

Rijksinstituut  
voor **Volksgezondheid**  
en Milieu

Ministerie van VROM  
Afdeling DGM/SAS  
T.a.v. [REDACTED]  
Postbus 30945  
2500 GX DEN HAAG

**Onderwerp**

Rubbergranulaat als instrooi materiaal in kunstgrasvelden

Geachte heer [REDACTED]

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

**Blad**

1/19

**Behandeld door**

[REDACTED]

Stoffen Expertise

Centrum Tel (030) 274

4081

Op 22 mei 2006 heeft u het RIVM gevraagd een reactie op te stellen op ontvangen commentaren op het antwoord van Staatsecretaris van Geel op kamervragen (2050603510) over *schadelijke stoffen in kunstgrasvelden*. In de commentaren wordt de beoordeling van de gezondheidsrisico's van rubbergranulaat aan de orde gesteld.

Naar aanleiding van dit verzoek heeft het RIVM een beoordeling gemaakt van de gezondheidsrisico's van rubbergranulaat (bijlage 1) en de beantwoording van de kamervragen bestudeerd. In aanvulling hierop zijn ook de milieurisico's van rubbergranulaat op speelvelden in kaart gebracht (bijlage 2). In deze brief treft u de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek aan.

**Gezondheidsrisico's rubbergranulaat**

Het RIVM komt tot de conclusie dat PAKs inderdaad in geringe mate kunnen vrijkomen uit rubbergranulaatkorreltjes in kunstgrasvelden, maar op basis van de voorhanden zijnde gegevens lijkt dit geen aanleiding te geven tot een gezondheidsrisico. Ook voor DEHP als representant van de groep weekmakers is er voor orale blootstelling geen gezondheidsrisico. Voor de andere chemische stoffen die in rubbergranulaat kunnen voorkomen ontbreekt het aan gegevens om een schatting van het gezondheidsrisico te maken. Aangezien er voor PAKs als meest schadelijke component in rubbergranulaat geen gezondheidsrisico is, lijkt het onwaarschijnlijk dat dit voor andere stoffen wel het geval zou zijn.

**Bijlagen**

2

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

**Antwoord op kamervragen****Vraag 4**

Tweede vraag: Kan op basis van het rapport van TUV worden geconcludeerd dat huidcontact met gemalen autobandeeltjes op kunstgrasvelden schadelijk zijn voor de gezondheid.

**Antwoord 4**

Tweede vraag: Neen ik acht de kans op schadelijke gezondheidseffenen van de PAKs in de rubberkorrels in kunstgrasvelden verwaarloosbaar klein om de volgende redenen:

1. de PAKs zijn in de matrix van de rubberkorrels opgenomen en logen niet uit
2. carcinogene PAKs komen voor in zeer geringe hoeveelheden, namelijk in parts per billion in rubberkorrels (0,03 ppb), blijkens een onderzoek op last van de Europese koepel van bandenfabrikanten;
3. de verblijftijd van mensen is relatief kort en dus is de tijd die men in contact is met de rubberkorrels slechts klein en
4. in het TUV bericht wordt gesproken van een veilig huidcontact van meer dan 30 seconden bij een gehalte van minder dan 10 mg/kg.

De concentratie van 0,03 ppb betekent circa een miljoenvoudige onderschrijding van de in het TUV-bericht aanbevolen limiet. Die marge acht ik veilig genoeg.

De conclusies van de Staatssecretarissen ten aanzien van de gezondheidsrisico's van rubbergranulaat in kunstgrasvelden komen overeen met die van het RIVM. De beoordeling van de gezondheidsrisico's heeft echter plaats gevonden op andere gronden; bij de argumentatie van de Staatssecretaris kunnen de volgende kanttekeningen worden geplaatst:

- Uit diverse onderzoeken is gebleken dat PAKs in zeer geringe mate uitlogen in contact met water (zie tabellen bijlage 2). De uitloogbaarheid van PAK in water is echter geen goede maat voor de bepaling van gezondheidsrisico's;
- De concentratie waar de Staatssecretaris naar verwijst (0,03 ppb) betreft de som van de carcinogene PAKs in een uitloogproef. Het totaal gehalte PAKs in rubberkorrels vervaardigd uit gebruikte autobanden ligt in orde grootte van 14 tot 112 mg/kg ofwel ppm (zie tabellen bijlage 2); het aandeel van de carcinogene PAKs betreft ca. 40-80%.
- De Staatssecretaris verwijst in zijn antwoord op de Kamervragen naar een TUV bericht waarin een aanbeveling voor maximaal toelaatbare waarden voor PAK in gereedschap en speelgoed is opgenomen. Deze aanbeveling omvat niet het gebruik van rubbergranulaat in speelvelden. Uit een mailwisseling tussen TUV en Kempeneers (2006) blijkt dat de waarden gebaseerd zijn op 'best practice' voor PAK bevattend elektrische apparaten; ze zijn niet gebaseerd op toxicologische testen van migratie bij aangegeven concentraties en contacttijden. Het betreft een aanbeveling, en geen TUV standaard, die gezien moet worden als een eerste poging een standaard af te leiden.
- De Staatssecretaris vergelijkt de resultaten uit een uitloogproef met de aangegeven gehalten in het TUV-bericht. Voor een juiste vergelijking had dit het totaal PAK gehalte in het rubbergranulaat moeten zijn (14-112 mg/kg, zie hierboven). Bij een huidcontact langer dan 30 sec (hetgeen aannemelijk is bij sportbeoefening op sportvelden) zou bij deze concentraties wel sprake zijn van een overschrijding van deze aanbeveling.

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

**Milieurisico's rubbergranulaat**

Het RIVM komt tot de conclusie dat voor een drietal stoffen de MTR-waarde voor oppervlaktewater wordt overschreden, als gevolg van uitloging van die stoffen uit het rubbergranulaat naar het omliggende oppervlaktewater. Voor 4-t-octylfenol is de overschrijding een factor 6, en voor de metalen koper en zink een factor van respectievelijk 14 en 25. Voor de som PAKs geldt eveneens een MTR overschrijding met een factor 2. Bij genoemde overschrijdingen zijn nadelige effecten op de in het water levende organismen niet uit te sluiten. De conclusies uit het RIVM onderzoek komen overeen met de resultaten van een vergelijkbare studie uit Noorwegen (NIVA, 2005). Ook bij een toetsing aan de normen in het bouwstoffenbesluit (Hofstra, 2006) wordt voor zink een overschrijding van de norm vastgesteld.

