

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIËNE  
BILTHOVEN

Rapport nr.771402003

**Emissie van Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen  
(PAK) uit diverse bouwmaterialen en afvalstoffen**

G.A. Rood, P.G.M. de Wilde, Th.G. Aalbers

maart 1995

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht en ten laste van het Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Bodem.

## VERZENDLIJST

- 1-6 Directie Bodem, Directoraat-Generaal Milieubeheer
- 7 Directeur-Generaal Milieubeheer, H.A.P.M. Pont
- 8 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Dr.ir. B.C.J. Zoeteman
- 9 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Mr. G.J.R. Wolters
- 10 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Dr. P.E. de Jongh
- 11 Mr. A.B. Holtkamp, Directie Bodem
- 12 Mr.drs. L.J.J. Gravesteijn, DGM
- 13 Drs. A.J.C.W.M. de Kort, Directie Afvalstoffen
- 14 Ir. R.T. Eikelboom, Directie Bodem
- 15-28 Normcommissie 390 11 'Uitloogkarakterisering van bouw- en afvalstoffen'
- 29-35 Taakgroep Voorschriften
- 36-37 J.R. van Beijnum, Centrilab bv
- 38 Depot van Nederlandse publikaties en Nederlandse bibliografie
- 39 Directie van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
- 40 Hoofd Voorlichting en Public Relations
- 41 Ir. N.D. van Egmond
- 42 Ir. F. Langeweg
- 43 Drs. L.H.M. Kohsiek
- 44 P. Masereeuw
- 45 A.I.M. van de Beek
- 46 Ing. P.M. Dekker
- 47 Ing. M.H. Broekman
- 48 Drs. E. van de Velde
- 49 Drs. A.J. Orbons
- 50-52 Auteurs
- 53 Bureau Rapportenregistratie
- 54-55 Bibliotheek RIVM
- 56-85 Reserve-exemplaren

**INHOUDSOPGAVE**

VERZENDLIJST .....	ii
INHOUDSOPGAVE .....	iii
LIJST VAN AFKORTINGEN EN SYNONIEMEN .....	v
SUMMARY .....	vi
SAMENVATTING .....	vii
1 PROJECT 'UITLOGING VAN ORGANISCHE COMPONENTEN' .....	1
1.1 Opzet van het project 'Uitloging van organische componenten' .....	1
1.2 Voorafgaand onderzoek voor PAK .....	2
2 INLEIDING .....	3
3 GEVOLGEN VAN LATERE ONTWIKKELINGEN VOOR UITLOOGDATA .....	5
3.1 Verbeteringen van de uitloogproeven .....	5
3.2 Verbetering van de analyse .....	5
4 KOLOM- EN CASCADEPROEVEN .....	6
4.1 Materialen .....	6
4.2 Methoden .....	8
4.2.1 Kolomproef .....	8
4.2.2 Cascadeproef .....	9
4.2.3 Analyse van PAK in eluaten .....	10
4.2.4 Beoordelingsmethodiek .....	11
4.3 Resultaten van kolom-en cascadeproeven .....	12
4.3.1 PAK emissie .....	12
4.3.2 Grond .....	14
4.3.3 Baggerspecie .....	15
4.3.4 Bouw- en sloopafval .....	15
4.3.5 Asfalt .....	16
4.3.6 AVI-bodemas, Vliegias en Straalgrit .....	18
4.4 Fout in de emissie van de kolomproef .....	19
5 ROERPROEVEN .....	20
5.1 Inleiding .....	20
5.2 Materiaal en methode .....	20
5.3 Resultaten en discussie .....	20
6 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN .....	23
7 REFERENTIES .....	25
Bijlage 1 Gemiddelde concentratie en cumulatieve emissie in de eluaatfracties van de kolom-, cascade- en roerproef (ondergrens). .....	27

Bijlage 2	Grafische presentatie van de concentratie en emissie PAK per materiaal in de drie uitloogproeven. . . . .	40
Bijlage 3	PAK profiel van de emissie uit de bouwmaterialen en afvalstoffen. . . . .	45
Bijlage 4	Streefwaarden, grenswaarden en B-waarden (*10) . . . . .	49

**LIJST VAN AFKORTINGEN EN SYNONIEMEN**

PCB	Polychloorbifenylen; voor het onderscheid tussen de 209 PCB wordt de zogenaamde IUPAC-nummering gehanteerd.
EOX	Niet-vluchtige, met petroleumether extraheerbare organohalogeenvverbindingen, waarbij X staat voor de halogenen chloor, broom en jood.
OCB	Organochloorbestrijdingsmiddelen
PAK	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen
BTEX	Benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen
SPE	Solid phase extraction
NEN	Nederlandse norm
TSP	Taakstellend Plan ter ondersteuning van de normcommissie 390 11 'Uitloogkarakterisering van bouw- en afvalstoffen'
recovery	Terugvindingspercentage
eluaat	Uitloogvloeistof

## SUMMARY

Within the framework of the Terms of Reference Plan for normalization commission 39011 on 'Leaching characteristics of building and waste materials', the RIVM has developed a set of leaching tests for various organic compounds.

In this study the emission of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) of several materials were determined using the draft column and serial batch test for PAH. On the basis of follow-up studies PAH adsorption was seen to occur on the equipment used for the leaching tests and furthermore this adsorption was shown to be minimized through several adaptations. When compared with the adapted test method, this method results in lower PAH emissions.

Column and serial batch tests were carried out using the following materials: three kinds of soil containing different PAH concentrations, demolition waste, concrete waste, sieve sand, two asphalt samples containing different tar concentrations, municipal incinerator bottom ash, blasting sand, fly-ash (industrial) and dredging sludge. The emissions from the total of 10 PAH from these materials were usually between about 1 and 15 µg/kg. Only the emissions from the heavily contaminated soil and the asphalt with tar emission were higher (165 and 17540 µg/kg respectively). The low molecular PAH are most soluble in water, because of this these PAH emissions were higher than those of the high molecular PAH. The mean PAH concentration in the column test was indicatively compared with limits for water; from this it appeared that some PAH concentrations in the eluate of the asphalt with tar and of the heavily contaminated soil were higher than the (former) B-value for groundwater.

A lower pH and reduction of the particle size to smaller than 125 µm had little influence on the PAH emissions, therefore it was concluded that the current 'determination of the availability of inorganic components for leaching' was not useful in determining the driving force behind PAH leaching.

In this study PAH emissions from several materials were determined. For standard-setting research is still needed into the leaching mechanism of PAH and the relation between laboratory experiments and practice.

## SAMENVATTING

Het RIVM ontwikkelt een set van uitloogproeven voor organische componenten in het kader van het Taakstellend Plan ter ondersteuning van de normcommissie 390011 'Uitloogkarakterisering van bouw- en afvalstoffen'(TSP).

In onderhavig onderzoek zijn de emissies van Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK) uit diverse materialen bepaald middels de kolom- en cascadeproef voor PAK. Op basis van latere studies is echter gebleken dat PAK adsorptie aan de gebruikte testopstelling voor de uitloogproeven optreedt en dat bovendien deze adsorptie beperkt kan worden door een aantal aanpassingen. In vergelijking met de verbeterde testmethode resulteert de werkwijze in deze studie in lagere PAK emissies.

Kolom- en cascadeproeven zijn met de volgende bouwmaterialen en afvalstoffen uitgevoerd: drie gronden met verschillende mate van PAK verontreiniging, metselwerkgranulaat, betongranulaat, zeefzand, twee asfaltmonsters met verschillend teergehalte, AVI-bodemas, straalgrit, industriële vliegias en baggerspecie. De emissie van het totaal aan 10 PAK uit deze materialen lag doorgaans tussen circa 1 en 15 µg/kg. Alleen de emissies uit de zwaar verontreinigde grond en het asfalt met teer lagen vele malen hoger (165 en 17540 µg/kg). De laag moleculaire PAK zijn het meest oplosbaar in water, hierdoor waren de emissies van deze PAK ook hoger dan die van de hoog moleculaire PAK. De gemiddelde PAK concentratie in de kolomproef is indicatief vergeleken met een aantal normen voor water, waaruit bleek dat een aantal PAK concentraties in het eluaat van het asfalt met hoog teergehalte en van de zwaar verontreinigde grond boven de (oude) B-waarde voor grondwater lag.

In deze studie is ook de 'beschikbaarheidsproef voor anorganische componenten' gebruikt voor bepaling van de PAK emissie. Doordat een lagere pH en verkleining van de deeltjesgrootte (<125 µm) weinig invloed had op de PAK emissie van PAK, is geconcludeerd dat de huidige beschikbaarheidsproef niet geschikt is voor de bepaling van de drijvende kracht voor PAK uitloging.

In deze studie zijn de PAK emissie uit diverse bouw- en afvalstoffen bepaald. Aanbevolen wordt om voor het opzetten van een normstelling op basis van PAK uitloging uit bouwmaterialen, het uitloogmechanisme van PAK in de tijd, de parameters die de uitloging bepalen en de relatie tussen laboratorium experimenten en praktijk te onderzoeken.

# 1 PROJECT 'UITLOGING VAN ORGANISCHE COMPONENTEN'

## 1.1 Opzet van het project 'Uitloging van organische componenten'

Het project 'Uitloging van organische componenten' wordt door het RIVM uitgevoerd in het kader van het Taakstellend Plan ter ondersteuning van de normcommissie 390 11 'Uitloogkarakterisering van bouw- en afvalstoffen'(TSP) [1]. Het doel van het project is het ontwikkelen van een set van uitloogproeven voor organische componenten. Binnen de grote verscheidenheid aan organische componenten worden uitloogproeven voor de groepen:

- \* PAK (polycyclische aromatische koolwaterstoffen),
- \* minerale olie,
- \* PCB (polychloorbifenylen),
- \* EOX (met petroleumether extraheerbare niet-vluchtige organohalogeenvverbindingen),
- \* fenolen en
- \* BTEX (benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen)

vooralnog het meest relevant geacht. Gezien de grote mate van vluchtigheid van een aantal van deze componenten zal onderscheid gemaakt worden in een set van uitloogproeven ter bepaling van de emissie van vluchtige organische componenten en een set van uitloogproeven voor niet-vluchtige organische componenten.

Voor beide sets van uitloogproeven geldt dat de uitloogproeven voor organische componenten zullen worden gebaseerd op de reeds bestaande testmethodieken voor anorganische stoffen [2]. Uitgangspunt hierbij is, dat de uitloogproeven voor anorganische stoffen als basis dienen maar in technisch opzicht tekort zullen schieten voor organische componenten. Daarom werd onderzoek naar het verlies aan organische componenten ten gevolge van adsorptie aan de testopstelling, vervluchtiging en afbraak noodzakelijk geacht. Op grond van de resultaten van dit onderzoek zullen aanpassingen van de uitloogproeven worden voorgesteld teneinde het verlies aan organische componenten tijdens de uitloogproeven tot een minimum te beperken.

De uitloogproeven voor de hierboven genoemde groepen van organische componenten zullen gefaseerd per groep ontwikkeld worden. Nadat uitloogproeven voor een bepaalde groep van organische componenten zijn ontwikkeld, volgt een beperkt ringonderzoek teneinde een indicatie van de precisie van één uitloogproef te geven. Daarnaast zal aan de hand van de ontwikkelde uitloogproeven een aantal bouw- en afvalstoffen worden onderzocht op uitloogemissie van de betreffende organische componenten.



Conform het projectvoorstel is voor de bepaling van PAK in de eluaten van de uitloogproeven een Solid Phase Extraction (SPE) onderzocht [1]. Echter op basis van de ervaring dat het ontwikkelen van een SPE methode voor de groepen PAK en minerale olie zeer veel inspanning vergde en bovendien een geringer rendement opleverde dan in eerste instantie was ingeschat, is in overleg met de opdrachtgever besloten om vooralsnog geen SPE voor de overige organische componenten te ontwikkelen [3][4]. De bepaling van de overige organische componenten in de eluaten zal bij voorkeur plaats vinden volgens de (ontwerp-)normvoorschriften voor water. Indien noodzakelijk zullen deze normvoorschriften worden aangepast voor eluaten.

Ten behoeve van de bepaling van het uitlooggedrag van organische componenten zijn naast uitloogproeven eveneens specifieke voorschriften nodig voor de monsterneming, monstervoorbehandeling en analyse van organische componenten in vaste stoffen. Deze onderdelen maken geen deel uit van het project 'Uitloging van organische componenten', maar zijn in andere projecten binnen het TSP fase I ondergebracht of zijn, voor wat betreft de monsterneming en -voorbehandeling van materialen waarin vluchtige organische componenten moeten worden bepaald, opgenomen in het voorstel voor TSP fase II [1][5].

Onderhavig rapport omvat het onderzoek naar de uitloogemissies van PAK uit diverse bouw- en afvalstoffen, wat een onderdeel is binnen een reeks van stappen ten behoeve van de ontwikkeling van uitloogproeven voor organische componenten (§1.2).

## **1.2 Voorafgaand onderzoek voor PAK**

Het project 'Uitloging van organische componenten' is gestart met de ontwikkeling van uitloogproeven voor de groep Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK). Dit onderzoek heeft onder andere geresulteerd in een analysemethode waarmee PAK in eluaten via SPE kan worden bepaald. Daarnaast zijn verschillende voorfilters getest op filterratio en adsorptie van PAK om zodoende een goede filtratiemethode voor eluaten met PAK te verkrijgen. Maatregelen zijn ook getroffen om verlies ten gevolge van blootstelling aan licht en verdamping van PAK tegen te gaan [4]. Dit onderzoek heeft geleid tot concept-voorschriften van de kolom- en cascadeproef voor PAK en een analysemethode voor PAK in eluaten, welke in een beperkt ringonderzoek zijn getest [6]. In deze rapportage van het ringonderzoek zijn de voorschriften van de uitloogproeven in een bijlage opgenomen.

## 2 INLEIDING

Bij de afweging om bulkafvalstoffen nuttig toe te passen als secundair bouw materiaal spelen milieuhygiënische, technische en economische factoren een rol. In onderhavig onderzoek wordt nagegaan welke uitloogemissies te verwachten zijn als secundaire bouwmaterialen worden toegepast. Deze kennis draagt bij aan de invulling van de milieuhygiënische randvoorwaarden voor het toepassen van materialen met PAK in het kader van het Bouwstoffenbesluit.

De voornaamste bronnen van PAK-emissie zijn verbrandingsprocessen en het gebruik van PAK-houdende grondstoffen (zoals teerbitumen, teermastiek, gecreosoteerd hout).

Afhankelijk van de herkomst en het gebruik van het bouw materiaal, varieert het gehalte PAK in het materiaal. PAK in bouw- en sloopafval kunnen bijvoorbeeld afkomstig zijn van een hoeveelheid dakbedekkingsmateriaal (teermastiek) of asfalt met teer in het sloopafval. Ook een vroegere gasfabriek kan de oorzaak zijn van PAK in sloopafval of in grond. In onderhavig onderzoek zijn een aantal bouwmaterialen en afvalstoffen onderzocht op uitloogemissies van PAK. De volgende materialen zijn door het RIVM/LAE in overleg met de opdrachtgever geselecteerd:

- Grond van een natuurgebied,
- Twee gronden verontreinigd met PAK,
- Metselwerkgranulaat,
- Betongranulaat,
- Zeefzand,
- Twee asfalt monsters met verschillend teergehalte,
- AVI-bodemas,
- Vliegias (industrieel),
- Straalgrit en
- Baggerspecie (zandfractie na reiniging).

Gezien de veelheid aan PAK-componenten is in overleg met de opdrachtgever besloten, een selectie te maken. Het aantal PAK is beperkt tot de 10 PAK uit de Leidraad Bodembescherming, welke functioneren als gids voor de totale groep [7] (zie tabel 2.1).

Tabel 2.1: Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK).

