



memo

Luchtnormen voor PAK's

Dit memo geeft uitleg over de luchtnormen voor polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en de toetsing van PAK-mengsels op leefniveau (immissieconcentratie). PAK's en PAK-mengsels zijn Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS), het beleid voor deze stoffen is gericht op het minimaliseren van deze stoffen in de leefomgeving. Voorafgaand aan de onderstaande uitleg moet worden opgemerkt dat het RIVM bevoegde gezagen niet kan voorschrijven hoe de risico's moeten worden beoordeeld. Het advies hieronder is een technisch-inhoudelijk advies van het RIVM en heeft geen juridische status. Het bevoegd gezag heeft de eindverantwoordelijkheid bij het interpreteren en toetsen van emissies en immissies.

1. Aanleiding

Op de RIVM website Risico's van Stoffen (rvs.rivm.nl) staat bij polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) de Europese luchtkwaliteitsnorm als MTR voor PAK's vermeld. Deze is 1 ng/m^3 , gemeten als benzo[a]pyreen (BaP). In verband met specifieke emissies vragen bevoegde gezagen met enige regelmaat om luchtnormen voor individuele PAK's. Ook komen er vragen binnen bij het RIVM over de toetsing van specifieke PAK-mengsels. In dit memo beschrijven we hiervoor een werkwijze.

Let op! MTR's (Maximaal Toelaatbare Risiconiveaus) zijn afgeleid voor het toetsen van de *immissie* van stoffen op leefniveau. Ze zijn niet geschikt voor toetsing van de emissie uit de schoorsteen of andere emissiebron als direct aan deze bron geen blootstelling van de bevolking plaatsvindt. Voor emissies op bronniveau gelden andere grenswaarden, deze volgen uit de algemene regels of uit de vergunning van een bedrijf.

2. Achtergrond Europese norm voor PAK's

Binnen Europa staat in Richtlijn 2004/107/EG (Artikel 3, lid 1) dat benzo(a)pyreen (BaP) dient te worden gebruikt als marker voor het carcinogene risico van PAK's in de lucht. Daarom staat in bijlage I van deze richtlijn een streefwaarde¹ van 1 ng BaP/m³ vermeld, gemeten als jaargemiddelde concentratie in de PM10-fractie.

In de praktijk betekent dit dat een PAK-mengsel in de omgevingslucht (immissieconcentratie) aan de norm voldoet, als de jaargemiddelde concentratie BaP in de PM10-fractie lager is dan 1 ng/m³.

De streefwaarde in Richtlijn 2004/107/EG is gebaseerd op epidemiologische studies waarbij mensen zijn blootgesteld aan PAK-mengsels als gevolg van coke-oven emissies. De additionele kankerrisico's van die PAK-mengsels zijn berekend, waarbij BaP als marker is gebruikt. Levenslange blootstelling aan PAK-mengsels met 1 ng BaP/m³ levert een additioneel kankerrisico van 1 op 10⁴. De norm van 1 ng/m³ is dus geen norm voor BaP, maar BaP dient als maat voor het PAK-mengsel. Volgens het wetenschappelijk advies dat ten grondslag ligt aan de streefwaarde in Richtlijn 2004/107/EG is BaP geschikt als marker, omdat BaP in studies met PAK-mengsels met andere samenstelling en herkomst dan coke-oven emissies een vergelijkbare bijdrage aan de carcinogeniteit bleek te leveren als in studies met coke-oven emissies (zie Bijlage 1 voor een nadere toelichting).

In Richtlijn 2004/107/EG is wel opgenomen dat de representativiteit van BaP als carcinogeniteits-marker gemonitord en geëvalueerd moet worden (door respectievelijk de Lidstaten en de Europese Commissie), met uiterlijk eind 2010 rapportage hierover door de Europese Commissie. Het lijkt er echter op dat deze evaluatie niet heeft plaatsgevonden; het RIVM heeft het ministerie van IenW gevraagd om bij de Europese Commissie na te gaan wat de status van deze evaluatie is. Feit is in ieder geval dat onder Richtlijn 2004/107/EG de streefwaarde voor PAK's op dit moment nog exact is zoals oorspronkelijk afgeleid, dus op basis van BaP als (enige) marker voor PAK-mengsels.

