

# Vliegias

## Inleiding

Vliegias is de zeer fijne as (90% van de deeltjes is kleiner dan 75  $\mu\text{m}$ ), die met de rookgassen uit een verbrandingsinstallatie wordt meegevoerd en meestal voordat deze de schoorsteen verlaat, wordt afgescheiden door speciale filters of separatoren.

Meer dan 90% van de in Nederland geproduceerde vliegias komt van poederkoolgestookte elektriciteitscentrales en wordt nader aangeduid als poederkoolvliegias, of ook wel poederkoolfilteras. Ook bij de vuilverbranding wordt vliegias gevormd; deze heeft geheel andere chemische en fysische eigenschappen dan poederkoolvliegias.

## Geproduceerde hoeveelheden

De produktie van poederkoolvliegias in Nederland bedraagt momenteel circa 500.000 ton per jaar en zal door de geplande inbedrijfname van enkele op kolen omgebouwde eenheden tussen 1986 en 1988 toenemen tot ca. 800.000 ton per jaar. De prognose na 1992 is nog onzeker, onder meer in verband met de mogelijke bouw van een of meer kernenergiecentrales, maar men rekent op 1-1,5 miljoen ton in het jaar 2000.

### Karakterisering van poederkoolvliegias (1)\*

#### *Ontstaanswijze*

In de poederkoolmolens van de centrale wordt de ruwe kool gemalen tot deeltjes die voor het merendeel kleiner dan 75 µm (0,075 mm) zijn. Deze poederkool wordt samen met de verbrandingslucht via de branders in de vuurhaard gebracht, waar een snelle verhitting van meer dan 1000 graden per seconde plaats heeft tot circa 1600 °C. In de loop van dit verhittingsproces treden de vluchtige componenten uit de kool.

In het volgende stadium oxideren de koolstofhoudende (en ook de anorganische) componenten. Door de korte verblijftijd in de vuurhaard van 1 tot 2 seconden bij vollast, krijgt een kleine fractie van de kool onvoldoende tijd om met zuurstof te reageren. Deze fractie blijft als onverbrand materiaal in de anorganische asfractie achter. Over het algemeen verkeert het merendeel van de asdeeltjes in de vuurhaard van een poederkoolketel in een gesmolten toestand.

Een gering deel klontert zodanig samen dat de aldus gevormde grovere deeltjes tengevolge van de zwaartekracht op de ketelbodem terecht komen (bodemas), maar het overgrote deel wordt als vliegias met de rookgassen meegevoerd en door middel van elektrostatische vliegiasvangens uit de rookgassen afgescheiden.

#### *Uiterlijk*

In droge vorm bestaat poederkoolvliegias uit fijn poeder dat sterk op cementpoeder lijkt en waarvan de kleur varieert van licht grijs via bruin-grijs tot donker grijs, afhankelijk van het restkoolstof- en het ijzergehalte. In bevochtigde vorm vertoont vliegias veel gelijkenis met klei. Wanneer vliegias met de Raster Elektronen Microscop (REM) bekeken wordt vallen drie karakteristieke verschijningsvormen op:

- ronde bolletjes, in diameter variërend van 1 tot 100 µm (figuur 1);
- zogenaamde plerosferen (Gr. pleres: vol; sphaira: bol); dit zijn bolletjes van 100-300 µm bestaande uit een dikke schaal gevuld met vele kleine vliegias pareltjes;

\* De cijfers tussen ( ) verwijzen naar de literatuurlijst.

- zogenaamde cenosferen (Gr. kenos: hol, leeg; sphaira: bol); dit zijn holle bolletjes gevuld met gas.