Afkorting	Naam
Na	Naphthalene
Ph	Phenanthrene
An	Anthracene
Fla	Fluoranthene
BaA	Benz(a)anthracene
Chr	Chrysene
BkF	Benzo(k)fluoranthene
BaP	Benzo(a)pyrene
BPe	Benzo(ghi)perylene
IP	Indeno(1,2,3-cd)pyrene

De uitloogproeven en analyses van PAK zijn in de periode 1990-1991 door Centrilab bv uitgevoerd middels de door het RIVM ontwikkelde concept-voorschriften van de uitloogproeven voor PAK en analyse van PAK in eluaten. Het onderzoek naar verbetering van de uitloogproeven is voortgezet en dit heeft geleid tot aanpassing van de concept-voorschriften in 1994. De consequenties hiervan voor de uitloogemissies PAK in onderhavige rapportage zijn in hoofdstuk 3 aangegeven. In hoofdstuk 4 zijn de resultaten van de kolom- en cascadeproef gepresenteerd. De gemiddelde concentratie in de kolomproef is vergeleken met de grenswaarden van PAK in het oppervlakte- en grondwater. In hoofdstuk 5 zijn de emissies PAK in een roerproef bij pH=7 en bij pH=4 weergegeven (dit is de 'beschikbaarheidsproef voor anorganische stoffen'). De conclusies en aanbevelingen staan in hoofdstuk 6.

### **3 GEVOLGEN VAN LATERE ONTWIKKELINGEN VOOR UITLOOGDATA**

#### **3.1 Verbeteringen van de uitloogproeven**

Na onderhavige studie zijn de adsorptieverliezen van PAK en andere organische componenten aan de testopstelling van de uitloogproeven, zoals die in de conceptvoorschriften was weergegeven, onderzocht [8][9][10]. Één van de conclusies was dat adsorptie van PAK aan diverse kunststof materialen optreedt (voornamelijk van de hoog moleculaire PAK) en dat deze adsorptie beperkt kan worden door een aantal aanpassingen. Bijvoorbeeld teflon kolom vervangen door glazen kolom en nylonfilter vervangen door glaswolfilter. In onderhavig onderzoek zijn echter de kunststof materialen gebruikt waardoor deze studie resulteert in lagere PAK emissies in vergelijking met de verbeterde testmethode.

Het aangepaste voorschrift van de uitloogproeven voor PAK, PCB en OCB is opgenomen in bijlage 1 van het rapport over het ringonderzoek PAK [6]. Zoals hierin is aangegeven wordt nog onderzocht of centrifugatie van eluaten met organische componenten een betere methode is dan filtratie van deze eluaten, teneinde verliezen aan organische componenten tijdens de uitloogproeven te minimaliseren [11].

#### **3.2 Verbetering van de analyse**

In diverse HPLC-chromatogrammen van eluaten werden door Centrilab bv interferenties waargenomen. Hierdoor konden met name de concentraties van de laag moleculaire PAK niet nauwkeurig worden bepaald. Deze concentraties zijn als indicatie gepresenteerd. De analysemethode van PAK is na 1991 verbeterd, onder andere in het kader van de normcommissies Bodem, Waterbodem en Water. Onderzocht dient te worden of deze aanpassingen ook resulteren in een betere PAK bepaling in eluaten.

In de solid phase extractie van de straalgrit- en vliegaseluaten verliep de SPE-stap, waarbij de PAK vanuit de waterfase op het chromatografiekolommetje worden geadsorbeerd moeizaam. De adsorptie van de hoog moleculaire PAK op het kolommetje is hierdoor vermoedelijk niet volledig geweest met het gevolg van lage recoveries voor deze PAK (15-45%). In het onderzoek zijn alle concentraties gecorrigeerd voor de betreffende recovery, dus ook deze eluaten. Het verdient echter aanbeveling om een vloeistof/vloeistof-extractie voor deze eluaten te onderzoeken, omdat een lage recovery leidt tot een hogere detectiegrens en een e spreiding.

## 4 KOLOM- EN CASCADEPROEVEN

### 4.1 Materialen

In het onderzoek zijn de uitloogemissies van PAK uit diverse bouw- en afvalstoffen bepaald. De materialen en herkomst van de materialen zijn in tabel 4.1 weergegeven. De monsters zijn veelal afkomstig van eerdere RIVM-projecten of zijn verkregen via TAUW Infra Consult BV [12][13][14]. In het kader van deze projecten is het gehalte PAK in een materialen bepaald (tabel 4.2). De tijd tussen monsternamen en uitloogproef bedraagt echter enkele maanden tot 2 jaar, waardoor een deel van de PAK in de monsters wellicht is afgebroken.

Tabel 4.1: Materialen

Materiaal	Herkomst
Verontreinigde grond 1	Gasfabrieksterrein (1988)
Verontreinigde grond 2	Almelo (1988)
Grond	Natuurgebied Korenburgerveen (1990)
Metselwerkpuingranulaat	Dienst Weg-en Waterbouw (april 1988)
Betongranulaat	Zoetermeer (februari 1991)
Straalgrit	Zwolle (1988)
Asfalt, gering teergehalte	Provincie Zuid-Holland (juni 1989)
Asfalt, hoog teergehalte	Provincie Zuid-Holland (juni 1989)
AVI-bodemas	Rotterdam (april 1988)
Vlieggas (industrieel)	Vlieggas van Chinese kolensoort II (1988)
Baggerspecie, klasse 4	Papegaaiebek, zandfractie na hydrocyclonage (december 1989)
Zeefzand	Recycling maatschappij (juli 1989)

Tabel 4.2: Gehalte van PAK in de materialen, in mg/kg.

PAH	Veront. grond 1	Veront. grond 2	Grond natuurg.	Asfalt (veel teer)	Asfalt (gering teer)	Metselw. gran.	Zeef- zand
Na	8.2	9.5	<0.1	-	-	0.2	7 (i)
Ph	306	13	0.04	-	-	3.3	36
An	62.1	0.8	<0.01	-	-	0.45	8.1
Fla	732	23	0.07	-	-	4.9	59
BaA	242	4.9	0.06	-	-	1.8	19
Chr	174	7.2	0.06	-	-	1.5	17
BkF	104	3.1	0.01	-	-	1.1	7.2
BaP	161	4.1	0.03	-	-	1.6	16
BPe	133	3.3	0.13	-	-	1.1	8.9
IP	135	3.6	<0.05	-	-	1.3	9.3
10 PAH	2058	74	0.6	690	3.0	17	188

- = niet bepaald

## 4.2 Methoden

### 4.2.1 Kolomproef

Een kolom van teflon is gevuld met circa 1 kg te onderzoeken materiaal (figuur 1). Het materiaal is upflow gepercoleerd met tot pH=4 aangezuurd demi-water bij LS is 0.5 l/kg per dag. Het eluaat is on-line gefiltreerd over het 10µm-filter (nylon), voorfilter (glasvezel) en membraanfilter (geregenereerd cellulose). De filters worden in de kolom ondersteund door een teflongaasje en zijn geklemd met ringen van KEL-F. Achtereenvolgens zijn zeven eluaatfracties opgevangen in bruin glazen flessen bij een cumulatieve LS verhouding van 0.1- 0.5- 1.0- 2.0- 3.0- 5.0- 10 l per kg. De eluaatfracties zijn geanalyseerd op PAK na solid phase extractie (SPE) met behulp van hoge druk vloeistofchromatografie (HPLC). De concentraties van PAK in de eluaten zijn gecorrigeerd voor de betreffende recovery van de PAK in het eluaat, volgens §4.2.3.

De kolomproeven zijn in duplo uitgevoerd. Uit de duplometingen is voor iedere PAK de gemiddelde uitloogemissie in de eluaatfracties berekend met de formule:

$$E_i = \frac{V_i}{m_0} * c_i \quad (1)$$

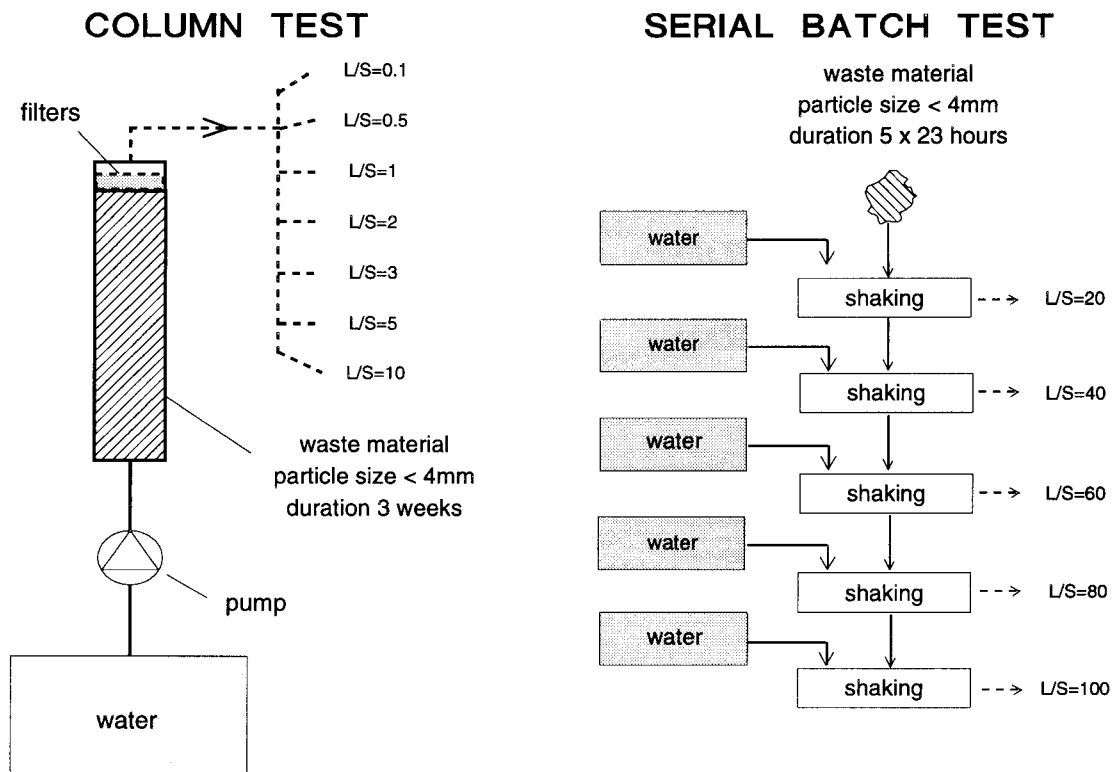
waarin:

- i is de index van de eluaatfractie (1,2,..7)
- $E_i$  is de gemiddelde uitloogemissie van een PAK per hoeveelheid monster in µg per kg droge stof, in de eluaatfractie i van de kolomproef
- $c_i$  is de gemiddelde gecorrigeerde concentratie van die PAK in eluaatfractie i, in µg/l
- $m_0$  is de massa van het monster in de kolom in kg droge stof
- $V_i$  is het gemiddelde volume van de eluaatfractie i in l.

Indien slechts één van de duplo concentraties in een fractie boven de detectiegrens ligt, is deze gebruikt in de berekening van de cumulatieve emissie. Indien beide concentraties beneden de detectiegrens liggen, is de ondergrens van de cumulatieve emissie in de betreffende fractie bepaald. Deze is bepaald door de concentraties beneden de detectiegrens gelijk te stellen aan 0 (nul).

Opmerking: In de kolomproef voor PAK is een volume van  $0.4 * m_0$  voor de tweede fractie aangehouden. Dit is in tegenstelling tot NEN 7341, waarin voor anorganische stoffen deze fractie nog slechts  $0.1 * m_0$  is. Deze verkleining van het volume zou voor organische

componenten een aanzienlijke verhoging van de detectiegrens opleveren. Om deze reden is vastgehouden aan het oorspronkelijke volume van  $0.4 \cdot m_0$  voor de tweede fractie.



Figuur 1: Kolom- en cascadeproef  
Column and serial batch test

#### 4.2.2 Cascadeproef

In de cascadeproef is het materiaal geschud met tot pH=4 aangezuurd demi-water in een bruin glazen fles (figuur 1). De eluaten van de cascadeproef zijn gefiltreerd over het voorfilter (glasvezel) en membraanfilter (geregenereerd cellulose). Er zijn vijf eluaatfracties opgevangen bij een cumulatieve LS verhouding van 20-40-60-80-100 l/kg. De vijf fracties zijn geanalyseerd op PAK volgens §4.2.3. De concentraties PAK in deze eluaatfracties zijn gecorrigeerd voor de betreffende recovery. Voor iedere PAK is de uitloogemissie in de eluaatfracties berekend met formule 1 uit §4.2.1, waarin  $i$  is de index van de eluaatfractie van de cascadeproef (1,2,..5).



### 4.2.3 Analyse van PAK in eluaten

Ten behoeve van de SPE werd methanol toegevoegd aan het eluaat tot een water/methanol verhouding 9:1 (v:v). De wateroplossing werd opgewerkt over een chromatografiekolom (SPE) met octadecyl silika ( $C_{18}$ ) adsorbens. De PAK zijn vanuit de waterfase op het  $C_{18}$ -adsorbens geadsorbeerd. Na beëindiging van deze solid phase extractie is het adsorbens gewassen en gedroogd. Vervolgens zijn de PAK gedesorbeerd door het adsorbens te elueren met apolaire oplosmiddelen (acetonitril en dichloormethaan). Na indamping tot een bekend volume is het extract geanalyseerd met behulp van vloeistofchromatografie (HPLC). Als mobiele fase is een mengsel van acetonitril/water gebruikt.

Voor de detectie van de PAK is een programmeerbare fluorescentiedetector gebruikt. Elke PAK is geïdentificeerd en gekwantificeerd door het vergelijken van de retentietijd en respons (piekhoogte) met de overeenkomende grootte van de externe standaardoplossingen [6].

De recovery (terugvindingspercentage) is de fractie van een component die bij analyse wordt teruggevonden, na toevoeging van een bekende hoeveelheid van de component aan het analysemonster (standaardadditie). In elke kolomproef is de recovery bepaald door een bekende hoeveelheid PAK te adderen aan een deel van de 6<sup>e</sup> eluaatfractie. Het terugvindingspercentage van een PAK is op twee concentratieniveau's bepaald. Hiervoor is 10  $\mu$ l respectievelijk 50  $\mu$ l van de standaardoplossing SRM 1647a aan 0.5 l eluaat toegevoegd (standaardaddities). Volgens de gebruikelijke methode is het eluaat geëxtraheerd en geanalyseerd met HPLC. De concentraties van PAK werden vergeleken met de oorspronkelijke concentraties in de 6<sup>e</sup>-fractie en hieruit werd de recovery van beide addities bepaald. Voor ieder materiaal is op deze wijze in totaal vier maal de recovery van een PAK bepaald. De bruikbare recoveries zijn gemiddeld tot één recovery van een PAK, welke representatief is gesteld voor het terugvindingspercentage van een PAK in de betreffende matrix van het eluaat. De concentraties in de eluaatfracties zijn gecorrigeerd voor dit terugvindingspercentage.

Op basis van de verkregen dataset van recoveries in diverse eluaatmatrices kan worden getoetst of de recovery van een PAK afhankelijk is van de eluaatmatrix. Naar aanleiding van het resultaat van deze toetsing kan beoordeeld worden of het noodzakelijk is om de recovery in iedere eluaatmatrix te bepalen.

#### 4.2.4 Beoordelingsmethodiek

Ter indicatie van de grootte orde van de concentratie PAK in het eluaat van de kolomproef is een vergelijking gemaakt met de normen voor PAK in water. De gemiddelde concentratie in de kolomproef is berekend door de cumulatieve emissie (tot  $LS=10$  l/kg) te delen door 10. Deze concentratie PAK is vergeleken met de streefwaarde voor grondwater, de grenswaarde voor oppervlaktewater en de (oude) B-waarde voor grondwater (zie bijlage 4). Teneinde te kunnen beoordelen of de gemiddelde concentratie in het eluaat onder de grenswaarde oppervlaktewater of onder de streefwaarde voor grondwater lag, is de bovengrens berekend. Indien beide duplo concentraties beneden de detectiegrens waren, is de bovengrens van de cumulatieve emissie in de betreffende fractie bepaald door deze concentraties gelijk te stellen aan de detectiegrens en ook de indicatieve waarden mee te tellen in de emissie van de som van de 10 PAK.

## 4.3 Resultaten van kolom-en cascadeproeven

### 4.3.1 PAK emissie

Het uitlooggedrag van PAK uit diverse bouwmaterialen is bepaald middels kolom- en cascadeproeven. De gemiddelde PAK concentratie in de eluaatfracties en de cumulatieve emissie zijn in bijlage 1 opgenomen. Deze concentraties PAK zijn gecorrigeerd voor de recovery van de PAK in het betreffende eluaat (zie §4.2.3).