**Aanbevelingen**

Bij dezen willen wij onze zorg uitspreken ten aanzien van de toepassing van rubbergranulaat uit versnipperde autobanden op kunstgrasvelden. Het rubbergranulaat bevat een groot aantal chemische stoffen die via uitloging in het omliggende oppervlaktewater terecht kunnen komen. Gezien de voorlopige resultaten van dit onderzoek lijkt het aan te bevelen om het drainagewater niet direct (ongezuiverd) op het oppervlaktewater te lozen.

De beoordeling van de gezondheidsrisico's en milieurisico's is gebaseerd op een beperkte set aan 'blootstellinggegevens'.

- Nadere informatie over het beschikbaar komen van chemische stoffen uit rubbergranulaat bij dermale en orale blootstelling kan een verdere onderbouwing geven van de voorlopige conclusie dat er geen sprake is van een gezondheidsrisico bij het gebruik van rubbergranulaat in kunstgrasvelden.
- Aanvullende informatie, ten behoeve van de inschatting van de actuele concentratie van verbindingen in het waterige milieu, zal de onzekerheden in de analyse van de milieurisico's aanzienlijk reduceren.

Met vriendelijke groet,



Hoofd Stoffen Expertise Centrum

## Bijlage 1

### Gezondheids risico's

#### 1. *Introductie*

Op verzoek van het ministerie van VROM zijn de volgende vragen worden beantwoord:

- In welke concentraties komen PAKs in rubberkorrels voor? In ppb orde of veel hoger?
- Komen PAK's vrij uit de rubberkorrels door huid contact tijdens de sportbeoefening? In antwoord op de kamervragen stelt de Staatssecretaris dat PAKs niet uitlogen.
- Hoe schatten jullie de blootstellingstijd?
- Is er sprake van een reëel gezondheidsrisico ten gevolge van blootstelling aan de rubbergranulaatkorrels?

#### 2. *In welke concentraties komen PAKs in rubberkorrels voor? In ppb orde of veel hoger?*

Het totaal gehalte PAKs in rubberkorrels vervaardigd uit gebruikte autobanden ligt in orde grootte van 14 tot 112 mg/kg ofwel ppm (zie bijlage 2); het aandeel van de carcinogene PAKs betreft ca. 40-80%. Inderdaad kan geconcludeerd worden dat het gehalte PAK in rubbergranulaat veel hoger is (een factor 100.000 voor carcinogene PAKs en een factor 1.000.000 voor totaal PAKs) dan de 0,03 ppb die in het antwoord op de kamervragen vermeld staat. De concentratie waar de Staatssecretaris naar verwijst (0,03 ppb) betreft de som van de uitgelogde carcinogene PAKs in een uitloogproef naar water (BLIC, 2005).

#### 3. *Komen PAK's vrij uit de rubberkorrels door huidcontact tijdens de sportbeoefening? In antwoord op de Kamervragen stelt de Staatssecretaris dat PAKs niet uitlogen.*

Informatie over het vrijkomen van PAKs uit rubbergranulaat bij huidcontact is niet beschikbaar. Wel is er een studie beschikbaar waarin de migratie van PAKs uit autobanden met behulp van kunstmatig zweet (zweetsimulant) is gemeten (Danisch EPA, 2004). Uit deze studie blijkt dat alleen voor fluorantheen en pyreen een aantoonbare migratie kon worden aangetoond. Voor benzo[a]pyreen de meest schadelijke (carcinogene) PAK kon migratie echter niet worden aangetoond.

#### 4. *Inschatting blootstelling*

Blootstelling aan de in het rubbergranulaat aanwezige chemicaliën kan geschieden via de huid (dermale adsorptie), via de mond (oraal) of via inademing (inhalatoir). Over geen van deze routes is betrouwbare informatie met betrekking tot rubbergranulaat voorhanden.

Achtergrondconcentraties aan benzo[a]pyreen in stedelijke gebieden in Europa bedragen ongeveer 1-10 ng/m<sup>3</sup> (WHO, 2000). Additionele inhalatoire blootstelling aan PAKs door uitdamping van deze stoffen uit het rubbergranulaat lijkt bij het sporten in de buitenlucht niet waarschijnlijk gezien de lage dampspanning van PAKs. Daar rubbergranulaat uit grove korreltjes (grootte ca 0,5 tot 2 mm) bestaat is

inademing van rubbergranulaat uitgesloten. Inhalatoire blootstelling is derhalve geen bron voor een additioneel risico.

Bij blootstelling aan grond tijdens het spelen gaat het RIVM voor kinderen van 1 tot 7 jaar uit van een gemiddelde ingestie van grond door hand-mondcontact van 100 mg per dag (RIVM, 2002). Voor jonge kinderen (18 maanden) wordt uitgegaan van een inname van 300 mg per dag. Bij het Deense onderzoek (Danisch EPA, 2004) dat bij de beantwoording van de volgende vraag wordt geciteerd is uitgegaan van een inname door kinderen van verontreinigd zand van 10 gram per dag gedurende een half jaar. Dit is een zeer conservatief blootstellingscenario. In het onderhavige geval spreken wij echter niet van grond of zand, maar van rubbergranulaatdeeltjes met een grootte van ca 0,5 tot 2 mm. Orale inname hiervan lijkt niet erg waarschijnlijk, maar als default kan hier voor orale opname van rubbergranulaat ook een waarde van 100 mg/dag gehanteerd worden.

Voor huidcontact met rubbergranulaat door het zitten, liggen, vallen (sliding) op een kunstgrasveld zijn geen betrouwbare scenario's voorhanden. In het Deense onderzoek (Danisch EPA, 2004) wordt voor huidcontact van kinderen met rubberen speeltoestellen (oude autobanden) uitgegaan van 1 uur per dag en een blootgesteld huidoppervlak van 200 cm<sup>2</sup>. Dit lijkt voor de situatie m.b.t. rubbergranulaat een aanzienlijke overschatting, aangezien bij kunstgras het rubbergranulaat als instrooimateriaal wordt gebruikt en direct huidcontact eerder plaatsvindt met de kunststofvezels van het kunstgras dan met het rubbergranulaat.