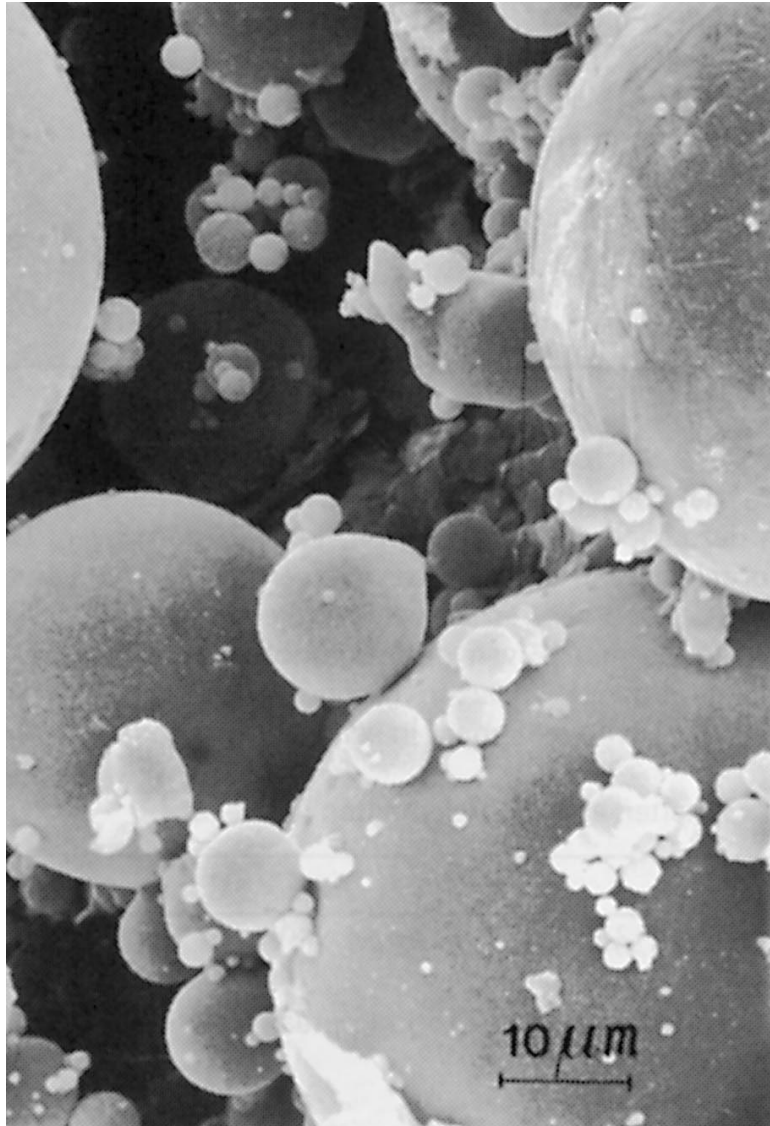
### Samenstelling

Vliegias bestaat hoofdzakelijk uit aluminiumsilicaat en verder zijn ijzer-, alkali- en aardalkalimetalen aanwezig. Met betrekking tot de macrosamenstelling bezit vliegias een sterke gelijkenis met de samenstelling van de Nederlandse zeeklei (tabel 1). Overigens is de structuur van vliegias anders dan de structuur van zeeklei.

Tabel 1. Gemiddelde samenstelling van in Nederland geproduceerde poederkoolvliegias en van Nederlandse zeeklei (fractie 0-2  $\mu\text{m}$ )

verbinding	Nederlandse vliegias	Nederlandse zeeklei
siliciumoxide ( $\text{SiO}_2$ )	50% (43-70)	51%
aluminiumoxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	25% (19-31)	20%
ijzer(III)oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	7% (2-11)	10%
calciumoxide ( $\text{CaO}$ )	3% (0,3- 7)	10%
magnesiumoxide ( $\text{MgO}$ )	2% (0,2- 4)	2,5%
kalium- en natriumoxide ( $\text{K}_2\text{O}$ , $\text{Na}_2\text{O}$ )	3% (0,1- 4)	4%
zwaveldioxide, titaandioxide, fosforpentoxide ( $\text{SO}_2$ , $\text{TiO}_2$ , $\text{P}_2\text{O}_5$ )	2,5% (1- 3)	–
koolstof (C)	5% (3-11)	1%

Behalve deze macrobestanddelen zijn nog een groot aantal elementen in zeer lage concentraties aanwezig. Kenmerkende concentratiebereiken van deze spoorelementen zijn in tabel 2 aangegeven. De vaak vluchtige spoorelementen zijn tijdens de verbranding in gasvorm vrijgekomen en in de loop van het afkoelingstraject van 1600 °C naar 140 °C gedeeltelijk in de matrix van de vliegiasbolletjes opgenomen en gedeeltelijk op het oppervlak daarvan gecondenseerd. Zeeklei bevat ongeveer dezelfde spoorelementen, maar in een veel lager gehalte.



