



# Leidraad voor de toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodem

Versie 2010

**KWR 2010.053**  
**Augustus 2010**

**KWR**

*Watercycle Research Institute*

# Leidraad voor de toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodem

Versie 2010

**KWR 2010.053**  
**Augustus 2010**

© 2010 KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

# Colofon

**Titel**

Leidraad voor de toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodem

**Projectnummer**

A308451.001

**Onderzoeksprogramma**

n.v.t.

**Projectmanager**

drs. P.G.G. Slaats

**Opdrachtgever**

Platform Bedrijfsvoering

**Kwaliteitsborger**

drs. P.G.G. Slaats

**Auteur**

ing. M.A. Meerkerk

**Verzonden aan**

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het adviesproject. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats door de opdrachtgever zelf.

# Inhoud

<b>Inhoud</b>		<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Introductie	3
1.2	Leeswijzer	3
<b>2</b>	<b>Achtergrond</b>	<b>4</b>
2.1	Theorie permeatie	4
2.2	Bestrijdingsmiddelen en PAK's	4
2.3	Leidingsystemen	4
2.4	Certificatie	4
<b>3</b>	<b>Cementgebonden materialen</b>	<b>5</b>
3.1	Aard van de materialen	5
3.2	Buizen	5
3.3	Verbindingen	5
<b>4</b>	<b>Metalen materialen</b>	<b>6</b>
4.1	Aard van de materialen	6
4.2	Buizen	6
4.3	Verbindingen	6
<b>5</b>	<b>Kunststof materialen</b>	<b>7</b>
5.1	Aard van de materialen	7
5.2	Polyetheen (PE)	7
5.2.1	Buizen	7
5.2.2	Verbindingen	8
5.3	Polyvinylchloride (PVC)	8
5.3.1	Buizen	8
5.3.2	Hulpstukken en verbindingen	9
5.4	Polyetheen met aluminium barrière	9
5.4.1	Buizen	9
5.4.2	Hulpstukken	9
5.4.3	Voor permeatie gecertificeerde leidingsystemen	9
5.4.4	Onderscheid tussen PVC en PE/Al	10
5.5	Glasvezel-versterkte kunststof (met aluminium barrièrelaag)	10
5.5.1	Buizen	10
5.5.2	Hulpstukken en verbindingen	10
<b>6</b>	<b>Modelberekeningen</b>	<b>11</b>
6.1	Diffusiecoëfficiënten	11

6.2	Concentraties in drinkwater	11
<b>7</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Literatuur</b>	<b>14</b>
I	De beoordeling van permeatie door PE en PVC drinkwaterleidingen	15
II	Toepassingsgebied van GVK leidingsystemen	18

# 1 Inleiding

## 1.1 Introductie

Deze leidraad is er op gericht om in situaties van bodemverontreiniging kwalitatief en semi-kwantitatief vast te kunnen stellen of er gevaar bestaat voor de drinkwaterkwaliteit als gevolg van permeatie van organische stoffen door leidingmaterialen. Verder kan de leidraad worden gehanteerd bij de keuze van materialen voor nieuw aan te leggen transport- en/of distributieleidingen in gebieden waar sprake is van of gevaar bestaat voor bodemverontreiniging. Deze leidraad is dus puur gericht op het aspect permeatie van organische stoffen. Een vergelijking op basis van bijvoorbeeld kosten of biofilmvorming is hierbij niet aan de orde. De gegevens in dit document kunnen wel worden gehanteerd als input ten behoeve van een 'multicriteria-analyse'.

Er is naar gestreefd het overzicht zo veel mogelijk compleet te maken door alle voor permeatie gecertificeerde leidingsystemen of onderdelen daarvan, hierbij te betrekken (stand van zaken medio 2010).

In februari 1997 is een zogenaamde richtlijn permeatie opgesteld. Het begrip 'richtlijn' bleek te worden geïnterpreteerd in de betekenis van 'bindend voorschrift' terwijl het juist was bedoeld in de betekenis van 'aanwijzing van een te volgen gedrag of handelwijze' (de verklaringen zijn afkomstig uit 'Van Dale'). Om daarover alle misverstanden te voorkomen, is in maart 1998 een aangepaste versie opgesteld. Behalve wijziging van de titel had dat document aanvullingen en verduidelijkingen ondergaan. Het onderhavige document is een (12 jaar na dato) geactualiseerde en uitgebreide versie. De uitbreiding heeft vooral betrekking op materialen: de vorige versie ging uitsluitend over kunststof leidingmaterialen; in deze richtlijn worden alle gangbare materialen geëvalueerd dat wil zeggen dat dit document naast kunststoffen ook ingaat op leidingsystemen van cementgebonden en metalen materialen.

## 1.2 Leeswijzer

Eerst wordt in hoofdstuk 2 voor enkele aan permeatie gerelateerde aspecten relevante achtergrondinformatie verstrekt. In de drie daarna volgende hoofdstukken worden respectievelijk cementgebonden, metalen en kunststof materialen ten aanzien van permeatie-eigenschappen geëvalueerd. Na een korte beschouwing over modelberekeningen wordt deze leidraad afgesloten met enkele conclusies en aanbevelingen.

## 2 Achtergrond

### 2.1 Theorie permeatie

Volgens Kiwa-mededeling 85 is de situatie waarbij sprake is van concentraties in water op het niveau van de maximale oplosbaarheid in vergelijking met een pure chemische stof fysisch-chemisch gezien niet anders [3]. Voor de praktijk betekent dit concreet dat een situatie waarbij het grondwater de maximale oplosbaarheid van een stof heeft bereikt, ten aanzien van permeatie dezelfde is als de situatie waarbij sprake is van een drijflaag van een bepaalde stof of de maximale concentratie van die stof in de bodemlucht (in de dampfase dus). Het gebruik van concentratieniveaus boven de maximale oplosbaarheid in water is dus heel discutabel [6].

### 2.2 Bestrijdingsmiddelen en PAK's

In deze leidraad wordt voornamelijk ingegaan op vluchtige organische stoffen, zijnde de voor permeatie meest belangrijke groep. Aan minder of nauwelijks vluchtige stoffen als bestrijdingsmiddelen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen wordt geen aandacht besteed. Moleculen van dergelijke stoffen zijn in het algemeen relatief groot waardoor de diffusie van dergelijke stoffen (tussen polymere ketens door) gering is. Door de slechte oplosbaarheid van veel bestrijdingsmiddelen in water is er in de praktijk vaak sprake van betrekkelijk lage concentraties. In het geval van de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen als bodemverontreiniging kunnen in principe daarom alle materialen worden toegepast (zie onder 'Polyethen').