##### *5. Is er sprake van een reëel gezondheidsrisico ten gevolge van blootstelling aan de rubbergranulaatkorrels?*

Zoals hierboven al is aangegeven is er geen informatie voorhanden voor het beoordelen van de mogelijke gezondheidsrisico's bij contact met rubbergranulaat. Voor een inschatting van het risico baseren wij ons daarom deels op gegevens zoals vermeld in het rapport van de Deense EPA (2004). Dit rapport beschrijft de mogelijke risico's van rubberen speeltoestellen in zandbakken. Hierbij is zowel gekeken naar dermale blootstelling door direct contact met autobanden als naar orale blootstelling door inname van verontreinigd zand. Deze laatste situatie is niet direct vergelijkbaar met rubbergranulaat, maar is wel illustratief voor het inschatten van een mogelijk risico voor de gezondheid.

##### *5.1 Risico bij dermale blootstelling*

Voor benzo[a]pyreen (BaP), de meest toxische PAK, kon geen migratie worden aangetoond met behulp van een test met een zweetsimulant. Op grond hiervan zou geconcludeerd kunnen worden dat er geen risico is ten gevolge van dermale blootstelling. Het lijkt echter realistischer om bij de migratie van BaP uit te gaan van de detectielimiet voor de migratie van PAKs van ongeveer 0.001 ng/cm<sup>2</sup> zoals gerapporteerd door de Deense EPA (2004). In vergelijking met gegevens uit het Deense onderzoek kan een systemische belasting aan BaP via dermale blootstelling van ongeveer 1-2 ng/kg lichaamsgewicht geschat worden. Door de WHO (2005) is voor BaP als marker voor de gezamenlijke carcinogene PAKs in een mengsel, een benchmark dose (BMD<sub>10</sub>) voor carcinogene effecten van 100 µg/kg lichaamsgewicht per dag afgeleid. Deze BMD<sub>10</sub> komt overeen met de dosis die een 10% incidentie aan tumoren toont in de blootgestelde proefdierpopulatie. De hierboven geschatte blootstelling van ongeveer 1 ng/kg lichaamsgewicht komt dan overeen met een

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

additioneel kankerrisico van 1 op de miljoen levenslang. Met andere woorden er is voor dermale blootstelling aan PAKs sprake van een verwaarloosbaar risico.

Voor de andere in rubbergranulaat aanwezige stoffen ontbreekt het aan gegevens om een uitspraak over het dermale risico te doen. Echter, aangezien er voor BaP als marker voor alle PAKs en als meest schadelijke component in rubbergranulaat geen gezondheidsrisico is, lijkt het onwaarschijnlijk dat dit voor de andere stoffen wel het geval zou zijn.

### *5.2 Risico bij orale blootstelling*

Zoals hierboven al is aangegeven gaan wij bij het ontbreken van reële gegevens uit van ingestie van 100 mg rubbergranulaat/dag. Gecombineerd met een concentratie van BaP in rubbergranulaat van ongeveer 3 mg/kg komt dit overeen met een inname van 0,3 ug BaP/persoon per dag. Wanneer wij ervan uitgaan (worst case schatting) dat 10% van het in rubbergranulaat aanwezige BaP beschikbaar kan komen dan resulteert dit voor een persoon van 60 kg in een orale blootstelling van 0,5 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Op basis van de hierboven aangehaalde schatting van het kankerrisico door de WHO (2005) komt een blootstelling van 0,5 ng/kg lichaamsgewicht per dag overeen met een additioneel risico van 0,5 op de 1 miljoen. Er is derhalve sprake van een verwaarloosbaar risico.

De Deense EPA (2004) schat de orale blootstelling aan BaP uit rubberen speeltoestellen op ongeveer 0,1 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Op basis van de schatting van het kankerrisico door de WHO (2005) komt dit overeen met een additioneel kankerrisico van 1 op de 10 miljoen levenslang. Dit ondersteunt de conclusie dat er voor PAKs geen risico is bij orale blootstelling.

Naast PAKs komen in rubbergranulaat ook andere chemische stoffen voor zoals o.a. ftalaten (weekmakers). Voor één van de meest schadelijke ftalaten, diethylhexylftalaat (DEHP) kan analoog aan de hierboven gehanteerde werkwijze een schatting gemaakt worden van het risico bij orale blootstelling aan rubbergranulaat. Voor DEHP is de concentratie in rubbergranulaat ongeveer 20 mg/kg. Bij een inname van 100 mg en een beschikbaarheid van 10% komt dit overeen met een orale blootstelling van ongeveer 0,003 ug/kg lichaamsgewicht per dag. Dit is ongeveer een factor 15.000 lager dan de door de EFSA (2005) afgeleide TDI. Kortom, ook voor DEHP (en de andere ftalaten) is er geen sprake van een gezondheidsrisico bij orale blootstelling aan rubbergranulaat.

### *Algemeen*

Voorts kan er worden opgemerkt dat de aanname van een orale beschikbaarheid van 10% van de in rubbergranulaat voorkomende chemische stoffen zeer waarschijnlijk een aanzienlijke overschatting is. Resultaten uit uitloogproeven wijzen op een beschikbaarheid in de orde van 0,01%. Daarnaast is er bij de risicoschatting (zowel dermaal als oraal) uitgegaan van een langdurige dagelijkse blootstelling. Ook dit is zeer waarschijnlijk een overschatting van de situatie bij blootstelling aan rubbergranulaat.

### *6. Conclusie*

PAKs kunnen inderdaad in geringe mate vrijkomen uit rubbergranulaatkorreltjes, maar op basis van de voorhanden zijnde gegevens leidt dit niet tot een

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

gezondheidsrisico. Ook voor de weekmaker DEHP is er bij oral blootstelling geen sprake van een gezondheidsrisico.