In de figuren van bijlage 2 is het verloop van de concentratie en de cumulatieve emissie van de diverse PAK versus de LS grafisch weergegeven. In de figuren zijn verschillende vormen van uitlooggedrag te onderscheiden zoals oplosbaarheidscontrole (chryseen emissie uit betongranulaat), uitputting van een mobiele fractie (fluoranteen uit AVI-bodemass) en ook complexatie van PAK met organisch stof (laag moleculaire PAK uit baggerspecie). Op basis van deze dataset kan informatie over de diverse mechanismen die de uitloging van PAK bepalen, worden afgeleid. Aanbevolen wordt om dit nader te onderzoeken.

Het PAK profiel van de emissie uit de diverse bouwmaterialen is ook bekeken (bijlage 3). Uit deze profielen blijkt dat de uitloging van de laag moleculaire PAK uit alle bouwmaterialen het hoogste was. Dit zijn ook de meest oplosbare PAK. De oplosbaarheid van PAK in schoon water is weergegeven in tabel 4.3. De oplosbaarheid was doorgaans geen beperkende factor voor de concentratie van PAK in de eluaten, aangezien de concentratie in de eluaten lager was dan de wateroplosbaarheid. Daarbij verhoogt de aanwezigheid van stoffen in het eluaat zoals humuszuren, de oplosbaarheid van PAK in water en daarmee ook de emissie van PAK. In de eluaten was uitsluitend de concentratie chryseen in de 4<sup>e</sup>-kolomfractie van asfalt met een hoog teergehalte en in de 3<sup>e</sup>-kolomfractie van de zwaar verontreinigde grond hoger dan de oplosbaarheid in schoon water.

De emissies van de 10 PAK uit de bouwmaterialen bepaald middels de kolomproef (LS=10) en de cascadeproef (LS=100) zijn in de volgende paragrafen weergegeven. De emissie van naftaleen is als indicatie weergegeven omdat de concentratie van naftaleen in de eluaten niet betrouwbaar te meten was. Dit houdt in dat als er een naftaleen-emissie is dan zal de emissie niet meer zijn dan de weergegeven (indicatieve) bovengrens.

Tabel 4.3: Oplosbaarheid van PAK in schoon water bij 25 °C:

PAK	Oplosbaarheid PAK in water (µg/l)
Naphthalene (Na)	31700
Phenanthrene (Ph)	1000
Anthracene (An)	45
Fluoranthene (Fla)	206
Benz(a)anthracene (BaA)	9.4
Chrysene (Chr)	1.8
Benzo(k)fluoranthene (BkF)	0.8
Benzo(a)pyrene (BaP)	1.6
Benzo(g,h,i)perylene (BPe)	0.5
Indeno(1,2,3-cd)pyrene (IP)	0.2

De gemiddelde concentratie in het eluaat tijdens de kolomproef is indicatief vergeleken met de streefwaarde en de (oude) B-waarde voor grondwater en de grenswaarde voor oppervlaktewater (zie §4.2.4). De concentraties van naftaleen, antraceen en fenantreen lagen boven de streefwaarde grondwater én de grenswaarde oppervlaktewater. Voor de overige PAK was veelal de bovengrens van de PAK concentratie hoger dan de streefwaarde. Ondanks dat de grenswaarde een factor 4 tot 20 hoger is dan de streefwaarde, lag toch de bovengrens van de PAK concentraties vaak ook boven de grenswaarde. Uitsluitend een aantal concentraties fluoranteen en benzo(k)fluoranteen lagen onder deze grenswaarde.

De B-waarde is een factor 14 tot 250 hoger dan de grenswaarde. De concentraties doorgaans onder de B-waarde, met uitzondering van een aantal PAK in het eluaat van het asfalt met een hoog teergehalte, de puingranulaten en de zwaar verontreinigde grond. Een concentratie of bovengrens in het eluaat boven de B-waarde, is in de tabellen 4.4 t/m 4.8 aangegeven door middel van een '+’.

### 4.3.2 Grond

De PAK emissies uit drie verschillende gronden zijn via de kolomproef bepaald. Het betreft een zwaar verontreinigde grond (grond 1), een licht verontreinigde grond (grond 2) en een grondmonster uit een natuurgebied. De cumulatieve emissies PAK bij LS=10 zijn in tabel 4.4 gepresenteerd. Met de grond uit het natuurgebied is ook de eerste stap van de cascadeproef uitgevoerd (LS=20).

Tabel 4.4: Cumulatieve emissies van PAK uit grond

PAH	Verontr. grond 1		Verontr. grond 2	Grond natuurgebied	
	Kolomproef Emissie (µg/kg)		Kolomproef Emissie (µg/kg)	Kolomproef E (µg/kg)	Schudproef E (µg/kg)
Na	nb		nb	0- 36 (i)	<33 (i)
Ph	0- 195 (i)	+	nb	0.89	1.5
An	0- 66 (i)	+	0- 9.2 (i)	0- 0.25	<0.4
Fla	152	+	2.5- 2.6	1.1	<0.4
BaA	5.5	+	2.6	0.25- 0.35	<0.4
Chr	4.2		2.0	0.20- 0.35	0.60
BkF	1.0		0-0.2	0.44	<0.4
BaP	1.7		0.05- 0.21	0.32- 0.34	<0.4
BPe	0.35		0.01- 0.20	0.37- 0.38	<0.4
IP	0.59		0.03- 0.20	0.37	<0.4
10 PAH	165- 426		7.2- 17	3.9- 40	2.1- 38

Schudproef = eerste stap van de cascadeproef, LS=20

linker waarde = ondergrens van de cumulatieve emissie,

rechterwaarde = bovengrens,

E = cumulatieve emissie

i = indicatieve waarde

nb = niet bepaald vanwege matrix storingen

+ Gemiddelde concentratie of bovengrens tijdens kolomproef ligt boven de B-waarde voor grondwater.

Zoals in tabel 4.4 weergegeven, is de PAK emissie uit de zwaar verontreinigde grond aanmerkelijk hoger dan de emissie uit de twee andere grondmaterialen. De gemiddelde concentraties van fluoranteen en benzo(a)antraceen in het eluaat van deze zwaar verontreinigde grond lagen boven de B-waarde.

### 4.3.3 Baggerspecie

De bij hydrocyclonage verkregen zandfractie van baggerspecie klasse 4 is getest op uitloogemissies van PAK (tabel 4.5). De emissie middels de kolomproef is in enkelvoud bepaald.

Tabel 4.5: Cumulatieve emissie van PAK uit baggerspecie

PAH	Baggerspecie (zandfractie)	
	Kolomproef E (µg/kg)	Cascadeproef E (µg/kg)
Na	5.9 (i)	38 (i)
Ph	5.0	13
An	5.2 (i)	0.9
Fla	2.4	2.3
BaA	0.06- 0.24	<2
Chr	0.14- 0.28	0.4
BkF	0- 0.2	<2
BaP	0.02- 0.21	<2
BPe	0.01- 0.2	<2
IP	0- 0.2	<2
10 PAH	13- 19	16- 65

E = cumulatieve emissie

i = indicatieve waarde

### 4.3.4 Bouw- en sloopafval

De mate van verontreiniging met PAK van het bouw- en sloopafval is sterk afhankelijk van de samenstelling (zoals aanwezigheid van resten van dakbedekking) en de herkomst (bijvoorbeeld bouwpuin van een schoorsteen) van het afval. Selectief slopen en verwerken van bouw- en sloopafval zal moeten resulteren in een betere kwaliteit van de bouwrecyclingsmaterialen. Het gehalte PAK in het metselwerkgranulaat was circa 17 mg/kg en in het zeefzand circa 188 mg/kg. Het PAK gehalte van het betongranulaat is niet bekend. Ter indicatie van mogelijke PAK gehalten in betongranulaat is gekeken in de gegevensverzameling van het RIVM (database BASIS); het gemiddelde

PAK gehalte is hierin 6.5 mg/kg met een maximumgehalte van 12 mg/kg (8 bepalingen) [16].

De cumulatieve emissies van PAK uit metselwerkgranulaat, betongranulaat en zeefzand zijn gepresenteerd in tabel 4.6. Zoals vermeld in §4.3.1 is de indicatieve emissie van naftaleen een bovengrens. Deze naftaleen emissie uit metselwerkgranulaat was nagenoeg gelijk aan het gehalte en de emissie uit zeefzand was circa 0.2% van het gehalte Na in het materiaal.

Tabel 4.6: Emissie van PAK uit puingranulaten en zeefzand

PAH	Metselwerkgranulaat		Betongranulaat		Zeefzand
	Kolomproef E (µg/kg)	Cascadeproef E (µg/kg)	Kolomproef E (µg/kg)	Cascadeproef E (µg/kg)	Kolomproef E (µg/kg)
Na	0- 163 (i) +	<101 (i)	0- 79 (i) +	<73 (i)	0- 13 (i)
Ph	0- 29 (i) +	<22 (i)	0- 145 (i) +	12	3.3
An	3.1	1.0	14 (i)	<2	0.27- 0.41
Fla	9.6	7.6	36 (i) +	1.4	0.50- 0.53
BaA	0- 0.8	2.4	2.6	1.0	0.19- 0.27
Chr	0.08- 0.8	1.8	1.0	<2	0.18- 0.27
BkF	0- 0.8	1.2	0- 0.2	<2	0.12- 0.21
BaP	0.12- 0.8	3.2	0- 0.2	<2	0.39- 0.45
BPe	0- 0.8	3.2	0- 0.2	<2	0.83- 0.85
IP	0- 0.8	2.6	0- 0.2	<2	0.48- 0.56
10 PAH	13- 208	23- 146	3.6- 278	14- 99	6.3- 19

E = cumulatieve emissie

i = indicatieve waarde

+ Gemiddelde concentratie of bovengrens tijdens kolomproef ligt boven de B-waarde voor grondwater.

#### 4.3.5 Asfalt

Het gehalte van de 10 PAK in teerbitumen en wegenteer is vele malen hoger dan in bitumen (factor 1000 tot 10000 hoger). Het PAK gehalte in asfalt op bitumenbasis (zonder teer) is minder dan 1.5 mg/kg. Het PAK gehalte in asfalt wordt dan ook bepaald door het percentage teer in het asfalt. In onderhavig onderzoek zijn een monster asfalt met een hoog teergehalte (gehalte 10 PAK=690 mg/kg) en één met een lichte verontreiniging van teer (gehalte 10 PAK=3 mg/kg) getest op uitloging van PAK. Zoals in tabel 4.7 is

weergegeven, was de uitloging van PAK uit het asfalt met een hoog teergehalte vele malen hoger dan uit het andere asfaltmonster. Vooral in de kolomproef waren de emissies van naftaleen, fenantreen, antraceen en fluoranteen hoog. Dit zijn ook de meest oplosbare PAK in water (tabel 4.3). De gemiddelde concentraties PAK in het eluaat van asfalt met hoog teergehalte waren veelal boven de B-waarde.

Nader onderzoek is nodig naar de emissie van naftaleen<sup>1</sup>. Het verschil in emissie tussen fenantreen en fluoranteen uit asfalt met veel teer is dan op basis van de gehalten in teer verwacht wordt (factor 1.5 à 2 verschil). Dit verschil kan het gevolg zijn van een betere oplosbaarheid van fenantreen in water. De waarneming dat dit verschil ook optreedt in de cascadeproef met het andere asfaltmonster maar daarentegen niet bij de kolomproef, kan niet worden verklaard op basis van deze gegevens.

Tabel 4.7: Cumulatieve emissie van PAK uit asfalt

PAH	Asfalt (hoog teergehalte)			Asfalt (gering teergehalte)	
	Kolomproef E (µg/kg)	Cascadeproef E (µg/kg)		Kolomproef E (µg/kg)	Cascadeproef E (µg/kg)
Na	2098 (i) +	13790 (i)		12 (i)	49 (i)
Ph	826 +	3553		0.57	12
An	105 +	197		0.01- 0.23	<2
Fla	85 +	<200		0.46- 0.56	0.70
BaA	0- 21 +	<200		0.04- 0.27	0.40
Chr	2.6- 21 +	<200		0.17- 0.31	0.60
BkF	0- 21 +	<200		0- 0.23	<2
BaP	0- 21 +	<200		0.05- 0.25	<2
BPe	0- 21 +	<200		0- 0.23	<2
IP	0- 21 +	<200		0- 0.23	<2
10 PAH	3117-3222	17540-18940		1.3- 14	14- 73

Detectiegrens van de hoog moleculaire PAK is verhoogd a.g.v. de noodzakelijke verdunning van het extract.

E = cumulatieve emissie

i = indicatieve waarde

+ Gemiddelde concentratie of bovengrens tijdens kolomproef ligt boven de B-waarde voor grondwater.

<sup>1</sup> Een schatting van het gehalte Na in het asfalt (hoog teergehalte), uitgaande van vers asfalt met teerbitumen geeft ca.150 mg/kg. Verwacht wordt dat een deel Na in het oude asfalt reeds is verdampd. De indicatieve emissie Na zou dan leiden tot een minimale procentuele emissie van ca.10% in de cascadeproef.



#### 4.3.6 AVI-bodemas, Vliegias en Straalgrit

Straalgrit wordt geproduceerd door de bewerking van bepaalde bodemmassen van met poederkool gestookte centrales, voornamelijk uit Duitsland (smeltslakgrit). De samenstelling van straalgrit na gebruik is onder andere afhankelijk van de aard van het gestraalde oppervlak en de verwijderde oppervlaktelaag. De PAK in straalgrit zijn waarschijnlijk afkomstig van steenkoolteer-epoxy verfsystemen toegepast op schepen, bruggen etc. PAK gehalten in straalgrit van meer dan 500 mg/kg zijn bekend [15]. De gehalten PAK in de drie materialen zijn niet bekend. Voor AVI-bodemas is in de gegevensverzameling van het RIVM (database BASIS) het gemiddelde van de som 10 PAK 1.9 mg/kg met een maximum van 6.4 mg/kg (n=18)[16]. In tabel 4.8 zijn de emissies van PAK uit AVI-bodemas, een industriële vliegias en straalgrit weergegeven.

Tabel 4.8: Cumulatieve emissie van PAK uit bodemas, straalgrit en vliegias

PAH	AVI-bodemas		Vliegias		Straalgrit	
	Kolomproef E (µg/kg)	Cascadepr E (µg/kg)	Kolomproef E (µg/kg)	Cascadepr E (µg/kg)	Kolomproef E (µg/kg)	Cascadepr E (µg/kg)
Na	3.0 (i)	53 (i)	6.3 (i)	58 (i)	9.4 (i)	217 (i)
Ph	3.2 (i)	60 (i)	0.84	6.1	3.2 (i)	14 (i)
An	0.37-0.49(i)	5.6 (i)	0- 0.5	<5	0- 0.24	0.8
Fla	0.51- 0.61	2.4	1.3	<5	3.9	7.6
BaA	0.01- 0.2	<2	0.03- 0.52	<5	0- 0.28	1.4
Chr	0.01- 0.21	<2	0.14- 0.56	<5	0.51- 0.55	5.1
BkF	0.02- 0.21	<2	0- 0.5	<5	0- 0.24	<2
BaP	0.06- 0.22	<2	0- 0.5	<5	0- 0.24	<2
BPe	0- 0.2	<2	0- 0.5	<5	0- 0.24	<2
IP	0- 0.2	<2	0- 0.5	<5	0- 0.24	<2
10 PAH	0.61- 7.6	2.4- 133	2.3- 11	6.1- 104	4.4- 18	15- 254

E = cumulatieve emissie

i = indicatieve waarde

#### 4.4 Fout in de emissie van de kolomproef

De relatieve fout van de kolomproef is de standaarddeviatie van een duplobepaling in procenten berekend ten opzichte van de gemiddelde cumulatieve emissie. Hierin zijn de fouten van het gehele traject verdisconteerd te weten; de fout in monstername, monstervoorbehandeling, uitloogproef, extractie en HPLC-analyse. De gemiddelde fout van de emissie is in tabel 4.9 weergegeven. Als gevolg van de veelal lage concentraties in het eluaat waren de fouten van de hoog moleculaire PAK het grootst. Bij PAK emissies tot 1 à 2 µg/kg was de gemiddelde fout 75% met een maximumwaarde van 140% (n=40 à 44). De fout behorend bij emissies hoger dan 2 µg/kg lag aanmerkelijk lager en was gemiddeld 20% met een maximum van 60% (n=32).

Tabel 4.9: Relatieve fout in de cumulatieve emissie van de kolomproef (in %)

	n	Gemiddelde Rel. fout (%)
Na	9	17
Ph	10	18
An	8	26
Fla	11	23
BaA	8	48
Chr	11	61
BkF	4	96
BaP	7	118
BPe	4	110
IP	4	68

n = aantal duplo's

Rel.fout berekend t.o.v. het gemiddelde van twee enkelvoudige bepalingen (duplo) van de cumulatieve emissie in de kolomproef.

## **5 ROERPROEVEN**

### **5.1 Inleiding**

Van een aantal materialen zijn de uitloogemissies van PAK middels de ‘beschikbaarheidsproef voor anorganische componenten’ bepaald. Dit is een roerproef waarbij het materiaal tweemaal bij een LS-verhouding van 100 wordt geroerd, bij een pH van 7 in de 1<sup>e</sup>-fractie en pH=4 in de 2<sup>e</sup>-fractie [2]. Uit de concentratie PAK in beide fracties is de cumulatieve emissie PAK bepaald.

### **5.2 Materiaal en methode**

De volgende materialen uit §4.1 zijn onderworpen aan de roerproef:

- Metselwerkgranulaat
- AVI-bodemas
- Vliegias
- Straalgrit
- Betongranulaat
- Baggerspecie
- Grond van natuurgebied.

Voor de uitvoering van de roerproef (beschikbaarheidsproef voor anorganische componenten) is een deelmonster bij kamertemperatuur gedroogd en verkleind totdat minimaal 95% (m/m) van het monster een draadzeef van 125 µm passeert.

In de roerproef is het fijngemalen materiaal tweemaal achtereenvolgens geroerd bij een verhouding tussen vloeistof en vaste stof (LS-verhouding) van 100 l/kg, bij een pH van respectievelijk 7 en 4. De vloeistof is (aangezuurd) gedemineraliseerd water en als zuur is salpeterzuur gebruikt. De twee fracties zijn geanalyseerd op PAK en zijn gecorrigeerd voor de betreffende recovery conform §4.2.3.

### **5.3 Resultaten en discussie**

In tabel 5.1 is de cumulatieve emissie van de roerproef bij LS=200 weergegeven. Evenals in de kolom- en cascadeproef zijn in deze uitloogproef ook de hoogste emissies

waargenomen voor de meest oplosbare PAK, dit zijn de laag moleculaire PAK. De emissie van naftaleen uit de diverse materialen lag tussen 43 en 334 µg/kg, terwijl de concentraties van de hoog moleculaire PAK in alle eluaten van de roerproef beneden de detectiegrens waren.

Tabel 5.1: Emissie in de roerproef (LS=200)

	Metsel- werkgran.	AVI- bodemas	Vlieg- gas	Straal- grit	Betongra- nulaat	Bagger- specie	Grond Korenbur.
PAH	E (µg/kg)	E (µg/kg)	E (µg/kg)	E (µg/kg)	E (µg/kg)	E (µg/kg)	E (µg/kg)
Na	167 (+)	68 (+)	43 (-)	46 (-)	56 (-)	79 (+)	334
Ph	426 (+)	11 (-)	16 (+)	25 (+)	22 (+)	40 (+)	12
An	7.0 (+)	<4 (-)	<10	<4 *	9 (+)	5 (+)	<4
Fla	7.5 (-)	18 (+)	<10	<4 (-)	5 (+)	5.5 (+)	<4
BaA	<4 *	<4	<10	<4 *	<4 *	<4	<4
Chr	<4 *	3.0 (+)	<10	<4 (-)	<4	<4 *	<4
BkF	<4 *	<4	<10	<4	<4	<4	<4
BaP	<4 *	<4	<10	<4	<4	<4	<4
BPe	<4 *	<4	<10	<4	<4	<4	<4
IP	<4 *	<4	<10	<4	<4	<4	<4

+ emissie (E) in de roerproef is hoger dan emissie in de cascadeproef

- emissie (E) in de roerproef is lager dan emissie in de cascadeproef

\* meetbare emissie in de cascadeproef, emissie in de roerproef ligt beneden de detectiegrens.

De concentratie van PAK in het eluaat van de 1<sup>e</sup>-stap (pH=7) is vergeleken met die van de 2<sup>e</sup>-stap (pH=4). In het algemeen verschilden de concentraties van beide stappen niet veel (zie bijlage 1). Ook was er geen eenduidig beeld van het emissiegedrag van PAK in deze proef af te leiden: de concentratie in de 1<sup>e</sup>-stap was hoger dan die in de 2<sup>e</sup>-stap bij de eluaten van baggerspecie, metselwerk- en betongranulaat, echter bij de overige eluaten was vaker de concentratie in de 2<sup>e</sup>-stap hoger.

Het effect van een lagere pH-waarde op de emissie van PAK is bekeken voor AVI-bodemas. De concentratie in de 1<sup>e</sup>-stap na roeren bij pH=2.4 (n=1) is vergeleken met de gemiddelde concentratie na roeren bij pH=7 (n=2) in tabel 5.2. Hieruit blijkt dat een lagere pH in de uitloogvloeistof weinig invloed heeft gehad op de PAK emissie uit AVI-bodemas.

Tabel 5.2: Vergelijking van de concentratie bij pH=7 met die bij pH=2

PAH	pH=7.3 Conc (µg/l)	pH=2.4 Conc (µg/l)
Na	0.40	0.47
Ph	0.05	0.10
An, Fla, BaA, Chr, BkF, BaP, BPe, IP	<0.02	<0.02

Op basis van deze resultaten is de 'beschikbaarheidsproef voor anorganische stoffen' beoordeeld op geschiktheid als beschikbaarheidsproef voor PAK. In de figuren van bijlage 2 zijn de emissies van de roerproeven bij pH=7 en 4 vergeleken met die uit de kolom- en cascadeproeven. Vergelijking van de emissie in de roerproef bij LS=200 met de emissie in de cascadeproef bij LS=100 (zie hoofdstuk 4) leert dat in één derde van de waarnemingen de emissie van PAK in de cascadeproef hoger was dan die in de roerproef (tabel 5.1). Daarnaast werden een aantal PAK-emissies middels de cascadeproef vastgesteld terwijl deze emissies in de roerproef onder de detectiegrens lagen. De detectiegrens in de roerproef is namelijk hoger als gevolg van hogere LS-verhouding. Hieruit is geconcludeerd dat in tegenstelling tot anorganische componenten, deze 'beschikbaarheidsproef' niet geschikt is om de voor uitloging beschikbare hoeveelheid PAK vast te stellen.

## 6 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

De uitloogemissies van PAK zijn in 1991 bepaald middels een concept-voorschrift. Uit later onderzoek is gebleken dat adsorptie van PAK aan de testopstelling van de uitloogproef optreedt, waarna het voorschrift is aangepast. Ten opzichte van het verbeterde voorschrift resulteert de werkwijze in onderhavige studie in lagere PAK emissies. Voor een eventuele kwantificatie van het verschil zou nader onderzoek nodig zijn.

### Kolom- en cascadeproeven

De uitloogemissies van PAK uit diverse vaste bouwmaterialen en afvalstoffen zijn bepaald. De cumulatieve emissie van het totaal aan 10 PAK uit de diverse materialen lag tussen circa 1 en 15 µg/kg. Uitzonderingen hierop waren de emissies uit de zwaar verontreinigde grond en het asfalt met een hoog teergehalte. Vooral de emissies van naftaleen, fenantreen, antraceen en fluorantreen uit het asfalt met een hoog teergehalte waren hoog ten opzichte van de emissies uit de andere materialen. De gemiddelde PAK concentraties in het kolomproef-eluaat van dit asfalt lagen boven de B-waarde voor grondwater, evenals een aantal PAK concentraties van de zwaar verontreinigde grond.

In onderhavig onderzoek zijn de PAK emissies bepaald uit diverse materialen. Aanbevolen wordt om ten behoeve van een normstelling op basis van PAK uitloging, het uitloogmechanisme in de tijd, de parameters die de PAK uitloging bepalen en de relatie tussen laboratorium experimenten en praktijk te onderzoeken.

### Roerproef

De PAK emissies in de roerproef (beschikbaarheidsproef voor anorganische componenten) lagen tussen 0 en 426 µg/kg. Evenals in de kolom- en cascadeproef zijn in deze proef ook de hoogste emissies van de meest oplosbare PAK, dit zijn de laag moleculaire PAK, waargenomen. Er was geen eenduidig beeld van het emissiegedrag van PAK in de proef af te leiden. Een lagere pH en verkleining van de deeltjesgrootte tot kleiner dan 125 µm leidde ook niet consequent tot hogere uitloging van PAK. Hieruit is geconcludeerd dat de 'beschikbaarheidsproef voor anorganische componenten' niet geschikt is als beschikbaarheidsproef voor PAK.

### Analyse

Aanbevolen wordt om voor eluaten waarbij SPE moeizaam verloopt, de extractie via vloeistof/vloeistof extractie te onderzoeken teneinde een betere recovery van de PAK te

verkrijgen.

De concentraties van naftaleen, fenantreen en antraceen waren veelal slechts indicatief te bepalen wegens storingen van de eluaatmatrix in het HPLC-chromatogram. Na 1991 is de analysemethode van PAK echter nog verbeterd (onder andere in het kader van normcommissie Bodem). Nader onderzoek is nodig om te beoordelen of de aangepaste analysemethode ook resulteert in een betere bepaling van PAK in eluaten.

## 7 REFERENTIES

1. Taakstellend plan ter ondersteuning van normcommissie 390 11 'Uitloogkarakterisering van bouwmaterialen en afvalstoffen', Deel 1-Algemeen en Deel 2-Projectenprogramma, Novem (1990).
2. NVN 2508-Het bepalen van de uitloogkarakteristieken van kolenreststoffen (1987), NEN 7340, 7341, 7343, 7345, 7349 (1995).
3. D.H. Bauw, J. Keizer, P.G.M. de Wilde en Th.G. Aalbers, Uitloogtest voor organische componenten uit afvalstoffen, RIVM rapportnr. 738710001 (1988).
4. D.H. Bauw, P.G.M. de Wilde, G.A. Rood and Th.G. Aalbers, A standard leaching test, including solid phase extraction, for the determination of PAH leachability from waste materials, CHEMOSPHERE, 22, 8 (1991).
5. Notitie 93/M1987/RWi/ke concept eindrapportage, Voorstel "Voorschriften- en onderzoekprogramma t.b.v. de milieu hygiënische karakterisering van bouwmaterialen en afvalstoffen", Deel 1 Voorschriften, NOVEM B.V. (1993).
6. G.A. Rood, M.H. Broekman, Th.G. Aalbers, Beperkt ringonderzoek met de kolomproef voor Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK), RIVM rapportnr. 771402002 (1994).
7. Leidraad Bodembescherming, SDU 's Gravenhage, ISBN 901204403 (1990).
8. G.A. Rood, P.G.M. de Wilde en P. Masereeuw, Verlies aan Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK) tijdens uitloogproeven, RIVM rapportnr. 771402011 (1994).
9. G.A. Rood, M.H. Broekman en Th.G. Aalbers, Verlies aan Polychloorbifenylen (PCB) en Organochloorbestrijdingsmiddelen (OCB) tijdens uitloogproeven, RIVM rapportnr. 771402012 (1995).
10. G.A. Rood, M.H. Broekman and T.G. Aalbers, Investigating a leaching test for PCBs and organochlorine pesticides in waste and building materials, Environmental aspects of construction with waste materials, Proceeding of the international conference WASCON'94, Elsevier (1994).
11. G.A. Rood, P.G.M. de Wilde, M.H. Broekman, Beperkte validatie van kolomproef en analyse van polychloorbifenylen (PCB) en extraheerbare organohalogenen (EOX), RIVM rapport in voorbereiding.
12. Th.G. Aalbers, J. Keijzer, G.L.J. Janssen en P.G.M. de Wilde, Onderzoek naar het uitlooggedrag bij gezamenlijk storten van industrieel afval met huishoudelijk afval (co-disposal), RIVM rapportnr. 738802001 (1990).
13. TAUW/DWW-onderzoek aan diverse wegebouwmaterialen, TAUW rapportnr 3114198.



14. P.G.M. de Wilde, J. Keijzer, G.L.J. Janssen, Th.G. Aalbers en C. Zevenbergen, Beoordeling van gereinigde grond 1. Uitloogkarakteristieken en chemische samenstelling van referentiegronden, RIVM rapportnr. 216402001 (1992).
15. Informatie documenten afvalstoffen, Ministerie van VROM en RIVM
16. Th.G. Aalbers, P.G.M. de Wilde, G.A. Rood, P.H.M. Vermij, R.J. Saft, A.I.M. van de Beek, M.H. Broekman, P. Masereeuw, Ch. Kamphuis, P.M. Dekker, E.A. Valentijn, Milieuhygiënische kwaliteit van primaire en secundaire bouwmaterialen in relatie tot hergebruik en bodem- en oppervlaktewaterenbescherming, RIVM rapportnr. 771402006 en RIZA nr. 93.042 (1993).

**Bijlage 1      Gemiddelde concentratie en cumulatieve emissie in de eluatfracties van de kolom-, cascade- en roerproef (ondergrens).**

Concentratie onder de detectiegrens is in deze bijlage weergegeven als negatieve waarde

Voorbeeld: -0.02 => concentratie is minder dan 0.02 µg/l.

## VERONTREINIGDE GROND 1

LS	pH	EC uS/cm	Naphthalene **		Phenanthrene **		Anthracene **		Fluoranthene		BaA	
			Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	6.42	3095.0			60.20	5.84	6.42	0.62	11.86	1.15	0.40	0.04
0.53	6.92	1687.5			145.99	68.47	21.96	10.04	41.19	18.82	1.47	0.67
1.03	7.57	403.0			140.01	139.0	20.50	20.38	51.15	44.60	2.88	2.12
1.75	7.60	205.0			76.39	194.0	7.57	25.83	47.42	78.75	0.95	2.80
2.73	7.00	138.3			-0.10	194.0	1.00	26.80	7.55	86.10	0.03	2.84
4.70	6.94	100.8			0.10	194.2	7.34	41.25	4.00	93.99	0.55	3.92
9.65	7.21	71.7			0.25	195.5	4.99	65.98	11.68	151.9	0.31	5.47

LS	Chrysene		BkF		Benzo(a)pyrene		BPe		IP	
	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	0.65	0.06	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
0.53	1.37	0.65	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
1.03	2.13	1.72	0.31	0.16	1.44	0.72	-0.02	0.00	-0.02	0.00
1.75	0.92	2.38	0.13	0.25	-0.02	0.72	-0.02	0.00	-0.02	0.00
2.73	0.26	2.63	-0.02	0.25	0.08	0.80	0.21	0.20	-0.02	0.00
4.70	0.70	4.01	0.03	0.31	0.15	1.10	-0.02	0.20	-0.02	0.00
9.65	0.04	4.20	0.14	1.00	0.13	1.73	0.03	0.35	0.12	0.59

\*\* = interferentie van de matrix

## VERONTREINIGDE GROND 2

LS	pH	EC uS/cm	Naphthalene **		Phenanthrene **		Anthracene **		Fluoranthene		BaA	
			Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	7.64	1855.0					1.05	0.10	1.04	0.10	0.09	0.01
0.47	8.16	770.5					0.55	0.31	0.79	0.40	0.17	0.07
0.93	7.94	637.5					0.55	0.56	-0.10	0.40	0.98	0.52
1.89	7.79	402.0					0.65	1.19	-0.10	0.40	0.79	1.28
2.86	7.58	348.5					0.65	1.82	0.26	0.65	0.42	1.69
4.84	7.58	290.5					1.05	3.90	0.42	1.48	0.22	2.14
9.69	7.83	226.0					1.10	9.22	0.20	2.46	0.09	2.60

LS	Chrysene		BkF		Benzo(a)pyrene		BPe		IP	
	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	0.09	0.01	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	0.03	0.00
0.47	0.27	0.11	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	0.03	0.01
0.93	0.58	0.37	-0.02	0.00	-0.02	0.00	0.03	0.01	0.03	0.03
1.89	0.34	0.70	-0.02	0.00	0.05	0.05	-0.02	0.01	-0.02	0.03
2.86	0.30	0.99	-0.02	0.00	-0.02	0.05	-0.02	0.01	-0.02	0.03
4.84	0.35	1.67	-0.02	0.00	-0.02	0.05	-0.02	0.01	-0.02	0.03
9.69	0.07	2.03	-0.02	0.00	-0.02	0.05	-0.02	0.01	-0.02	0.03