*Figuur. Rem-opname poederkoolvliegias.*

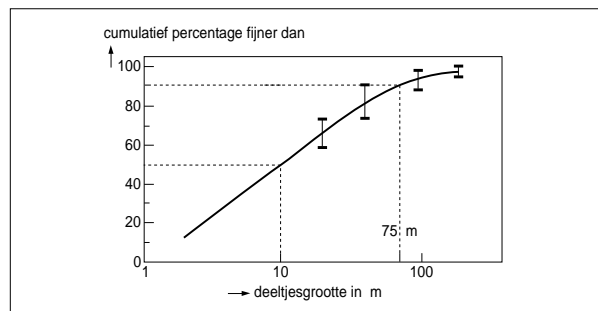
Tabel 2. Gehalten aan spoorelementen in vliegias

elementen	concentratie mg/kg
borium, barium, mangaan, vanadium, zink	100-1000
chrom, koper, nikkel, lood	100- 150
arsen, kobalt, molybdeen, thorium, uraan	10- 100
cadmium, antimoon, selenium	1- 10
kwik	< 1

*Fysische eigenschappen*

De fysische eigenschappen van vliegias worden in belangrijke mate bepaald door de eigenschappen van de kool. Daarnaast spelen ook de bedrijfsvoering en het ketelontwerp een rol, bijvoorbeeld inzake de maalfijnheid van de kool of de temperatuur en de verblijftijd in de vuurhaard. Enkele belangrijke fysische eigenschappen zijn:

- absolute dichtheid 2000-2400 kg/m<sup>3</sup>
- stortmassa 800-1000 kg/m<sup>3</sup>
- korrelgrootteverdeling 75% < 40 µm (zie figuur 2)
- specifiek oppervlak 3000-4000 cm<sup>2</sup>/g
- smeltpunt 1200-1600 °C
- pH (van het contactwater) 8-10
- bitumengetal 25-60



Figuur 2. Korrelgrootteverdeling van in Nederland geproduceerde poederkoolvliegias (gemiddelde waarden).

### Toepassing van vliegas

Vliegas bezit zogenaamde pozzolane eigenschappen d.w.z. vliegas reageert bij contact met water en kalk tot een cementachtig materiaal.

Deze eigenschappen hangen nauw samen met de mate van doorsmelting tijdens het verbrandingsproces, met de fijnheid en met de grootte van het specifiek oppervlak. Vliegas is daarom geschikt om in de cementproductie te worden toegepast. Het wordt onder meer aan de in de cementklinkeroven gebrande klinker toegevoegd en vervangt daarmee een deel van de (energierijke) klinker. Andere toepassingen zijn:

- in beton
    - als vulstof ter vervanging van cement en/of zand;
    - als toeslagstof verwerkt tot bolletjes door kalkbinding of sinteren;
  - in wegen
    - als vervanging van asfaltvulstof; (bitumengetal)
    - als vervanging van zand en cement in stabilisatielagen;
    - als vervanging van ophoogmateriaal;
  - in bouw- en straatsteen ter vervanging van klei;
- en nog vele andere kleinschalige toepassingen als bijvoorbeeld vulstof in kunststof.

Ook wordt de mogelijkheid bestudeerd om uit vliegas metaal te winnen. Met name lijkt de winning van elementen als aluminium, ijzer, titaan, germanium, gallium en beryllium interessant.

### Milieueffecten

De milieuhygiënische aspecten van poederkoolvliegas zijn uitgebreid onderzocht. Bij verwerking van (droge) vliegas kan er stof in de lucht komen. De stofbelasting dient beneden de MAC-waarde van  $10 \text{ mg/m}^3$  te blijven. Uit onderzoek is gebleken dat poederkoolvliegas geen mutagene activiteit vertoont en naar verwachting geen carcinogene activiteit zal vertonen. Er zijn verder geen indicaties dat vliegas bindweefselgroei in de longen (silicose) veroorzaakt (2).