Voor de overige in rubbergranulaat voorkomende chemische stoffen ontbreekt het aan gegevens om een realistische schatting van het gezondheidsrisico te maken. Maar aangezien er voor PAKs als meest schadelijke component in rubbergranulaat geen gezondheidsrisico is, lijkt het onwaarschijnlijk dat dit voor andere stoffen wel het geval zou zijn.

### *7. Aanbeveling*

Nadere informatie over over het beschikbaar komen van chemische stoffen uit rubbergranulaat bij dermale en orale blootstelling kan een verdere onderbouwing geven van de voorlopige conclusie dat er geen sprake is van een gezondheidsrisico bij het gebruik van rubbergranulaat in kunstgrasvelden.

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

**Referenties**

BLIC (2005) Literature study on substances leached from shredded and whole used tyres, Executive Summary. June 2005. European Association of the Rubber Industry (BLIC).

Danish EPA 2004, Emissions and evaluation of health effects of PAH's and aromatic amines from tyres, Survey of Chemical Substances in Consumer products, No. 54 2005

EFSA (2005) Opinion of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food (AFC) related to Bis(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) for use in food contact materials, Parma 23 June 2005

Hofstra (2006) Instrooirubber op kunstgrasvelden uit geschredderde autobanden. Onderzoek naar milieu- en gezondheidsrisico's.

INTRON Sittard, zie Noordermeer

KEMI, Konstgräs ut ett kemikalieperspektiv – en lägesrapport, PM nr 2/06.

LUT (2004) Technical and Environmental Properties of Tyre Shreds Focusing on Ground Engineering Applications.

NIVA 2005, Miljorisikovurdering av kunstgresssystemer. Rapport LNR 5111-2005. Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

Noordermeer, Stellingname betreffende beantwoording Kamervragen 2050603510 door de Staatssecretaris van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. Universiteit Twente, Faculteit Technische Natuurwetenschappen, Rubber Technologie.

Norges Byggeforskningsinstitutt (2004) Oppdragsrapport, Potensielle helse- og miljøeffekter tilknyttet kunstgresssystemer- sluttrapport

RIVM (2002) Children's toys Fact Sheet, RIVM report 612810012/220

TÜV Rheinland Group (2005) TÜV Product und Umwelt Information. Regulations on harmful Substances. Polynuclear aromatic Hydrocarbons (PAH). Recommendation for Limits in Products, 08/2005

WHO (2000) Air Quality Guidelines for Europe, 2<sup>nd</sup> edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91.

WHO (2005) Summary report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA/64/SC

**RIVM 22 juni 2006**



## Bijlage 2

### Milieurisico's van het gebruik van rubbergranulaat op voetbalvelden van kunstgras

#### 1. Inleiding

Infill is de vulling die op de toplaag van het kunstgrasveld ligt.

Kunstgrasvoetbalvelden hebben vaak een infill van zand en rubber. De functie van de infill is het stabiliseren van het veld en geeft de kunstgrasmat specifieke eigenschappen bijvoorbeeld voor het maken van slidings. Voor het rubbergranulaat kan gebruik worden gemaakt van versnipperde autobanden of nieuw EPDM ("aromaat vrij") rubber.

#### 2. Receptuur, chemische samenstelling en resultaten uitloogproeven

Veelal wordt gebruik gemaakt van versnipperde autobanden. De samenstelling van het infill rubber granulaat is dan identiek aan die van autobanden. Het rubber van de autobanden bevat een veelheid aan chemische verbindingen die zorgen voor de specifieke eigenschappen van het materiaal. De samenstelling van het rubber kan sterk variëren afhankelijk van de specifieke eigenschappen die men aan het rubber wil geven. Onderstaande tabel (tabel 1) geeft een beeld van het verschil in de samenstelling (receptuur) van rubber. In de rubberindustrie wordt gewerkt volgens recepturen waarin wordt aangegeven welke hoeveelheden van een bepaald product (additieven) gebruikt worden voor de productie van een specifieke type rubber. Het gaat hier niet alleen om enkelvoudige chemische verbindingen, maar vaak ook om een samenstelling daarvan, zoals wax en procesoliën.

Tabel 1. Globale samenstelling (receptuur) van het type rubber voor autobanden<sup>1)</sup>.

Ingrediënt	Formulering	Formulering	Formulering	Formulering
	A	B	C	D
polymeer	18,3	88,9	46,8	55,9
carbon black	11,0		45,6	30,7
ZnO	0,5	2,7	1,4	2,8
Zwavel	0,4	2,2	1,2	0,1
Stearinezuur	0,4	1,8	0,9	1,4
Anti-oxidant	0,2	2,7	1,4	0,8
Wax	0,2	0,4	0,2	1,1
Versnellers	0,1	1,3	0,8	0,3
Aromatische procesolie	69,0		1,7	4,5

<sup>1)</sup> CIWMB (1996)

Daarnaast zijn er gegevens met betrekking tot de chemische samenstelling van het rubber van autobanden. Hiertoe zijn via chemische analyse van het materiaal de gehalten van organische chemische verbindingen en metalen in het rubber bepaald. Tabel 2 geeft een overzicht van de resultaten van enkele chemische analyses van rubber granulaat voor een aantal organische verbindingen.

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

Tabel 2 Concentraties van organische verbindingen (in mg/kg) in rubber granulaat van autobanden.