### 2.3 Leidingsystemen

Een drinkwaterleiding bestaat doorgaans uit aan elkaar gekoppelde buizen, soms met gebruik van hulpstukken. Omdat ook de verbindingen kunnen bijdragen aan de permeatie door een leiding worden leidingsystemen van diverse materialen kort geëvalueerd.

### 2.4 Certificatie

Bij 'derde partij certificatie' voldoet een geleverd product aan de criteria en eisen die in overleg tussen belanghebbende partijen zijn opgesteld; de naleving daarop wordt gecontroleerd door een onpartijdige en onafhankelijke derde partij: de certificatie-instelling. De criteria en eisen worden vastgelegd in een zogeheten beoordelingsrichtlijn (BRL).

Certificatie-instelling Kiwa heeft drie BRL's opgesteld voor leidingmaterialen waarbij 'permeatie' (en eigenlijk de weerstand tegen permeatie) als beoordelingscriterium met een bijbehorende grenswaarde is opgenomen [2, 5, 6]. Op die wijze wordt de 'impermeabiliteit' van een buis en/of leidingsysteem harder aantoonbaar gemaakt. De drie bewuste BRL's komen in dit document aan de orde.

## 3 Cementgebonden materialen

### 3.1 Aard van de materialen

Bij cementgebonden materialen gaat het in het geval van drinkwaterleidingen concreet om beton en asbestcement. Leidingen van laatstgenoemd materiaal worden niet meer aangelegd.

### 3.2 Buizen

Door de eigenschappen van de materialen zal de permeatie van organische stoffen door buizen van asbestcement en beton onder praktijkomstandigheden verwaarloosbaar klein zijn zodat dit niet tot relevante verontreiniging van het drinkwater zal leiden [3].

### 3.3 Verbindingen

Leidingen van asbestcement en in sommige gevallen beton bestaan uit buizen van een bepaalde lengte die aan elkaar zijn verbonden waarbij op enige wijze verbindingen worden toegepast met rubber (veelal SBR of EPDM) afdichtingsringen. Daarbij is sprake van een bepaalde 'contactlengte' van die ringen met de omringende bodem. Doorgaans gaat het om een spleetbreedte van enkele mm's over de volledige omtrek van een leiding. Afhankelijk van de aard (onder andere polariteit) van in de bodem als verontreiniging aanwezige organische stoffen zal door die afdichtingsringen in meer of mindere mate permeatie optreden. Apolaire stoffen permeëren door rubbers. Het relatief geringe contactoppervlak zorgt doorgaans voor een niet-significante vermindering van de drinkwaterkwaliteit, zeker in het geval van grotere diameters (relatief grote volumestroom en gunstige contactoppervlakte/volume-verhouding en dus lage concentraties).

Bij rubbers die frequent in leidingsystemen voor drinkwater toepassing vinden, dient rekening te worden gehouden met een stofstroom (uitgedrukt in bijvoorbeeld mg/m<sup>2</sup>.dag) die afhankelijk van de dikte van een afdichtingsring aanzienlijk groter kan zijn dan die van dezelfde stof door PE (orde van grootte een factor 100). In verband met de permeatie-eigenschappen van rubber afdichtingsringen moeten leidingsystemen waarbij die worden toegepast worden beoordeeld op grond van de permeatie door die ringen.

Uit niet-gepubliceerd permeatie-onderzoek van de toenmalige Hoofdafdeling Speurwerk van Kiwa met rubbers en pure organische stoffen is gebleken dat vrijwel direct na het eerste contact tussen SBR en EPDM ringen aanzienlijke zwellingen kunnen optreden (tot zo'n 300% van de oorspronkelijke grootte!). In sommige gevallen bleken de rubbers die werden onderzocht na verloop van tijd zelfs uiteen te vallen. Het gaat dan met name om bepaalde aromaten en gechlloreerde alifaten. Een en ander kan voor de praktijk betekenen dat aantasting van rubber afdichtingsringen niet kan worden uitgesloten, met name in het geval van langere expositietijden. Drinkwaterbedrijven moeten er rekening mee houden dat die aantasting kan leiden tot falen van een leiding.

In bepaalde situaties van bodemverontreiniging blijken drinkwaterbedrijven de permeatieweerstand van verbindingen te verhogen dan wel impermeabel te maken door middel van het 'inpakken' daarvan met aluminiumfolie en het aanbrengen van een krimpstof.

Permeatie en/of chemische resistentie maken geen deel uit van de Kiwa-beoordelingsrichtlijn voor rubber afdichtingsringen [9].

Bij betonnen buizen met een plaatstalen kern loopt die stalen kern door waardoor flens- of lasverbindingen worden gemaakt. Het zal duidelijk zijn dat er in die gevallen sprake is van een metalen barrière (zie verder).



## 4 Metalen materialen

### 4.1 Aard van de materialen

Metalen drinkwaterleidingen worden uitgevoerd in staal, nodulair gietijzer (inwendig gecementeerd of voorzien van een coating) of koper.

### 4.2 Buizen

De permeatie van organische stoffen door metalen leidingmaterialen wordt op theoretische gronden uitgesloten [3]. Voor zover bekend, is die permeatie ook nooit aangetoond.

### 4.3 Verbindingen

Verbindingen met behulp van rubber afdichtingsringen worden ook in leidingsystemen van nodulair gietijzer toegepast (zie § 3.3). Hetzelfde geldt soms voor stalen leidingsystemen. Dit betekent dat drinkwaterbedrijven in het geval van metalen leidingsystemen met rubber afdichtingsringen in met organische stoffen verontreinigde bodem rekening moeten houden met permeatie door en eventuele aantasting van die ringen, wat in het laatste geval kan leiden tot falen.

Het overgrote deel van de stalen leidingsystemen blijkt te worden gelast. Permeatie of diffusie door lassen zal normaliter niet optreden. Bij gelaste stalen leidingsystemen is permeatie dus niet aan de orde.

Koperen buizen worden aan elkaar gesoldeerd. Door goede soldeerverbindingen kan geen permeatie of diffusie optreden.

# 5 Kunststof materialen

## 5.1 Aard van de materialen

Hieronder worden eerst de gangbare thermoplasten (PE (met aluminium barrière) en PVC) uitgewerkt. Daarna wordt ingegaan op de thermohardende materialen die als composiet ook wel worden aangeduid als 'GlasvezelVersterkte Kunststoffen' (GVK) waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen epoxy en polyester.