¹ EU-streefwaarde: een niveau dat is vastgesteld met het doel om schadelijke gevolgen voor de menselijke gezondheid en/of het milieu als geheel te vermijden, te voorkomen of te verminderen en dat voor zover mogelijk binnen een bepaalde termijn moet worden bereikt. Een streefwaarde is op te vatten als een inspanningsverplichting. De EU-streefwaarde wordt in de Nederlandse wet een richtwaarde genoemd. Zie <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2014-0138B.pdf>

3. Nederlandse normen voor PAK's

Het additionele kankerrisico van 1 op 10^4 is gelijk aan het beleidsmatig geaccepteerde risiconiveau dat hoort bij het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) voor lucht². Daarom is ervoor gekozen om voor alle PAK's aan te sluiten bij de Europese luchtnorm (Smit en Janssen, 2014). Er geldt in Nederland een MTR van 1 ng BaP/m^3 voor het toetsen van de immissie van PAK-mengsels in de omgevingslucht. Op de RIVM website Risico's van Stoffen (www.rvs.nl) staat daarom bij PAK's deze MTR als luchtnorm vermeld. In navolging van de streefwaarde in Richtlijn 2004/107/EG is de aanname bij het MTR dat BaP in alle soorten PAK-mengsels op vergelijkbare wijze bijdraagt aan de carcinogeniteit.

4. Advisering toetsing van PAK-mengsels

Zoals hierboven aangegeven is de Europese streefwaarde voor PAK's nog onverkort geldig zoals oorspronkelijk afgeleid, dus op basis van BaP als marker voor PAK-mengsels in de omgevingslucht. Ervan uitgaand dat BaP daarvoor nog steeds een geschikte marker is (er is op dit moment geen evaluatie bekend die anders uitwijst), adviseert het RIVM om PAK-mengsels, ongeacht hun herkomst, te toetsen aan het MTR van 1 ng BaP/m^3 , gemeten als jaargemiddelde concentratie BaP in de PM10-fractie. Anders dan door het RIVM in eerdere antwoorden per e-mail in reactie op vragen van Omgevingsdiensten is aangegeven, volstaat voor toetsing de concentratie BaP en dient geen gebruik te worden gemaakt van relatieve potentiefactoren om concentraties van andere PAK's om te rekenen naar BaP.

Aandachtspunt bij het toetsen aan de streefwaarde van 1 ng BaP/m^3 is dat de detectie- en kwantificeringslimiet (respectievelijk LOD en LOQ) van de meetmethode laag genoeg zijn om de gemeten concentratie BaP (als maat voor het PAK-mengsel) met de norm te kunnen vergelijken (zie Bijlage 1 voor een nadere toelichting).

5. Omgaan met emissies van individuele PAK's

Als gevolg van specifieke industriële toepassingen kan er sprake zijn van emissies van één individuele PAK. We gaan niet in op de juridische vraag of de beoordeling van een individuele PAK-emissie mogelijk is in het licht van de Europese en nationale wetgeving voor PAK's.

Wanneer één individuele PAK gemeten wordt, kan deze getoetst worden aan het MTR voor de individuele stof. Zodra er sprake is van een mengsel, wordt het mengsel beoordeeld.

² Het beleidsmatig geaccepteerde risiconiveau voor oppervlaktewater en drinkwater is 1 op 10^6 per leven.

Er zijn echter voor heel weinig PAK's individuele MTR's voor lucht beschikbaar. Voor naftaleen is er geen MTR maar wel een Toelaatbare Concentratie in Lucht (TCL) van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ afgeleid (Dusseldorp en van Bruggen, 2007). Deze waarde is niet wettelijk vastgelegd, maar kan in een pragmatische werkwijze gebruikt worden om de individuele immissie van naftaleen te toetsen.

Wanneer de immissie van één individuele PAK moet worden getoetst waarvoor geen MTR beschikbaar is, kan het bevoegd gezag een verzoek indienen bij het RIVM om een indicatief MTR af te leiden.

Samenvatting

Als meerdere PAK's worden geëmitteerd en er dus sprake is van een PAK-mengsel, dient het mengsel te worden getoetst aan het MTR van $1 \text{ ng BaP}/\text{m}^3$ voor het mengsel. Aandachtspunt bij het toetsen van deze MTR is dat metingen representatief zijn voor de jaargemiddelde concentratie BaP in de PM10 fractie op leefniveau, zowel voor de duur van de metingen (jaargemiddelde equivalent) als de detectiegrens.

Als BaP wordt aangetoond in een concentratie $>1 \text{ ng}/\text{m}^3$: het additionele kankerrisico van het totale PAK-mengsel is groter dan 1 op 10^4 per leven en ligt daarmee boven het MTR.

Als BaP wordt aangetoond in een concentratie $\leq 1 \text{ ng}/\text{m}^3$, óf als BaP niet aantoonbaar is, maar de aantoonbaarheidsgrens is $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ of lager: het additionele kankerrisico van het totale PAK-mengsel is kleiner of gelijk aan 1 op 10^4 per leven en ligt daarmee op of onder het MTR.

Als BaP niet aantoonbaar is en de aantoonbaarheidsgrens ligt boven $1 \text{ ng}/\text{m}^3$: er moet over een langere periode en/of met een gevoeliger methode gemeten worden.