Stof	Monster I <sup>1)</sup>	Monster II <sup>2)</sup>	Monster III <sup>2)</sup>	Monster IV <sup>2)</sup>	Monster V <sup>2)</sup>
Naftaleen	0,55	0,4	0,32	0,72	0,19
Acenaftyleen	5,6	0,6	0,79	1	<0,08
Acenafteen	0,3	<0,2	<0,2	0,32	<0,08
Fluoreen	<0,15	0,4	0,55	0,68	<0,08
Fenantreen	4,3	4,8	5,9	5,8	0,43
Antraceen	0,83	0,6	0,55	0,76	<0,08
Fluorantheen	4,3	7,8	11	11	0,12
Pyreen	17	23	37	34	0,16
Benzo[a]antraceen	8,5	1,4	1,9	1,8	<0,08
Chryseen	6	2,2	2,2	4,2	<0,08
Benzo[b]fluorantheen	3,3	2,2	3,5	3,9	<0,08
Benzo[k]fluorantheen	2,5	0,4	0,55	1,5	<0,08
Benzo[a]pyreen	3	2,4	3,1	3	0,12
Dibenzo[a,h]antraceen	<0,47	<0,4	<0,2	0,44	<0,08
Benzo[ghi]peryleen	6	3,4	5,8	5,1	<0,08
Indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,21	0,8	0,95	1,4	<0,08
Total PAK (16)	62	51	74	76	1
Dimethylftalaat		<1,0	<1,0	<1,0	3,4
Diethylftalaat		<1,0	<1,0	<1,0	1,5
Dibutylftalaat		3,4	2,6	3,9	1,6
Benzylbutylftalaat		1,3	2,8	1,9	<1,0
Diethylhexylftalaat		21	21	29	3,9
Di-n-oktylftalaat		<1,0	<1,0	<1,0	3,2
Di-isononylftalaat		57	78	-	-
Di-isodecylftalaat		<1,0	<1,0	-	-
4-t-octylfenol		33,7	27,8	19,6	0,05
4-n-octylfenol		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
iso-nonylfenol		21,2	21,6	9,12	1,12

<sup>1)</sup> LUT (2004)<sup>2)</sup> NBI (2004)

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

Tabel 3 geeft een overzicht van de gemeten PAK-gehalten, zowel het gehalte benzo[a]pyreen als het totaal gehalte PAK's, in rubber en EPDM uit verschillende studies.

Tabel 3: Overzicht van gemeten PAK-gehalten (in mg/kg) in rubbergranulaat en EPDM (Noordermeer, 2006; Hofstra 2006).

Aard monster	Referentie	Gehalte Benzo[a]-pyreen	Gehalte totaal PAK's	Referentie
Bandenmaatsel	Norges Byggforskningssinstitutt	2,4	51	1
Bandenmaatsel	Norges Byggforskningssinstitutt	3,1	74	1
Bandenmaatsel	Norges Byggforskningssinstitutt	3	76	1
Bandenmaatsel	TÜV Rheinland Group	<0,1	46	1
Behandeld bandenmaatsel	TÜV Rheinland Group	<0,1	47	1
Bandenmaatsel Personenwagen	TNO	4,9	112	1
Bandenmaatsel Vrachtwagen	TNO	3,0	90	1
Vrachtwagen	Intron Sittard	0,3	14	1
Personenauto	Intron Sittard	0,68	33	1
EPDM- maatsel	Norges Byggforskningssinstitutt	0,12	1	1
EPDM	TÜV Rheinland Group	<0,1	1,2	1
EPDM	TÜV Rheinland Group	<0,1	0,45	1
EPDM	TÜV Rheinland Group	<0,1	0,14	1
EPDM	TNO	<0,05	<1	1
EPDM	Intron Sittard	<0,1	3,8	1
Veldmonster	INTRON	0,35	58	2
Veldmonster	INTRON	0,32	47,5	2
Veldmonster	INTRON	0,29	61,6	2
Veldmonster	INTRON	0,41	71	2
Veldmonster	INTRON	0,26	46,1	2

<sup>1)</sup> Noordermeer (2006)

<sup>2)</sup> Hofstra (2006)

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

Naast organische chemische verbindingen zijn er ook metalen in het rubber aanwezig (zie tabel 4). Het betreft dan met name zink. Zink is afkomstig van het aan de rubber toegevoegde zinkoxide, welke als vulcanisatieversneller tijdens de productie van het rubber aan het rubber is toegevoegd.

Tabel 4. Concentraties metalen (in mg/kg) in rubber granulaat van autobanden.

Stof	Monster I <sup>1)</sup>	Monster II <sup>2)</sup>	Monster III <sup>2)</sup>	Monster IV <sup>2)</sup>	Monster V <sup>2)</sup>
Arseen	<9,95	<3	<3	<2	<2
Cadmium	<1,99	1	1	2	<0,5
Cobalt	<1,99				
Chroom	<1,99	<2	<2	<2	5200
Koper	32,1	35	20	70	<3
IJzer	452				
Mangaan	3,51				
Nikkel	<1,99	<2	<1	<5	<5
Lood	<9,95	20	15	17	8
Zink	174	7500	7300	17000	9500
Kwik		0,04	0,04	<0,03	<0,03

<sup>1)</sup> LUT (2004)<sup>2)</sup> NBI (2004)

Naast gehaltebepalingen van organische verbindingen en metalen in rubbergranulaat zijn er uitloogproeven uitgevoerd met rubbergranulaat. In deze proeven wordt de mate van uitloging (uitlekken) van stoffen vanuit het granulaat naar water bepaald. De uitloogproeven zijn verricht volgens een standaard protocol NEN ISO 12457. Rubbergranulaat wordt daarbij in contact gebracht met gedeïoniseerd water in een verhouding van 10 liter per kg rubbergranulaat. Uitloging vindt vervolgens plaats gedurende een periode van 24 en 48 uur onder roeren, voor respectievelijk metalen en organische verbindingen (LUT, 2004 en NBI, 2004). Na deze periode worden monsters van het water genomen en geanalyseerd op de betreffende verbindingen.

De analyse resultaten van de uitloogtesten zijn in tabellen 5 en 6 weergegeven.

Tabel 5. Gemeten concentraties (in µg/l) van organische verbindingen in water van uitloogproef met rubber granulaat van autobanden.