## 5.2 Polyetheen (PE)

### 5.2.1 Buizen

PE vertoont een grote interactie met apolaire stoffen [3]. Er moet in het algemeen vanuit worden gegaan dat organische stoffen die in de praktijk frequent als bodemverontreiniging blijken voor te komen, reeds vanaf heel lage concentraties (ppb-niveau) permeatie vertonen. De mate waarin dat fenomeen optreedt, is afhankelijk van onder andere de polariteit en de grootte van een molecuul van een stof. Voor een bepaalde stilstandtijd van het drinkwater kan op basis van modelberekeningen een voorspelling worden gedaan (zie [3] en ook hoofdstuk 5).

De volgende groepen van stoffen vertonen permeatie door PE met afname van de drinkwaterkwaliteit als gevolg:

- alle monocyclische aromatische koolwaterstoffen en dan met name degenen die in aanzienlijke mate voorkomen in benzines: name benzeen, toluen en de xylenen (BTEX);
- chloorbenzeen en alle gechlorideerde alifatische koolwaterstoffen, en dan vooral die als oplosmiddel toepassing vinden bij chemische wasserijen: tri- ('tri'), tetrachlooretheen ('per') en tetrachloorkoolstof ('tetra');
- enkele alifaten, die de meest vluchtige componenten van dieselolie zijn: heptaan, octaan en nonaan.

PE vertoont bij opname van organische stoffen verlies van mechanische eigenschappen, maar niet in zodanige mate dat er kans is op falen van een drinkwaterleiding. Er vindt geen aantasting van het materiaal plaats (vergelijk PVC, zie onder).

Voor een tweetal polycyclische aromatische koolwaterstoffen (naftaleen en anthraceen) is permeatie door PE aangetoond. Op grond van die niet-gepubliceerde onderzoeksresultaten kan permeatie van alle PAK's en van bestrijdingsmiddelen door PE en door rubbers op theoretische gronden niet worden uitgesloten.

In Waterwerkblad WB 2.2 C 'Leidingmaterialen; Buizen van PE' zijn 'signaalwaarden' opgenomen voor grond en grondwater waarboven gevaar bestaat voor overschrijding van 'drinkwaterindicatiewaarden' [10]. De betreffende tabel is integraal opgenomen in bijlage I van deze leidraad.

Sinds ten minste 15 jaar worden de stoffen MTBE (methyl-t-butylether) en ETBE (ethyl-t-butylether) toegepast als componenten van autobrandstoffen. De laatste jaren staan die stoffen als bodemverontreiniging in de belangstelling. In 2008 is een studie uitgevoerd naar de permeatie-eigenschappen van PE, PVC en asbestcement voor de stoffen [8]. Het betreffende rapport vermeldt signaalwaarden in grondwater bij concentraties in drinkwater van 1 en 15 µg/l volgens de laatste twee kolommen van de volgende tabel, waarbij onderscheid is gemaakt tussen lage en hoge dichtheid PE (respectievelijk LDPE en HDPE).

Stof	Materiaal	Signaalwaarde (in grondwater) bij een concentratie in drinkwater van .....	
		1 µg/l	15 µg/l
MTBE	LDPE	306 µg/l	4.600 µg/l
	HDPE	4.600 µg/l	69.000 µg/l
ETBE	LDPE	110 µg/l	1.600 µg/l
	HDPE	1.650 µg/l	25.000 µg/l

#### Opmerking

Een bijzonder geval van permeatie door PE is die van methaan. Deze organische stof wordt onder invloed van bacteriën vooral in anaerobe bodems (veenbodems met humuszuren) gevormd. Methaan kan door PE permeëren en zou op theoretische gronden kunnen bijdragen aan de nagroei in drinkwaterleidingen.

### 5.2.2 Verbindingen

Waterwerkblad WB 2.2 C 'Leidingmaterialen; Buizen van PE' noemt drie verbindingmethodes voor PE leidingssystemen die diameterafhankelijk worden toegepast: klemverbindingen met metalen of kunststof klemfitting, insteekverbindingen met rubber afdichtingsring en stuiklassen [10].

In het geval er metalen klemfittingen met uitsluitend metalen onderdelen worden toegepast, is dat voor permeatie geen enkel probleem (zie vorige hoofdstuk). Kunststof klemfittingen (vervaardigd van bijvoorbeeld POM, polyacetaal) moeten op zich worden beoordeeld. Bij zowel kunststof klemfittingen als bij insteekverbindingen wordt de eigenlijke afdichting gerealiseerd met behulp van een rubber afdichtingsring waarvoor wordt verwezen naar § 3.3. Bij stuiklassen wordt PE materiaal aan elkaar gesmolten. Daardoor komt de omringende bodem ook bij de verbindingen uitsluitend in contact met dit materiaal.

## 5.3 Polyvinylchloride (PVC)

### 5.3.1 Buizen

In het geval van PVC blijkt er bij contact met organische stoffen geen significante permeatie op te treden tot aan de 'verweking' [3]. Als er verweking optreedt, komt PVC in de 'rubbertoestand' en verliest de mechanische eigenschappen die het materiaal oorspronkelijk had in de 'glastoestand'. PVC is onder die condities onvoldoende chemisch resistent. Het is de vraag in hoeverre het terecht is om in dat geval van 'permeatie' te spreken; het lijkt reëler om in dergelijke gevallen van 'aantasting' te spreken. De kans is aanwezig dat de buis bij verweking onder invloed van de inwendige (water)druk zal falen. Significante permeatie in het geval van PVC treedt daarom in werkelijkheid niet op, omdat de buis in een eerder stadium bezwijkt.

Vanuit het oogpunt van de drinkwaterkwaliteit kan de verweking van PVC worden gezien als een ingebouwde veiligheid bij permeatie: op het moment dat er significante permeatie optreedt, is er sprake van verweking en kan de buis bezwijken. Een verweekte PVC buis kan desondanks in bepaalde grondpakketten ook lang in bedrijf blijven.

Verweking van PVC treedt vooral op bij aromaten en gechlorideerde alifaten met percentages vanaf 10 of 25% van de maximale oplosbaarheid van die stoffen in water.

In Waterwerkblad WB 2.2 B 'Leidingmaterialen; Buizen van PVC (ongeplastificeerd polyvinylchloride), hulpstukken en verbindingen' zijn 'signaalwaarden' opgenomen voor grond en grondwater waarboven gevaar bestaat voor overschrijding van 'drinkwaterindicatiewaarden' [10]. De betreffende tabel is integraal opgenomen in bijlage I van deze leidraad.

In het rapport van de eerder genoemde studie voor de stoffen MTBE en ETBE is beschreven dat de stoffen in concentraties van 10% van de maximale concentratie in (grond)water (respectievelijk 3.500 mg/l en 1.000 mg/l) of van de maximale dampconcentratie in (bodem)lucht en hoger PVC zullen verweken [8]. Bij lagere concentraties van die stoffen zal er geen significante permeatie optreden.