\*\* interferentie van de matrix

## GROND NATUURGEBIED KORENBURGERVEEN

LS	pH	EC uS/cm	Naphthalene **		Phenanthrene		Anthracene		Fluoranthene		BaA	
			Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.14	4.24	956.5	3.63	0.51	1.08	0.15	-0.10	0.00	1.49	0.21	0.17	0.02
0.54	4.32	575.5	6.45	3.09	0.25	0.25	-0.10	0.00	0.33	0.34	-0.10	0.02
0.99	4.48	426.0	3.85	4.83	0.24	0.36	-0.02	0.00	0.39	0.52	-0.10	0.02
1.97	4.86	174.0	3.13	7.88	0.06	0.42	-0.02	0.00	0.22	0.73	0.04	0.06
2.94	4.82	123.1	2.61	10.42	0.07	0.49	-0.02	0.00	0.16	0.88	-0.02	0.06
4.93	4.72	108.5	1.75	13.90	0.03	0.55	-0.02	0.00	0.13	1.14	-0.02	0.06
9.81	4.64	81.5	4.58	36.24	0.07	0.89	-0.02	0.00	-0.02	1.14	0.04	0.25
20	4.93	87.4	1.63	32.50	0.08	1.50	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
100	5.34	20.1	1.49	149.0	0.07	7.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
200	3.15	218.0	1.85	334.0	0.05	12.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00

LS	Chrysene		BkF		Benzo(a)pyrene		BPe		IP	
	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.14	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00
0.54	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00
0.99	-0.10	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
1.97	-0.02	0.00	0.02	0.02	0.04	0.04	-0.02	0.00	-0.02	0.04
2.94	0.03	0.03	-0.02	0.02	-0.02	0.04	-0.02	0.00	-0.02	0.04
4.93	-0.02	0.03	-0.02	0.02	-0.02	0.04	-0.02	0.00	-0.02	0.04
9.81	0.03	0.20	0.09	0.44	0.06	0.32	0.08	0.37	0.07	0.37
20	0.03	0.60	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
100	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
200	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00

\*\* interferentie van de matrix

## BAGGERSPECIE

LS	pH	EC uS/cm	Naphthalene **		Phenanthrene		Anthracene **		Fluoranthene		BaA	
			Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	7.35	3360.0	1.78	0.18	0.59	0.06	0.24	0.02	0.80	0.08	0.03	0.00
0.52	7.07	827.0	2.16	1.08	2.74	1.20	4.26	1.79	1.44	0.68	0.06	0.03
1.00	7.39	99.9	1.69	1.89	4.37	3.28	5.44	4.39	1.89	1.58	0.07	0.06
1.98	8.40	35.7	0.80	2.67	0.41	3.69	0.24	4.62	0.27	1.85	-0.02	0.06
2.96	7.75	26.9	1.17	3.82	0.46	4.14	0.26	4.88	0.28	2.12	-0.02	0.06
4.86	8.32	23.5	0.60	4.96	0.15	4.42	0.02	4.92	-0.02	2.12	-0.02	0.06
9.96	8.00	21.4	0.19	5.93	0.12	5.03	0.06	5.22	0.05	2.38	-0.02	0.06
20	8.01	60.2	0.53	10.50	0.28	5.50	0.05	0.90	0.04	0.80	-0.02	0.00
40	9.10	10.5	0.44	19.30	0.15	8.40	-0.02	0.90	0.03	1.50	-0.02	0.00
60	8.12	7.8	0.43	27.90	0.07	9.80	-0.02	0.90	0.04	2.30	-0.02	0.00
80	9.68	8.7	0.35	34.80	0.08	11.40	-0.02	0.90	-0.02	2.30	-0.02	0.00
100	9.32	6.8	0.17	38.20	0.07	12.80	-0.02	0.90	-0.02	2.30	-0.02	0.00
100	6.93	55.6	0.53	52.50	0.32	32.00	0.05	5.00	0.06	5.50	-0.02	0.00
200	4.42	60.9	0.27	79.00	0.08	39.50	-0.02	5.00	-0.02	5.50	-0.02	0.00

LS	Chrysene		BkF		Benzo(a)pyrene		BPe		IP	
	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	0.07	0.01	0.04	0.00	0.08	0.01	0.06	0.01	-0.02	0.00
0.52	0.09	0.04	-0.02	0.00	-0.02	0.01	-0.02	0.01	-0.02	0.00
1.00	0.11	0.10	-0.02	0.00	0.03	0.02	-0.02	0.01	-0.02	0.00
1.98	0.02	0.12	-0.02	0.00	-0.02	0.02	-0.02	0.01	-0.02	0.00
2.96	0.02	0.14	-0.02	0.00	-0.02	0.02	-0.02	0.01	-0.02	0.00
4.86	-0.02	0.14	-0.02	0.00	-0.02	0.02	-0.02	0.01	-0.02	0.00
9.96	-0.02	0.14	-0.02	0.00	-0.02	0.02	-0.02	0.01	-0.02	0.00
20	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
40	0.02	0.40	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
60	-0.02	0.40	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
80	-0.02	0.40	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
100	-0.02	0.40	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
100	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
200	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00

\*\* interferentie van de matrix

## METSSELWERK GRANULAAT

LS	pH	EC uS/cm	Naphthalene **		Phenanthrene **		Anthracene		Fluoranthene		BaA	
			Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.15	9.44	8585.0	6.38	0.98	4.58	0.70	0.50	0.08	0.43	0.07	-0.20	0.00
0.50	10.11	3205.0	34.32	12.97	4.71	2.35	0.64	0.30	0.25	0.15	-0.20	0.00
1.04	10.28	1940.0	43.57	36.52	8.12	6.74	0.84	0.76	0.46	0.40	-0.20	0.00
2.10	11.13	1295.0	62.14	101.9	9.83	17.07	1.21	2.03	0.98	1.43	-0.20	0.00
3.10	11.31	636.5	44.58	146.7	7.75	24.86	0.77	2.81	0.87	2.31	-0.20	0.00
5.10	10.70	490.5	2.14	150.9	0.73	26.31	0.03	2.88	0.90	4.11	-0.02	0.00
10.06	10.85	409.5	2.49	163.3	0.64	29.46	0.05	3.12	1.11	9.59	-0.02	0.00
20	10.91	534.5	2.98	59.50	0.26	5.10	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
40	10.18	265.0	0.29	65.20	0.11	7.30	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
60	10.42	190.0	0.56	76.50	0.28	12.90	0.05	1.00	0.34	6.80	0.12	2.40
80	11.12	166.3	0.65	89.50	0.21	17.00	-0.02	1.00	0.02	7.20	-0.02	2.40
100	11.13	140.5	0.57	100.8	0.23	21.60	-0.02	1.00	0.02	7.60	-0.02	2.40
100	7.13	1017.5	1.22	122.0	3.91	391.0	0.07	7.00	0.05	4.50	-0.02	0.00
200	4.04	947.5	0.45	166.5	0.35	425.5	-0.02	7.00	0.03	7.50	-0.02	0.00

LS	Chrysene		BkF		Benzo(a)pyrene		BPe		IP	
	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.15	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00
0.50	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00
1.04	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00
2.10	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00
3.10	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.20	0.00
5.10	0.04	0.08	-0.02	0.00	0.06	0.12	-0.02	0.00	-0.02	0.00
10.06	-0.02	0.08	-0.02	0.00	-0.02	0.12	-0.02	0.00	-0.02	0.00
20	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
40	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
60	0.09	1.80	0.06	1.20	0.16	3.20	0.16	3.20	0.11	2.20
80	-0.02	1.80	-0.02	1.20	-0.02	3.20	-0.02	3.20	0.02	2.60
100	-0.02	1.80	-0.02	1.20	-0.02	3.20	-0.02	3.20	-0.02	2.60
100	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
200	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00

\*\* interferentie van de matrix

## BETONGRANULAAT

LS	pH	EC uS/cm	Naphthalene **		Phenanthrene **		Anthracene **		Fluoranthene **		BaA	
			Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.11	11.86	9070.0	49.00	5.61	7.51	0.86	0.92	0.11	1.10	0.13	0.02	
0.52	11.73	7630.0	26.29	16.32	12.52	5.96	5.84	2.49	8.46	2.15	0.89	
1.04	11.52	6620.0	19.58	26.38	17.45	14.92	1.44	3.22	3.58	5.41	0.27	1.03
2.07	12.66	5370.0	7.92	34.57	15.47	30.92	1.27	4.54	3.35	8.87	0.19	1.23
3.10	12.36	4170.0	17.15	52.24	10.90	42.15	1.05	5.63	2.37	11.32	0.31	1.55
5.59	12.39	3450.0	2.20	57.71	11.71	71.26	1.19	8.58	2.98	18.73	0.15	1.91
10.92	11.69	2280.0	3.94	78.74	13.84	145.1	0.97	13.77	3.21	35.87	0.12	2.55
20	11.09	1908.5	1.74	34.90	0.20	4.00	-0.02	0.00	0.04	0.80	0.05	1.00
40	11.21	1069.0	0.59	46.60	0.09	5.80	-0.02	0.00	-0.02	0.80	-0.02	1.00
60	11.44	759.5	0.55	57.60	0.07	7.10	-0.02	0.00	0.03	1.40	-0.02	1.00
80	11.43	880.5	0.54	68.40	0.12	9.40	-0.02	0.00	-0.02	1.40	-0.02	1.00
100	11.51	638.0	0.23	73.00	0.11	11.60	-0.02	0.00	-0.02	1.40	-0.02	1.00
100	6.81	1711.0	0.32	32.00	0.16	16.00	0.09	9.00	0.05	5.00	-0.02	0.00
200	4.16	5628.5	0.24	56.00	0.06	22.00	-0.02	9.00	-0.02	5.00	-0.02	0.00

LS	Chrysene		BkF		Benzo(a)pyrene		BPe		IP	
	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.11	0.14	0.02	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
0.52	0.12	0.07	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
1.04	0.10	0.12	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
2.07	0.11	0.23	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
3.10	0.05	0.28	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
5.59	0.09	0.51	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
10.92	0.10	1.02	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
20	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
40	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
60	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
80	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
100	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
100	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
200	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00

\*\* interferentie van de matrix



## ZEEFZAND

LS	pH	EC uS/cm	Naphthalene **		Phenanthrene		Anthracene		Fluoranthene		BaA	
			Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.16	7.48	859	0.38	0.06	0.42	0.07	0.03	0.00	0.11	0.02	0.08	0.01
0.57	7.57	4185	0.32	0.19	0.10	0.11	-0.02	0.00	0.07	0.04	0.05	0.03
1.10	7.65	2625	0.35	0.37	0.09	0.15	-0.02	0.00	0.03	0.06	0.02	0.04
2.14	8.37	2300	7.49	8.20	2.22	2.47	0.22	0.23	0.13	0.20	-0.02	0.04
3.14	8.54	2195	0.13	8.33	0.13	2.60	-0.02	0.23	0.04	0.23	-0.02	0.04
5.12	7.60	2150	0.29	8.91	0.08	2.75	0.02	0.27	-0.02	0.23	-0.02	0.04
9.98	7.90	1247	0.84	13.01	0.12	3.32	-0.02	0.27	0.06	0.50	0.03	0.19

LS	Chrysene		BkF		Benzo(a)pyrene		BPe		IP	
	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.16	0.08	0.01	0.05	0.01	0.22	0.04	0.36	0.06	0.15	0.02
0.57	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.06	0.20	0.14	0.13	0.08
1.10	0.02	0.04	-0.02	0.02	0.03	0.07	0.08	0.18	0.03	0.09
2.14	-0.02	0.04	-0.02	0.02	-0.02	0.07	-0.02	0.18	-0.02	0.09
3.14	-0.02	0.04	-0.02	0.02	-0.02	0.07	0.02	0.20	-0.02	0.09
5.12	-0.02	0.04	-0.02	0.02	-0.02	0.07	-0.02	0.20	-0.02	0.09
9.98	0.03	0.18	0.02	0.12	0.07	0.39	0.13	0.83	0.08	0.48

\*\* interferentie van de matrix

## ASFALT (gering teer)

LS	pH	EC uS/cm	Naphthalene **		Phenanthrene		Anthracene		Fluoranthene		BaA	
			Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	6.40	241.0	1.84	0.18	0.72	0.07	0.07	0.01	1.14	0.11	0.10	0.01
0.46	6.12	194.0	3.36	1.40	0.24	0.16	-0.10	0.01	0.32	0.23	-0.10	0.01
0.85	6.41	135.0	0.96	1.77	0.20	0.23	-0.02	0.01	-0.02	0.23	-0.10	0.01
1.84	6.07	104.4	1.23	2.99	-0.02	0.23	-0.02	0.01	0.13	0.35	0.03	0.04
2.85	6.19	80.5	1.85	4.87	0.04	0.28	-0.02	0.01	0.11	0.46	-0.02	0.04
4.62	5.89	71.9	1.94	8.30	0.04	0.35	-0.02	0.01	-0.02	0.46	-0.02	0.04
9.68	5.90	38.7	0.65	11.60	0.04	0.57	-0.02	0.01	-0.02	0.46	-0.02	0.04
20	4.41	53.1	0.73	14.60	0.07	1.30	-0.02	0.00	-0.02	0.00	0.02	0.40
40	5.06	45.9	0.61	26.80	0.08	2.90	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.40
60	5.59	42.8	0.79	42.50	0.12	5.20	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.40
80	5.62	48.3	0.19	46.20	0.36	12.40	-0.02	0.00	0.04	0.70	-0.02	0.40
100	5.61	47.7	0.12	48.50	-0.02	12.40	-0.02	0.00	-0.02	0.70	-0.02	0.40

LS	Chrysene		BkF		Benzo(a)pyrene		BPe		IP	
	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00
0.46	0.16	0.06	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00
0.85	-0.10	0.06	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
1.84	0.03	0.09	-0.02	0.00	0.05	0.05	-0.02	0.00	-0.02	0.00
2.85	0.08	0.17	-0.02	0.00	-0.02	0.05	-0.02	0.00	-0.02	0.00
4.62	-0.02	0.17	-0.02	0.00	-0.02	0.05	-0.02	0.00	-0.02	0.00
9.68	-0.02	0.17	-0.02	0.00	-0.02	0.05	-0.02	0.00	-0.02	0.00
20	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
40	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
60	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
80	0.03	0.60	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
100	-0.02	0.60	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00

\*\* interferentie van de matrix in het HPLC-chromatogram

## ASFALT MET TEER

LS	pH	EC uS/cm	Naphthalene		Phenanthrene		Anthracene		Fluoranthene		BaA	
			Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.11	7.37	326.5	137.79	15.50	90.09	10.14	9.36	1.05	8.22	0.92	-2.00	0.00
0.53	7.23	171.1	327.44	152.2	68.57	38.76	10.57	5.46	-2.00	0.92	-2.00	0.00
1.00	7.37	104.8	418.74	350.9	116.79	94.18	13.54	11.89	14.91	8.00	-2.00	0.00
2.07	8.63	85.7	343.58	715.3	120.01	221.5	15.20	28.00	8.79	17.32	-2.00	0.00
3.11	8.82	78.9	218.22	942.2	92.88	318.0	8.95	37.32	6.75	24.34	-2.00	0.00
5.16	7.33	76.1	170.05	1291.7	94.44	512.1	8.87	55.56	9.91	44.71	-2.00	0.00
10.29	7.43	73.1	157.32	2097.9	61.25	826.0	9.70	105.3	7.88	85.08	-2.00	0.00
20	9.14	60.1	297.66	5953.2	85.99	1719.7	5.40	107.9	-2.00	0.00	-2.00	0.00
40	8.74	62.4	198.06	9914.3	43.11	2581.8	2.08	149.4	-2.00	0.00	-2.00	0.00
60	9.20	61.4	113.00	12174	24.38	3069.5	1.37	176.7	-2.00	0.00	-2.00	0.00
80	9.91	60.3	77.94	13733	7.06	3210.7	0.33	183.3	-2.00	0.00	-2.00	0.00
100	10.11	61.1	2.84	13790	17.12	3553.1	0.66	196.5	-2.00	0.00	-2.00	0.00

LS	Chrysene		BkF		Benzo(a)pyrene		BPe		IP	
	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.11	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00
0.53	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00
1.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00
2.07	2.41	2.56	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00
3.11	-2.00	2.56	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00
5.16	-2.00	2.56	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00
10.29	-2.00	2.56	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00
20	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00
40	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00
60	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00
80	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00
100	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00	-2.00	0.00

## STRAALGRIT

LS	pH	EC uS/cm	Naphthalene **		Phenanthrene **		Anthracene		Fluoranthene		BaA	
			Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	6.85	17045	5.72	0.57	1.05	0.10	-0.10	0.00	6.97	0.69	-0.10	0.00
0.51	5.90	2655	3.60	2.03	0.59	0.35	-0.10	0.00	4.43	2.49	-0.10	0.00
1.01	5.83	995	2.63	3.36	0.49	0.59	-0.02	0.00	-0.02	2.49	-0.02	0.00
2.00	5.78	526.5	0.48	3.84	0.09	0.69	-0.02	0.00	-0.02	2.49	-0.02	0.00
2.97	5.99	301	2.12	5.89	0.43	1.10	-0.02	0.00	-0.02	2.49	-0.02	0.00
5.00	5.93	211	0.69	7.30	0.05	1.20	-0.02	0.00	0.67	3.85	-0.02	0.00
9.85	6.12	100	0.43	9.37	0.41	3.19	-0.02	0.00	-0.02	3.85	-0.02	0.00
20	7.06	366.0	3.86	77.20	0.34	6.70	-0.02	0.00	0.21	4.20	0.07	1.40
40	7.55	147.6	3.66	150.3	0.16	9.80	0.02	0.40	0.17	7.60	-0.02	1.40
60	7.50	179.3	2.27	195.6	0.09	11.50	0.02	0.80	-0.05	7.60	-0.02	1.40
80	7.77	148.3	0.94	214.3	0.10	13.40	-0.02	0.80	-0.05	7.60	-0.02	1.40
100	7.72	123.8	0.15	217.4	0.03	14.00	-0.02	0.80	-0.05	7.60	-0.02	1.40
100	7.05	91.6	0.08	8.00	0.10	10.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
200	4.02	761.0	0.38	46.00	0.15	25.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00

LS	Chrysene		BkF		Benzo(a)pyrene		BPe		IP	
	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00
0.51	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00
1.01	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
2.00	0.05	0.05	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
2.97	-0.02	0.05	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
5.00	0.10	0.26	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
9.85	0.05	0.51	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
20	0.07	1.40	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
40	0.06	2.60	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
60	0.13	5.10	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
80	-0.02	5.10	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
100	-0.02	5.10	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
100	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
200	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00

\*\* interferentie van de matrix

## VLIEGAS

LS	pH	EC uS/cm	Naphthalene **		Phenanthrene		Anthracene		Fluoranthene		BaA	
			Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	11.54	8340	1.49	0.15	0.64	0.07	-0.05	0.00	1.91	0.19	0.26	0.03
0.48	11.51	8545	0.80	0.46	0.28	0.17	-0.05	0.00	0.49	0.38	-0.05	0.03
0.95	11.52	7765	0.47	0.68	0.08	0.21	-0.05	0.00	0.66	0.69	-0.05	0.03
1.98	11.49	6225	0.48	1.17	0.06	0.27	-0.05	0.00	0.16	0.85	-0.05	0.03
2.98	11.53	4190	0.46	1.62	0.05	0.32	-0.05	0.00	0.16	1.01	-0.05	0.03
4.96	11.32	2775	0.70	3.01	0.09	0.49	-0.05	0.00	0.02	1.05	-0.05	0.03
9.97	11.38	1485	0.66	6.32	0.07	0.84	-0.05	0.00	0.05	1.30	-0.05	0.03
20	11.52	7065	0.84	16.70	0.11	2.20	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
40	11.15	1110	0.81	32.90	-0.02	2.20	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
60	10.72	406.5	0.56	44.00	0.05	3.10	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
80	10.58	324.5	0.26	49.10	0.04	3.90	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
100	10.60	331.0	0.47	58.40	0.11	6.10	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
100	8.12	2370.0	0.19	19.00	0.12	11.50	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
200	3.80	1017.0	0.24	43.00	0.05	16.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00

LS	Chrysene		BkF		Benzo(a)pyrene		BPe		IP	
	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	0.46	0.05	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
0.48	0.08	0.08	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
0.95	0.13	0.14	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
1.98	-0.05	0.14	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
2.98	-0.05	0.14	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
4.96	-0.05	0.14	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
9.97	-0.05	0.14	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
20	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
40	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
60	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
80	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
100	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
100	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00
200	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00	-0.05	0.00

\*\* = interferentie van de matrix

## AVI-BODEMAS

LS	pH	EC uS/cm	Naphthalene **		Phenanthrene **		Anthracene **		Fluoranthene		BaA	
			Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	7.59	4385	0.14	0.01	0.31	0.03	-0.02	0.00	0.06	0.01	0.06	0.01
0.50	7.79	2560	0.11	0.06	0.04	0.05	-0.02	0.00	0.09	0.04	-0.02	0.01
1.02	7.83	1620	0.18	0.15	0.04	0.07	-0.02	0.00	0.03	0.06	-0.02	0.01
2.09	8.63	1145	0.40	0.58	1.56	1.73	0.24	0.26	0.25	0.32	-0.02	0.01
3.10	8.99	670	0.16	0.74	0.24	1.98	0.02	0.28	-0.02	0.32	-0.02	0.01
5.11	8.38	2229	0.38	1.50	0.39	2.76	0.05	0.37	0.09	0.51	-0.02	0.01
10.14	8.69	114.6	0.30	3.03	0.08	3.17	-0.02	0.37	-0.02	0.51	-0.02	0.01
20	9.07	346.0	1.19	23.9	1.37	27.4	0.09	1.70	0.07	1.40	-0.02	0.00
40	8.71	127.9	0.43	32.4	0.52	37.7	0.06	2.80	-0.02	1.40	-0.02	0.00
60	9.26	93.9	0.37	39.7	0.57	49.0	0.09	4.60	-0.02	1.40	-0.02	0.00
80	9.98	77.8	0.39	47.4	0.23	53.5	0.03	5.20	0.05	2.40	-0.02	0.00
100	9.75	77.5	0.28	53.0	0.32	59.9	0.02	5.60	-0.02	2.40	-0.02	0.00
100	7.34	286.2	0.40	40.0	0.05	5.0	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
200	4.49	1153	0.28	68.0	0.06	11.0	-0.02	0.00	0.18	18.0	-0.02	0.00

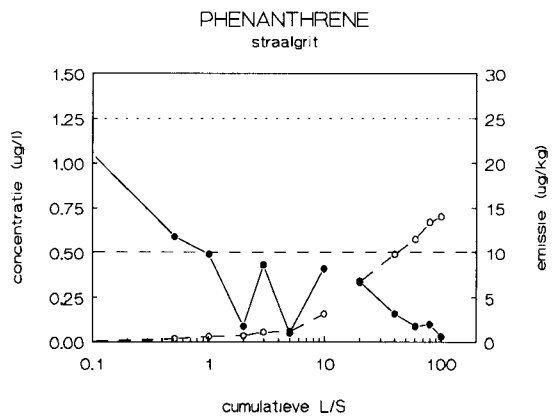
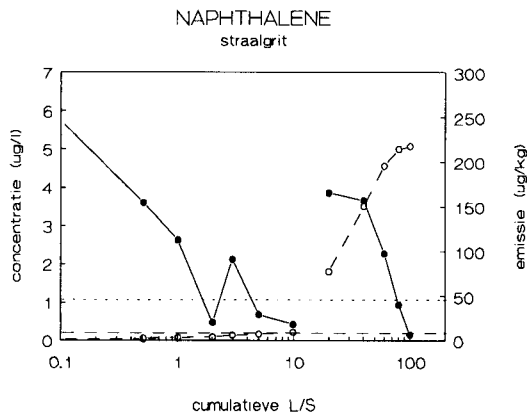
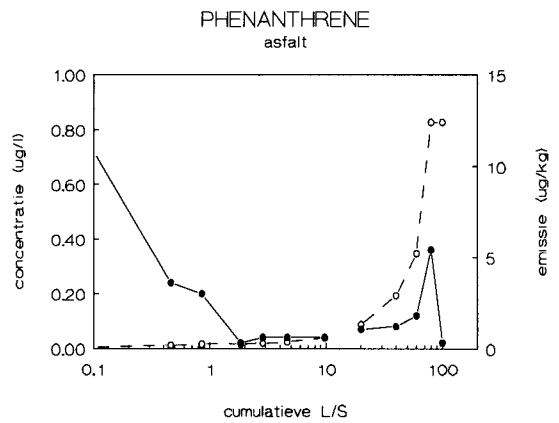
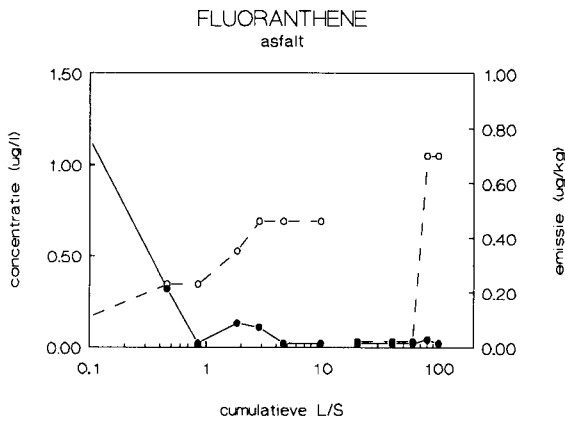
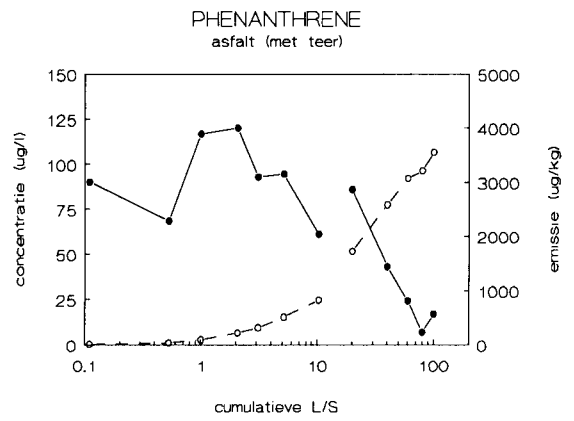
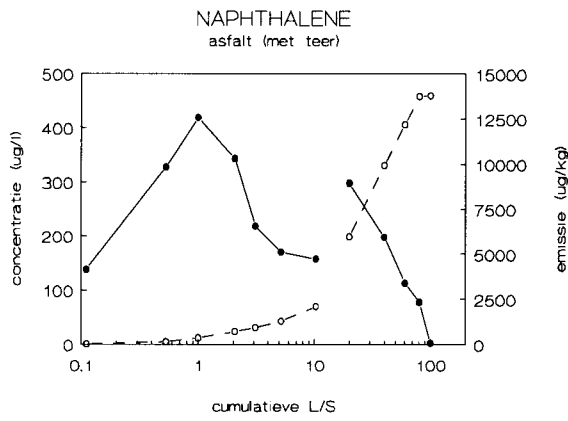
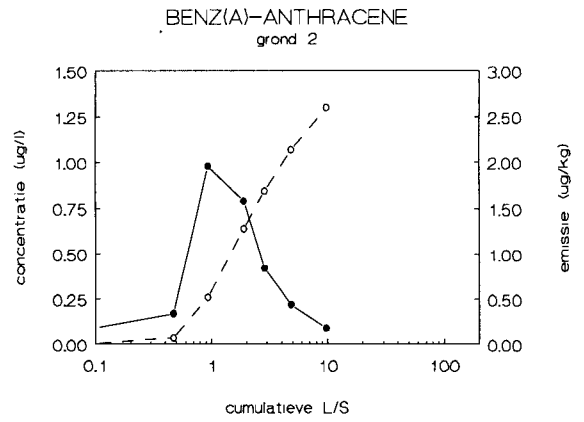
LS	Chrysene		BkF		Benzo(a)pyrene		BPe		IP	
	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg	Conc. ug/l	Cum.em. ug/kg
0.10	0.07	0.01	0.03	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
0.50	-0.02	0.01	0.05	0.02	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
1.02	-0.02	0.01	-0.02	0.02	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
2.09	-0.02	0.01	-0.02	0.02	0.06	0.06	-0.02	0.00	-0.02	0.00
3.10	-0.02	0.01	-0.02	0.02	-0.02	0.06	-0.02	0.00	-0.02	0.00
5.11	-0.02	0.01	-0.02	0.02	-0.02	0.06	-0.02	0.00	-0.02	0.00
10.14	-0.02	0.01	-0.02	0.02	-0.02	0.06	-0.02	0.00	-0.02	0.00
20	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
40	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
60	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
80	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
100	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
100	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00
200	0.03	3.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00

\*\* interferentie van de matrix

**Bijlage 2 Grafische presentatie van de concentratie en emissie PAK per materiaal in de drie uitloogproeven.**

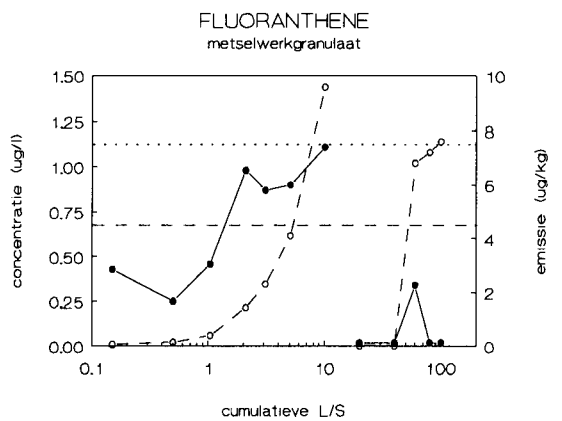
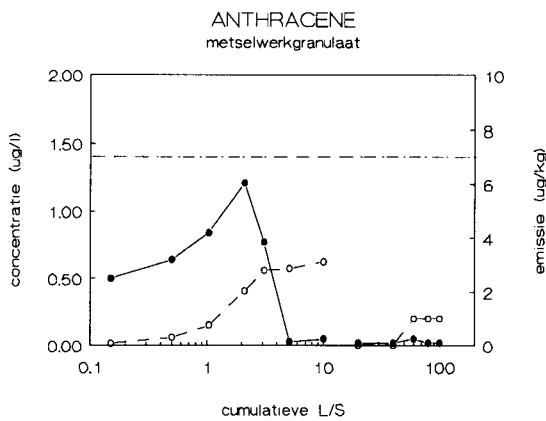
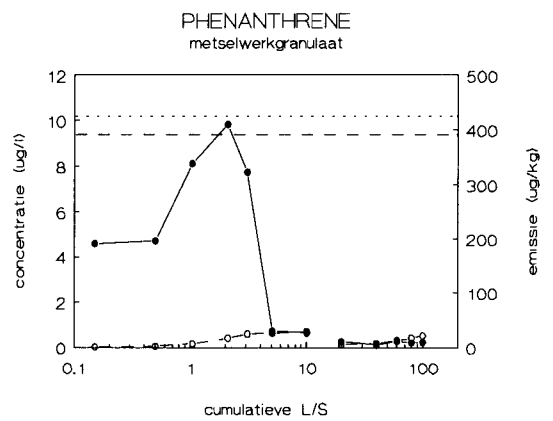
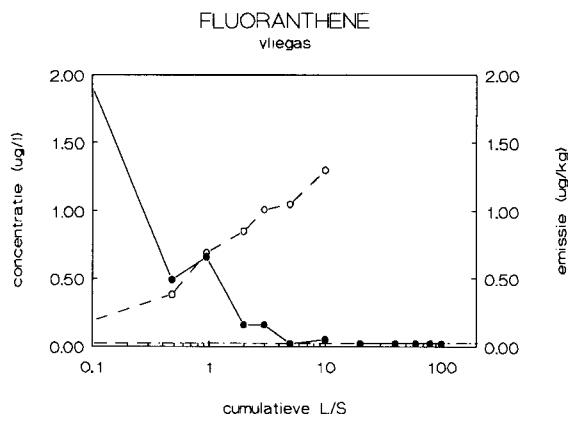
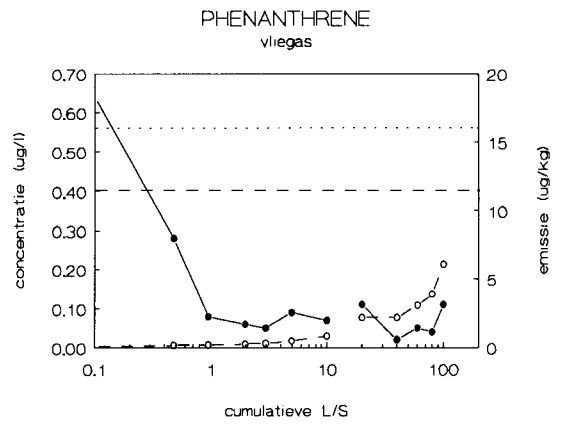
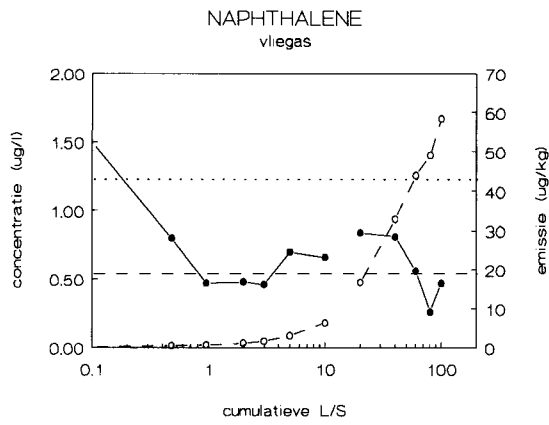
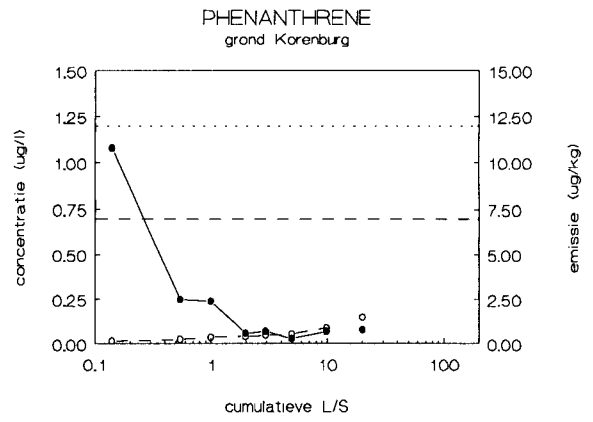
Op basis van het aantal concentraties boven de detectiegrens is een selectie gemaakt van PAK en materialen. Diverse PAK concentraties lagen namelijk onder de detectiegrens respectievelijk in slechts één fractie boven de detectiegrens. Deze PAK zijn niet gepresenteerd.