Als één individuele PAK wordt geëmitteerd en er geen sprake is van een PAK-mengsel, kan de individuele stof worden getoetst aan het MTR voor die stof.

Bijlage 1. Achtergrondinformatie over PAK's en de Europese luchtnorm

Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) zijn organische stoffen die bestaan uit twee of meer benzeenringen. PAK's ontstaan bij verbrandingsprocessen als organische verbindingen hoog worden verhit. De vrijkomende PAK's vormen een complex mengsel van meer dan 200 verschillende stoffen (ATSDR, 2002), waarvan benzo[a]pyreen (BaP) de bekendste en meest onderzochte is.

Van PAK's is sinds lang bekend dat ze kankerverwekkend kunnen zijn. Het agentschap voor kankeronderzoek van de Wereldgezondheidsorganisatie (IARC) concludeerde dat BaP een bewezen humaan carcinogeen is. Voor 13 andere PAK's is de kankerverwekkende werking aangetoond in proefdieren, terwijl er voor 16 verdere PAK's beperkt bewijs is voor een kankerverwekkende werking in proefdieren. Ook voor diverse mengsels van PAK's zijn er proefdiergegevens die een kankerverwekkende werking laten zien. Voor blootstelling aan PAK's uit teerproducten in diverse beroepen (bijvoorbeeld dakbedekking en wegenbouw) is de kankerverwekkende werking bewezen (IARC, 2010, 2012). In de epidemiologische studies in populaties met arbeidsblootstelling aan PAK-mengsels was longkanker het meest voorkomende effect. In sommige studies werd ook kanker in andere organen gevonden (nieren, blaas, keel, scrotum en huid). In proefdieren zijn tal van verschillende tumorsoorten gevonden na toediening van individuele PAK's of PAK-mengsels.¹

Onderbouwing van de Europese luchtnorm voor PAK's

Binnen Europa staat in Richtlijn 2004/107/EG (Artikel 3, lid 1) dat benzo(a)pyreen (BaP) dient te worden gebruikt als marker voor het carcinogene risico van PAK's in de lucht. Daarom staat in bijlage I van deze richtlijn een streefwaarde² van 1 ng BaP/m³ vermeld, gemeten als jaargemiddelde concentratie in de PM10-fractie.

In de praktijk betekent dit dat een PAK-mengsel in de omgevingslucht aan de norm voldoet, als de jaargemiddelde concentratie BaP in de PM10-fractie lager is dan 1 ng/m³.

Wetenschappelijk advies van de WHO

De Europese PAK-norm is gebaseerd op een wetenschappelijk advies dat in 2001 is opgesteld door een werkgroep van deskundigen (EC, 2001). Belangrijke uitgangspunten voor de werkgroep waren de adviezen van de Wereld Gezondheidsorganisatie over luchtkwaliteit in Europa (WHO, 1987; 2000) en een rapport van het Zweedse Milieubescherming Agentschap over PAK's en luchtkwaliteit (Boström et al., 2002). Het WHO advies voor PAK's gaat uit van het risico op luchtwegkanker bij werknemers in de coke-oven industrie die blootgesteld zijn geweest aan vluchtige

¹ De tekst van deze paragraaf is ontleend aan Mennen et al. (2021)

² EU-streefwaarde: een niveau dat is vastgesteld met het doel om schadelijke gevolgen voor de menselijke gezondheid en/of het milieu als geheel te vermijden, te voorkomen of te verminderen en dat voor zover mogelijk binnen een bepaalde termijn moet worden bereikt. Een streefwaarde is op te vatten als een inspanningsverplichting. De EU-streefwaarde wordt in de Nederlandse wet een richtwaarde genoemd. Zie <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2014-0138B.pdf>

bestanddelen van koolteerpek, geadsorbeerd aan deeltjes in de lucht. Deze bestanddelen worden ook wel aangeduid als 'benzene-soluble organic material'. Dit 'benzene-soluble organic material' bevat voornamelijk 4-7 ring PAK's. Deze vertegenwoordigen de meerderheid van de carcinogene PAK's in de emissies van coke-ovens en soortgelijke verbrandingsprocessen.

In de vertaalslag naar een luchtkwaliteitsadvies, heeft de WHO vervolgens gekeken wat een geschikte indicator zou kunnen zijn voor de vele carcinogene PAK's in de omgevingslucht. Op basis van de destijds beschikbare kennis en gegevens is gekozen voor BaP. Uitgedrukt als BaP, berekende de WHO een 'unit risk' voor sterfte aan luchtwegkanker van $8,7 \times 10^{-5}$ per ng/m^3 voor de carcinogene PAK-fractie in de omgevingslucht (zie voor nadere uitleg de box hieronder). Dit wil zeggen dat iets minder dan 10 per 100 000 blootgestelde mensen kunnen overlijden aan kanker van de luchtwegen als gevolg van levenslange blootstelling aan omgevingslucht met een gemiddeld gehalte van $1 \text{ ng BaP}/\text{m}^3$ gemengd met alle andere carcinogene PAK's.

De US EPA heeft in 1984 het kankerrisico bepaald van het zogenoemde 'benzene-soluble organic material' in coke-oven emissies.

Voor deze benzeen-oplosbare fractie van coke-oven emissies in de omgevingslucht bedroeg de unit risk (= risico per dosis eenheid bij levenslange blootstelling) voor sterfte aan luchtwegkanker $6,2 \times 10^{-4}$ per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (US EPA, 1984).

De WHO is vervolgens uitgegaan van een gehalte van 0,71% BaP in 'benzene-soluble coke-oven emissions', dus $0,0071 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Uitgedrukt als BaP is de unit risk dan $8,7 \times 10^{-2}$ per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($6,2 \times 10^{-4} / 0,0071$), oftewel $8,7 \times 10^{-5}$ per ng/m^3 (WHO, 1987, 2000).

Carcinogeniteit door 4-7 ring PAK's

Het zijn dus voornamelijk de 4-7 ring PAK's die de carcinogene fractie van de PAK's in emissies van coke-ovens en soortgelijke verbrandingsprocessen vormen. BaP is daar een heel klein deel van, het overgrote deel (>99%) betreft andere 4-7 ring PAK's. Voor zover daar gegevens over zijn, is de carcinogene potentie van deze PAK's meestal lager dan die van BaP, maar er zijn er ook een paar die potenter zijn. In gemeten mengsels komen deze over het algemeen echter in lagere concentraties voor dan BaP, waardoor hun bijdrage aan het totale carcinogene risico van het PAK-mengsel waarschijnlijk vrij beperkt is.

De 4-7 ring PAK's zijn in de omgevingslucht vooral gebonden aan deeltjes. Een klein deel ervan kan ook voorkomen als damp, dit is afhankelijk van de temperatuur. In de omgevingslucht komen ook 2-3 ring PAK's voor, voornamelijk in de dampfase. Deze vluchtige PAK's komen vaak in hogere concentraties voor dan BaP en andere 4-7 ring PAK's, maar hebben over het algemeen een veel lagere carcinogene potentie dan BaP of zijn mogelijk helemaal niet kankerverwekkend.

Vergelijking met andere mengsels

De EU-werkgroep van deskundigen bekeek ook andere studies waarin werkers in een industriële omgeving aan PAK-mengsels waren blootgesteld. Hoewel die mengsels een verschillende samenstelling hadden, waren de kankerrisico's op basis van BaP vergelijkbaar met wat

de WHO had berekend. Dit ondersteunde de aanname dat BaP op dezelfde manier bijdraagt aan het kankerrisico van PAK-mengsels, ongeacht de herkomst. Dit bleek ook uit andere onderzoeken naar de bijdrage van BaP en een aantal andere geselecteerde PAK's (deeltjesgebonden en dampvormig) aan de totale carcinogeniteit van PAK-mengsels uit verschillende blootstellingsbronnen, waaronder omgevingslucht en industriële emissies. Dit overtuigde de werkgroep dat BaP kan worden gebruikt als marker om het kankerrisico van PAK-mengsels in de omgevingslucht te bepalen.

Risicoschatting op basis van BaP

De door de WHO berekende unit risk van $8,7 \times 10^{-5}$ per ng BaP/m³ is gebruikt om de concentraties BaP te schatten die leiden tot additionele kankerrisico's van 1 op 10⁴, 1 op 10⁵ en 1 op 10⁶. Hieruit komen BaP-concentraties van respectievelijk 1,2, 0,12 en 0,012 ng/m³.

De werkgroep heeft deze afgerond naar respectievelijk 1, 0,1 en 0,01 ng BaP/m³.

De waarde van 1 ng/m³ is vervolgens opgenomen in de Europese richtlijn. De EU-streefwaarde betekent dat er een uitspraak gedaan kan worden over het kankerrisico van het totale PAK-mengsel in de omgevingslucht, door BaP als maat voor het PAK-mengsel te nemen en de gemeten concentratie BaP in de omgevingslucht te toetsen aan de norm van 1 ng/m³. Bij levenslange blootstelling aan omgevingslucht die gemiddeld 1 ng BaP/m³ bevat, tezamen met alle andere carcinogene PAK's daarin, is het sterfterisico aan luchtwegkanker ongeveer 1 op 10 000 blootgestelden.