Behalve van het 'normale' PVC worden er sinds eind jaren negentig ook buizen van 'bi-axiaal verstrekt' PVC vervaardigd. Het verschil tussen beide PVC typen is uitsluitend fysisch van aard (verstrekte polymeerketens). Voor de permeatie-eigenschappen voor organische stoffen betekent dit dat er geen onderscheid tussen beide PVC typen is te verwachten.

### **5.3.2 Hulpstukken en verbindingen**

Buizen van beide typen PVC worden verbonden door hulpstukken van normaal PVC. De hulpstukken hebben dezelfde permeatie-eigenschappen als de buizen.

Leidingsystemen van beide typen PVC mogen tot DN 90 en in bepaalde gevallen tot DN 110 worden verlijmd met daarvoor bedoelde lijmen (opgelost materiaal). PVC lijmverbindingen hebben daardoor dezelfde permeatie-eigenschappen als het materiaal van de buizen en de eigenlijke hulpstukken. Volgens Waterwerkblad WB 2.2 B worden lijmverbindingen over het algemeen toegepast tot en met 50 mm [10]. Door het lijmen ontstaat een trekvast verbinding. Voor grotere diameters dan de hierboven genoemde worden in de eigenlijke hulpstukken verbindingen met rubber afdichtingsringen toegepast. De permeatie door die afdichtingsringen is in § 3.3 beschreven.

## **5.4 Polyetheen met aluminium barrière**

### **5.4.1 Buizen**

Sinds de tachtiger jaren zijn er PE buizen vervaardigd die zijn voorzien van een barrièrelaag, doorgaans van aluminium maar ook van kunststoffen met grote permeatieweerstand. Bij buizen met aluminium barrière gaat het om een standaard PE buis, die is omwikkeld met aluminiumfolie: voor kleinere diameters wordt de folie er in de lengterichting omheen geslagen, voor grotere diameters wordt de folie er onder een bepaalde hoek omheen gewikkeld. In beide gevallen is er sprake van een 'overlap' of 'lijmrand'. De overlap wordt gelijmd (met een kunststof materiaal) of gelast dan wel gesoldeerd. De voor mechanische beschadiging kwetsbare aluminium folie wordt beschermd door een gecoëxtrudeerde laag kunststof, meestal PE.

Door die folie is het in theorie voor permeatie beschikbare oppervlak van de buis fors beperkt (in het geval van toepassing van een kunststof materiaal in de overlap) of volledig uitgesloten (bij het adequaat lassen of solderen van de overlap). Bovendien is door de wijze van wikkeling de voor een permeant af te leggen weg van de buitenkant naar het drinkwater vergroot. Door deze maatregel wordt de stofstroom in geval van permeatie nog verder beperkt.

### **5.4.2 Hulpstukken**

Omdat het om specifieke buizen gaat, is het noodzakelijk dat speciale hulpstukken beschikbaar zijn.

### **5.4.3 Voor permeatie gecertificeerde leidingsystemen**

Het 'WaVe SLA leidingsysteem' (Safety Line Aluminium) van de firma Conval Nederland B.V. (waarvan de buis wordt vervaardigd door de Duitse firma Egeplast) is medio 2010 het enige leidingsysteem dat door Kiwa op basis van de Kiwa-beoordelingsrichtlijn BRL-K17101 voor permeatie is gecertificeerd [5]. Volgens het verstrekte certificaat is het toepassingsgebied voor dit leidingsysteem 'klasse II'. In de betreffende beoordelingsrichtlijn wordt daarover het volgende opgemerkt: *'leidingsystemen die voldoen aan de classificatie "KLASSE II" moeten geïnstalleerd worden in gebieden waar de bodem verontreinigingen zeer waarschijnlijk hoger zijn dan de interventiewaarde. In dit geval spreekt men van een zware bodemverontreiniging. Gemiddelde concentraties hoger dan 10-15% van de verzadigingswaarde worden in de praktijk zelden gevonden, maar omdat de verontreinigingen niet homogeen in de bodem verdeeld zijn, worden de leidingsystemen beproefd op hun permeatiegedrag bij een concentratie van 60% van de verzadigingswaarde van de modelstof.'*

Op grond van de resultaten van een in het kader van de certificatie op laboratoriumschaal uitgevoerde test onder extreme condities is dit toepassingsgebied gebleken omdat de drinkwaterkwaliteit gedurende een periode van 50 jaar dient te zijn gegarandeerd. Bij dit leidingsysteem blijkt bij voor de praktijk extreme concentraties een geringe permeatie te kunnen optreden.

In het algemeen betekent toepassing tot aan de 'interventiewaarde' dat dit leidingsysteem kan worden toegepast in stedelijke gebieden. Voor gebieden waar grotere concentraties van bodemverontreiniging

kunnen voorkomen, wordt drinkwaterbedrijven het advies gegevens systemen met een hogere permeatieweerstand toe te passen. Het 'WaVe SLA leidingsysteem' wordt door de Nederlandse drinkwaterbedrijven ook toegepast in gevallen van ernstige bodemverontreiniging dat wil zeggen bij concentraties boven de interventiewaarde.

Bij dit leidingsysteem worden speciaal voor dit doel ontwikkelde messing koppelingen toegepast.

#### **5.4.4 Onderscheid tussen PVC en PE/Al**

Uit bovenstaande beschrijvingen van PVC en PE met aluminium barrière zou kunnen worden afgeleid dat het leidingsysteem 'PE met aluminium barrière' minder geschikt is voor toepassing in verontreinigde bodem dan PVC. PVC materiaal (buizen en eigenlijke hulpstukken) zou zonder problemen toepasbaar zijn tot 10% van de maximale oplosbaarheid van een stof in water terwijl het PE leidingsysteem met aluminium barrière een toepassingsgebied 'klasse II' heeft.

PVC leidingsystemen zijn niet voor permeatie gecertificeerd en derhalve is er geen rekening gehouden met een veiligheidsmarge in verband met garantie van 50 jaar betrouwbare drinkwaterkwaliteit!

Bovendien wordt nogmaals gewezen op de zwakke schakel van een PVC leidingsysteem (waarbij geen lijmverbindingen zijn toegepast) met betrekking tot permeatie: de rubber afdichtingsringen.

### **5.5 Glasvezel-versterkte kunststof (met aluminium barrièrelaag)**

Eerder is al aangegeven dat GVK materialen worden onderscheiden in epoxy en polyester.

#### **5.5.1 Buizen**

Permeatie in de zin van transport van stoffen tussen polymere ketens door zoals bij thermoplastische materialen (zie hierboven) is voor beide GVK materialen op theoretische gronden niet mogelijk gezien de driedimensionale polymere netwerkstructuren. De impermeabiliteit van epoxy is ook gebleken uit testen onder extreme condities in het kader van certificatie (zie onder): significante permeatie is niet aantoonbaar. Dat geldt voor buizen van 'gewoon' epoxy maar zeker ook voor een speciale versie die in analogie met de PE buis is voorzien van een aluminium barrièrelaag. Sinds de negentiger jaren is er een voor permeatie gecertificeerd leidingsysteem van GVK (epoxy) op de markt. Volgens de van toepassing zijnde Kiwa-beoordelingsrichtlijn is het systeem toepasbaar tot (zeer) hoge concentraties (zie bijlage II) [6]. Het gaat om het leidingsysteem 'Wavistrong EDT' van de firma Future Pipe Industries B.V Voor actuele informatie over gecertificeerde leidingsystemen wordt verwezen naar de website van certificatie-instelling Kiwa, [www.kiwa.nl](http://www.kiwa.nl).

#### **5.5.2 Hulpstukken en verbindingen**

Epoxy en polyester buizen worden verbonden met behulp van hulpstukken van hetzelfde materiaal en hebben daarom dezelfde permeatie-eigenschappen als de buizen.

Het gaat hier om verbindingen met rubber afdichtingsringen (zie § 3.3) of lijmverbindingen. In verband met zettingen in de bodem in combinatie met de relatief lage elasticiteit van GVK buizen zullen naar verwachting doorgaans eerstgenoemde verbindingen worden toegepast. Bij lijmverbindingen wordt gebruik gemaakt van epoxy respectievelijk polyester lijmen. Ook deze lijmen zijn thermohardend en zullen dezelfde permeatie-eigenschappen als de buizen en hulpstukken hebben.

# 6 Modelberekeningen

## 6.1 Diffusiecoëfficiënten

In de literatuur zijn op basis van onderzoek vastgestelde permeatiecoëfficiënten beschikbaar [3]. Deze gegevens zijn echter verre van uitputtend. Sinds een kleine 10 jaar is in Europese regelgeving het gebruik toegestaan van 'generally recognised diffusion models' ten behoeve van migratie van stoffen uit verpakkingsmiddelen naar het verpakte voedsel. De diffusie van een organische stof door een polymere matrix is onafhankelijk van de aard van een proces (migratie of permeatie) zodat het model voor de berekening van diffusiecoëfficiënten ook in het onderhavige kader bruikbaar is. Ontwikkelingen in de modellering van diffusiecoëfficiënten hebben geleid tot de volgende vergelijking voor de berekening van de parameter in een amorf polyolefine (PE, PP (polypropreen) en PB (polybuteen)) referentiemateriaal:

$$D_p^* = 10^4 \exp \left[ A_p - 0.1351 M_r^{2/3} + 0.003 M_r - \frac{10454}{T} \right]$$

Daarin is:

$$A_p = A'_p - \frac{\tau}{T}$$

- $A'_p$  = een polymerspecifiek 'diffusie geleidingsvermogen', volgens onderstaande tabel;
- $\tau$  = een polymerspecifieke 'activeringsenergie', volgens onderstaande tabel;
- $T$  = de temperatuur (K);
- $M_r$  = de relatieve molecuulmassa van een stof (D);
- $D_p^*$  = de polymerspecifieke maximale diffusiecoëfficiënt (cm<sup>2</sup>/s), dat wil zeggen dat het gebruik van deze diffusiecoëfficiënt leidt tot worst case migratiewaarden.

Voor PE's en PVC gelden de volgende waarden:

materiaal	$A'_p$	$\tau$
LDPE/LLDPE (= (Lineair) Lage Dichtheid PolyEthyleen)	11,5	0
HDPE (= Hoge Dichtheid PolyEthyleen)	14,5	1.577
PVC	-1 (worst case) -4 (te verwachten)	0

Met deze gegevens kunnen eenvoudig schattingen worden gemaakt van de diffusiecoëfficiënt van een organische stof in een bepaalde polymere matrix.

## 6.2 Concentraties in drinkwater

De stofstroom van een organische stof door een kunststof drinkwaterleiding in de stationaire toestand is modelmatig te beschrijven met de vergelijking [3]:

$$Q = D * K_w * C_w / e$$

In deze vergelijking is:

- $D$  = diffusiecoëfficiënt (m<sup>2</sup>/s);
- $K_w$  = verdelingscoëfficiënt in de waterfase (-);

$C_w$  = concentratie van de organische stof in het grondwater ( $\text{mg}/\text{m}^3$ );  
 $e$  = dikte van de buiswand (m);  
 $Q$  = stofstroom ( $\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ).

Voor de diffusiecoëfficiënt kan een literatuurwaarde worden gehanteerd of kan materiaalspecifiek worden berekend op basis van temperatuur en molecuulgrootte via de in § 5.1 gegeven vergelijking. Ook voor de verdelingscoëfficiënt kan een literatuurwaarde worden gehanteerd of moet (op basis van literatuurgegevens) een schatting worden gemaakt. Deze coëfficiënt is afhankelijk van de affiniteit van een materiaal voor een organische stof: een grote interactie betekent een grote waarde en een geringe interactie een kleine waarde voor de verdelingscoëfficiënt.

Vermenigvuldiging van de stofstroom  $Q$  met de tijdsduur gedurende welke een leiding wordt blootgesteld aan een stof (bijvoorbeeld een nacht stilstand) én met de oppervlakte/volume-verhouding van de buis levert vervolgens de concentratie van de bewuste stof in drinkwater op.

## 7 Conclusies en aanbevelingen

De in deze leidraad opgenomen informatie is ontleend aan en/of gebaseerd op gegevens van door Kiwa te Nieuwegein vooral in de tachtiger jaren verricht VEWIN-onderzoek of uit de literatuur (zie onder), en daarop gebaseerde schattingen. Zeker op grond van die schattingen kan deze leidraad echter niet 'waterdicht' zijn. Om de drinkwaterkwaliteit in geval van permeatie verder te waarborgen, wordt sterk aanbevolen en aangedrongen op het monitoren van die drinkwaterkwaliteit. In het begin moet betrekkelijk intensief worden gemonitord. Op grond van de analyseresultaten die in de loop van de tijd worden geproduceerd, kan dan worden besloten om de frequentie van metingen te verminderen.

Voor vragen omtrent specifieke situaties van bodemverontreiniging in relatie tot leidingmaterialen en voor advisering omtrent selectie van materialen kan KWR te allen tijde worden geraadpleegd: Martin Meerkerk (030) 60 69 591 of [martin.meerkerk@kwrwater.nl](mailto:martin.meerkerk@kwrwater.nl). Ook opmerkingen over dit document zijn welkom zodat die in een eerstvolgende revisie van het onderhavige document kunnen worden verwerkt.

De toepasbaarheid van leidingsystemen in met organische stoffen verontreinigde bodem op basis van de weerstand tegen permeatie als volgt worden samengevat (kwalitatief):

leidingmateriaal	Permeatie-weerstand leidingsysteem in contact met organische stoffen	
	buis	verbinding
<i>Cementgebonden:</i>		
Beton	++	afdichtingsring: - gelaste kern: ++
Asbestcement	++	afdichtingsring: -
<i>Metalen:</i>		
Staal	++	gelast: ++ afdichtingsring: -
Nodulair gietijzer	++	afdichtingsring: -
koper	++	gesoldeerd: ++
<i>Kunststof:</i>		
PE	-	klemfitting metaal: + klemfitting kunststof: - afdichtingsring: - stuiklassen: -
PVC	+	gelijmd: + afdichtingsring: -
PE met Al barrière	+	+
Epoxy	+	gelijmd: + afdichtingsring: -
Polyester	+	gelijmd: + afdichtingsring: -
Epoxy met Al barrière	++	gelijmd: + rubber afdichtingsringen mogen niet worden toegepast



## 8 Literatuur

Voor de totstandkoming van deze praktische leidraad zijn diverse literatuurbronnen geraadpleegd die niet allemaal expliciet zijn genoemd in het voorgaande.

- [1] Waterleidingbesluit (1984), 's-Gravenhage (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer).
- [2] BRL-K17102 (2002): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa attest-met-productcertificaat voor meerlaags PE leidingsystemen KLASSE I, met barrièrelaag tegen verontreinigingen, voor transport van drinkwater' (concept), Rijswijk (Kiwa N.V. Certificatie en Keuringen)
- [3] Vonk, M.W. (1985): 'Permeatie van organische verbindingen door leidingmaterialen', Mededeling nummer 85, Nieuwegein (KIWA N.V.)
- [4] Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer: 'Richtlijn voor de beoordeling van verontreinigingen in drinkwater als gevolg van permeatie', publikatie 85-02, 's-Gravenhage (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer)
- [5] BRL-K17101 (2003): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa attest-met-productcertificaat voor PE leidingsystemen met aluminium barrièrelaag voor het transport van drinkwater in vervuilde grond', Rijswijk (Kiwa N.V. Certificatie en Keuringen)
- [6] BRL K532/03 (1999): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor Glasvezelversterkte epoxy leidingsystemen met gewikkelde buizen voor het transport van drinkwater door al of niet verontreinigde grond', Rijswijk (Kiwa N.V. Certificatie en Keuringen)
- [7] Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne (1989): 'Voorlopige inspectie richtlijn blootstellingsrisico bij bodemverontreiniging', (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer).
- [8] Meerkerk, M.A. (2008): 'De permeatie van MTBE en ETBE door PVC, PE en AC leidingmaterialen; Mechanismen, berekeningen en signaalwaarden', rapport KWR 08.022, Nieuwegein (Kiwa Water Research in opdracht van SenterNovem Bodem+)
- [9] BRL K17504/01 (2005): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Gevulcaniseerde rubber afdichtingen voor drinkwaterleidingen', Rijswijk (Kiwa N.V. Certificatie en Keuringen)
- [10] Waterwerkbladen op [www.infodwi.nl](http://www.infodwi.nl)

# **I De beoordeling van permeatie door PE en PVC drinkwaterleidingen**

De twee navolgende pagina's bevatten gegevens voor respectievelijk PE en PVC.

**BIJLAGE I****Toetsingstabel voor de beoordeling van permeatie door PE drinkwaterleidingen.**

Signaalwaarden voor de grond en grondwater waarboven gevaar bestaat van overschrijding van drinkwaterindicatiewaarden.

**PE-BUIZEN**

	Drinkwater indicatiewaarden	Signaalwaarde	PE-buizen
Organische verbinding	µg/l	Grondwater µg/l	Grond mg/kg
<b>Aromaten</b>			
Benzeen	0,5	10	0,1
Tolueen	0,5	15	0,25
Xylenen	0,5	10	0,1
1,3,5-trimethylbenzen	0,5	3	0,1
ethylbenzeen	0,5	10	0,5
propylbenzeen	0,5	10	2
pentylbenzen	0,5	10	2
<b>Gechloreerde koolwaterstoffen</b>			
1,1,1-trichloorethaan	0,5	10	0,5
trichlooretheen	0,5	10	0,01
tetrachlooretheen	0,5	25	0,1
tetrachloormethaan	0,5	20	1
1,2-dischloorethaan	0,5	20	0,2
1,2-dischloorpropaan	0,5	20	0,2
chloorbenzeen	0,5	5	0,3
<b>Olie totaal</b>			
hexaan	1,0	600	5000
octaan	1,0	10	10
nonaan	1,0	10	10
<b>Pesticiden totaal</b>			
Lindaan (gamma-HCH)	0,05	5	5
Aldrin	0,05	5	5
Dieldrin	0,05	5	5
DDE	0,05	5	5
DDT	0,05	5	5
<b>PCA's (6 van Bornef)</b>			
bifenyyl	0,005	0,5	0,5
naftaleen	0,005	0,5	5
antraceen	0,005	0,5	10
fenantreen	0,005	0,5	10
<b>Fenolen totaal</b>			
Fenol	0,5	10	10
2, 4, 6-trichloorfenol	0,5	23000	45
pchlorfenol	0,5	35	5
pentachloorfenol	0,5	4000	5
		10	5

**Bron: Voorlopige inspectierichtlijn:**

Blotstellingsrisico bij bodemverontreiniging. Ministerie van VROM 1989.

**BIJLAGE I**

**Toetsingstabel voor de beoordeling van permeatie door PVC drinkwaterleidingen.** Signaalwaarden voor de grond en grondwater waarboven gevaar bestaat van overschrijding van drinkwaterindicatiewaarden.

**PVC-BUIZEN**

Organische verbinding	Drinkwater Indicatiewaarden µg/l	Signaalwaarde PVC-buizen	
		Grondwater µg/l	Grond mg/kg
<b>Aromaten</b>			
Benzeen	0,5	450.000	2.000
Tolueen	0,5	125.000	2.000
Xylenen	0,5	50.000	3.000
1, 3, 5-trimethylbenzeen	0,5	5.000	3.000
Ethylbenzeen	0,5	40.000	2.000
Propylbenzeen	0,5	15.000	3.000
Pentylbenzeen	0,5	geen	geen
<b>Gechloroerde koolwaterstof</b>			
1, 1, 1-trichloorethaan	0,5	1.100.000	30.000
Trichlooretheen	0,5	275.000	500
Tetrachlooretheen	0,5	40.000	400
Tetrachloormethaan	0,5	geen	geen
1, 2-dichloorethaan	0,5	850.000	2.500
1, 2-dichloorpropaan	0,5	275.000	1.000
Chloorbenzeen	0,5	50.000	1.500
<b>Olief totaal</b>			
Hexaan	1,0	geen	geen
Octaan	1,0	geen	geen
Nonaan	1,0	geen	geen
<b>Pesticiden totaal</b>			
Lindaan (gamma-HCH)	0,05	10	50
Aldrin	0,05	10	50
Dieldrin	0,05	10	50
DDE	0,05	10	50
DDT	0,05	10	50
<b>PCA's (6 van Borneff)</b>			
Bifenyyl	0,005	1.500	500
Naftaleen	0,005	7.500	500
Antraceen	0,005	300	500
Fenantreen	0,005	300	500
<b>Fenolen totaal</b>			
Fenol	0,5	geen	geen
2, 4, 6-trichloorfenol	0,5	geen	geen
P-chloorfenol	0,5	geen	geen
Pentachloorfenol	0,5	geen	geen

**Bron: Voorlopige inspectierichtlijn:**

Blootstellingsrisico bij bodemverontreiniging. Min. van VROM 1989.

## **II Toepassingsgebied van GVK leidingsystemen**

De epoxy leidingsystemen zonder aluminium barrièrelaag worden in deze bijlage aangeduid als 'type N'; met aluminium barrièrelaag heeft de aanduiding 'type B'.

**- BIJLAGE D -**

**RANDVOORWAARDEN TOEPASSINGSGEBIED VOOR  
 TYPE "N" EPOXY LEIDINGSYSTEMEN MET GEWIKKELDE BUIZEN**

Tabel 10. Signaalwaarden voor grond en grondwater waarboven gevaar bestaat van overschrijding van de drinkwaterindicatiewaarden.

Voorkomen in	Grond/droge stof in [mg/kg]	Grondwater in [mg/liter]	Drinkwater indica- tiewaarde in [µg/liter]
<b>Componenten</b>			
<b>1. Metalen in ion-vorm</b>			
CR	Onbegrensd	Onbegrensd	50
Co	Onbegrensd	Onbegrensd	-
Ni	Onbegrensd	Onbegrensd	50
Cu	Onbegrensd	Onbegrensd	100
Zn	Onbegrensd	Onbegrensd	100
As	Onbegrensd	Onbegrensd	50
Mo	Onbegrensd	Onbegrensd	-
Cd	Onbegrensd	Onbegrensd	5
Sn	Onbegrensd	Onbegrensd	-
Ba	Onbegrensd	Onbegrensd	500
Hg	Onbegrensd	Onbegrensd	1
Pb	Onbegrensd	Onbegrensd	50
Overige metalen (mits $2 \leq \text{pH} \leq 12$ )	Onbegrensd	Onbegrensd	
<b>2. Anorganische verontreini- gingen in ion-vorm</b>			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Onbegrensd	Onbegrensd	160
NH <sub>3</sub> (vrij)	100	100	-
I <sup>-</sup>	onbegrensd	onbegrensd	-
CN <sup>-</sup>	100	100	50
S <sup>2-</sup>	onbegrensd	onbegrensd	100.000
Br <sup>-</sup>	onbegrensd	onbegrensd	-
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	onbegrensd	onbegrensd	2.000
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	onbegrensd	onbegrensd	100.000
Cl <sup>-</sup>	onbegrensd	onbegrensd	150.000
overigen (mits $2 \leq \text{pH} \leq 12$ )	onbegrensd	onbegrensd	-

Voorkomen in	Grond/droge stof in [mg/kg]	Grondwater in [mg/liter]	Drinkwater indicatiewaarde in [µg/liter]
<b>Componenten</b>			
<b>3. Aromatische verbindingen</b>			
Benzeen	1.000	1.000	0,5
Ethylbenzeen	1.000	1.000	0,5
Propylbenzeen	1.000	1.000	0,5
Pentylbenzeen	1.000	1.000	0,5
1,3,5-trimethylbenzeen	1.000	1.000	0,5
Totueen	1.000	1.000	0,5
Xylenen	1.000	1.000	0,5
Fenol(en)	1.000	1.000	0,5
Styreen	1.000	1.000	0,5
Aromaten totaal	1.000	1.000	-
<b>4. Polycyclische koolwaterstoffen</b>			
Naftaleen	1.000	1.000	0.005
Antraceen	1.000	1.000	0.005
Fenanthreen	1.000	1.000	0.005
Fluorantheen	1.000	1.000	-
Pyreen	1.000	1.000	-
Benzo(a)pyreen	1.000	1.000	-
PCK's (totaal)	1.000	1.000	-
<b>5. Alifatische koolwaterstoffen</b>			
Benzine	100.000	100.000	1
Dieselolie	100.000	100.000	1
Hexaan	100.000	100.000	1
Overigen	100.000	100.000	10
<b>6. Gechloreerde koolwaterstoffen</b>			
Dichloormethaan	100	100	0.5
1,1,1-Trichloorethaan	100	100	0.5
Trichloorethyleen	100	100	0.5
Tetrachlooretheen	100	100	0.5
Tetrachloorethaan	100	100	0.5
1,2-dichloorethaan	100	100	0.5
1,2-dichloorpropaan	100	100	0.5
Chloorbenzenen	1.000	1.000	1.0
Chloorfenolen	1.000	1.000	0.5
Chloorpck's	1.000	1.000	0.5
PCB's (totaal)	1.000	1.000	0.5
EOCL (totaal)	1.000	1.000	-

Voorkomen in	Grond/droge stof in [mg/kg]	Grondwater in [mg/liter]	Drinkwater indicatiewaarde in [ $\mu\text{g/l}$ ]
<b>Componenten</b>			
<b>7. Bestrijdingsmiddelen</b>			
Org.chloor-(indv)	100	100	0.1
Org.chloor-(tot.)	100	100	0.5
Pesticiden (tot.)	100	100	0.5
Lindaan(gamma-HCH)	100	100	0.05
Aldrin	100	100	0.05
Dieldrin	100	100	0.05
DDE	100	100	0.05
DDT	100	100	0.05
<b>8. Alkoholen</b>			
Methanol	1	1	-
Overige alkoholen	1.000	1.000	-
<b>9. Ketonen</b>			
Aceton	100	100	-
MEK	100	100	-
Overigen	200	200	-
<b>10. Acetaten</b>			
Ethylacetaat	100	100	-
Overigen	200	200	-
<b>11. Organische zuren</b>			
Mierezuur	100	100	-
Azijnzuur	100	100	-
Overigen (mits $2 \leq \text{pH} \leq 12$ )	1.000	1.000	-
<b>12. Overige verontreinigingen</b>			
Tetrahydrofuraan	100	100	-
Pyridine	100	100	-
Tetrahydrothiofeen	100	100	-
Cyclohexanon	100	100	-

Noot:

De signaalwaarde voor alle niet in de tabel genoemde organische stoffen die als bodemverontreiniging voorkomen, is gelijk aan de verzadigingsconcentratie in grondwater. Voor organische stoffen die VOLLEDIG MENGBAAR ZIJN MET WATER, is de signaalwaarde in grondwater  $10^5$  mg/l.



- BIJLAGE E

**RANDVOORWAARDEN TOEPASSINGSGEBIED VOOR TYPE "B"  
 EPOXY LEIDINGSYSTEMEN MET GEWIKKELDE BUIZEN**

Tabel 11. Grenswaarden voor grond en grondwater die niet overschreden mogen worden.

Voorkomen in	Grond/droge stof in [mg/kg]	Grondwater in [mg/liter]	Drinkwater indicatiewaarde in [µg/liter]
Componenten			
<b>1. Metalen in ion-vorm</b>			
CR	onbegrensd	onbegrensd	50
Co	onbegrensd	onbegrensd	-
Ni	onbegrensd	onbegrensd	50
Cu	onbegrensd	onbegrensd	100
Zn	onbegrensd	onbegrensd	100
As	onbegrensd	onbegrensd	50
Mo	onbegrensd	onbegrensd	-
Cd	onbegrensd	onbegrensd	5
Sn	onbegrensd	onbegrensd	-
Ba	onbegrensd	onbegrensd	500
Hg	onbegrensd	onbegrensd	1
Pb	onbegrensd	onbegrensd	50
Overige metalen (mits $2 \leq \text{pH} \leq 12$ )	onbegrensd	onbegrensd	
<b>2. Anorganische verontreinigingen in ion-vorm</b>			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	onbegrensd	onbegrensd	160
NH <sub>3</sub> (vrij)	10.000	10.000	-
I <sup>-</sup>	onbegrensd	onbegrensd	-
CN <sup>-</sup>	10.000	10.000	50
S <sup>2-</sup>	onbegrensd	onbegrensd	100.000
Br <sup>-</sup>	onbegrensd	onbegrensd	-
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	onbegrensd	onbegrensd	2.000
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	onbegrensd	onbegrensd	100.000
Cl <sup>-</sup>	onbegrensd	onbegrensd	150.000
overigen (mits $2 \leq \text{pH} \leq 12$ )	onbegrensd	onbegrensd	-

Voorkomen in	Grond/droge stof in [mg/kg]	Grondwater in [mg/liter]	Drinkwater indicatiewaarde in [µg/liter]
<b>Componenten</b>			
<b>3. Aromatische verbindingen</b>			
Benzeen	100.000	100.000	0,5
Ethylbenzeen	100.000	100.000	0,5
Propylbenzeen	100.000	100.000	0,5
Pentylbenzeen	100.000	100.000	0,5
1,3,5-trimethylbenzeen	100.000	100.000	0,5
Totueen	100.000	100.000	0,5
Xylenen	100.000	100.000	0,5
Fenol(en)	10.000	10.000	0,5
Styreen	100.000	100.000	0,5
Aromaten totaal	100.000	100.000	-
<b>4. Polycyclische koolwaterstoffen</b>			
Naftaleen	100.000	100.000	0.005
Antraceen	100.000	100.000	0.005
Fenanthreen	100.000	100.000	0.005
Fluorantheen	100.000	100.000	-
Pyreen	100.000	100.000	-
Benzo(a)pyreen	100.000	100.000	-
PCK's (totaal)	100.000	100.000	-
<b>5. Alifatische koolwaterstoffen</b>			
Benzine	100.000	100.000	1
Dieselolie	100.000	100.000	1
Hexaan	100.000	100.000	1
Overigen	100.000	100.000	10
<b>6. Gechloreerde koolwaterstoffen</b>			
Dichloormethaan	20.000	20.000	0.5
1,1,1-Trichloorethaan	50.000	50.000	0.5
Trichloorethyleen	50.000	50.000	0.5
Tetrachlooretheen	50.000	50.000	0.5
Tetrachloorethaan	50.000	50.000	0.5
1,2-dichloorethaan	50.000	50.000	0.5
1,2-dichloorpropaan	50.000	50.000	0.5
Chloorbenzenen	100.000	100.000	1.0
Chloorfenolen	10.000	10.000	0.5
Chloorpck's	100.000	100.000	0.5
PCB's (totaal)	100.000	100.000	0.5
EOCL (totaal)	100.000	100.000	-

Voorkomen in	Grond/droge stof in [mg/kg]	Grondwater in [mg/liter]	Drinkwater indicatiewaarde in [µg/liter]
<b>Componenten</b>			
<b>7. Bestrijdingsmiddelen</b>			
Org.chloor-(indv)	10.000	10.000	0.1
Org.chloor-(tot.)	10.000	10.000	0.5
Pesticiden (tot.)	100.000	100.000	0.5
Lindaan(gamma-HCH)	100.000	100.000	0.05
Aldrin	100.000	100.000	0.05
Dieldrin	100.000	100.000	0.05
DDE	100.000	100.000	0.05
DDT	100.000	100.000	0.05
<b>8. Alkoholen</b>			
Methanol	2.000	2.000	-
Overige alkoholen	100.000	100.000	-
<b>9. Ketonen</b>			
Aceton	10.000	10.000	-
MEK	10.000	10.000	-
Overigen	20.000	20.000	-
<b>10. Acetaten</b>			
Ethylacetaat	10.000	10.000	-
Overigen	20.000	20.000	-
<b>11. Organische zuren</b>			
Mierezuur	10.000	10.000	-
Azijnzuur	50.000	50.000	-
Overigen (mits $2 \leq \text{pH} \leq 12$ )	50.000	50.000	-
<b>12. Overige verontreinigingen</b>			
Tetrahydrofuraan	10.000	10.000	-
Pyridine	10.000	10.000	-
Tetrahydrothiofeen	10.000	10.000	-
Cyclohexanon	10.000	10.000	-

Noot:

De grenswaarde voor alle niet in de tabel genoemde organische stoffen die als bodemverontreiniging voorkomen, is gelijk aan de verzadigingsconcentratie in grondwater. Voor organische stoffen die VOLLEDIG MENGBAAR ZIJN MET WATER is dit onbegrensd.