Stof	Monster Ia <sub>1)</sub>	Monster Ib <sub>1)</sub>	Monster II <sub>2)</sub>	Monster III <sub>2)</sub>	Monster IV <sub>1)</sub>
Naftaleen	11	<0,29	0,15	<0,01	
Acenaftyleen	<0,14	0,46	0,27	<0,01	
Acenafteen	<0,5	<0,5	0,03	0,02	
Fluoreen	<0,2	2,8	0,04	0,04	
Fenantreen	0,1	<0,05	0,16	0,17	
Antraceen	<0,01	<0,01	0,03	0,03	
Fluorantheen	<0,01	0,09	0,06	0,06	
Pyreen	<0,05	<0,06	0,13	0,12	
Benzo[a]antraceen	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	
Chryseen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Benzo[b]fluorantheen	<0,01	<0,04	<0,01	<0,01	

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

Benzo[k]fluorantheen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo[a]pyreen	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01		
Dibenzo[a,h]antracene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo[ghi]peryleen	<0,05	<0,06	<0,01	<0,01		
Indeno[1,2,3-cd]pyreen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Totaal PAK's	<12,15	<4,43	<0,95	<0,54		
Dimethylftalaat			0,6	1,6		
Diethylftalaat			6,6	8,3		
Dibutylftalaat			3,3	2,1		
Benzylbutylftalaat			<0,1	0,3		
Diethylhexylftalaat			5,1	5,6		
Di-n-oktylftalaat			2,9	4,4		
Di-isononylftalaat			2,7	2,2		
Di-isodecylftalaat			<1,0	1,0		
4-t-octylfenol			3,6	2,95	50 – 0,2	
4-n-octylfenol					0,3 -	
			0,043	<0,02	0,001	
iso-nonylfenol			1,12	0,568	0,5 – 0,7	

<sup>1)</sup> LUT, 2004<sup>2)</sup> NBI, 2004

Totaal gehalten voor PAK's (EPA-16) variëren van 0,54 µg/liter tot 12,15 µg/l (parts per billion, ppb) niveau. Voor benzo[a]pyreen zijn de gemeten gehalten in water lager dan 0,02 µg/l. Uit recent onderzoek (Hofstra, 2006) naar de uitloging van chemicaliën uit rubbergranulaat van Nederlandse kunstgras voetbalvelden blijkt dat de gemeten gehalten voor PAK's (16-EPA) liggen in de range van <0,34; <0,40; <0,64; <0,11 en 0,45 voor water-granulaat verhouding van 1:1 (LS=10). Voor productiemonsters liggen de totale gehalten voor PAK's (16-EPA) tussen <0,44 en <0,94 µg/l (Hofstra, 2006). De gemeten gehalten komen overeen met de resultaten van de Noorse studie (NBI, 2004) en waarden gerapporteerd door BLIC (2005). De hogere afwijkende gehalten uit LUT (2004) worden met name veroorzaakt door hoge concentraties van enkele verbindingen (naftaleen en fluoreen).

Tabel 6. Gemeten concentraties (in µg/l) van metalen en arseen in water van uitloogproef met rubber granulaat van autobanden.

Stof/	Monste r Ia 1)	Monste r Ib 1)	Monste r II 2)	Monste r III <sup>2)</sup>	Monste r IV <sup>2)</sup>	Monste r V <sup>2)</sup>
Arseen	2,27	1,69				
Cadmium	0,078	0,12				
Cobalt	5,33	5,81				
Chroom	2,95	5,96				<2
Koper	5,77	383				
IJzer	0,284	0,462				
Mangaan	56,4	5,57				
Nikkel	4,31	1,37				
Lood	8,44	48,8				
Zink	1310	7050	2290	1220	590	80

Kwik	<0,02	0,0386
------	-------	--------

<sup>1)</sup> LUT, 2004

<sup>2)</sup> NBI, 2004

De door de INTRON uitgevoerde studie (Hofstra, 2006) rapporteert zinkgehalten in eluent van 7500 – 6000 µg/l waarbij onderzoek volgens DIN V 18305-7 is uitgevoerd. Deze proef is vergelijkbaar met de in (NBI, 2004) gehanteerde proef. De door INTRON uitgevoerde testen zijn anders. Hier zijn zogenaamde kolomproeven (NEN7383) gehanteerd (Hofstra, 2006), conform het Bouwstoffen besluit. Hierdoor wordt een vergelijk tussen de resultaten van de verschillende uitloogtesten moeilijk. Omgerekende uitloogwaarden van mg/kg naar µg/l kunnen als vergelijk dienen. Hierbij is de verhouding tussen de hoeveelheid eluent (water) en rubber, L/S-verhouding van belang. Bij een L/S van 10 variëren de gehalten van zink van 400 – 1200 µg/l voor productiemonsters en voor veldmonster tussen de 1200 en 5300 µg/l. Deze waarden zijn vergelijkbaar met de door LUT (2004) en NBI (2004) gerapporteerde concentraties voor zink.

Voor monsters Ia en Ib zijn de uitloogproeven uitgevoerd bij verschillend pH-waarden. Daarnaast zijn voor een aantal stoffen de resultaten weergegeven van uitloogproeven met geshredderde autobanden (Monster IV). Uit een vergelijk van de resultaten van de uitloogproeven met rubbergranulaat en geshredderde autobanden blijkt dat de mate van uitlooging voor rubbergranulaat hoger is. Dit is te verklaren uit het feit dat granulaat een veel groter specifiek oppervlak heeft (kleinere deeltjes) waardoor het beschikbare oppervlak voor uitlooging groter is. Rubbergranulaat betreft deeltjes van 1 mm tot 10 mm groot. Versnipperde en geshredderde autobanden betreft stukken van respectievelijk 10-50 mm en 50- 300 mm groot, volgens de Europese nomenclatuur, CWA 14243 (LUT, 2004).

### 3. Schatting milieurisico's

Om een idee te krijgen van de mogelijke effecten op het milieu, zijn de gemeten concentraties die voortkomen uit de uitloogproeven vergeleken met de in Nederland geldende normen voor het oppervlaktewater. Hiertoe worden in Nederland het maximaal toelaatbaar risico (MTR) en de streefwaarde gehanteerd (SW) (VROM, 2006). De MTR-waarden zijn afkomstig van Stoffen en risico's website (RIVM, 2006). Voor elke stof is de maximale waarde van de gemeten concentraties afgezet tegen het MTR. Voor stoffen met een zelfde toxische werkingsmechanisme mogen de afzonderlijke verhoudingen tussen de concentratie en het MTR worden opgeteld, de zogenaamde 'toxic unit' benadering. Deze toxic unit benadering is gevolgd voor de PAK's. Het totaal (som) voor de PAK's is ook weergegeven bij de resultaten (tabel 7.) De verhouding tussen concentraties en het MTR geeft een indruk van mogelijke effecten voor het milieu (verhouding > 1 is potentieel risico).

