaan?
- Hoofdstuk 2: Verschillende soorten aerosolen
- Hoofdstuk 3: Welke aerosolen komen waar voor?
- Hoofdstuk 4: De invloed van aerosolen op het klimaat
- Hoofdstuk 5: Fijn stof, een boosdoener

## Meer informatie

Compacte en interessante informatie over aerosolen en luchtkwaliteit is te vinden op:

- [www.programmabureauklimaat.nl](http://www.programmabureauklimaat.nl) (nationale onderzoeksprogramma's Klimaat voor Ruimte en Kennis voor Klimaat) programma (programmabureauklimaat.nl)
- [www.vrom.nl](http://www.vrom.nl) dossier Energie, Klimaat, Lucht
- [www.milieuennatuurcompendium.nl](http://www.milieuennatuurcompendium.nl)

## Mogelijkheden voor een vervolgproject

Er zijn twee concrete mogelijkheden om verder te werken binnen het thema aerosolen.

- GLOBE Nederland. Het GLOBE programma is een internationaal educatief milieuwetenschappelijk programma waarin scholieren en wetenschappers van over de hele wereld samenwerken aan kennis over milieu en klimaat. Aan de hand van modules werken leerlingen in hun eigen schoolomgeving aan het verzamelen van data. GLOBE werkt voor de module Aerosolen samen met het KNMI. Het KNMI doet onderzoek naar het effect van aerosolen op de klimaatverandering. Als uw school lid wordt van GLOBE kunnen leerlingen deelnemen aan dit onderzoek. De leerlingen gaan dan zelf aerosolen meten met speciale meetapparatuur. De gegevens vullen ze in op een website. Daarna kunnen ze hun metingen vergelijken met die van andere GLOBE-scholen. Dit kan in het kader van een praktische opdracht, een profielwerkstuk of een project. In de lesmap van GLOBE Aerosolen staat beschreven hoe u dit kan opzetten. Naast inhoudelijke achtergrondinformatie is er voor de leerlingen ook een instructie opgenomen voor het doen van de Aerosolen metingen. Meer informatie is te vinden op [www.globenederland.nl](http://www.globenederland.nl)
- NLT-module 'Aerosolen en Vuile Lucht'. Meer informatie hierover is te vinden op [www.betavak.nl](http://www.betavak.nl) In de NLT-Module wordt dieper ingegaan op de theorie rond Aerosolen en klimaatverandering. In combinatie met de GLOBE lesmodule 'Aerosolen' worden leerlingen in staat gesteld de opgedane theoretische kennis toe te passen, en al doende onderzoeksvaardigheden te ontwikkelen.



# ANTWOORDEN

## Opdrachten 1 en 2

Het resultaat van opdracht 1 en 2 is een volledig ingevulde tabel, zoals hieronder weergegeven.

Bronnen	Aerosolen	Natuurlijk	Antropogeen
Zee	Zeezout	x	
Woestijn	Stof, zand	x	
Bos	Biologische deeltjes	x	
Bosbranden	Roet, stof	x	
Vulkaan	SO <sub>2</sub> , stof	x	
Algen	Dimethylsulfide, biologische deeltjes	x	
Land- en Tuinbouw	NH <sub>3</sub> , fijn stof		x
Industrie en Energiesector	CO, fijn stof, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>		x
Verkeer en Vervoer	CO, fijn stof, NO <sub>x</sub>		x
Consumenten	CO		x
Bouw	-		x

Redenering: voor het invullen van deze tabel moeten de leerlingen de informatie uit figuur 1 en 2 gebruiken. Deze figuren bevatten alle benodigde informatie.

**Figuur 1** bevat informatie over de natuurlijke bronnen: zee, woestijn, bos, bosbranden, vulkaan en algen staan hierin genoemd. Met pijlen staat aangegeven welke aerosolen ze veroorzaken.

In **figuur 2** worden vijf antropogene bronnen genoemd: land- en tuinbouw, industrie en energiesector, verkeer en vervoer, consumenten, bouw (zie legenda bij figuur 2). Leerlingen schrijven de aerosol alleen op achter een bron als de bron een bijdrage levert groter dan 10%.

De mogelijke antwoorden op vraag 1 D zijn: extra woestijnstof door ontbossing of bosbranden want die worden soms aangestoken door mensen.

## Opdracht 3

- A. Duitsland, Frankrijk, Italië, Spanje en Griekenland.
- B. Italië
- C. Italië

## Opdracht 4

- A. Noord-West. Redenering: de wolk komt van de Etna, dat staat in het bijschrift. De Etna ligt in Italië, dat is in figuur 3 te zien. Italië ligt ten noord-westen van Griekenland, waar de wolk zich nu bevindt.
- B. Het stof is zwaarder dan de aerosolen en komen dus minder ver met de wind.
- C. Stof op ramen, kozijnen, huizen, auto's, stofregens.



## Opdracht 5

- A. Griekenland. Redenering: de vorm van het land kunnen ze herkennen. Eventueel met hulp (van een atlas).
- B. (bos)branden.
- C. Dit deel van Griekenland ligt in de klimaatzone: Csa: Middellandsezeeklimaat: droge warme zomers; natte zachte winters. Te vinden op kaart 76D van de 53<sup>e</sup> editie van de Grote Bosatlas.
- D. Portugal, Spanje, Frankrijk, Italië.

## Opdracht 6

- A. Groot-Brittannië, België, Nederland, Duitsland en Italië.
- B. Uit de tabel bij opdracht 1 en 2 valt af te leiden dat NO<sub>x</sub> afkomstig is van de 'Industrie en Energiesector' en van 'Verkeer en Vervoer'. In Groot-Brittannië, België, Nederland en Duitsland is veel industrie en verkeer. De aerosolregio in Noord-Italië kan als volgt worden uitgelegd: in de Po-vallei in Noord-Italië blijven aerosolen van de industrie uit Milaan tegen de Alpen geplakt zitten. Eventueel ontstaat er verwarring over NO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>. Als extra informatie: NO<sub>x</sub> wordt vaak gebruikt om de optelsom van concentraties NO<sub>2</sub> en NO weer te geven. Dit staat ook in de opdrachttekst bij deze opdracht.

## Opdracht 7

Weerkaatsing zonnestraling	<b>Afkoeling</b>
Absorptie zonne- en IR straling	<b>Opwarming</b>
Wittere wolken	<b>Afkoeling</b>
Langere levensduur wolken	<b>Afkoeling</b>

## Opdracht 8

A.

Component	Stralingsforcering	onzekerheidsmarge (Δ)	Opwarming / Afkoeling
CO <sub>2</sub>	<b>+ 1,66</b>	0,4	<b>opwarming</b>
Broeikasgassen overig	<b>+ 0,98</b>	0,2	<b>Opwarming</b>
Aerosol direct effect	<b>- 0,5</b>	0,8	<b>afkoeling</b>
Aerosol indirect effect	<b>- 0,7</b>	1,5	<b>afkoeling</b>
Alle overige	+ 0.16	0,38	Opwarming
Totaal	<b>+ 1,60</b>	1.8	<b>Opwarming</b>



- B.**  $\Delta_{\text{totaal}} = 1,8 \text{ W/m}^2$
- C.**  $\Delta_{\text{geen\_aerosol}} = 0,6 \text{ W/m}^2$
- D.**  $[(1,8-0,6)/1,8]*100\% = 67\%$  Met andere woorden: 67% van de onzekerheid in het verklaren van de stralingsforcering wordt veroorzaakt door aerosolen
- E.** Vergeleken met andere veroorzakers is over het effect van aerosolen nog weinig bekend. Als we beter willen begrijpen waarom de aarde opwarmt, ligt het voor de hand om meer onderzoek te doen naar het effect van aerosolen. Pas als we beter begrijpen hoe het werkt, is het mogelijk om effectieve maatregelen te bedenken om de verdere opwarming tegen te gaan.

### Opdracht 9

- A.** Dit kan letterlijk uit de tekst gehaald worden: 'De belangrijkste bronnen van fijn stof zijn alle vormen van verbranding (zoals verbrandingsmotoren van auto's, elektriciteitscentrales, houtverbranding e.d.) en industrie. Een belangrijk deel van fijn stof wordt niet als fijn stof uitgestoten door bronnen, maar ontstaat door chemische reacties tussen verschillende gassen in de lucht. Fijn stof kan ook een gevolg zijn van overslag van grondstoffen en slijtage van banden en wegen door het verkeer.'ze moeten de tekst lezen; geen antwoord.
- B.** Hoe fijner (kleiner) het stof, hoe dieper het wordt ingeademd.
- C.** Voor deze vraag hebben de leerlingen geen extra informatie. De bedoeling is dat ze zelf bedenken in welke vier provincies veel verkeer rijdt, of veel industrie is. Het antwoord is Zuid-Holland, Noord-Holland, Utrecht, Noord-Brabant.
- D.** Door het aantal vieze straten per provincie op te tellen komen ze uit op de provincies: Zuid-Holland, Noord-Holland, Utrecht, Noord-Brabant. Eventueel hebben ze een atlas nodig om te bepalen in welke provincie een stad ligt.

### Opdracht 10

In deze opdracht moeten leerlingen zelf bedenken wat voor maatregelen er genomen kunnen worden om hoge concentraties aerosolen te voorkomen. Ze kunnen zich hierbij richten op een aantal bronnen van aerosolen. Ze kunnen zichzelf de volgende vragen stellen:

- Hoe voorkom(t) ik / de overheid bosbranden?
- Hoe voorkom(t) ik / de overheid uitstoot door verkeer en vervoer?
- Hoe voorkom(t) ik / de overheid uitstoot door de industrie en energie?

Het is de bedoeling dat ze hierover nadenken en 5 maatregelen formuleren.

In Nederland, maar ook internationaal, wordt hard gewerkt om luchtverontreiniging tegen te gaan.

Belangrijke middelen zijn:

- technische vernieuwingen, zoals het roetfilter;
- beperking autoverkeer, bijvoorbeeld door stimulering openbaar vervoer;
- besparing energie, bijvoorbeeld door isolatie;
- benutting schone energiebronnen, zoals wind- en zonne-energie;
- lokale maatregelen, zoals 80-kilometerzones of schone bussen.



Hieronder een lijst mogelijke maatregelen om zelf luchtverontreiniging te verminderen.

Deze is afkomstig van de website van het ministerie van VROM.

- Neem bij korte ritten de fiets in plaats van de auto.
- Denk bij het autorijden aan Het Nieuwe Rijden ([www.hetnieuwerijden.nl](http://www.hetnieuwerijden.nl)). Daarmee kunt u comfortabeler, zuiniger en milieuvriendelijker reizen.
- Houd er bij aanschaf van een auto rekening mee, dat deze zuinig en milieuvriendelijkheid is. Denk hierbij aan de aanwezigheid van een roetfilter ([www.vrom.nl/roetfilters](http://www.vrom.nl/roetfilters)) of alternatieve brandstoffen als elektriciteit, biobrandstoffen, aardgas en hybride aandrijving.
- Reis zoveel mogelijk met het openbaar vervoer.
- Ga bewust om met energiegebruik, kies voor spaarlampen en energiezuinige apparatuur, en schakel over op 'groene stroom'. Deze elektriciteit is milieuvriendelijk opgewekt, onder andere door windmolens en zonnepanelen.
- Consumeer duurzaam door bij het inkopen te kiezen voor milieuvriendelijke alternatieve producten. Zie hiervoor ook het dossier Duurzaam consumeren op de VROM-website ([www.vrom.nl/duurzaamconsumeren](http://www.vrom.nl/duurzaamconsumeren)).
- Stook verstandig in open haard of houtkachel. Voor meer informatie hierover zie het dossier Kachels en haarden op de VROM-website ([www.vrom.nl/kachelsenhaarden](http://www.vrom.nl/kachelsenhaarden)).

Om bosbranden te voorkomen zijn er ook maatregelen:

Brandvluchten worden dagelijks door de brandweer uitgevoerd; naburige agrariërs stellen gereinigde gierwagens met water beschikbaar en terreineigenaren zijn extra alert op de toegankelijkheid van hun bos voor de brandweer en op grote concentraties uitgedroogd hout. Ook de bezoeker van bos en natuur kan zijn steentje bijdragen door nog alerter te zijn op brandgevaarlijk afval (sigaretten bijvoorbeeld).