- ● — concentratie
- ○ — cumulatieve emissie
- - - - roerproef stap 1 (pH7)
- ..... roerproef stap 2 (pH4)

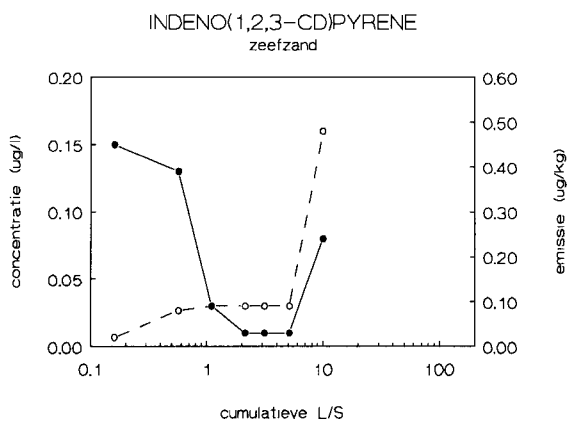
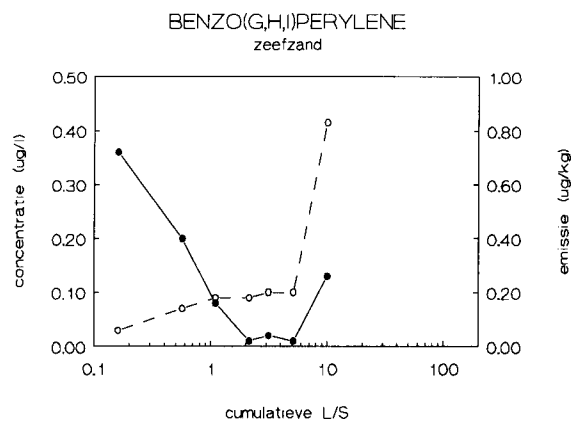
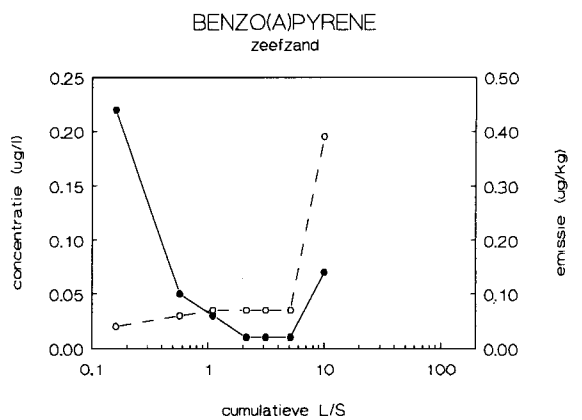
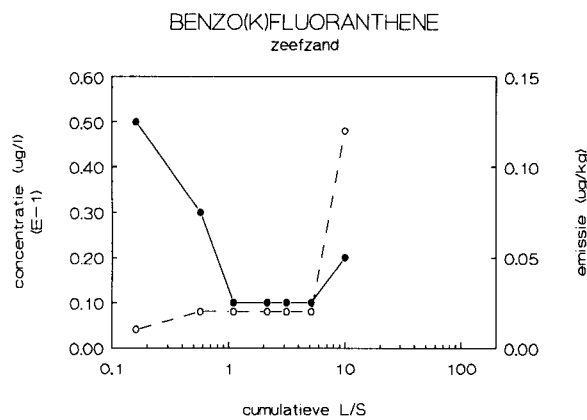
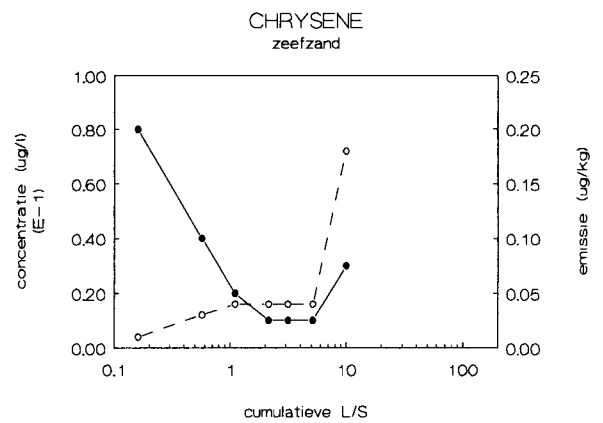
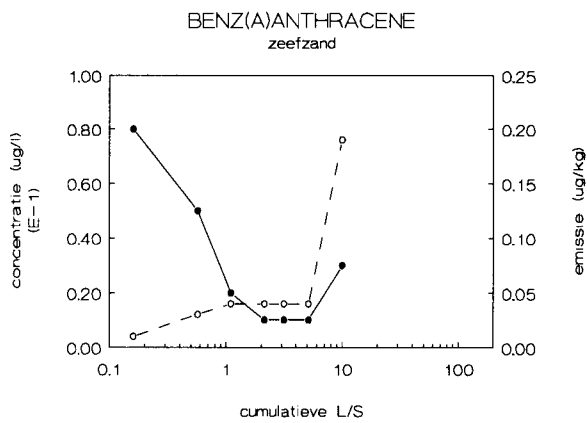
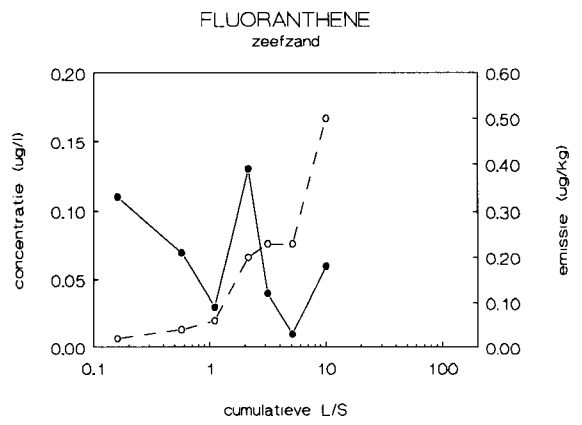




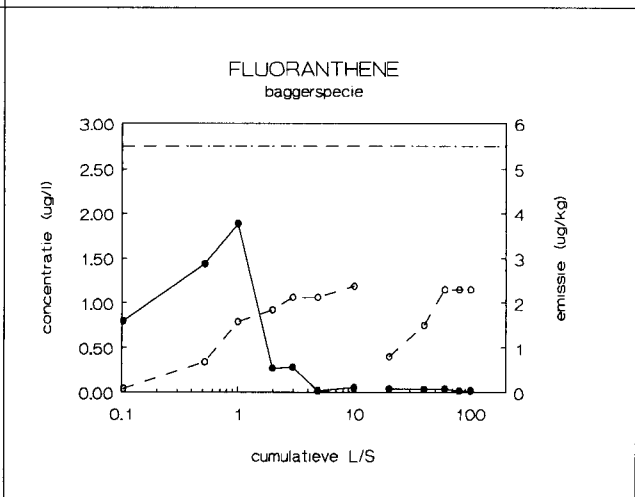
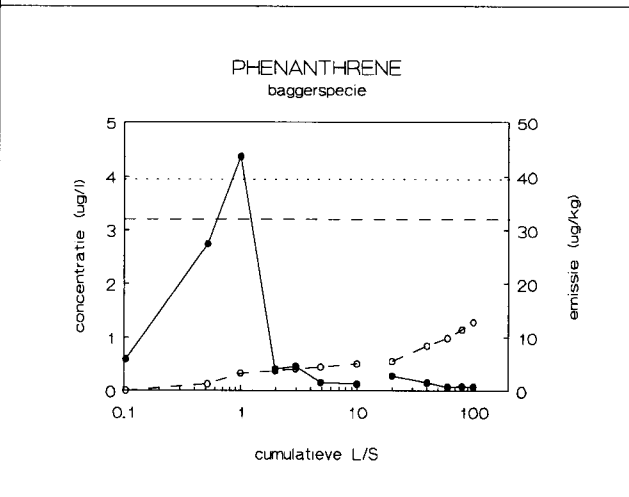
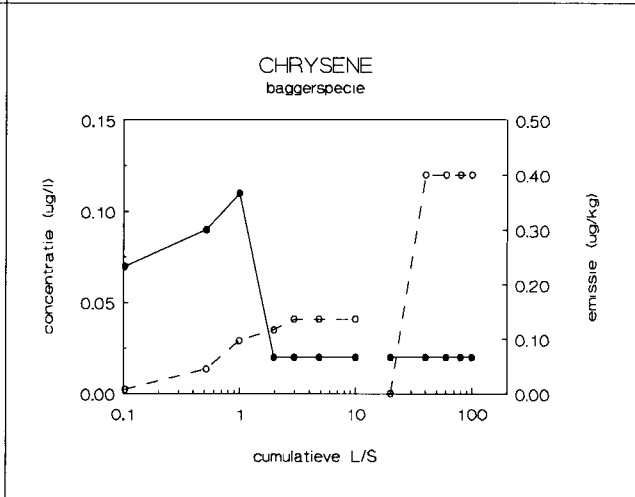
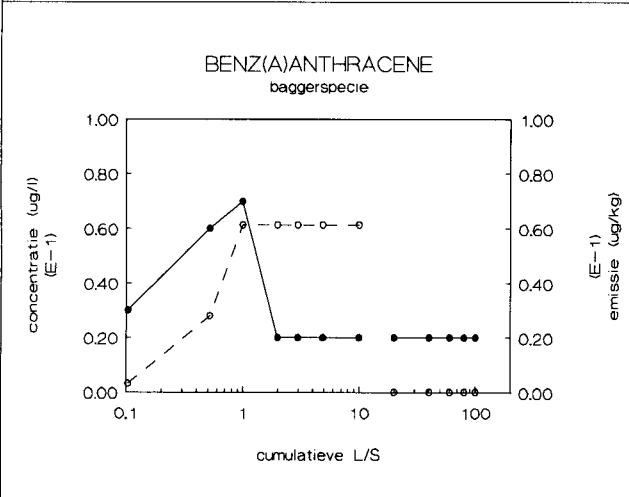
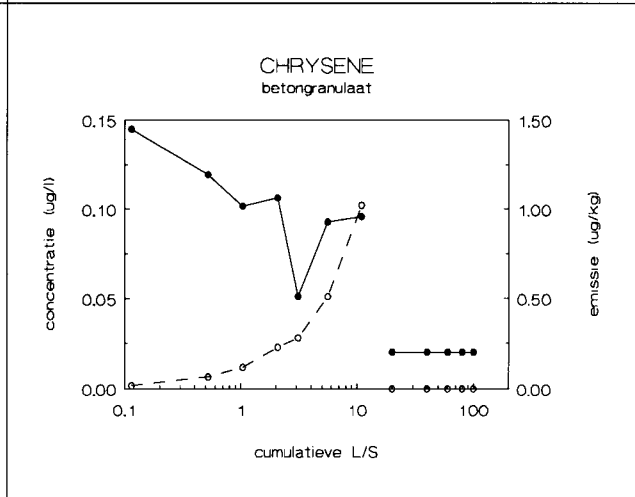
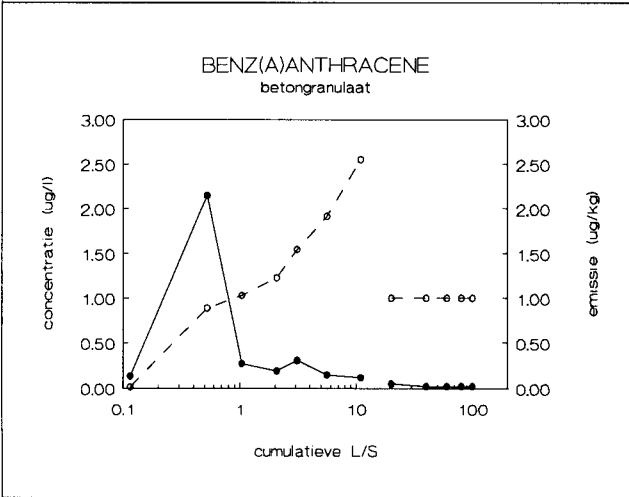
- ● — concentratie
- ○ — cumulatieve emissie
- - - - roerproef stap 1 (pH7)
- ..... roerproef stap 2 (pH4)



— ● — concentratie  
 — ○ — cumulatieve emissie

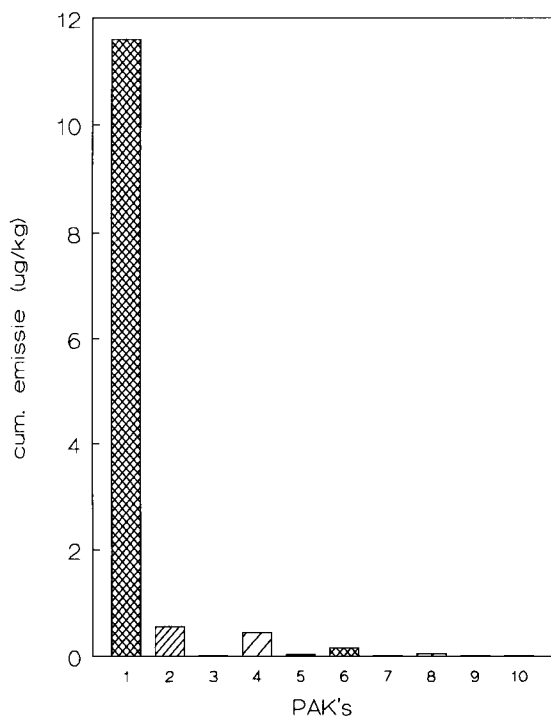


- ● — concentratie
- ○ — cumulatieve emissie
- roerproef stap 1 (pH7)
- ..... roerproef stap 2 (pH4)

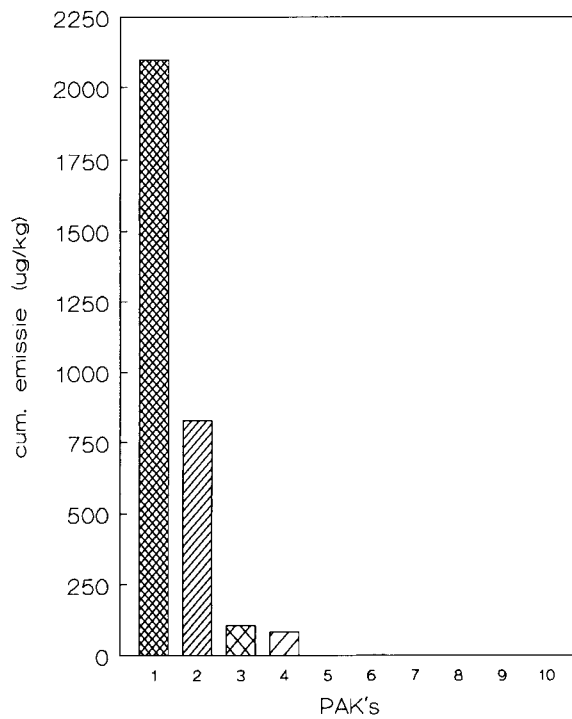


**Bijlage 3 PAK profiel van de emissie uit de bouwmaterialen en afvalstoffen.**

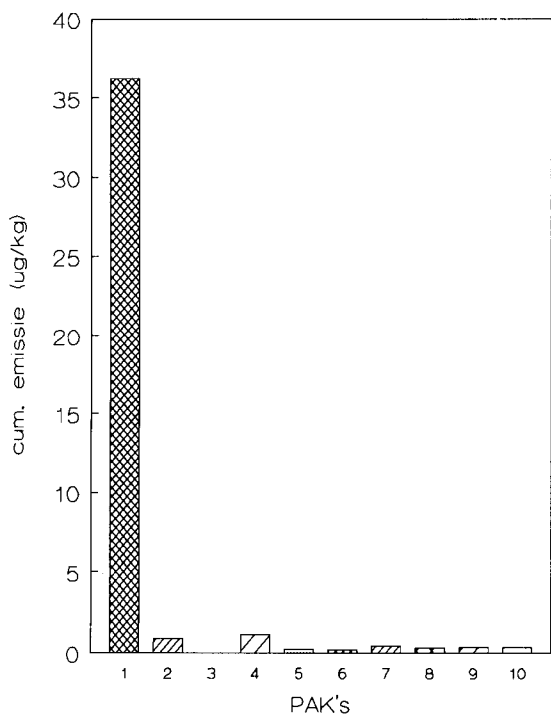
ASFALT  
cum. emissie bij L/S=10



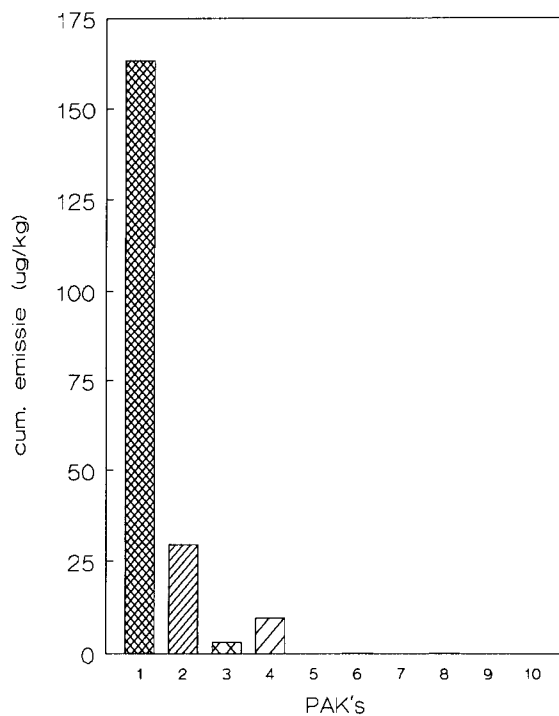
ASFALT (met teer)  
cum. emissie bij L/S=10



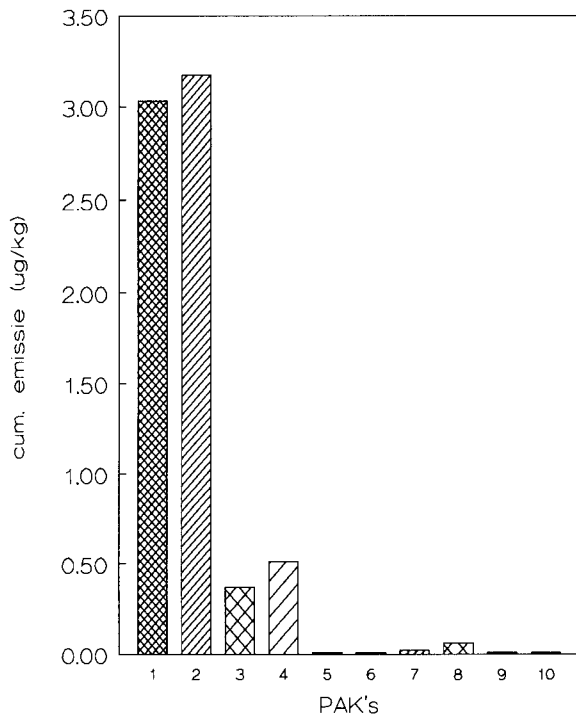
GROND KORENBURG  
cum. emissie bij L/S=10



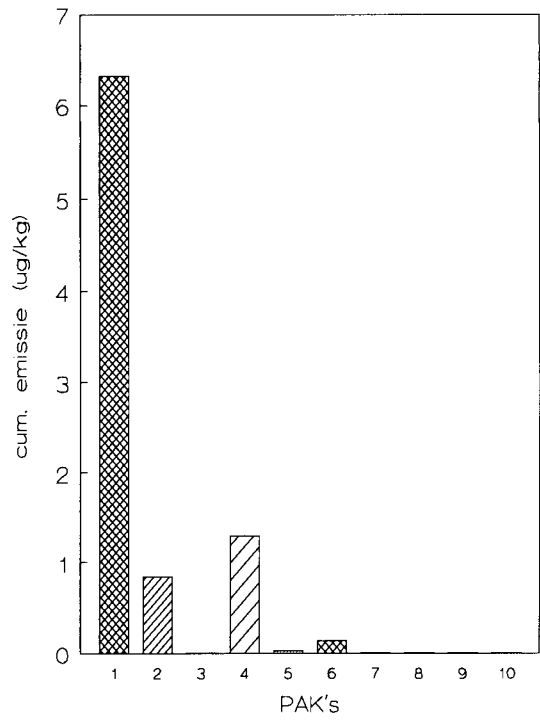
METSELWERKGRANULAAT  
cum. emissie bij L/S=10



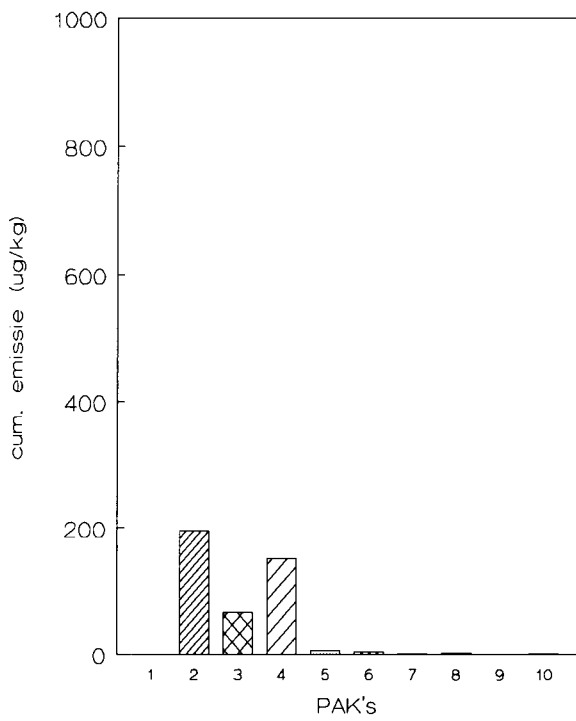
AVI-BODEMAS  
cum. emissie bij L/S=10



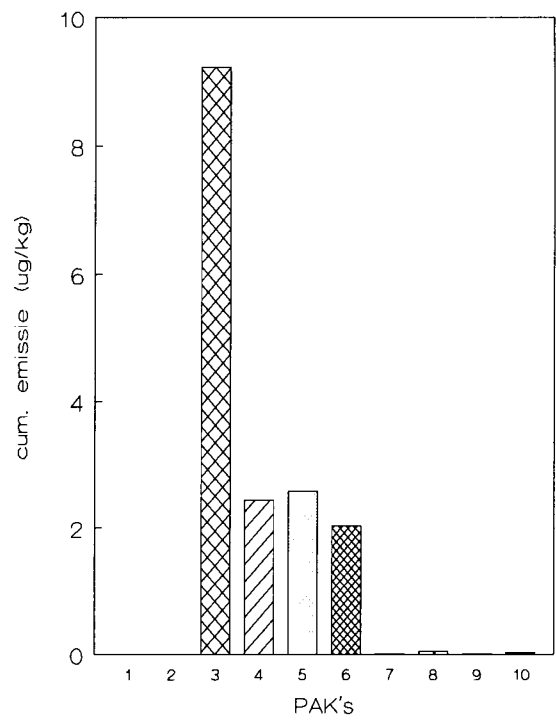
VLIEGAS  
cum. emissie bij L/S=10



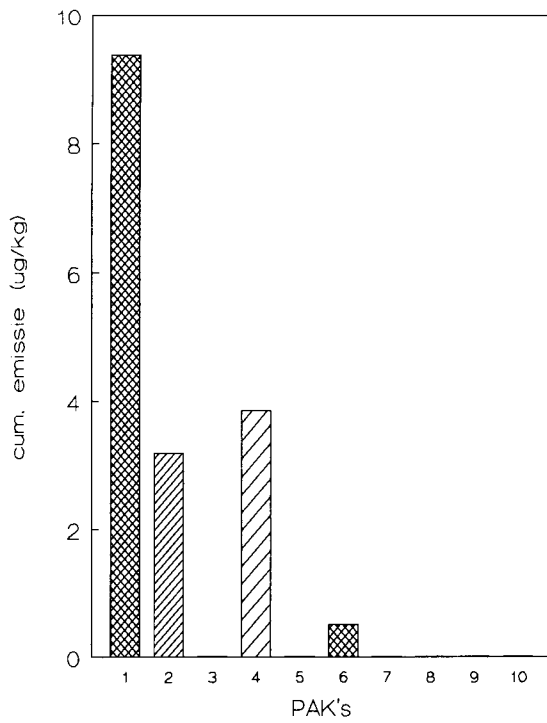
VERONTREINIGDE GROND 1  
cum. emissie bij L/S=10



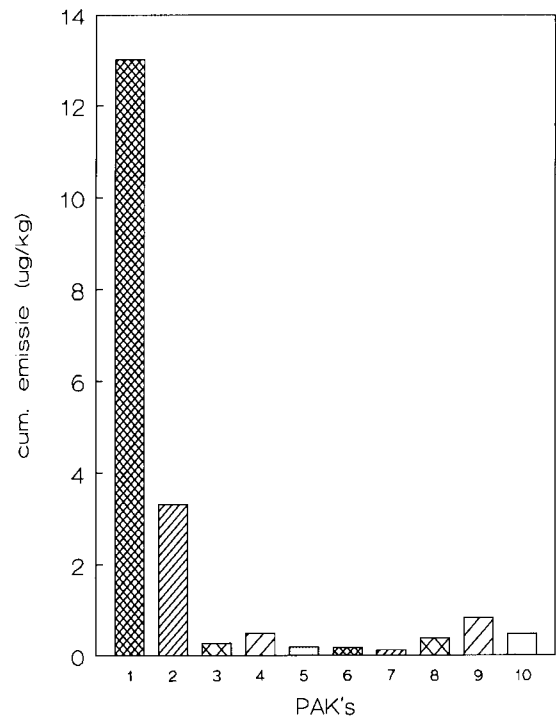
VERONTREINIGDE GROND 2  
cum. emissie bij L/S=10



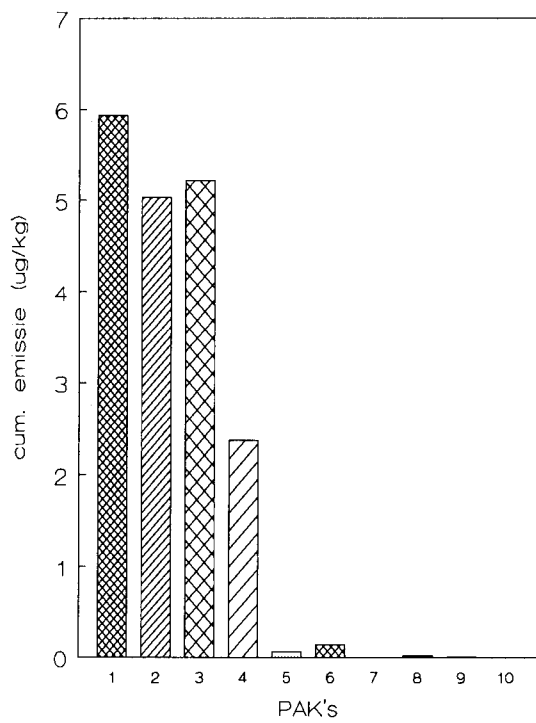
STRAALGRIT  
cum. emissie bij L/S=10



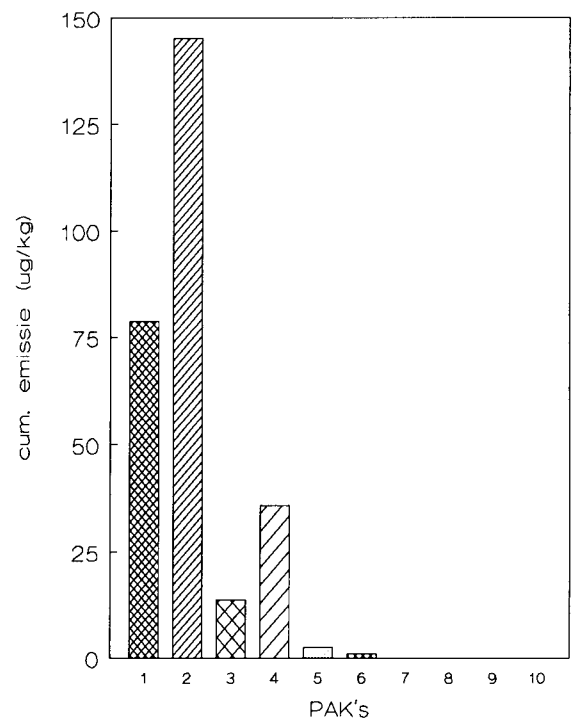
ZEEFZAND  
cum. emissie bij L/S=10



BAGGERSPECIE  
cum. emissie bij L/S=10



BETONGRANULAAT  
cum. emissie bij L/S=10



#### Bijlage 4      Streefwaarden, grenswaarden en B-waarden (\*10)

PAK	Streefwaarde *10 grondwater <sup>1</sup>	Grenswaarde *10 oppervlaktewater <sup>2</sup>	B-waarde *10 grondwater <sup>3</sup>
Naftaleen	1	1	70
Fenantreen	0.2	0.2	20
Antraceen	0.2	0.2	20
Fluoranteen	0.05	0.7	10
Benzo(a)antraceen	0.02	0.08	5
Chryseen	0.02	0.08	5
Benzo(k)fluoranteen	0.01	0.2	5
Benzo(a)pyreen	0.01	0.05	2
Benzo(ghi)peryleen	0.002	0.04	10
Indeno(123cd)pyreen	0.004	0.04	5

**BOVENSTAANDE WAARDEN ZIJN VERMENIGVULDIGD MET 10 !** Hierdoor is het mogelijk om de emissie (LS=10) te vergelijken met bovenstaande waarden, i.p.v. dat de concentratie tijdens kolomproef wordt vergeleken met de streef-, grens- of B-waarde.

PAK	Streefwaarde grond <sup>1</sup> (µg/kg)
Naftaleen	15
Fenantreen	45
Antraceen	50
Fluoranteen	15
Benzo(a)antraceen	20
Chryseen	20
Benzo(k)fluoranteen	25
Benzo(a)pyreen	25
Benzo(ghi)peryleen	20
Indeno(123cd)pyreen	25

<sup>2</sup> Beleidsstandpunt notitie milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water (MILBOWA), Ministerie van VROM, 05-02-1992

<sup>3</sup> Leidraad Bodembescherming, SDU 's Gravenhage, ISBN 901204403, 1990