Met het milieu wordt in deze casus het ontvangende oppervlaktewater bedoeld. Er is uitgegaan van een situatie waarbij het drainagewater van een in de openlucht aangelegde kunstgrasvoetbalveld wordt geloosd op een nabij gelegen sloot. Daarbij is aangenomen dat het drainage water dezelfde concentratie heeft als de maximale gemeten concentraties van de uitloogproeven. Daarnaast is het in de risicobeoordeling van stoffen gebruikelijk om aan te nemen dat in het oppervlaktewater geloosd water wordt verdund met een factor 10. Voor een lokale risicoschatting wordt verder aangenomen dat er geen biologisch of chemische afbraak plaatsvindt.

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

De resultaten van de vergelijking tussen de geschatte concentraties in het oppervlaktewater en de in Nederland geldende normen voor het oppervlaktewater zijn in tabel 7 weergegeven.

De normen zijn uitgedrukt als totale concentratie in water. Dit omvat zowel het opgeloste deel als het deel gebonden aan zwevend stof.

Tabel 7. Maximale concentratie in het eluaat, maximaal geschatte concentratie in het oppervlaktewater en verhouding tot het MTR, voor organische verbindingen.

Stof	Maximale conc. (µg/l)	Concentratie in water (µg/l)	MTR (µg/l)	Verhouding Conc./MTR
Naftaleen	11	1,1	1,20	0,92
Acenaftyleen	0,46	0,046		
Acenaftheen	<0,5	<0,05		
Fluoreen	2,8	0,28		
Fenantreen	0,17	0,017	0,3	0,06
Antraceen	0,03	0,003	0,080	0,04
Fluorantheen	0,09	0,009	0,500	0,02
Pyreen	0,13	0,013		
Benzo[a]antraceen	0,03	0,003	0,030	0,10
Chryseen	<0,01	<0,001	0,900	<0,001
Benzo[b]fluorantheen	<0,04	<0,004	0,025	<0,16
Benzo[k]fluorantheen	<0,01	<0,001	0,200	<0,01
Benzo[a]pyreen	<0,02	<0,002	0,200	<0,01
Indeno[1,2,3,cd]pyreen	<0,01	<0,001	0,400	<0,003
Dibenzo[a,h]antraceen	<0,01	<0,001	0,001	<1,00
Benzo[g,h,i]peryleen	<0,06	<0,006	0,500	<0,01
<b>Som PAK's<sup>4)</sup></b>				<b>≥1,12- &lt;2,31-</b>
Dimethylftalaat	1,6	0,16		
Diethylftalaat	8,3	0,83		
Dibutylftalaat	3,3	0,33	10 <sup>3)</sup>	0,03
Benzylbutylftalaat	0,3	0,03	7,5 <sup>3)</sup>	0,004
Diethylhexylftalaat	5,6	0,56	1,3 <sup>1)</sup>	0,43
Di-n-octylftalaat	4,4	0,44		
Diisononylftalaat	2,7	0,27	-	
Diisodecylftalaat	1	0,1	-	
4-t-octylfenol	3,6	0,36	0,06 <sup>2)</sup>	<b>6,00</b>
4-n-nonylfenol	0,043	0,0043	0,33 <sup>3)</sup>	0,01
iso-nonylfenol	1,12	0,112	0,33 <sup>3)</sup>	0,34

MTR\* dit is het toegevoegde MTR volgens onderstaande formule

1) Norm uit de Kaderrichtlijn water

2) Norm uit de Kaderrichtlijn water

3) Afgeleide MTR gebaseerd op de PNEC (predicted no effect concentration) uit EU risk assessment rapporten (dit is geen officiële nationale norm. Deze norm is vergelijkbaar met het MTR) 4) Voor de PAK's is de som van de verhoudingen tussen de concentratie en het MTR berekend zowel inclusief als exclusief de waarden die

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

horen bij de concentraties beneden de detectielimiet (<-teken). Aanvullend dient opgemerkt te worden dat (nog) niet voor alle PAK's normen beschikbaar zijn.

Metalen en arseen komen van nature voor in het milieu. In de MTRs zijn de van nature aanwezige gehalten van deze verbindingen meegenomen. Er wordt uitgegaan van de in de uitloogproeven gemeten concentraties en deze concentraties worden toegevoegd aan de natuurlijke achtergrondconcentraties. Daarom dienen de MTRs gecorrigeerd te worden met de natuurlijke achtergrondconcentraties (AC) volgens de volgende berekening:

$$MTR_{\text{totaal}} = MTR_{\text{toegevoegd}} + AC$$

$$MTR_{\text{toegevoegd}} = MTR_{\text{totaal}} - AC$$

De resultaten van de vergelijking tussen de geschatte concentraties in het oppervlaktewater en de in Nederland geldende normen voor het oppervlaktewater zijn voor metalen en arseen in tabel 8 weergegeven.

Tabel 8. Maximale concentratie in het eluaat, maximaal geschatte concentratie in het oppervlaktewater en verhouding tot het MTR voor metalen en arseen.

Stof	Maximale conc. (µg/l)	Concentratie in water (µg/l)	MTR (µg/l)	AC (µg/l)	Verhouding Conc./MTR*
Arseen	2,3	0,227	32	1	0,01
Barium	11	1,06	230	76	0,01
Cadmium	0,12	0,012	2	0,4	0,01
Cobalt	5,8	0,581	3,1	0,2	0,20
Chroom	6,0	0,596	84	1,6	0,01
Koper	383	38,3	3,8	1,1	<b>14</b>
Kwik	0,039	0,00386	1,2	0,06	0,00
Nikkel	4,3	0,431	6,3	4,1	0,20
Lood	49	4,88	220	3,1	0,02
Zink	7050	705	40	12	<b>25</b>

MTR\* dit is het toegevoegde MTR volgens bovenstaande formule.

Uit het vergelijk tussen de maximaal te verwachten concentratie in het oppervlaktewater en de normen blijkt dat voor een drietal stoffen de norm in het oppervlaktewater wordt overschreden. Voor 4-t-octylfenol is dit met een factor 6 en voor de metalen koper en zink is dit respectievelijk een factor 14 en 25. Voor totaal PAK's geldt dat de som van de individuele verhoudingen groter is dan één ( $\geq 1,1 - < 2,3$ ) en ook voor PAK's geldt dus dat de norm wordt overschreden. Bij overschrijding van de norm voor meerdere stoffen zijn nadelige effecten op de in het water levende organismen niet uit te sluiten.