De aardkorst bevat onder meer de elementen uranium en thorium. Deze elementen zijn samen met hun dochterprodukten radioactief en zijn mede de veroorzakers van de zogenaamde achtergrondstraling. Deze varieert in Nederland van 100 tot 200 mrem per jaar en is gemiddeld 140 mrem per jaar groot. Na verbranding van steenkool blijven het uranium en thorium met toegenomen concentraties in de vliegias achter. Bij toepassing van vliegias in bouwmaterialen ter vervanging van natuurlijke produkten, zoals klei (bakstenen) en zand (beton, kalkzandsteen), zal de stralingsbelasting in woonomgevingen toenemen. De Gezondheidsraad (3) vindt, bij toepassing van afvalstoffen in bouwmaterialen, een verhoging van 10 mrem/jaar acceptabel. Op basis hiervan zijn (interim-) advieswaarden geformuleerd voor de toelaatbare hoogte van stralingsactiviteitsconcentraties in bouwmaterialen. Ten aanzien van de huidige toepassingsvormen van vliegias in cement en beton, voldoen de hieruit geproduceerde bouwmaterialen aan deze advieswaarden. Ten aanzien van toekomstige toepassingsvormen als vliegaskleibakstenen en vliegashoudende bouwelementen is onderzoek gaande.

Een ander milieueffect kan optreden wanneer vliegias of afgeleide produkten met water in contact komen en uitloging kan plaatsvinden, waardoor metalen in ongewenste concentraties in de bodem terecht kunnen komen. Bij in de open lucht opgeslagen (bevochtigde) vliegias worden zodanige maatregelen voorgeschreven (4) dat geen milieubelasting op de bodem kan optreden.

Bij gebonden toepassingen van vliegias in de wegenbouw treedt in het algemeen een dusdanige immobilisatie van spoorelementen en/of vertraging van de uitloging op dat het uitlooggedrag in dezelfde orde van grootte ligt als bij vergelijkbare niet-vliegashoudende weggedelen. Als voorbeelden kunnen genoemd worden: vliegashoudende vulstof in asfalt (geen uitloging), portlandvliegiascement in wegdekbeton (geen verschil met portlandcement), vliegias in cementgebonden wegfunderingen (geen verschil in uitlooggedrag met zandcement funderingen) (5), en vliegias in gebakken kleistraatklinkers. Ten aanzien van deze laatste toepassingsvormen is onderzoek gaande, dit naar aanleiding van de resultaten van een eerste demonstratieproject bij Arnhem, waarbij kleiklinkers met 25% vliegias zijn gebruikt. Hierin is vette klei toegepast, omdat vliegias verschrallend

werkt. Het arseengehalte en ook de uitloogbare fractie bleken in stenen van deze vette klei hoger te liggen dan in stenen van de gebruikelijke klei. Oriënterende proeven hebben aangetoond dat men in staat moet zijn vliegaskleiklinkers te produceren met een uitlooggedrag dat vergelijkbaar is met dat van gangbare kleistraatklinkers. Per toepassing is een algemeen en specifiek uitloogonderzoek wenselijk.

Hiertoe is een landelijk geaccepteerd uitloogvoorschrift geformuleerd (6).

#### Literatuur

- (1) N. Bolt. Vliegastoeepassing in Nederland. Elektrotechniek 62 (1984) (5) 453-459.
- (2) H.W. Hoeksema. Conference Proceedings Ash Tech '84 London, p. 731-740, 1984. Ash Marketing Branch CEGB-Sudbury House, 15 Newgate street, London.
- (3) Interimadvies inzake de mogelijke consequenties voor de Nederlandse bevolking van het toepassen van afvalstoffen met een verhoogd gehalte aan radionucliden als bouw materiaal. Gezondheidsraad rapport nr. 1985/5. Den Haag, februari 1985.
- (4) Circulaire kolenafvalstoffen. Ministerie van VROM. Staatsuitgeverij Den Haag, maart 1983.
- (5) N. Bolt, J. Heerkens, Ch. F. Hendriks, J. J. Swart. Vliegias in met cement gebonden wegfunderingen. Wegen 58, 60-69 en 117-121 (1984).
- (6) Omschrijving van de standaarduitloogtest voor verbrandingsresiduen. BEOP-rapport 25, december 1983.

mei 1985

Drs. A. Snel en Dr. N. Bolt