Evaluatie van BaP als marker

Op aanbeveling van de werkgroep is in Richtlijn 2004/107/EG opgenomen dat er naast BaP ook regelmatig een bredere selectie van PAK's gemonitord moet worden in de omgevingslucht. Dit betreft metingen van in ieder geval benzo[a]antracene (4-ring), benzo[b]fluoranteen, benzo[j]fluoranteen, benzo[k]fluoranteen en dibenzo[a,h]antracene (5-rings), en indeno[1,2,3-cd]pyreen (6-ring). De aanbeveling om ook fluoranteen (4-ring) te meten is niet in de richtlijn terecht gekomen. De intentie van de Europese Commissie was om op basis van de bevindingen van deze bredere monitoring uiterlijk eind 2010 te evalueren of BaP nog steeds de meest geschikte marker is voor 'heersende' PAK-mengsels in de omgevingslucht. Deze evaluatie heeft voor zover wij kunnen nagaan niet plaatsgevonden, en tot op heden is de streefwaarde voor PAK's dus nog onverkort geldig zoals oorspronkelijk afgeleid.

Toepassing als Nederlandse luchtnorm

Het Nederlandse Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau voor lucht (MTR_{lucht}) is de concentratie die hoort bij een additioneel kankerrisico van 1 op 10⁴ per leven. De EU-streefwaarde van 1 ng/m³ (uitgedrukt als BaP) is gebaseerd op dit additionele kankerrisico. Daarom geldt in Nederland een MTR van 1 ng/m³ voor het toetsen van de immisatie van PAK-mengsels in de omgevingslucht, gemeten als jaargemiddelde concentratie BaP in de PM10-fractie.

In lijn met de afleiding van de EU-streefwaarde is de aanname daarbij dat BaP in alle soorten PAK-mengsels op vergelijkbare wijze bijdraagt aan de carcinogeniteit. In de praktijk is dit namelijk niet goed vast te stellen, omdat van geen enkel PAK-mengsel de volledige samenstelling bekend is. Zo weten we van de coke-oven emissies waarop de streefwaarde is gebaseerd wel dat de carcinogene fractie voor het overgrote deel bestaat

uit andere 4-7 ring PAK's dan BaP, maar niet welke 4-7 ring PAK's dat precies zijn en in welke hoeveelheden/verhoudingen ze voorkomen. Bij het toetsen van PAK-mengsels in het kader van vergunningverlening is daar wel iets meer zicht op, maar nog steeds niet volledig. In de praktijk wordt namelijk altijd maar een heel klein aantal van de in emissies/omgevingslucht aanwezige PAK's gemeten (bijvoorbeeld alleen de EPA-PAK16 of de VROM-PAK10).

Het MTR van 1 ng/m^3 geldt dus voor alle mengsels van PAK's, ongeacht de herkomst. Aandachtspunt bij het toetsen aan deze MTR is dat de aantoonbaarheidsgrens van de meetmethode laag genoeg is om de gemeten concentratie BaP (als maat voor het PAK-mengsel) met de norm te kunnen vergelijken (zie kader).

Als meerdere PAK's worden geëmitteerd en er dus sprake is van een PAK-mengsel, dient het mengsel te worden getoetst aan het MTR van 1 ng BaP/m^3 voor het mengsel. Aandachtspunt bij het toetsen van deze MTR is dat metingen representatief zijn voor de jaargemiddelde concentratie BaP in de PM10 fractie op leefniveau, zowel voor de duur van de metingen (jaargemiddelde equivalent als de detectiegrens).

Als BaP wordt aangetoond in een concentratie $>1 \text{ ng/m}^3$: het additionele kankerrisico van het totale PAK-mengsel is groter dan 1 op 10^4 per leven en ligt daarmee boven het MTR.

Als BaP wordt aangetoond in een concentratie $\leq 1 \text{ ng/m}^3$, óf als BaP niet aantoonbaar is, maar de aantoonbaarheidsgrens is 1 ng/m^3 of lager: het additionele kankerrisico van het totale PAK-mengsel is kleiner of gelijk aan 1 op 10^4 per leven en ligt daarmee op of onder het MTR.

Als BaP niet aantoonbaar is en de aantoonbaarheidsgrens ligt boven 1 ng/m^3 : er moet over een langere periode en/of met een gevoeliger methode gemeten worden.

Aanvullende toetsing van vluchtige PAK's

Het MTR voor PAK-mengsels is gebaseerd op BaP als marker voor de carcinogene PAK's; dit zijn voornamelijk deeltjesgebonden 4-7 ring PAK's. Omdat de PAK's als groep zijn opgenomen in de POP-verordening, zijn niet alleen de deeltjesgebonden, maar ook de vluchtige PAK's aangemerkt als Zeer Zorgwekkende Stof (ZZS) in Nederland. Voor vluchtige PAK's (voornamelijk 2-3 rings) zijn echter veel minder aanwijzingen voor (genotoxische) carcinogeniteit dan voor de deeltjesgebonden PAK's. Van de (semi-)vluchtige PAK's (zie Tabel 1), is naftaleen bijvoorbeeld de enige met een geharmoniseerde classificatie voor carcinogeniteit (in categorie 2; beperkt bewijs, meestal op basis van diergegevens). Op basis van gegevens in het REACH-registratiedossier is deze stof niet genotoxisch of reproductietoxisch. De beschikbare gegevens voor fenantreen, antraceen en pyreen wijzen volgens US EPA niet op carcinogeniteit (US EPA, 2010). Op basis van gegevens in het REACH registratiedossier is antraceen inderdaad niet carcinogeen of genotoxisch. Voor acenaftyleen, acenafteen, fluoreen, fluoranteen, fenantreen, indeen, 2-methylnaftaleen en pyreen is er geen REACH-registratiedossier beschikbaar, of is het registratiedossier zeer beperkt en bevat geen informatie over genotoxiciteit en carcinogeniteit, noch over reproductietoxiciteit.

Vooralsnog zijn de aanwijzingen dat de vluchtige PAK's carcinogeen zijn, of zelfs genotoxisch carcinogeen, veel minder robuust dan voor de deeltjesgebonden 4-7 ring PAK's. Op basis van de beschikbare gegevens zijn deze vluchtige PAK's, als ze al kankerverwekkend blijken, ook minder potent dan BaP. Dus ook al hebben de vluchtige PAK's een ZZS-status vanwege de POP-verordening, ze voldoen op individuele basis niet aan de ZZS-criteria voor carcinogeniteit, mutageniteit of reproductietoxiciteit (CMR Categorie 1). Ze dragen niet, of vanwege de lage potentie maar beperkt, bij aan het carcinogene risico van PAK's. In dat opzicht volstaat toetsing van PAK-mengsels aan het MTR op basis van BaP en is aanvullend toetsen van vluchtige PAK's niet nodig vanwege zorgen over carcinogeniteit.

Het kan zijn dat er aanleiding is om vanwege andere redenen dan carcinogeniteit aanvullend vluchtige PAK's te toetsen. Wanneer er bijvoorbeeld zorgen zijn vanwege relatief hoge concentraties vluchtige PAK's in combinatie met stankoverlast, is dat waarschijnlijk te wijten aan naftaleen. Deze stof heeft van de vluchtige PAK's de meest sterke geur. Voor naftaleen heeft het RIVM in 2007 een Toelaatbare Concentratie in Lucht (TCL) van 25 µg/m³ afgeleid, op een manier vergelijkbaar met een MTR afleiding. Lokale effecten op het neusslijmvlies en dus niet carcinogeniteit, waren het meest kritische effect (Dusseldorp & Van Bruggen, 2007). Deze waarde is (nog) niet officieel vastgesteld, maar kan gebruikt worden om een individuele immissie van naftaleen te toetsen en is ook beschermend voor het risico op carcinogeniteit.

Literatuur

Achten C, Anderson JT. 2015. Overview of Polycyclic Aromatic Compounds (PAC). Polycyclic Aromatic Compounds, 35:2-4, 177-186, DOI: 10.1080/10406638.2014.994071

ATSDR (2002). Toxicological profile for wood creosote, coal tar creosote, coal tar, coal tar pitch and coal tar pitch volatiles. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. September 2002. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp85.pdf>

Boström et al. (2002). Cancer Risk Assessment, Indicators, and Guidelines for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Ambient Air. Environ Health Perspect 110(suppl 3):451-489. <https://doi.org/10.1289/ehp.110-1241197>

Dusseldorp A, van Bruggen M (2007). Gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu, een update. RIVM rapport 609021043/2007. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/609021043.pdf>

EC (2001). Ambient air pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH). Position Paper. Prepared by the Working Group On Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. [Ambient air pollution by PAH \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/health/air/pah/)
[Ambient air pollution by PAH - Annexes \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/health/air/pah/)

EC (2005). Richtlijn 2004/107/EG van het Europees Parlement en de Raad van 15 december 2004 betreffende arseen, cadmium, kwik, nikkel en polycyclische aromatische koolwaterstoffen in de lucht. [EUR-Lex - 32004L0107 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/lexuri-uri.do?uri=CELEX:32004L0107:EN)

IARC (2010). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans - Volume 92. Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures.
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol92/mono92.pdf>

IARC (2012a). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans - Volume 100F. Chemical Agents and Related Occupations.
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F.pdf>

Mennen et al. (2021). Depositieonderzoek IJmond 2020 Monstername, analyse en risicobeoordeling van PAK en metalen in neergedaald stof binnen- en buitenshuis in de IJmondregio. RIVM Briefrapport nr. 2021-0110.
<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2021-0110.pdf>

Smit CE, Janssen MPM (2014). Luchtnormen voor Zeer Zorgwekkende Stoffen. Herziening van milieukwaliteitsnormen. RIVM Briefrapport nr. 2014-0039.
<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2014-0039.pdf>

US EPA (1984). Carcinogen Assessment of Coke Oven Emissions. Final Report. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA-600/6-82-003F.
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/30000WL4.PDF?Dockkey=30000WL4.PDF>

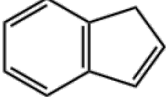
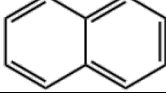
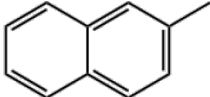
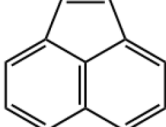
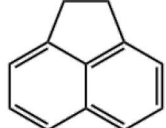
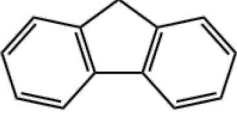
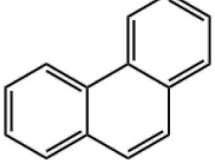
US EPA (2010). Development of a Relative Potency Factor (RPF) Approach for Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Mixtures (External Review Draft, Suspended). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/635/R-08/012A.
http://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/recordisplay.cfm?deid=194584

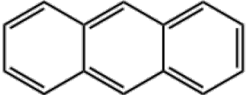
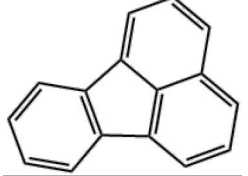
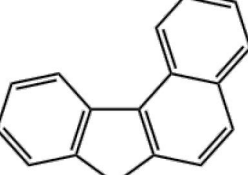
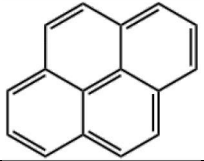
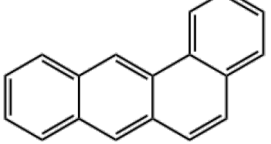
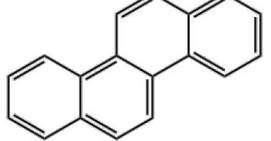
US EPA (2017). Toxicological Review of Benzo[a]pyrene – [CASRN 50-32-8]. Integrated Risk Information System, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/635/R-17/003Fa.
<https://iris.epa.gov/static/pdfs/0136tr.pdf>

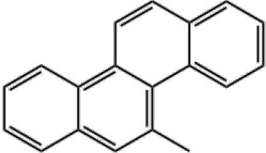
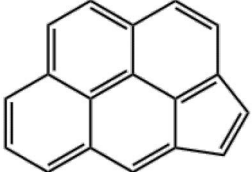
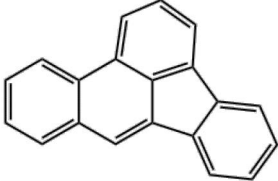
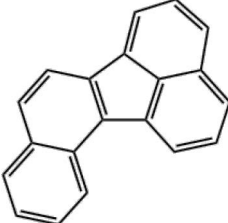
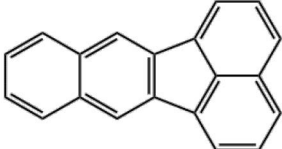
WHO (1987). Air quality guidelines for Europe. WHO regional publications, European series no.23. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107364>

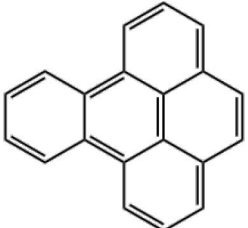
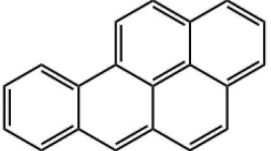
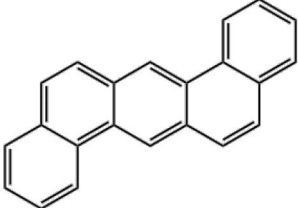
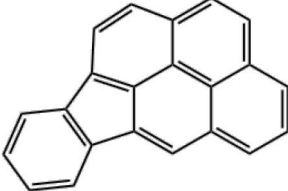
WHO (2000). Air quality guidelines for Europe, 2nd ed. WHO Regional Publications, European Series no.91.
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/107335>

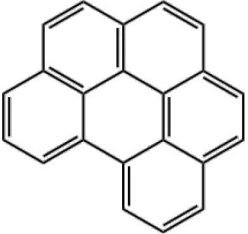
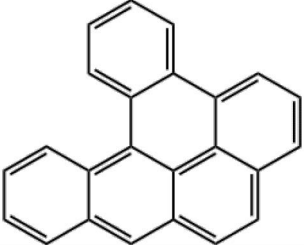
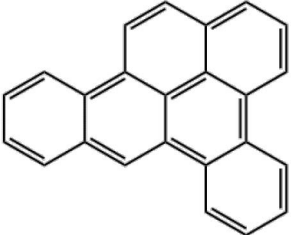
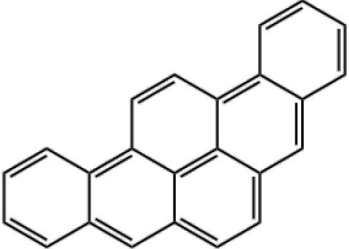
Tabel 1. Overzicht van PAK's met CAS-nummers, structuurformule en opname in meetpakketten. Indeling naar vluchtigheid deels gebaseerd op Boström et al. (2002). Dampspanning afkomstig uit Achten en Anderson (2015).

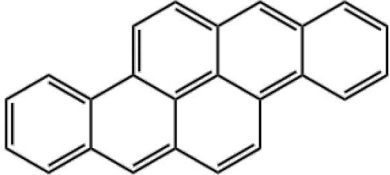
Stof	CAS nummer	Structuur	EPA-PAK16	VROM-PAK10	EU-PAK16	Aantal ringen	Vluchtig/gebonden	Dampspanning [Pa]
Indeen	95-13-6					2	vluchtig	147
Naftaleen	91-20-3		X	X		2	vluchtig	11
2-Methylnaftaleen	91-57-6					2	vluchtig	7,3
Acenaftyleen	208-96-8		X			3	vluchtig	0,9
Acenafteen	83-32-9		X			3	vluchtig	0,3
Fluoreen	86-73-7		X			3	vluchtig	0,08
Fenantreen	85-01-8		X	X		3	vluchtig	0,02

Stof	CAS nummer	Structuur	EPA-PAK16	VROM-PAK10	EU-PAK16	Aantal ringen	Vluchtig/gebonden	Dampspanning [Pa]
Antraceen	120-12-7		X	X		3	vluchtig	0,0011
Fluoranteen	206-44-0		X	x		4	vluchtig	0,0012
Benzo[c]fluoreen	205-12-9				X	4	gebonden	6,2x10 ⁻⁴
Pyreen	129-00-0		X			4	semi-vluchtig	6,0 x 10 ⁻⁴
Benz[a]antraceen	56-55-3		X	X	X	4	gebonden	2,8 x 10 ⁻⁵
Chryseen	218-01-9		X	X	X	4	gebonden	8,3x10 ⁻⁷

Stof	CAS nummer	Structuur	EPA-PAK16	VROM-PAK10	EU-PAK16	Aantal ringen	Vluchtig/gebonden	Dampspanning [Pa]
5-Methylchryseen	3697-24-3				X	4	gebonden	$3,4 \times 10^{-5}$
Cyclopenta[c,d]pyreen	27208-37-3				X	5	gebonden	$6,1 \times 10^{-5}$
Benzo[b]fluoranteen	205-99-2		X		X	5	gebonden	$6,7 \times 10^{-5}$
Benzo[j]fluoranteen	205-82-3				X	5	gebonden	$3,5 \times 10^{-6}$
Benzo[k]fluoranteen	207-08-9		X	X	X	5	gebonden	$1,1 \times 10^{78}$

Stof	CAS nummer	Structuur	EPA-PAK16	VROM-PAK10	EU-PAK16	Aantal ringen	Vluchtig/gebonden	Dampspanning [Pa]
Benzo[e]pyreen	192-97-2					5	gebonden	$2,6 \times 10^{-6}$
Benzo[a]pyreen	50-32-8		X	X	X	5	gebonden	$1,0 \times 10^{-4}$
Dibenzo[a,h]antraceen	53-70-3		X		X	5	gebonden	$1,3 \times 10^{-8}$
Indeno[1,2,3-c,d]pyreen	193-39-5		X	X	X	6	gebonden	$1,7 \times 10^{-8}$

Stof	CAS nummer	Structuur	EPA-PAK16	VROM-PAK10	EU-PAK16	Aantal ringen	Vluchtig/gebonden	Dampspanning [Pa]
Benzo[g,h,i,]peryleen	191-24-2		X	X	X	6	gebonden	$1,3 \times 10^{-8}$
Dibenzo[a,l]pyreen	191-30-0				X	6	gebonden	$6,4 \times 10^{-8}$
Dibenzo[a,e]pyreen	192-65-4				X	6	gebonden	$6,4 \times 10^{-9}$
Dibenzo[a,i]pyreen	189-55-9				X	6	gebonden	$2,4 \times 10^{-9}$

Stof	CAS nummer	Structuur	EPA-PAK16	VROM-PAK10	EU-PAK16	Aantal ringen	Vluchtig/gebonden	Dampspanning [Pa]
Dibenzo[a,h]pyreen	189-64-0				X	6	gebonden	$8,5 \times 10^{-10}$