#### 4. Vergelijking met overig onderzoek

De conclusies uit dit onderzoek komen overeen met de resultaten van een vergelijkbare studie uit Noorwegen NIVA (2005). Uit dat onderzoek kwamen met name zink en 4-t-octylfenol naar voren als mogelijk schadelijk voor het aquatisch milieu als gevolg van het gebruik van rubbergranulaat als infill voor oa. voetbalvelden. De conclusie van dit onderzoek met betrekking tot zink is in



overeenstemming met de resultaten van het INTRON onderzoek (Hofstra, 2006), hoewel opgemerkt dient te worden dat de conclusies uit het INTRON onderzoek gebaseerd zijn op normen uit het Bouwstoffenbesluit.

#### *5. Onzekerheden in de risicoschatting*

De resultaten van de uitloogproeven geven waarschijnlijk een extreme situatie weer vergeleken met de werkelijkheid. De contacttijd van regenwater met het rubbergranulaat is in werkelijkheid veel korter. De contacttijd tijdens de uitloogtesten is 24-48 uur, terwijl dit in werkelijkheid veel lager zal zijn en er daardoor een ander beeld van de hoeveelheid aan uitgeloopte stoffen kan ontstaan. Over de tijdsafhankelijkheid van de uitloging kan echter geen uitspraak worden gedaan op basis van de gehanteerde uitloogtesten. Naast het tijdsaspect staat het feit dat de verhouding tussen de hoeveelheid granulaat en water in werkelijkheid veel hoger ligt.

Daarnaast vindt blootstelling in het oppervlakte water slechts gedurende korte perioden (tijdens regenbuien) plaats. Aan de andere kant zal tijdens regenbuien de verdunningsfactor voor sloten mogelijk minder zijn de gehanteerde factor 10. De factor 10 is echter gebaseerd op lange termijn effecten (en niet per se vlak na regenbui) hetgeen de toepassing van de factor 10 weer ondersteunt, omdat de normen eveneens gebaseerd zijn op lange termijn effecten.

De aanname is dat 100% van de stof in oppervlaktewater 'biobeschikbaar' is. In geval van metalen zal in werkelijkheid slechts een deel van de stof biobeschikbaar zijn (en dus toxisch) voor organismen. Dit heeft te maken met binding e.d. van het metaalion aan andere deeltjes in het water. Voor metalen is er steeds meer kennis aanwezig om een correctie voor biobeschikbaarheid concreet toe te passen. Deze correctie is afhankelijk van een aantal abiotische parameters in het water, bijvoorbeeld pH, hardheid en hoeveelheid opgelost organisch koolstof (DOC). De biobeschikbaarheidscorrectie is echter nog niet 'officieel' doorgevoerd in de Nederland en niet toegepast in dit onderzoek.

#### *6. Aanbevelingen*

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- Naast bovengenoemde stoffen zijn er eveneens andere verbindingen die in rubber voorkomen, zoals bijvoorbeeld antioxidanten en versnellers. Een goede onderbouwing van de in de literatuur gevonden blootstellingsgegevens (BLIC, 2005) voor deze stoffen ontbreekt nog. Een eerste, voorlopige analyse laat zien dat voor een aantal chemische verbindingen (bijvoorbeeld aniline) de gemeten concentraties in (grond)water hoger ligt dan de PNEC (= MTR). De hierbij gehanteerde PNEC's zijn afkomstig van de risicoevaluatierapporten (RAR's) die door de EU zijn opgesteld. Het is dus raadzaam om grondig naar de andere in rubber voorkomende stoffen te kijken. Deze stoffen zouden kunnen bijdragen aan het 'overall' risico van rubbergranulaat toepassing in het aquatisch milieu.
- Om een beter beeld te krijgen van de kinetiek (tijdsafhankelijkheid) van de mate van uitloging dienen hiertoe specifiek uitloogtesten te worden uitgevoerd. Deze moeten uitgaan van een meer realistische situatie voor rubbergranulaat toepassing op kunstgrasvelden.

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

- Om een goed beeld te krijgen van de werkelijke blootstelling van het aquatisch milieu is het aan te bevelen metingen verrichten aan het voorkomen van rubberchemicaliën in het drainagewater van kunstgrasvelden (monitoring campagne).
- Gezien de (voorlopige) resultaten van dit onderzoek lijkt het aan te bevelen om het drainagewater niet direct (ongezuiverd) op het oppervlaktewater te lozen.

**Datum**

23 juni 2006

**Ons kenmerk**

060950/06 SEC AB/mvm

**Referenties**

BLIC (2005) Literature study on substances leached from shredded and whole used tyres, Executive Summary. June 2005. European Association of the Rubber Industry (BLIC).

CIWMB (1996) Effects of Waste Tires, Waste Tire Facilities, and Waste Tire Projects on the Environment. California Integrated Waste Management Board (CIWMB), April 2006.

Hofstra (2006) Instrooirubber op kunstgrasvelden uit geschredderde autobanden. Onderzoek naar milieu- en gezondheidsrisico's. INTRON onderzoek.

LUT (2004) Technical and Environmental Properties of Tyre Shreds Focusing on Ground Engineering Applications.

NBI (2004) Oppdragsrapport, Potensiële helse- og miljeoeffekter tilknyttet kunstgresssystemer- sluttrapport. Norges Byggforskninginstitutt (NBI).

NIVA 2005, Miljorisikovurdering av kunstgresssystemer. Rapport LNR 5111-2005. Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

Noordermeer (2006) Stellingname betreffende beantwoording Kamervragen 2050603510 door de Staatssecretaris van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. Universiteit Twente, Faculteit Technische Natuurwetenschappen, Rubber Technologie.

RIVM (2006) Risico's van Stoffen. URL: <http://www.rivm.nl/rvs/>, juni 2006.

VROM (1999) Stoffen en Normen, Overzicht van belangrijke stoffen en normen in het milieubeleid, 1999. Directoraat-Generaal Milieubeheer, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM).