Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Beoordeling *gezondheidsrisico's* door sporten op kunstgrasvelden met *rubbergranulaat*

Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Beoordeling gezondheidsrisico's door sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat

RIVM Rapport 2016-0202

Colofon

© RIVM 2016
Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

A.G. Oomen (editor), RIVM
G.M. de Groot (editor), RIVM

Contact:
info@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS), in het kader van project V/050313 – Rubbergranulaat in kunstgrasvelden.

Dit is een uitgave van:
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Beoordeling gezondheidsrisico's door sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat

Uit nieuw onderzoek van het RIVM blijkt dat het risico voor de gezondheid van sporten op kunstgrasvelden die zijn ingestrooid met rubbergranulaat, praktisch verwaarloosbaar is. Dat betekent dat het verantwoord is om op deze velden te sporten. Aanleiding voor het onderzoek is de maatschappelijke bezorgdheid die ontstond na de televisie-uitzending van *Zembla* 'Gevaarlijk spel' in oktober 2016. Het RIVM hoopt met de resultaten bij te dragen aan de beantwoording van de vragen van ministeries, gemeenten, sportclubs en ouders.

Om te kunnen beoordelen in hoeverre sporten op granulaat een risico voor de gezondheid vormt, is het belangrijk om eerst te bepalen welke schadelijke stoffen in het granulaat zitten en in welke mate ze eruit kunnen vrijkomen. Vervolgens moet worden gekeken op welke manieren sporters in contact komen met deze stoffen en of dat gevolgen voor de gezondheid heeft. In rubbergranulaat zitten heel veel verschillende stoffen, zoals polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), metalen, weekmakers (ftalaten) en bisfenol A (BPA). De stoffen blijken in zeer lage hoeveelheden uit de korrels vrij te komen. Dat komt doordat de stoffen min of meer in het granulaat zijn 'opgesloten'. Hierdoor is het schadelijke effect op de gezondheid praktisch verwaarloosbaar.

Wat heeft het RIVM onderzocht?

Het RIVM heeft de stoffen onderzocht in rubbergranulaat van 100 sportvelden die representatief zijn voor de kunstgrasvelden in Nederland. Daarnaast zijn drie soorten laboratoriumproeven uitgevoerd om te onderzoeken welke stoffen uit de korrels vrijkomen als de sporter ermee in aanraking komt. Met deze zogeheten migratiestudies is uitgezocht in welke mate stoffen via de huid in het lichaam kunnen terechtkomen, via het spijsverteringskanaal of via de longen. Vervolgens is berekend in hoeverre mensen aan de vrijgekomen stoffen blootstaan en wat dat betekent voor de gezondheid. Verder is de beschikbare informatie in de wetenschappelijke literatuur bestudeerd over de stoffen in rubbergranulaat, de eigenschappen en de gezondheidseffecten ervan.

Is er een verband met leukemie?

In de beschikbare informatie zijn geen signalen aangetroffen die duiden op een verband tussen sporten op kunstgras met rubbergranulaat en het ontstaan van leukemie en lymfeklierkanker. Dit verband is in geen enkel internationaal onderzoek aangetoond. Bovendien blijkt uit de samenstelling van de rubberkorrels dat de chemische stoffen die leukemie of lymfeklierkanker kunnen veroorzaken er niet (benzeen, styreen en 1,3-butadieen) of in heel lage hoeveelheid (2-mercaptobenzothiazol) in zitten. Sinds eind jaren tachtig van de vorige eeuw is er in het algemeen een lichte stijging te zien in het aantal mensen tussen 10 en 29 jaar dat leukemie krijgt. Deze ontwikkeling is niet veranderd sinds de kunstgrasvelden in 2001 in Nederland in gebruik

zijn genomen. Onderzoek in Amerika laat ook geen verhoging zien in het aantal nieuwe gevallen van lymfeklierkanker in gebieden waar relatief veel kunstgrasvelden liggen die zijn ingestrooid met rubbergranulaat.

Begin 2017 komt informatie uit nieuw Amerikaans onderzoek beschikbaar. Omdat rubbergranulaat in de Verenigde Staten langer (sinds 1997) op voetbalvelden wordt gebruikt, kan over een langere periode worden geanalyseerd of er een verband is tussen sporten op kunstgras en het krijgen van leukemie. Het RIVM heeft contact met de onderzoekers en volgt dit onderzoek op de voet.

Rubbergranulaat in het milieu
De focus in dit onderzoek ligt op mogelijke gezondheidsrisico's voor mensen die sporten op velden met ingestrooid rubbergranulaat. Het onderzoek bevestigt eerdere inzichten dat het rubbergranulaat metalen bevat die in de omgeving terecht kunnen komen. Er blijkt vooral zink uit het rubbergranulaat vrij te komen. Dit metaal is niet schadelijk voor de mens, maar kan wel gevolgen hebben voor organismen in de bodem en het oppervlaktewater.

Voldoet het rubbergranulaat aan de norm?
Rubbergranulaat moet voldoen aan de norm voor zogenoemde mengsels. Deze norm schrijft voor hoeveel er maximaal van bepaalde stoffen in mag zitten (er bestaat geen norm voor wat eruit mag komen). Het gaat daarbij om stoffen die kankerverwekkend zijn (zoals PAK's), schadelijk zijn voor het nageslacht of het DNA beschadigen. De hoeveelheid PAK's in het rubbergranulaat voldoet ruim aan deze norm. De norm voor consumentenproducten is aanzienlijk strenger: deze staat veel lagere (100 tot 1000 maal minder) gehalten aan PAK's toe dan de mengselnorm. Het gehalte PAK's ligt iets boven de norm voor consumentenproducten. Momenteel doet het Europese Agentschap voor Chemische Stoffen (ECHA) onderzoek om te bezien welke norm voor rubbergranulaat wenselijk is. Het RIVM adviseert om de norm voor rubbergranulaat bij te stellen naar een norm die dichter in de buurt ligt van de norm voor consumentenproducten.

Waarom wordt rubbergranulaat gebruikt voor voetbalvelden?
Rubbergranulaat is fijngemalen rubber en wordt meestal gemaakt van oude autobanden. Als instrooimateriaal op kunstgrasvelden zorgt het ervoor dat het veld vergelijkbare eigenschappen krijgt als een gewoon grasveld. Dat betekent dat de bal niet te snel rolt, niet te hoog stuitert en het kunstgras beter geschikt is om slidings te maken dan zonder granulaat. Kunstgrasvelden kunnen het hele jaar door intensief gebruikt worden en vergen minder onderhoud.

Tegenwoordig wordt veel geïnvesteerd om oude producten te hergebruiken als grondstof voor nieuwe producten. Dat geldt ook voor autobanden. De vragen over de veiligheid van rubbergranulaat maken duidelijk dat er een spanningsveld kan bestaan tussen het hergebruik van materialen en de zorgen om de gezondheidsrisico's van nieuwe producten.

Kernwoorden: rubbergranulaat, kunstgras, PAK, metalen, ftalaten, risicobeoordeling, leukemie

Synopsis

Evaluation of health risks of playing sports on synthetic turf fields with rubber granulate

New research by the Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) indicates that the health risk of playing sports on synthetic turf fields with an infill of rubber granulate is virtually negligible. Therefore, it is considered safe for people to play sports on such fields. The research was conducted following public concerns prompted by the Dutch TV programme *Zembla* called 'Dangerous Play' in October 2016. RIVM hopes that the results of the research will help to answer questions from ministries, municipalities, sports clubs and parents.

To evaluate the health risks of playing sports on rubber granulate, it is important to determine which harmful substances are contained in the granulate and to what extent they may be released. Subsequently, it should be examined how people playing sports can come into contact with these substances and whether this can lead to health effects. Rubber granulate contains numerous substances, such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), metals, plasticisers (phthalates) and bisphenol A (BPA). These substances were found to be released from the granulate in very low quantities. This is because the substances are more or less 'enclosed' in the granulate, which means that the effect of these substances on human health is virtually negligible.

What did RIVM investigate?

RIVM determined the substances in rubber granulate from 100 sports fields that are representative of the synthetic turf fields in the Netherlands. The institute further performed three types of laboratory tests to examine the release of substances from the granulate if a person playing sport comes into contact with them. These 'migration studies' were used to assess to which extent substances can enter the human body via the skin, via the gastrointestinal tract or via the lungs. This was used to calculate human exposure to the released substances and how this can affect health. In addition, RIVM studied the information available in the scientific literature on substances in rubber granulate, their properties and their health effects.

Is there a link with leukaemia?

No indications were found in the available literature of a link between playing sports on synthetic turf fields with an infill of rubber granulate and the incidence of leukaemia and lymph node cancer. No international research has demonstrated this connection. Moreover, it is clear from the composition of the rubber granulate that the chemical substances that are capable of causing leukaemia or lymph node cancer are either not present (benzene, styrene and 1,3-butadiene) or are present in a very low quantity (2-mercaptobenzothiazole). Since the 1980s, a slight rise has been observed in the number of people aged between 10 and 29 who get leukaemia. This trend has not changed since fields made of synthetic turf were first used in the Netherlands in 2001. Nor does

research conducted in America reveal any increase in the number of new cases of lymph node cancer in areas where there are relatively many fields with synthetic turf with an infill of rubber granulate.

Information from new American research will be available early 2017. As rubber granulate has been used on football fields in the United States for a longer period of time (since 1997), it will be possible to analyse over a longer period whether a link exists between playing sports on synthetic turf fields and getting leukaemia. RIVM is in contact with the researchers and is keeping a sharp eye on the research.

Rubber granulate in the environment
This research focuses on potential health risks for people who play sports on synthetic turf fields with an infill of rubber granulate. The research confirms earlier insights showing that the rubber granulate contains metals capable of entering the environment. In particular, zinc was found to be released from the granulate. This metal is not harmful to humans, but can have consequences for organisms in the soil or surface water.

Does rubber granulate meet requirements?
Rubber granulate is required to satisfy the legal requirements for 'mixtures'. This standard prescribes the maximum permissible amount of certain substances allowed in rubber granulate (there is no standard for how much may be released). This standard concerns substances that are carcinogenic (such as PAHs), harmful for reproduction or that damage DNA. The quantity of PAHs in rubber granulate easily satisfies this standard. The standard for consumer products is far more stringent: it allows far lower quantities of PAHs (100 to 1000 times lower) compared with the standard for mixtures. The quantity of PAH in rubber granulate is slightly higher than the standard for consumer products. The European Chemicals Agency (ECHA) is currently conducting research to determine a suitable standard for rubber granulate. RIVM recommends adjusting the standard for rubber granulate to one that is closer to the standard applicable to consumer products.

Why is rubber granulate used for football pitches?
Rubber granulate is finely crushed rubber particles that are usually made from old car tyres. When used as infill on fields of synthetic turf, it gives the field properties similar to normal turf. It means the ball does not roll too fast and does not bounce too high, and makes the synthetic turf better suited to sliding tackles than it would be without the granulate. Synthetic turf fields can be used intensively all year around and need less maintenance.

A lot is invested nowadays in order to reuse old products as a raw material for new products. This also applies to car tyres. The questions that have arisen about the safety of rubber granulate show that tension may exist between the reuse of materials and concerns about the health risks of new products.

Keywords: rubber granulate, synthetic turf, PAHs, metals, phthalates, risk evaluation, leukaemia

Inhoudsopgave

Inleiding — 9

1 Context en achtergrondinformatie — 11
1.1 Wat is rubbergranulaat — 11
1.2 Eerder onderzoek door het RIVM — 12
1.3 Andere lopende onderzoeken — 13
1.4 Doel van het huidige onderzoek — 13

2 Stoffen in rubbergranulaat — 17
2.1 Bemonstering en analyse van rubbergranulaat — 17
2.2 Stoffen in rubbergranulaat van Nederlandse kunstgrasvelden — 18

3 Beoordeling gezondheidsrisico's door stoffen in rubbergranulaat — 23
3.1 Welke stoffen zijn nader onderzocht? — 23
3.2 Blootstellingsscenario's — 24
3.3 Vrijkomen van stoffen uit rubbergranulaat — 25
3.4 Inschatting gezondheidsrisico's — 28
3.5 Conclusie — 30

4 Rubbergranulaat, leukemie en lymfeklierkanker — 31
4.1 Risicofactoren voor leukemie en lymfeklierkanker bij kinderen en jongeren — 31
4.2 Nieuwe gevallen van leukemie en lymfeklierkanker in Nederland onder kinderen en jongvolwassenen — 31
4.3 Onderzoek in de VS — 32
4.4 Overig onderzoek — 33
4.5 Conclusie — 33

5 Vergelijking concentraties stoffen in rubbergranulaat met normen — 35
5.1 Vergelijking meetwaarden met normen — 35
5.2 Conclusie — 38

6 Conclusies en aanbevelingen — 39
6.1 Conclusies — 39
6.2 Aanbevelingen — 40

7 Discussie — 41

Dankwoord — 43

Bijlage 1 Monstername — 45

Bijlage 2 Stoffen in rubbergranulaat — 47

Bijlage 3 Waarden voor blootstellingsscenario's — 49

Referenties — 50

Inleiding

Voetbal is in Nederland een zeer populaire sport: de KNVB is veruit de grootste sportbond met meer dan 1,2 miljoen leden. Elk weekend staan er ruim 63.000 voetbalteams op het veld om hun wedstrijden te spelen. Bijna een op de drie voetbalvelden is een kunstgrasveld. In totaal gaat het om ongeveer 2.000 kunstgras-voetbalvelden in Nederland, waarvan 90 procent is ingestrooid met rubbergranulaat. Daarnaast is er nog een relatief klein aantal rugby- en korfbalvelden en Cruijff Courts met rubbergranulaat.

In de afgelopen jaren zijn er zowel in Nederland als in andere landen vragen ontstaan over de mogelijke gezondheidsrisico's van schadelijke stoffen in rubbergranulaat op kunstgrasvelden. De bezorgdheid over schadelijke stoffen in rubbergranulaat is in Nederland recent sterk toegenomen door een uitzending van het televisieprogramma *Zembla* van 5 oktober 2016 getiteld 'Gevaarlijk spel'. In de uitzending werd gesteld dat het rubbergranulaat hoge concentraties schadelijke stoffen bevat, waaronder kankerverwekkende stoffen. Vervolgens werd er een relatie gelegd tussen het sporten op deze kunstgrasvelden en het ontstaan van leukemie bij kinderen. Ook werd gesteld dat er onvoldoende onderzoek naar de gezondheidsrisico's van het sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat is uitgevoerd om te kunnen stellen dat het sporten op deze velden veilig is.

De bezorgdheid over de mogelijke gezondheidsrisico's van rubbergranulaat is duidelijk merkbaar. Sommige ouders willen hun kinderen niet meer laten spelen op velden met rubbergranulaat. Sommige verenigingen kiezen daarom voor het toepassen van voorzorgsmaatregelen zoals de jongste leden laten sporten op grasvelden, het laten vervallen van keeperstrainingen op kunstgras of het aanpassen van competitieroosters. Als er sprake is van aanleg of vervanging van een kunstgrasveld, dan wordt dit soms uitgesteld of wordt de opzet aangepast.

De minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport heeft het RIVM op 7 oktober opdracht gegeven om op korte termijn een onderzoek uit te voeren naar gezondheidsrisico's door het sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat. De vraag die centraal staat, is of sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat veilig is. Dit rapport beschrijft de opzet en resultaten van het onderzoek, dat zowel bemonstering en chemische analyses van rubbergranulaat, een analyse van de internationale wetenschappelijke literatuur als de beoordeling van gezondheidsrisico's omvat. Begin 2017 zal een uitgebreide wetenschappelijke rapportage van dit RIVM-onderzoek beschikbaar komen.

Voor dit onderzoek heeft het RIVM zich laten adviseren door een speciaal ingestelde wetenschappelijke klankbordgroep, bestaande uit deskundigen van universiteiten, kennisinstituten en GGD-en. De verslagen van de bijeenkomsten met de klankbordgroepen staan op de website van het RIVM.

Daarnaast heeft het RIVM voor dit onderzoek een maatschappelijke klankbordgroep ingesteld. Deze klankbordgroep bestond uit vertegenwoordigers van organisaties die op verschillende manieren betrokken zijn bij het gebruik van rubbergranulaat op sportvelden: het ministerie van Volksgezondheid Welzijn en Sport (VWS), het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM), de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), Bureau Risicobeoordeling van de Nederlandse Voedsel- en Waren Autoriteit (NVWA), GGD en GGDGHOR Nederland, KNVB, BSNC (Brancheverenigingen Sport en Cultuurtechniek), Vereniging Sport en Gemeenten (VSG) en de (branche)organisaties van bandenbedrijven en bandenrecycling VACO en RecyBEM. Deze maatschappelijke klankbordgroep kwam tijdens het onderzoek viermaal bijeen.

Het RIVM heeft een enquête uitgezet onder een representatieve groep burgers, en twee groepsgesprekken gehouden met personen die het RIVM hadden benaderd met vragen en zorgen over rubbergranulaat op kunstgrasvelden. Aanvullend leverde een analyse van de media-berichtgeving ('discourse analyse') en van de vragen die mensen rechtstreeks aan het RIVM stelden inzichten op over de maatschappelijke beleving en de discussie over rubbergranulaat.

Daarnaast heeft het RIVM contact opgenomen met enkele personen die in de *Zembla*-uitzending aan het woord waren. De heer Maguire heeft zijn literatuurreferenties ter beschikking gesteld en mevrouw Griffin heeft inzage gegeven in de database. Met professor Watterson is contact geweest over de wetenschappelijke literatuur en professor Van den Berg heeft zitting gehad in de wetenschappelijke klankbordgroep van dit onderzoek.

Tot slot heeft het RIVM verschillende internationale instanties geraadpleegd die momenteel ook onderzoek doen naar de eventuele gezondheidsrisico's van rubbergranulaat, zoals het Europees Agentschap voor Chemische Stoffen (ECHA), het Amerikaanse Environmental Protection Agency (EPA) en het ministerie van Gezondheid van de staat Washington. De resultaten van deze buitenlandse onderzoeken worden in de loop van 2017 verwacht.

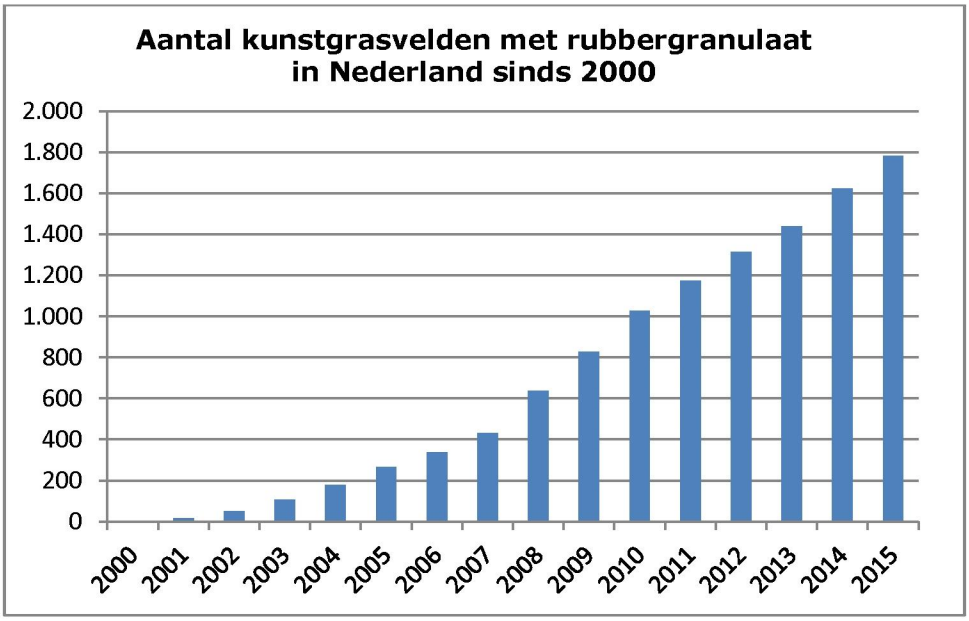
1 Context en achtergrondinformatie

1.1 Wat is rubbergranulaat

Rubbergranulaat is fijngemalen rubber. Het wordt vooral gemaakt van oude autobanden. Van het rubbergranulaat worden verschillende producten gemaakt, zoals rubber tegels en instrooimateriaal (infill) voor kunstgrasvelden. Rubbergranulaat op kunstgrasvelden zorgt ervoor dat het veld vergelijkbare eigenschappen krijgt als een gewoon grasveld, zodat de bal niet te snel rolt en niet te hoog stuitert. Daarnaast wordt het kunstgras geschikt voor het maken van slidings. Kunstgrasvelden vragen minder onderhoud dan sportvelden die met natuurlijk gras zijn aangelegd en kunnen het hele jaar intensief worden gebruikt.

Figuur 1 Rubbergranulaat als instrooimateriaal op een kunstgras-sportveld

In Nederland liggen bijna tweeduizend kunstgras-voetbalvelden waarvan er circa 1.800 zijn ingestrooid met rubbergranulaat (zie Figuur 2; bron: KNVB). Op één voetbalveld gaat ongeveer 120 ton rubbergranulaat, afkomstig van circa 20.000 gebruikte autobanden. Naast kunstgras-voetbalvelden is er nog een relatief klein aantal andere kunstgrasvelden met rubbergranulaat, zoals korfbalvelden, rugbyvelden en zogenoemde Cruyff Courts (kleine voetbalvelden van kunstgras in woonwijken). Op hockeyvelden wordt geen rubbergranulaat toegepast.



Figuur 2 Schatting van het aantal kunstgrasvelden met rubbergranulaat in Nederland sinds 2000 (bron: KNVB)

Van de kunstgras-voetbalvelden in Nederland is ruim 90 procent ingestrooid met rubbergranulaat dat is gemaakt van oude autobanden (bron: KNVB). Het gaat om zogeheten SBR-rubber. SBR is een afkorting voor styreen-butadieenrubber. Op de andere 10 procent van de kunstgras-voetbalvelden ligt gecoat SBR-rubber of een ander instrooimateriaal, zoals EPDM-rubber (ethyleen-propyleen-dieenmonomeer), TPE (thermoplastisch elastomeer), kurk, of mengsels van SBR-rubber, diverse kunststoffen en natuurlijke materialen. Gedurende de gebruiksfase van een kunstgrasveld moet er een aantal maal rubbergranulaat worden bijgestrooid.

1.2 Eerder onderzoek door het RIVM

In 2006 heeft het RIVM een risicobeoordeling gemaakt van rubbergranulaat op kunstgrasvelden op basis van de bestaande kennis en literatuur. Hierin was onder andere een rapport van het Deense Environmental Protection Agency verwerkt. Op basis van de destijds beschikbare data en het gekozen blootstellingsscenario, is geconcludeerd dat het gezondheidsrisico door blootstelling aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) in rubbergranulaat verwaarloosbaar is.
Intron heeft toentertijd in opdracht van diverse partijen onderzoek gedaan naar de milieu- en gezondheidsrisico's van rubbergranulaat. Het onderzoeksrapport is in 2007 gepubliceerd. Onderdeel hiervan was een studie van Industox waarin afbraakproducten van PAK's werden gemeten in de urine van zeven sporters na contact met rubbergranulaat. In 2007 heeft het RIVM deze informatie beoordeeld en hierover het ministerie van Infrastructuur en Milieu geadviseerd. Hoewel het onderzoek naar afbraakproducten in de urine van de sporters beperkt was, waren de bevindingen in overeenstemming met de eerdere conclusie uit het literatuuronderzoek uit 2006. Het RIVM zag daarom voor PAK's geen aanleiding voor verdere acties of aanbevelingen. Wel werden aanbevelingen om nader onderzoek te doen naar overgevoeligheidsreacties door aromatische amines ondersteund. Omdat informatie over overige stoffen ontbrak, kon geen definitief uitsluitsel worden gegeven over de gezondheidsrisico's van rubbergranulaat op kunstgrasvelden.
Daarnaast heeft het RIVM in 2007 metingen uitgevoerd naar uitdamping van nitrosaminen uit rubbergranulaat bij vier voetbalvelden. Nitrosaminen zijn chemische verbindingen waarvan bekend is dat ze kanker kunnen veroorzaken. In geen van de metingen konden nitrosaminen in de lucht boven het veld worden aangetoond. Uit aanvullend onderzoek bleek dat nitrosaminen slechts in geringe mate uit rubbergranulaat zijn vrij te maken.
Begin 2016 heeft het RIVM naar aanleiding van vragen nogmaals naar het Industox onderzoek uit 2007 gekeken. Het RIVM heeft toen opnieuw geconcludeerd dat er geen nadelige gevolgen voor de gezondheid zijn te verwachten. Omdat er sinds 2006 veel nieuwe onderzoeken zijn uitgevoerd naar PAK's in rubbergranulaat, heeft het RIVM ook geadviseerd goed te kijken naar wat deze onderzoeken aan nieuwe informatie hebben opgeleverd.

1.3 Andere lopende onderzoeken

Ook buiten Nederland wordt onderzoek gedaan naar schadelijke stoffen in rubbergranulaat en de eventuele gezondheidsrisico's. In Europa werkt het Europees Agentschap voor Chemische Stoffen (ECHA) momenteel aan een literatuuronderzoek naar de gezondheidsrisico's van stoffen in granulaat, waarvan de resultaten naar verwachting begin 2017 verschijnen (ECHA 2016). ECHA zal op basis hiervan nagaan of verdere beheersmaatregelen noodzakelijk zijn. Zo kan de Europese Commissie op basis van de resultaten van het ECHA-onderzoek beslissen of er specifieke normen voor rubbergranulaat moeten worden ontwikkeld.
Ook het Amerikaanse EPA doet onderzoek naar de gezondheidsrisico's van rubbergranulaat, waarbij het granulaat van tientallen velden zal worden geanalyseerd (EPA 2016; OEHHA 2016). Daarnaast worden in 2017 de resultaten verwacht van een tweetal Amerikaanse studies naar de relatie tussen leukemie en kunstgrasvelden.
Gezien de actuele bezorgdheid in Nederland heeft de minister van Volksgezondheid Welzijn en Sport ervoor gekozen om deze onderzoeken niet af te wachten.

1.4 Doel van het huidige onderzoek

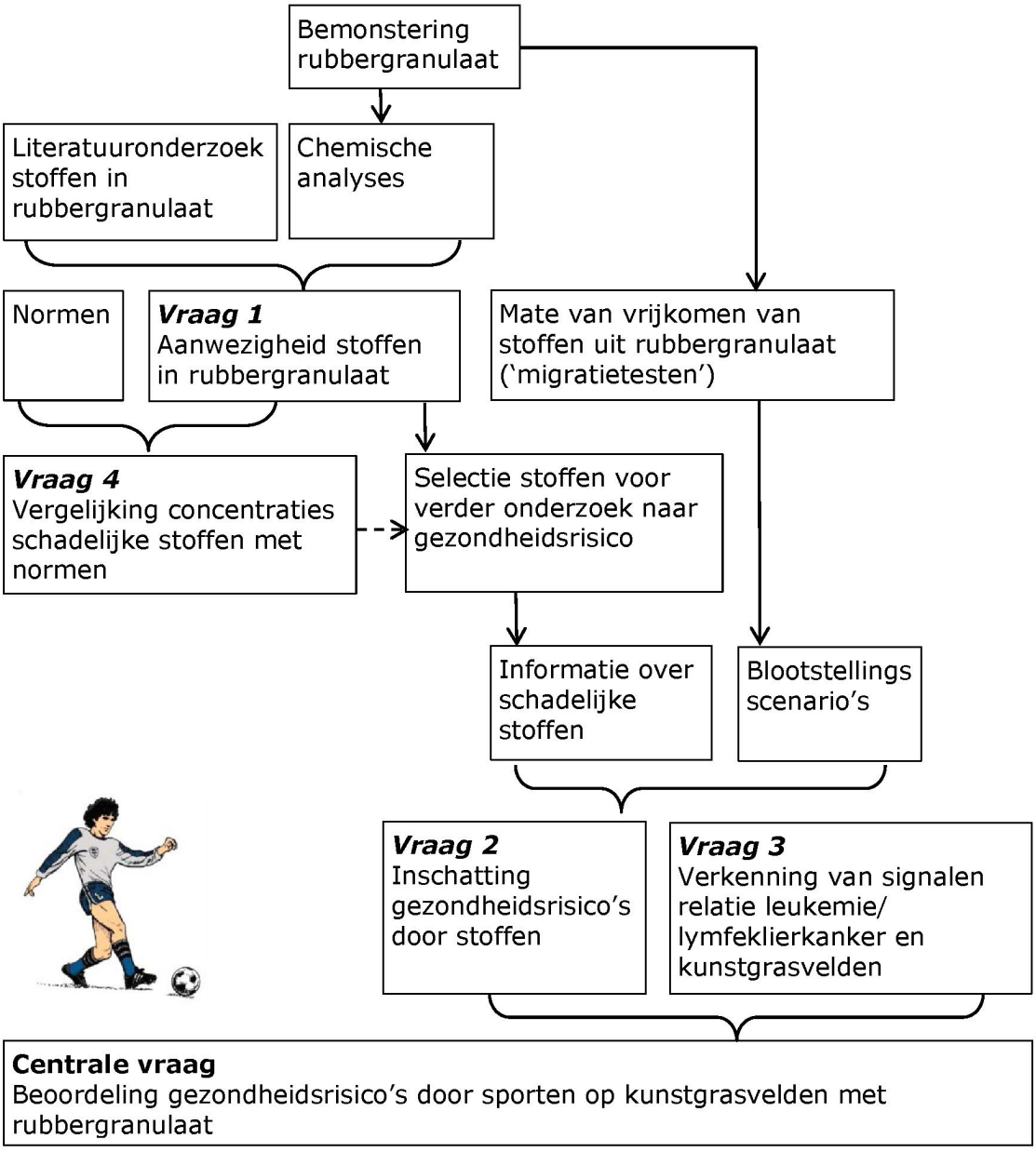
Het doel van dit onderzoek is om een antwoord te krijgen op de vraag of sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat gezondheidsrisico's met zich meebrengt. Daarvoor zijn de volgende vragen onderzocht:

1. Welke schadelijke stoffen zitten er in rubbergranulaat en in welke hoeveelheden? (hoofdstuk 2)
2. In welke mate kunnen sporters op kunstgrasvelden aan deze stoffen worden blootgesteld, en wat zijn de gezondheidsrisico's hiervan? (hoofdstuk 3)
3. Wat is er bekend over de relatie tussen het sporten op kunstgras met rubbergranulaat en leukemie en lymfeklierkanker? (hoofdstuk 4)
4. Hoe verhouden de gevonden concentraties van stoffen zich tot de wettelijke en andere normen? (hoofdstuk 5)

Hoe heeft het RIVM de gezondheidsrisico's van rubbergranulaat onderzocht?

- Van 100 kunstgrasvelden in Nederland is het rubbergranulaat onderzocht op schadelijke stoffen.
- Er zijn testen uitgevoerd om na te gaan in welke mate stoffen vrijkomen uit rubbergranulaat na inslikken, huidcontact en door verdamping bij warm weer.
- Voor verschillende leeftijden en categorieën sporters zijn inschattingen gemaakt hoe en hoe lang sporters in contact zijn met rubbergranulaat.
- De berekende blootstelling aan schadelijke stoffen is vergeleken met toxicologische informatie over deze stoffen. Op basis hiervan is een inschatting gemaakt van de gezondheidsrisico's.
- Daarnaast is bekeken welke signalen er zijn over de relatie tussen leukemie en lymfeklierkanker en het sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat in Nederland.

In het volgende schema zijn de verschillende onderzoeksactiviteiten en hun onderlinge samenhang weergegeven.



Figuur 3 Schematische weergave van het onderzoek

2 Stoffen in rubbergranulaat

Rubber in autobanden bestaat naast een combinatie van synthetisch rubber en natuurrubber uit diverse stoffen die het rubber de gewenste eigenschappen geven. Het gaat onder andere om vulstoffen (zoals roet en silica), weekmakers (zoals minerale oliën), stoffen voor het vulkanisatieproces van rubber (zoals zwavel, zinkoxide en benzothiazolen) en antidegradanten die het rubber beter bestand maken tegen zuurstof, ozon en hoge temperaturen. Naast stoffen die tijdens de fabricage van autobanden bewust worden toegevoegd, zitten er ook verontreinigingen in het rubber en de hulpstoffen. Daarnaast worden er stoffen gevormd tijdens het productieproces. Al met al komt er een groot aantal stoffen voor in rubber(granulaat).

Uit eerdere onderzoeken naar rubbergranulaat is bekend dat er diverse stoffen in voorkomen die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid. Het gaat onder andere om PAK's, metalen, ftalaten en (vluchtige) organische stoffen (waaronder fenolen en benzothiazolen). Een aantal van deze stoffen kan bij een bepaalde mate van blootstelling kanker veroorzaken en/of de voortplanting verstoren. In hoofdstuk 3 wordt een berekening gemaakt van de blootstelling aan schadelijke stoffen door sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat.

2.1 Bemonstering en analyse van rubbergranulaat

Om een goed en actueel beeld te krijgen van de concentraties schadelijke stoffen in rubbergranulaat zijn van 100 kunstgrasvelden verspreid door Nederland monsters genomen van het aanwezige rubbergranulaat. Hiervoor is een willekeurige steekproef getrokken uit een bestand van kunstgras-voetbalvelden van de KNVB, aangevuld met korfbalvelden, rugbyvelden en zogeheten Cruyff Courts (kleine voetbalvelden van kunstgras in de wijk). De velden waarvan bekend was dat er een ander type instrooimateriaal dan rubbergranulaat van oude autobanden is gebruikt, zijn op voorhand buiten beschouwing gelaten. Op elk veld zijn zes verschillende plekken bemonsterd. In Bijlage 1 staat meer informatie over de steekproef en bemonstering.

Figuur 4 Bemonstering van rubbergranulaat met een stofzuiger (links) en vulling van een glazen pot met het bemonsterde materiaal (rechts)

Er zijn 600 granulaatmonsters (100 velden x 6 monsters) geanalyseerd op 45 stoffen, waaronder PAK's, ftalaten en vluchtige organische stoffen. In deze monsters is ook de uitloging van metalen bepaald door middel van een schudproef met water. Aanvullend daarop zijn van 10 velden monsters onderzocht op benzothiazolen, fenolen, PCB's en overige vluchtige organische stoffen.

Daarnaast zijn met een aantal monsters migratietesten uitgevoerd waarbij is onderzocht welke stoffen er uit rubbergranulaat vrijkomen na inslikken, bij huidcontact en door verdamping bij warm zonnig weer. Meer informatie hierover staat in hoofdstuk 3.

Van 9 van de 100 bemonsterde velden bleek uiteindelijk dat het instrooimateriaal gedeeltelijk uit ander materiaal bestond dan rubbergranulaat van autobanden. Omdat deze 9 velden niet representatief zijn voor kunstgrasvelden met rubbergranulaat van autobanden, zijn de resultaten van deze velden niet meegenomen in de overzichtstabellen met meetresultaten.

2.2 Stoffen in rubbergranulaat van Nederlandse kunstgrasvelden

Uit de chemische analyses van de rubbergranulaatmonsters blijkt dat in rubbergranulaat verschillende PAK's, metalen, ftalaten, benzothiazolen en fenolen voorkomen. In een deel van de monsters komen eveneens lage concentraties PCB's voor. Wat betreft de uitloging van metalen naar water gaat het vooral om zink, koper en kobalt. Diverse onderzochte stoffen, waaronder benzeen, zijn in geen enkel monster aangetroffen. In Tabel 1 op de volgende pagina staat een overzicht van de stoffen die in minstens 5 procent van de monsters zijn aangetoond. Meer details zijn te vinden in Bijlage 2.

Tabel 1 Concentraties stoffen in rubbergranulaatmonsters. De concentraties zijn veld-gemiddelden. Vermeld zijn de stoffen die in meer dan 5% van de monsters voorkomen (m.u.v. de 8 ECHA-PAK's[1], deze zijn allemaal vermeld).

	Percentage monsters boven detectie-limiet	Concentratie in mg/kg droge stof	
Stof/Stofgroep		Mediaan[2]	Maximum
PAK's			
fenantreen	38[3]	<0,6	7,1
antraceen	5[3]	<0,5	1,1
fluoranteen	93[3]	3,4	20,3
pyreen	98[3]	7,5	28,7
benzo(ghi)peryleen	62[3]	4,1	7,7
benzo(c)fluoreen	43[4]	0,2	0,7
cyclopenta(cd)pyreen	100[4]	1,5	2,5
benzo(a)antraceen[1]	27[3]	<0,9	2,2
benzo(b) + benzo(j)fluoranteen[1]	48[3]	<1,2	3,0
benzo(k)fluoranteen[1]	1[3]	<0,5	0,5
benzo(a)pyreen[1]	25[3]	<1,1	2,2
benzo(e)pyreen[1]	57[4]	2,8	7,8
chryseen[1]	57[3]	1,3	3,5
dibenzo(a,h)antraceen[1]	0[3]	<0,5	<0,5
Som PAK (ECHA 8)[1]		5,8	19,8
Ftalaten			
di-2-ethylhexylftalaat	100[3]	7,6	27,2
di-isobutylftalaat	17[3]	<0,5	2,3
di-isononylftalaat	77[5]	35	61
dicyclohexylftalaat	47[5]	0,1	0,2
di-n-nonylftalaat	37[5]	0,5	0,8
difenylftalaat	7[5]	<0,1	0,1
bis(2-ethylhexyl)adipaat	63[5]	0,3	1,1
Benzothiazolen			
benzothiazol	100[4]	2,7	6,3
2-hydroxybenzothiazol	100[4]	1,6	13,8
2-mercaptobenzothiazol	100[4]	2,6	7,6
2-methoxybenzothiazol	100[4]	2,6	10,2
2-aminobenzothiazole	100[4]	0,1	0,4
N-cyclohexyl-1,3-benzothiazol-2-amine	100[4]	1,5	3,9
2,2-dithiobis-(benzothiazol)	71[4]	0,2	0,3
N-cyclohexyl-2-benzothiazolsulfenamide	43[4]	<0,02	0,04

[1] Dit zijn de 8 PAK's waarvoor afzonderlijke normen zijn bepaald voor zowel mengsels, consumentenproducten als speelgoed, nl. benzo(a)pyreen, benzo(a)antraceen, chryseen, benzo(b)fluoranteen, benzo(k)fluoranteen, dibenzo(a,h)antraceen, benzo(j)fluoranteen, benzo(e)pyreen. Benzo(b) en benzo(j)fluoranteen kunnen niet apart gekwantificeerd worden vanwege overlappende pieken in het chromatogram.
[2] De mediaan betekent dat 50% van de veldgemiddelde concentraties onder de mediaan ligt en 50% erboven.
[3] Analyses van 546 monsters afkomstig van 91 velden.
[4] Analyses van 7 mengmonsters afkomstig van 7 velden.
[5] Analyses van 43 monsters afkomstig van 7 velden.
[6] Som van PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180.

Stof/Stofgroep	Percentage monsters boven detectie-limiet	Concentratie in mg/kg droge stof	
		Mediaan[2]	Maximum
Fenolen			
4-tert-octylfenol	100[4]	4,8	22,4
bisfenol-A	100[4]	0,5	2,5
Polychloorbifenylen			
PCB's[6]	29[4]	<0,035	0,074

De voetnoten voor bovenstaande tabel staan op pagina 19.

Tabel 2 Uitloging van metalen uit rubbergranulaat naar water. Vermeld zijn de metalen voor zover in minstens 5% van de monsters aangetoond.

Stofgroep	Percentage monsters boven detectielimiet	Concentratie in mg/kg droge stof (veldgemiddelden)	
		Mediaan	Maximum
Zink	100	21	129
Koper	78	0,09	0,9
Kobalt	66	0,06	0,4
Barium	16	<0,05	0,2

Tabel 2 geeft informatie over uitloging van metalen uit de granulaatmonsters naar water. Deze concentraties geven met name een indicatie van de mogelijke uitloging van metalen uit rubbergranulaat naar het *milieu* (bodem en grondwater). Voor de beoordeling van de *gezondheidsrisico's* van metalen in rubbergranulaat wordt in hoofdstuk 3 gekeken naar de migratie van metalen naar kunstmatig maag-darmsap en zweet. Hierbij zijn de voor de gezondheid meest relevante metalen beschouwd: cadmium, lood en kobalt.

Er is weinig variatie in de concentraties stoffen tussen de velden en tussen de meetpunten per veld. De concentraties in de monsters van de 9 velden met afwijkend instrooimateriaal wijken niet noemenswaardig af van die van de monsters met SBR-rubber, behalve in de monsters van 2 van deze 9 velden. In de monsters van deze 2 velden zijn afwijkend hoge concentraties ftalaten gevonden[1]. Aanvullend onderzoek laat zien dat het granulaat op deze twee velden niet uit alleen SBR-rubber van autobanden bestaat, maar uit een mengsel van autobandenrubber en een ander materiaal, vermoedelijk EPDM-rubber.
Daarnaast blijkt dat bij nieuwere velden meestal wat hogere PAK- en zinkconcentraties wordt gemeten in het rubbergranulaat dan bij oudere velden. Mogelijk zijn er stoffen uit het rubbergranulaat weggelekt met regenwater, verdampt of chemisch afgebroken. Een andere mogelijkheid is dat in oudere velden meer zand aanwezig is, waardoor de hoeveelheid rubbergranulaat als het ware is verdund.

[1] In het hoofdstuk over de beoordeling van de gezondheidsrisico's wordt hier kort op teruggekomen (zie paragraaf 3.4).

Uit literatuuronderzoek blijkt dat de gemeten concentraties PAK's, ftalaten, benzothiazolen en fenolen in rubbergranulaat in grote lijnen overeenkomen met de concentraties zoals die in andere onderzoeken naar rubbergranulaat zijn gemeten. De maximale concentraties die in dit onderzoek zijn gemeten, liggen veelal wat lager dan de maximale concentraties uit de andere onderzoeken (zie Bijlage 2).

3 Beoordeling gezondheidsrisico's door stoffen in rubbergranulaat

In dit hoofdstuk wordt een beoordeling gemaakt van de gezondheidsrisico's door sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat als gevolg van blootstelling aan schadelijke stoffen in het rubbergranulaat. Eerst zijn de stoffen geselecteerd waarvan in de wetenschappelijke literatuur is beschreven dat deze gezondheidsschade kunnen veroorzaken. De mogelijke blootstelling aan deze stoffen is berekend aan de hand van blootstellingsscenario's en informatie over het vrijkomen van stoffen uit rubbergranulaat. Daarna is beoordeeld wat deze blootstelling betekent voor het gezondheidsrisico van sporten op een kunstgrasveld ingestrooid met rubbergranulaat.

3.1 Welke stoffen zijn nader onderzocht?

Uit hoofdstuk 2 blijkt dat in rubbergranulaat een groot aantal stoffen aanwezig is. Om de stoffen te selecteren die een gezondheidsrisico zouden kunnen veroorzaken, is in eerste instantie gekeken welke stoffen mogelijk één of meerdere normen overschrijden. De vergelijking met normen is zowel gedaan met de resultaten van de chemische analyses als met de samenstelling van rubbergranulaat zoals beschreven in de wetenschappelijke literatuur. De gemeten of beschreven concentraties stoffen in rubbergranulaat zijn vergeleken met de mengselnorm, de norm voor consumentenproducten, de norm voor speelgoed, de norm uit het bouwstoffenbesluit en de grondnorm (hoofdstuk 5 geeft meer informatie over deze normen). Vervolgens is gekeken welke van deze stoffen op de lijst met 'Zeer Zorgwekkende Stoffen' (ZZS)[1] voorkomen. De stoffen op de ZZS-lijst zijn gevaarlijk voor mens en/of milieu doordat ze bijvoorbeeld kankerverwekkend zijn, de voortplanting verstoren of zich in de voedselketen ophopen. De stoffen op de ZZS-lijst die alleen zorgwekkend zijn voor het milieu, zijn niet meegenomen. Op deze manier zijn de volgende stoffen geselecteerd voor verdere beoordeling van gezondheidsrisico's: PAK's, bisfenol-A (BPA), enkele metalen (cadmium, kobalt en lood), de ftalaten en 2-MBT.

Zink en PCB's in rubbergranulaat overschrijden weliswaar een of meerdere normen, maar zijn niet meegenomen in de verdere beoordeling van het gezondheidsrisico (zie hoofdstuk 5). De uitloging van zink naar water ligt boven de norm van het bouwstoffenbesluit, die gebaseerd is op effecten voor het milieu. Voor zink betekent deze overschrijding dat er een milieurisico zou kunnen zijn. De som-concentratie van de zeven verschillende PCB's[2] ligt boven de grondnorm voor klasse wonen. Omdat deze PCB's behoren tot de 'niet-dioxine achtige' PCB's, staan ze niet op de ZZS-lijst en zijn ze niet meegenomen in de verdere risicobeoordeling. Andere PCB's zijn niet gevonden.

[1] Meer informatie over de lijst met ZZS stoffen: www.rivm.nl/rvs/Stoffenlijsten/Zeer_Zorgwekkende_Stoffen
[2] PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180.

3.2 Blootstellingsscenario's

Om een berekening te kunnen maken van de mogelijke blootstelling van amateursporters aan stoffen in rubbergranulaat, zijn vijf blootstellingsscenario's uitgewerkt. De scenario's zijn zodanig opgesteld dat ze een *realistische worst case* blootstelling berekenen voor een stof(groep) in rubbergranulaat. Dit betekent dat op basis van werkelijke situaties, de blootstelling wordt berekend voor de hoogst blootgestelde sporters. Het merendeel van de sporters zal dus minder worden blootgesteld. In de scenario's is onderscheid gemaakt tussen sporten met een recreatief karakter en prestatiegericht sporten. Om verschillen in blootstelling te ondervangen is verder onderscheid gemaakt naar leeftijd, gebaseerd op categorieën zoals deze nu door de KNVB gehanteerd worden. In totaal zijn vijf scenario's uitgewerkt:

1. Kinderen van 4 tot 11 jaar
   Dit scenario is gebaseerd op een 4-jarige voetballer, en is een worst case scenario voor kinderen van 4 tot 11 jaar. Kinderen vanaf 4 jaar tot 6 jaar beginnen met voetballen op een speelse wijze. Vanwege hand-mondgedrag is inslikken van rubberkorreltjes meegenomen.
2. Keepers vanaf 7 jaar
   Dit scenario is voor keepers uit alle leeftijdsgroepen. Bij voetbal wordt in de leeftijdsklasse vanaf 7 jaar de keeper geïntroduceerd. In dit keeperscenario wordt inslikken van rubberen korreltjes en verhoogde huidblootstelling meegenomen.
3. Kinderen van 11 tot 18 jaar, prestatiegericht sporten
   Dit scenario geldt voor kinderen van 11 tot 18 jaar, en is een worst case scenario gebaseerd op een 11-jarige voetballer. Met het doel ook het prestatiegericht sporten mee te nemen, is er gekozen voor een hogere frequentie van trainen.
4. Volwassenen (18 jaar tot en met 35 jaar), prestatiegericht sporten
   Dit scenario is voor alle volwassenen. Ook voor volwassenen is voor prestatiegericht sporten gekozen met een hogere frequentie van trainen.
5. Levenslange blootstelling
   Zowel voor een veldspeler als voor een keeper is een levenslange blootstelling berekend. Hierbij wordt uitgegaan van de bovenstaande 4 scenario's en een scenario voor veteranen die recreatief voetballen tot en met hun 50e. Dit is van belang voor stoffen waar de risicobeoordeling op levenslange blootstelling is gebaseerd.

De bovenstaande scenario's geven voor voetballen een beeld van verschillende mogelijke manieren waarop men tijdens voetballen met rubbergranulaat in aanraking komt. Voor elk scenario zijn waarden gekozen voor factoren zoals lichaamsgewicht en de frequentie en duur van sporten. Daarnaast zijn voor elke blootstellingsroute de relevante waarden gekozen zoals lichaamsoppervlak in contact met granulaat, hoeveelheid granulaat in contact met huid, ademvolume en hoeveelheid granulaat dat mogelijk wordt ingeslikt.

Voor blootstelling na inslikken is aangenomen dat 0,2 g granulaat wordt ingeslikt per keer sporten in scenario 1 en 2, en 0,05 g in scenario 3 en 4. Voor scenario 5 is de levenslange blootstelling berekend gebaseerd op de hoeveelheid ingeslikt rubbergranulaat in bovengenoemde leeftijdsfasen.

Figuur 5 0,2 gram rubbergranulaat

De inhalatieblootstelling van rubbergranulaatstof is gebaseerd op de literatuur. Op basis van de hoeveelheid deeltjes rubbergranulaat die in de lucht van een sporthal is gevonden (NIPH, 2006) is aangenomen dat er 12 µg/m^3 in de vorm van kleine deeltjes (kleiner dan 10 µm) in de lucht zweeft en kan worden ingeademd.
In Bijlage 3 staan meer details over de blootstellingsscenario's. De inhalatieblootstelling aan dampen afkomstig uit rubbergranulaat is beschreven in paragraaf 3.3.

Hoewel niet uitvoerig onderzocht, wordt aangenomen dat de bovenstaande scenario's ook bruikbaar zijn voor korfbal en rugby. Voor korfbal wordt minder contact via de huid verwacht. Voor rugby wordt er meer contact via de huid verwacht, doordat het spel zich vaak op de grond afspeelt. Ook is het denkbaar dat gebitsbescherming (bitje) van rugbyspelers op de grond kan vallen en bij het opnieuw indoen rubber granulaten meebrengt. Voor rugbyspelers zal het keeper-scenario daarom het beste aansluiten.

3.3 Vrijkomen van stoffen uit rubbergranulaat

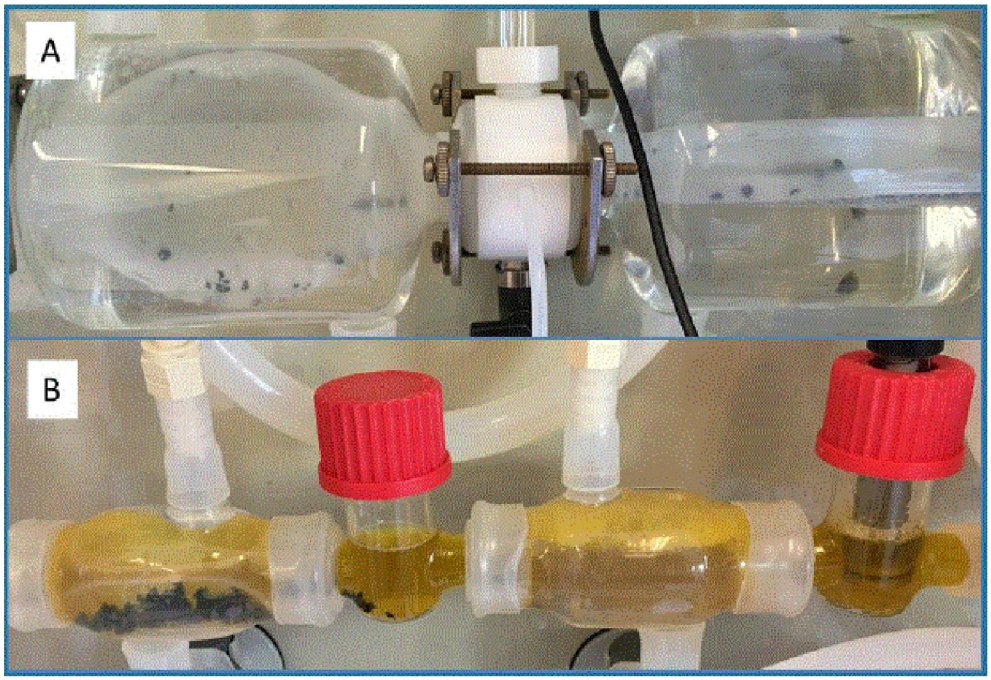
Rubbergranulaat bestaat over het algemeen uit deeltjes van 0,5 tot 3 millimeter. Het is onwaarschijnlijk dat de stoffen volledig uit de deeltjes vrijkomen en worden opgenomen door de huid en in het maagdarm-systeem. De stoffen binnenin de deeltjes zitten immers min of meer 'opgesloten' in de moleculaire structuur van het rubber. Om in te kunnen schatten welk percentage van de stoffen daadwerkelijk vrij kan komen uit het rubbergranulaat en in het lichaam kan worden opgenomen, zijn zogenaamde **migratietesten** uitgevoerd. Hiermee is experimenteel onderzocht in welke mate stoffen uit het granulaat vrijkomen in kunstmatig zweet en maag-darmsap. Daarnaast is onderzocht in welke mate er stoffen uit rubbergranulaat uitdampen naar de lucht bij warme omstandigheden.

Er is een beperkt aantal monsters onderzocht op migratie naar lucht, zweet en maag-darmsap. De resultaten van deze onderzoeken geven een consistent beeld. Voor het berekenen van de blootstelling is per stof uitgegaan van de hoogste gevonden migratie.

Voor de stoffen waarvoor geen migratiegegevens beschikbaar zijn, zoals BPA en benzothiazolen (waaronder 2-MBT), is aangenomen dat de volledige hoeveelheid van deze stof in het granulaat bij blootstelling van de huid en na inslikken op de huid of in het maag-darmsap komt.

Via de huid
Om de blootstelling via de huid beter in te schatten, is gekeken in welke mate er stoffen uit rubbergranulaat oplossen in kunstmatig zweet. De hoeveelheid stoffen die in 2 uur bij 37 °C uit rubbergranulaat vrijkomt is gemeten. Dit is gedaan voor monsters van 7 velden met SBR-rubber. Ftalaten werden niet aangetroffen in concentraties boven de detectielimiet. Slechts vijf van de PAK's, waaronder chryseen en benzo(e)pyreen, konden worden gemeten. Van de totale hoeveelheid van de vijf PAK's in de rubbergranulaatmonsters komt ongeveer 0,02 procent vrij in kunstmatig zweet. Dit percentage is gebruikt om de blootstelling aan PAK's op de huid te berekenen.
Voor de metalen cadmium, kobalt en lood is geen informatie over de concentratie in rubbergranulaat beschikbaar en hierdoor kan niet worden afgeleid welk percentage vrijkomt in kunstmatig zweet. Er is daarom gewerkt met de maximale hoeveelheid metaal die per gram rubbergranulaat vrijkomt in kunstmatig zweet. In kunstmatig zweet komt per gram rubbergranulaat maximaal 0,07 µg lood, 0,48 µg kobalt en 0,02 µg cadmium vrij. Deze waarden zijn gebruikt voor de blootststellingsberekening.

Na inslikken
Om de blootstelling na inslikken beter in te schatten, is gekeken hoeveel van een stof vrijkomt in een nagebootst maag-darmsysteem (Verwei et al., 2016). Figuur 6 is een afbeelding van dit kunstmatige maag-darmsysteem. Er zijn 5 monsters van SBR-granulaat blootgesteld aan omstandigheden vergelijkbaar met die in de menselijke maag, en daarna in de darmen. Vervolgens is bepaald welk deel van de stoffen uit het granulaat is vrijgekomen. Het deel van de stoffen dat in het granulaat blijft zitten kan niet door het lichaam worden opgenomen en zal via de ontlasting worden uitgescheiden.
Ongeveer 20 procent van de ftalaten en 9 procent van de PAK's aanwezig in de rubbergranulaatmonsters komt na inslikken vrij in het maag-darmsap. Dit percentage is gebruikt om de blootstelling na inslikken te berekenen. Voor de metalen cadmium, kobalt en lood is geen informatie over de concentratie in rubbergranulaat beschikbaar en hierdoor kan niet worden afgeleid welk percentage vrijkomt in het maag-darmsap. Er is daarom gewerkt met de maximale hoeveelheid metaal die per gram rubbergranulaat vrijkomt in maag-darmsap. Voor lood komt maximaal 9 µg per gram rubbergranulaat vrij, en voor kobalt is dit 2 µg per gram. Cadmium is in maag-darmsap niet aangetoond.



Figuur 6 Foto's van rubbergranulaat in het tiny-TIM systeem tijdens het experiment (Foto ter beschikking gesteld door Triskelion)
A. Rubbergranulaat in het kunstmatige maagcompartiment
B. Rubbergranulaat in het kunstmatige darmcompartiment

Door inademen

Op zonnige, zomerse dagen kan het rubbergranulaat flink opwarmen, waardoor er stoffen uit het granulaat kunnen verdampen. Om dit na te bootsen, en daarmee een schatting te kunnen maken van de blootstelling door inademing, is experimenteel bepaald in welke mate er stoffen verdampen uit rubbergranulaat naar de lucht bij 60 °C. De hoge temperatuur zorgt voor omstandigheden waarbij stoffen gemakkelijker kunnen verdampen. Als stoffen bij deze hoge temperaturen niet verdampen, dan zullen deze stoffen bij lagere temperaturen ook niet vrijkomen.
In de uitdampingslucht zijn géén benzeen, tolueen, ethylbenzeen, xyleen, styreen en 1,3-butadieen gemeten. De volgende stoffen zijn in beperkte mate aangetroffen: ethanol, aceton, aceetaldehyde, koolstofdisulfide, methylethylketon en methylisobutylketon. Daarnaast zijn diverse andere stoffen in lage concentraties aangetroffen.
Vervolgens zijn berekeningen uitgevoerd om de luchtconcentratie op één meter hoogte te bepalen. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met een gevalideerd verspreidingsmodel (model NUMDIF).
Omdat de stoffen heel beperkt of niet in de lucht komen, en omdat de berekende concentraties in de lucht boven het kunstgrasveld laag zijn, wordt geconcludeerd dat inademen van stoffen afkomstig van rubbergranulaat niet in relevante mate bijdraagt aan de blootstelling van sporters aan stoffen, en dus ook niet aan een eventueel gezondheidsrisico. Wel kan door het vrijkomen van stoffen op warme dagen met weinig wind een afwijkende geur worden waargenomen.

3.4 Inschatting gezondheidsrisico's

De bezorgdheid over rubbergranulaat gaat vooral over de kankerverwekkende eigenschappen van sommige stoffen in rubbergranulaat, en in het bijzonder over een mogelijke relatie met **leukemie en lymfeklierkanker**. Benzeen en styreen zijn stoffen die met dit type kanker in verband wordt gebracht. Benzeen en styreen zijn bij de chemische analyses echter niet in rubbergranulaatmonster aangetroffen. Ook 2-MBT wordt verdacht van (onder andere) dit type kanker. De beoordeling van het gezondheidsrisico voor 2-MBT geeft aan dat de blootstelling zodanig laag is, dat geen risico verwacht wordt. Van PAK's is geen duidelijk verband met leukemie en lymfeklierkanker bekend.

In de berekening van de risico's is een aantal worst case aannames gedaan. Zo is uitgegaan van de hoogste veldgemiddelde concentratie van stoffen die is gevonden op de Nederlandse kunstgrasvelden en zijn de hoogste migratiewaarden van de verschillende stoffen gebruikt. Ook is de aanname gedaan dat alle trainingen en wedstrijden plaatsvinden op kunstgrasvelden met rubbergranulaat.

Daarnaast is voor **PAK's** de algemeen geaccepteerde rekenmethode (lineaire extrapolatie) gebruikt die voor kankerverwekkende stoffen (zonder drempelwaarde) van toepassing is. Er is uitgegaan van realistische worst case blootstellingsscenario's, waarin informatie over het vrijkomen van stoffen uit het granulaat voor inademen en opname door de huid en het maag-darmsysteem is meegenomen (zie paragraaf 3.2).

De blootstelling aan PAK's wordt vooral veroorzaakt door het inslikken van stukjes rubbergranulaat. De risicobeoordeling laat zien dat inademen van rubbergranulaatstof dat in de lucht zweeft nauwelijks bijdraagt aan de totale blootstelling. PAK's blijken slechts zeer beperkt te migreren naar zweet. Blootstelling via de huid draagt weinig bij aan de totale blootstelling.

Met deze benadering is voor PAK's in rubbergranulaat een extra kankerrisico berekend van 0,8-1,2 per één miljoen blootgestelde mensen, voor iemand die levenslang veldspeler is. Dit extra kankerrisico is 2,2-3,0 per één miljoen voor iemand die vanaf 7 jaar tot 50 jaar keeper is. De berekende extra kankerrisico's liggen rondom het 'VR' (verwaarloosbaar risico), een beleidsmatig afgesproken risicogrens van één extra geval van kanker per miljoen blootgestelde individuen bij levenslange blootstelling, en zijn daarom praktisch verwaarloosbaar.

Hoewel de blootstelling via de huid weinig bijdraagt aan de totale blootstelling moet opgemerkt worden dat migratie-onderzoek met zweetsimulant voor lipofiele stoffen zoals PAK's een onderschatting geeft van de hoeveelheid PAK's waar de huid aan wordt blootgesteld. In het geval dat de blootstelling van de huid 10 maal hoger is, dan is het extra kankerrisico nog steeds vergelijkbaar namelijk 3,1-4,2 per één miljoen voor iemand die vanaf 7 jaar tot 50 jaar keeper is.

Naast een vergelijking van het extra kankerrisico met het VR kan dit ook met het 'MTR' worden vergeleken. Het MTR (maximaal toelaatbaar risico) is een beleidsmatig afgesproken risicogrens van één extra geval van kanker per tienduizend blootgestelde individuen bij levenslange blootstelling. De risicogrens MTR kan behulpzaam zijn om te bepalen of ingrijpende maatregelen (bijvoorbeeld saneren, terugroepen van producten) nodig zijn om het risico te verminderen. De berekende extra kankerrisico's van sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat zijn veel lager dan het MTR.

De stofgroep PAK's bestaat uit honderden stoffen. De PAK's zoals hier onderzocht, geven een representatief beeld van het gehele PAK-mengsel.

De bijdrage van blootstelling aan PAK's door rubbergranulaat (37-98 ng/dag) is klein ten opzichte van de normale blootstelling voor volwassenen via voedsel (1.800-4.900 ng/dag) (EFSA, 2008). Deze vergelijking is gemaakt voor de opgetelde concentraties van 8 verschillende PAK's, die een representatief beeld geven van alle PAK's samen. De dagelijkse blootstelling aan PAK's via voedsel kan aanzienlijk hoger liggen door de consumptie van gebarbecued vlees. Naast voeding is in Nederland de blootstelling aan PAK's via buitenlucht, drinkwater en bodem beperkt.

Bij het beoordelen van het gezondheidsrisico wordt gebruikgemaakt van veiligheidsfactoren ter compensatie van eventuele verschillen in gevoeligheid tussen de mens en dier. Informatie over de schadelijkheid van een stof is immers veelal gebaseerd op dierstudies, maar moet wel beschermend zijn voor de kwetsbare groepen, zoals kinderen. Er is internationaal geen wetenschappelijke overeenstemming over de noodzaak en hoogte van een eventuele extra factor ter bescherming van kinderen. In de VS wordt bij de lineaire extrapolatiemethode, van toepassing voor PAK's, een extra factor 3 toegepast voor kinderen in de leeftijd van 2 tot 16 jaar (EPA 2005, OEHHA 2009). Zelfs als deze factor in de risicobeoordeling van PAK's zou worden toegepast, blijft het berekende kankerrisico ruim onder het MTR.

Voor **BPA** zijn er geen gegevens over het vrijkomen naar zweet en maag-darmsap. Daarom is aangenomen dat de hoeveelheid BPA in het rubbergranulaat volledig wordt opgenomen door het lichaam na blootstelling aan de huid en na inslikken. Bij deze conservatieve aannames is de jaargemiddelde blootstelling van BPA voor het scenario van een 7-jarige keeper ruim onder (26 procent van) de veilig geachte blootstelling. In de overige scenario's is de blootstelling lager. Er is uitgegaan van een jaargemiddelde blootstelling, omdat een hoge blootstelling op sommige dagen wordt gecompenseerd door een lage blootstelling op andere dagen. Er is geen informatie over het vrijkomen van BPA in de lucht, maar gezien de lage dampspanning van de stof is deze route onwaarschijnlijk. Voor BPA wordt totale blootstelling vrijwel volledig bepaald door blootstelling aan de huid. Omdat het aannemelijk is dat niet al het BPA uit het rubbergranulaat vrij kan komen en door de huid kan worden opgenomen, is het gezondheidsrisico waarschijnlijk lager dan nu berekend. Deze uitkomst geeft voor BPA geen reden tot zorg.

Voor de metalen **cadmium** en **kobalt** wordt onder de gekozen condities geen risico gevonden.
Het metaal **lood** heeft een heel lage veilige blootstellingsgrens. Deze blootstellingsgrens wordt door de jaargemiddelde blootstelling uit rubbergranulaat niet overschreden. De berekende blootstelling aan lood uit rubbergranulaat wordt voor het grootste deel veroorzaakt door het inslikken van stukjes rubbergranulaat.

Voor **ftalaten** zijn de stoffen binnen de stofgroep opgeteld omdat ze op dezelfde manier een effect zouden kunnen veroorzaken. Voor de ftalaten wordt geen risico gevonden: de berekende blootstelling is vele malen kleiner dan de veilig geachte blootstellingsgrens. Dit geldt ook voor de 2 monsters die vermoedelijk gedeeltelijk uit EPDM-rubber bestonden, en waarin hoge concentraties ftalaten zijn gevonden.

Ook voor de **benzothiazolen** (waar **2-MBT** onder valt) zijn de stoffen binnen de stofgroep opgeteld en is de berekende blootstelling vele malen kleiner dan de veilig geachte blootstellingsgrens.

3.5 Conclusie

In dit hoofdstuk is een beoordeling gemaakt van de gezondheidsrisico's door sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat als gevolg van blootstelling aan schadelijke stoffen in het rubbergranulaat.

Voor PAK's is het extra kankerrisico 2,2-3,0 per één miljoen voor iemand die vanaf 7 jaar tot 50 jaar keeper is. Dit extra kankerrisico is praktisch verwaarloosbaar. Het is veel kleiner dan het zogenaamde maximaal toelaatbaar risico (MTR), en ligt iets boven het verwaarloosbaar risico (VR). Het VR is een beleidsmatig afgesproken risicogrens van één extra geval van kanker per miljoen blootgestelde individuen bij levenslange blootstelling.

Het metaal lood heeft een heel lage veilige blootstellingsgrens. Deze blootstellingsgrens wordt door de jaargemiddelde blootstelling uit rubbergranulaat niet overschreden.

Voor de overige stoffen BPA, ftalaten, de metalen cadmium en kobalt en de benzothiazolen (waaronder 2-MBT) is de blootstelling (aanzienlijk) lager dan de veilig geachte blootstelling, en is er geen gezondheidsrisico.

4 Rubbergranulaat, leukemie en lymfeklierkanker

In de *Zembla*-uitzending is aandacht besteed aan het mogelijke verband tussen het sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat en het ontstaan van leukemie en lymfeklierkanker. Aan het woord kwam onder anderen de Amerikaanse voetbaltrainster Amy Griffin. Sinds zij om zich heen enkele jonge voetbalkeepers met kanker zag, houdt zij een bestand bij van kankerpatiënten die op kunstgras met rubbergranulaat hebben gesport. Naar aanleiding van de informatie van Amy Griffin heeft het RIVM onderzocht wat er bekend is over een eventuele relatie tussen het voetballen op kunstgrasvelden en het ontstaan van leukemie en lymfeklierkanker.

4.1 Risicofactoren voor leukemie en lymfeklierkanker bij kinderen en jongeren

Bij het ontstaan van leukemie en lymfeklierkanker bij kinderen en jongeren spelen genetische factoren een belangrijke rol, zo blijkt uit literatuuronderzoek. Deze factoren maken de één gevoeliger voor risicofactoren dan de ander.

Blootstelling aan ioniserende straling is tot nu toe de enige omgevingsfactor waar wetenschappelijk een oorzakelijk verband met *leukemie* bij kinderen is aangetoond. Andere factoren die waarschijnlijk een rol spelen bij het ontstaan van leukemie bij kinderen zijn blootstelling aan hoge concentraties specifieke kankerverwekkende stoffen, zoals benzeen, diverse bestrijdingsmiddelen en sigarettenrook.

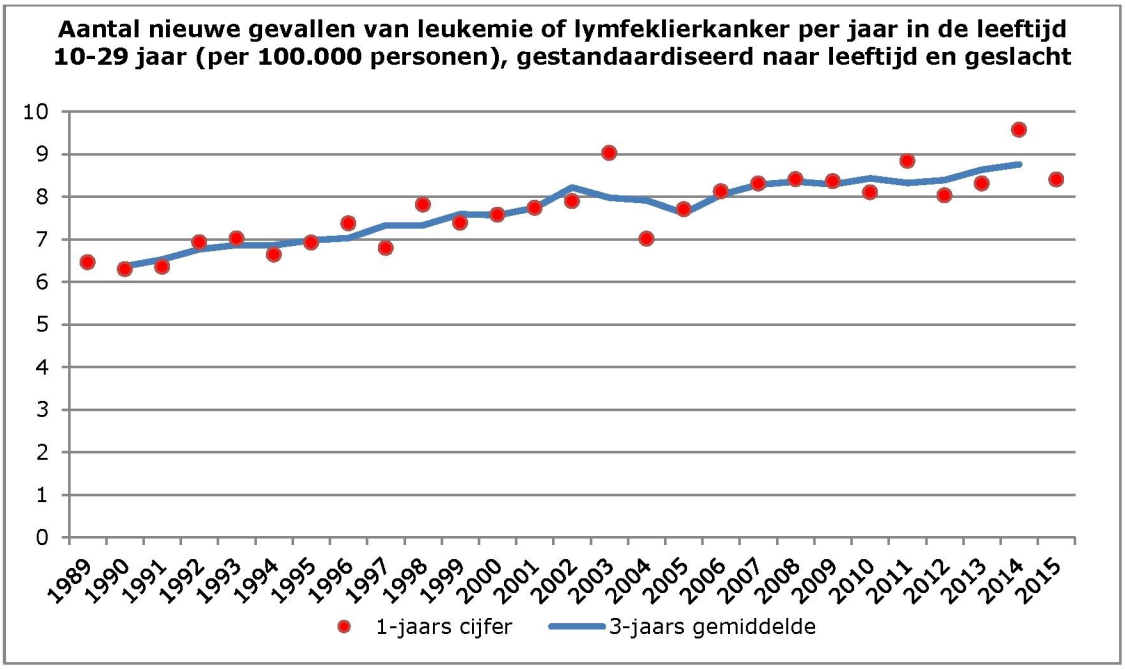
Sommige auto-immuun aandoeningen kunnen het risico op bepaalde subtypen van *lymfeklierkanker* verhogen, net als een hoge blootstelling aan kankerverwekkende stoffen, zoals sigarettenrook, of bijvoorbeeld intensief huishoudelijk gebruik van insecticiden.

4.2 Nieuwe gevallen van leukemie en lymfeklierkanker in Nederland onder kinderen en jongvolwassenen

Uit gegevens van de Nederlandse Kankerregistratie blijkt dat er in de periode 2006-2015 bij bijna 2.300 kinderen onder de 18 jaar een diagnose leukemie of lymfeklierkanker is gesteld. Bij kinderen tot 15 jaar gaat het meestal om (lymfatische) leukemie. Vanaf 15 jaar komt vaker lymfeklierkanker voor, met name (non-)Hodgkinlymfomen. In totaal gaat het hierbij om bijna 40 procent van alle nieuwe gevallen van kanker bij kinderen onder de 18 jaar (NKR, 2016).

Uit de cijfers van de Nederlandse Kankerregistratie (bron: IKNL) blijkt dat het aantal nieuwe gevallen van leukemie en lymfeklierkanker sinds de jaren 90 geleidelijk is toegenomen: van 6,4 tot 8,8 per 100.000 kinderen en jongvolwassenen van 10-29 per jaar (zie Figuur 7). Dit komt overeen met ongeveer 200 jongens en mannen en 160 meisjes en vrouwen in 2015. Over de hele periode is er voor de leeftijdsgroep 10-29 jaar een lichte, maar wel statistisch significante toename aantoonbaar in de incidentie.

Door de relatief kleine aantallen treedt er altijd een zekere variatie op van jaar tot jaar. Naast de aantallen voor elk jaar (rode punten in Figuur 7) is daarom eveneens een 3-jaars voortschrijdend gemiddelde bepaald en in de grafiek opgenomen (blauwe getrokken lijn).



Figuur 7 Aantal nieuwe gevallen van leukemie of lymfeklierkanker per jaar in de leeftijd 10-29 jaar (per 100.000 personen), gestandaardiseerd naar leeftijd en geslacht.

Er is vervolgens nagegaan of er in de periode 1989-2015 een trendbreuk in het aantal nieuwe gevallen in leukemie en lymfeklierkanker is aan te tonen. Dat blijkt niet het geval. Kunstgras met rubbergranulaat werd in Nederland geïntroduceerd vanaf 2001. Er is geen aanwijzing voor een *extra* toename in de periode 2001-2015.

Deze trendanalyse is enerzijds vrij gevoelig: een eventuele verandering van enkele extra gevallen van leukemie en lymfeklierkanker per jaar in Nederland was op deze manier al opgepikt. Anderzijds is de zeggingskracht van de analyse beperkt omdat er geen rekening kan worden gehouden met bijvoorbeeld verandering van de voor leukemie en lymfeklierkanker bekende risicofactoren.

4.3 Onderzoek in de VS

Omdat de gegevens uit de dataset van Amy Griffin, de Amerikaanse voetbaltrainster, op basis van zelfrapportage zijn verzameld, is het lastig te zeggen hoe representatief ze zijn. Er wordt momenteel in de VS, door het ministerie van Gezondheid van de staat Washington onderzocht hoe de cijfers uit haar databestand, samen met gegevens over het totale aantal leukemie- en lymfeklierkankergevallen uit de Amerikaanse kankerregistratie, zijn te interpreteren. Deze resultaten worden begin 2017 verwacht.

In een ander Amerikaans onderzoek[1] is er gekeken naar het verband tussen het vóórkomen van leukemie/lymfeklierkanker en gebieden met meer of minder kunstgrasvelden met rubbergranulaat. Er wordt geen verhoging gezien in nieuwe gevallen van leukemie/lymfeklierkanker in gebieden waar relatief meer kunstgrasvelden liggen. Ook is geen trend aantoonbaar in het aantal mensen dat lymfeklierkanker krijgt in gebieden in Californië waar veel kunstgrasvelden liggen. De eerste kunstgrasvelden werden daar in 1997 aangelegd.

4.4 Overig onderzoek

Navraag in het Europese netwerk van milieu-epidemiologen heeft geen andere dataverzamelingen of onderzoek aan het licht gebracht op grond waarvan het signaal van een verhoging van leukemie/lymfeklierkanker door het sporten op kunstgras (met rubbergranulaat) kan worden geverifieerd. In de wetenschappelijke literatuur is verder geen onderzoek gevonden naar de relatie tussen voetballen op kunstgras (met rubbergranulaat) en leukemie of lymfeklierkanker bij kinderen en jongeren.

4.5 Conclusie

Op basis van deze verkenning zijn er geen aanwijzingen dat het voetballen op kunstgras leidt tot een extra risico op leukemie en lymfeklierkanker. Hieraan liggen verschillende redenen ten grondslag:

1. In de eerdere hoofdstukken is ook al aandacht besteed aan kankerverwekkende stoffen die kunnen samenhangen met het ontstaan van leukemie of lymfeklierkanker. Uit hoofdstuk 2 blijkt dat benzeen, styreen en 1,3-butadieen niet in rubbergranulaatmonster zijn aangetroffen. De beoordeling van de risico's voor 2-mercaptobenzothiazol geeft aan dat de blootstelling zodanig laag is dat geen risico verwacht mag worden (zie hoofdstuk 3).
2. Het onderzoek in de VS laat geen verhoging zien van het aantal mensen dat lymfeklierkanker krijgt in gebieden waar relatief meer kunstgrasvelden liggen. Ook is geen trend aantoonbaar in het aantal mensen dat lymfeklierkanker krijgt in die gebieden in Californië waar de meeste kunstgrasvelden liggen.
3. Uit de cijfers van de Nederlandse Kankerregistratie blijkt dat er in de afgelopen 27 jaar geen significante trendbreuk is in de ontwikkeling van het aantal mensen in de leeftijdsgroep 10-29 jaar dat leukemie of lymfeklierkanker krijgt. Met deze trendanalyse zouden veranderingen van enkele extra gevallen per jaar opgepikt kunnen worden.

[1] Het betreft een nog niet gepubliceerd onderzoek van Bleyer en Keegan. http://comedsoc.org/images/Incid%20Lymph%201974-2013%201992-2013%202000-2013%20Highest%20Field%20Density%20Counties%20Sex.pdf

5 Vergelijking concentraties stoffen in rubbergranulaat met normen

5.1 Vergelijking meetwaarden met normen

De gemeten concentraties schadelijke stoffen in rubbergranulaat liggen ruim onder de algemene Europese normen voor mengsels. Rubbergranulaat is volgens de Europese stoffenregelgeving een 'mengsel'. Andere voorbeelden van 'mengsels' (van stoffen) zijn schoonmaakproducten, verf, lijm et cetera. Voor mengsels[1] gelden algemene concentratielimieten voor stoffen die kankerverwekkend zijn, die schade aan het DNA kunnen veroorzaken of die schadelijk voor de voorplanting zijn. Het gaat onder andere om bepaalde PAK's, metalen, ftalaten en organische stoffen zoals benzeen.

Voor consumentenproducten gemaakt van rubber gelden veel strengere normen[2] ten aanzien van het PAK-gehalte (een factor 100 à 1.000 lager) dan voor mengsels. Voor speelgoed zijn de normen[3] voor kankerverwekkende PAK's nog een factor 2 strenger dan voor consumentenproducten.
De in dit onderzoek gemeten concentraties PAK's in rubbergranulaat liggen in veel monsters (iets) boven de norm voor consumentenproducten en ook boven de norm voor speelgoed (zie Tabel 3).

Het grote verschil tussen de normen voor PAK's in enerzijds mengsels en anderzijds consumentenproducten, leidt in de praktijk tot de situatie dat de norm voor PAK's voor rubberen valdempingstegels (waar de norm voor consumentenproducten op van toepassing is) 100 à 1.000 maal strenger is dan de norm voor rubbergranulaat. Wanneer we het gebruik van rubberen tegels op speelplaatsen vergelijken met het sporten op velden ingestrooid met rubbergranulaat, dan is dit grote verschil tussen deze normen niet goed te rechtvaardigen. In Europa is momenteel discussie of er specifiek voor rubbergranulaat strengere normen ten aanzien van met name kankerverwekkende PAK's gewenst zijn (onder andere EC 2015; RIVM, 2016). Zoals eerder vermeld, voert het Europees Agentschap voor Chemische Stoffen (ECHA) een onderzoek uit dat onder andere moet uitwijzen of er vanuit gezondheidsperspectief inderdaad strengere, specifieke normen voor rubbergranulaat nodig zijn.

Omdat rubbergranulaat wordt toegepast op de bodem en er stoffen uit rubbergranulaat kunnen uitspoelen naar bodem en grondwater, kan er

[1] Deze normen gelden alleen voor 'mengsels bedoeld voor levering aan het grote publiek', wat wil zeggen niet uitsluitend bedoeld voor de professionele gebruiker. Hoewel er geen verkoop aan consumenten plaatsvindt van rubbergranulaat, valt rubbergranulaat wel onder de categorie mengsels bestemd voor levering aan het grote publiek. Zie Bijlage XVII, bepaling 28 in de Europese REACH-verordening (1907/2006).
[2] Zie Bijlage XVII, bepaling 50.5 in de Europese REACH-verordening (1907/2006) over PAK in voorwerpen met rubber of kunststof onderdelen.
[3] Zie Bijlage XVII, bepaling 50.6 in de Europese REACH-verordening (1907/2006) over PAK in speelgoed.

ook een indicatieve[1] vergelijking worden gemaakt van de uitloogconcentraties van de metalen met de norm voor bouwstoffen die in of op de bodem worden toegepast. Uit deze indicatieve vergelijking (zie Tabel 4) blijkt dat de uitloogconcentraties zink in rubbergranulaat niet voldoen aan de emissienorm voor niet-vormgegeven bouwstoffen[2]. De gemeten uitloogconcentraties voor zink zijn niet relevant voor de gezondheid, maar wel voor het milieu. Hier wordt in deze studie naar gezondheidsrisico's verder niet op ingegaan.

[1] Voor veel normen gelden normspecifieke meetmethoden, die soms weer verschillen per stofgroep. De in dit onderzoek gebruikte meetmethoden komen niet altijd overeen met de voor die norm voorgeschreven meetmethode.
[2] Regeling bodemkwaliteit, Bijlage A, Tabel 1.

Tabel 3 Vergelijking[1] van concentraties stoffen in rubbergranulaat met de wettelijk van toepassing zijnde mengselnorm en met overige normen. Vermeld zijn stoffen die in minstens 5% van de monsters zijn aangetoond én waarvoor normen beschikbaar zijn. Normen die worden overschreden zijn rood gekleurd, met tussen haakjes het percentage velden dat de norm overschrijdt.

	Concentratie in mg/kg droge stof (veldgemiddelden)			Mengsel-norm	Overige normen (in mg/kg droge stof)			
Stof/Stofgroep	Mediaan (P50)	P90	Max.		Consumenten-producten[2]	Speelgoed[2]	Bouw-stoffen	Grond (klasse wonen)
PAK's								
benzo(a)pyreen	<1,1	1,3	2,2	100[3]	**1** (43%)	**0,5** (71%)	10	n.v.t
benzo(a)antraceen	<0,9	1,2	2,2	1.000	**1** (23%)	**0,5** (29%)	40	n.v.t
chryseen	1,3	1,9	3,5	1.000	**1** (62%)	**0,5** (86%)	10	n.v.t
benzo(b)fluoranteen	<0,9	1,8	3,0	1.000	**1** (57%)	**0,5** (86%)	n.v.t	n.v.t
fenantreen	<0,5	2,0	7,1	n.v.t	n.v.t	n.v.t	20	n.v.t
antraceen	<0,5	<0,5	1,1	n.v.t	n.v.t	n.v.t	10	n.v.t
fluoranteen	3,4	8,3	20,3	n.v.t	n.v.t	n.v.t	35	n.v.t
benzo(ghi)peryleen	4,1	6,5	7,7	n.v.t	n.v.t	n.v.t	40	n.v.t
Som PAK (VROM10)	9,6	17,7	35,5	n.v.t	n.v.t	n.v.t	50	**6,8** (59%)
Ftalaten								
di-2-ethylhexylftalaat	7,6	14,2	27,2	3.000	1.000	n.v.t	n.v.t	**8,3** (38%)
di-isobutylftalaat	<0,5	0,8	2,3	250.000	n.v.t	n.v.t	n.v.t	**1,3** (5%)
Fenolen				n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t
bisfenol-A	0,5	2,0	2,5	3.000	n.v.t	0,1 mg/L	n.v.t	n.v.t
Polychloorbifenylen								
PCB's[4]	<0,035	0,06	0,074	n.v.t	n.v.t	n.v.t	0,5	**0,04** (29%[5])

[1] Voor veel normen gelden normspecifieke meetmethoden, die soms weer verschillen per stofgroep. De in dit onderzoek gebruikte meetmethoden komen niet altijd overeen met de voor die norm voorgeschreven meetmethode.
[2] Voor bepaalde consumentenproducten en speelgoed gelden ook normen ten aanzien van verschillende metalen, maar een vergelijking met de meetwaarden uit dit onderzoek is in het geheel niet mogelijk, omdat in dit onderzoek alleen de uitloogwaarden van metalen naar water zijn bepaald.
[3] De laagste van de drie voor BaP geldende concentratielimieten.
[4] Som van PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180.
[5] 2 van de 7 mengmonsters.

Tabel 4 Vergelijking[1] van de uitloogwaarden van metalen in rubbergranulaat met de norm voor niet-vormgegeven bouwstoffen[2]. Vermeld zijn de metalen die in meer dan 5% van de monsters zijn aangetoond met tussen haakjes het percentage monsters dat de norm overschrijdt.

	Uitloogconcentratie in mg/kg droge stof		Norm bouwstoffen[2]
Metalen	Mediaan	Max	
Zink	21	129	**4,5** (100%)
Koper	0,09	0,9	0,9
Kobalt	0,06	0,4	0,54
Barium	<0,05	0,2	22

5.2 Conclusie

De concentraties stoffen in rubbergranulaat voldoen aan de algemene Europese normen voor mengsels van stoffen. Als de normen voor consumentenproducten en speelgoed van toepassing zouden zijn op rubbergranulaat, dan zou een groot deel van de monsters vanwege de concentratie PAK's niet voldoen aan deze normen. Er is in Europa discussie of een specifieke norm voor rubbergranulaat wenselijk is.

[1] Voor veel normen gelden normspecifieke meetmethoden, die soms weer verschillen per stofgroep. De in dit onderzoek gebruikte meetmethoden komen niet altijd overeen met de voor die norm voorgeschreven meetmethode. Het gaat daarom om een indicatieve vergelijking.
[2] Dit betreft de maximale emissiewaarde voor niet-vormgegeven bouwstoffen.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Diverse stoffen in rubbergranulaat

Uit chemische analyses van rubbergranulaat van 100 Nederlandse kunstgrasvelden blijkt dat er verschillende stoffen, zoals PAK's, metalen, ftalaten, benzothiazolen en fenolen in rubbergranulaat voorkomen. De concentraties komen in grote lijnen overeen met de concentraties die in eerdere onderzoeken zijn gevonden.

Gezondheidsrisico praktisch verwaarloosbaar

De zogenoemde migratietesten laten zien dat stoffen die in rubbergranulaat aanwezig zijn slechts in (zeer) beperkte mate uit het granulaat vrijkomen als ze worden ingeslikt, bij huidcontact of door verdamping bij warm weer.
Blootstellingsberekeningen laten zien dat voor PAK's het extra kankerrisico praktisch verwaarloosbaar is. De blootstelling aan PAK's door rubbergranulaat is klein ten opzichte van de normale blootstelling aan PAK's via voeding.
Voor de overige stoffen BPA, ftalaten, metalen en benzothiazolen (waaronder 2-MBT) is de blootstelling aanzienlijk lager dan de veilig geachte blootstelling en is het gezondheidsrisico verwaarloosbaar.

Geen aanwijzingen relatie leukemie en sporten op kunstgras

Van de kankerverwekkende stoffen die kunnen samenhangen met leukemie en lymfeklierkanker zijn benzeen, styreen en 1,3-butadieen niet in het onderzochte rubbergranulaat aangetroffen.
De beoordeling van de gezondheidsrisico's voor benzothiazolen, waaronder 2-mercaptobenzothiazol (2-MBT), geeft aan dat de blootstelling zodanig laag is, dat geen risico op leukemie of lymfeklierkanker verwacht mag worden. Van PAK's is geen duidelijk verband met leukemie of lymfeklierkanker bekend.

Onderzoek in de Verenigde Staten laat geen verhoging zien in het aantal nieuwe gevallen van lymfeklierkanker in gebieden waar relatief meer kunstgrasvelden liggen. Ook is geen trend aantoonbaar in het aantal mensen dat lymfeklierkanker krijgt in die gebieden in Californië waar de meeste kunstgrasvelden liggen. Uit de cijfers van de Nederlandse Kankerregistratie blijkt dat sinds eind jaren tachtig van de vorige eeuw er in het algemeen een lichte stijging is te zien in het aantal mensen tussen 10 en 29 jaar dat leukemie krijgt. Deze ontwikkeling is niet veranderd sinds de ingebruikname van kunstgrasvelden in Nederland in 2001.

Verschillende normen

De concentraties stoffen in rubbergranulaat voldoen aan de algemene Europese normen voor mengsels van stoffen. Als de normen voor consumentenproducten en speelgoed van toepassing zouden zijn op rubbergranulaat dan zou een groot deel van de monsters vanwege de concentratie PAK's niet voldoen aan deze normen. Er is in Europa discussie of een specifieke norm voor rubbergranulaat wenselijk is.

6.2 Aanbevelingen

Sporten op kunstgrasvelden

De resultaten van dit onderzoek geven aan dat sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat veilig is. Het risico voor de gezondheid van sporten op deze kunstgrasvelden is praktisch verwaarloosbaar. Rubbergranulaat bevat weliswaar schadelijke stoffen, maar deze stoffen komen slechts in beperkte mate vrij uit het rubbergranulaat na inslikken, bij huidcontact of door verdamping bij warm weer.

Normen voor rubbergranulaat

Het RIVM adviseert om de norm voor rubbergranulaat bij te stellen naar een norm die dichter in de buurt ligt van de norm voor consumentenproducten.
Gezien de aard van het gebruik van kunstgrasvelden, ook door jonge kinderen, is er vanuit gezondheidsperspectief behoefte aan gedegen onderbouwde normen voor rubbergranulaat. Op dit moment is er een groot verschil (factor 100 à 1.000) tussen de norm voor PAK's in rubberen consumentenproducten (zoals rubberen valdempingstegels) en de norm voor rubbergranulaat, waarvoor de mengselnorm geldt. Wanneer we het gebruik van rubberen tegels op speelplaatsen vergelijken met het sporten op velden ingestrooid met rubbergranulaat, dan lijkt dit grote verschil in normen niet goed te rechtvaardigen.
Met het onderzoek dat het Europees Agentschap voor Chemische Stoffen (ECHA) momenteel uitvoert naar de gezondheidsrisico's van rubbergranulaat, wordt hier in Europa al aan gewerkt. Het RIVM zal de resultaten van het voorliggende onderzoek actief inbrengen bij ECHA. Beter onderbouwde en strengere normen voor rubbergranulaat kunnen op termijn mogelijk bijdragen aan het terugdringen van de zorgen die er momenteel bestaan over de gezondheidsrisico's door sporten op kunstgras.

7 Discussie

Over dit onderzoek
In dit onderzoek is in korte tijd een grote hoeveelheid informatie verzameld, zowel op basis van uitgebreid laboratoriumonderzoek als op basis van de wetenschappelijke literatuur. In de literatuur is nog weinig bekend over het vrijkomen van stoffen uit rubbergranulaat. Daarom is in dit onderzoek een aantal zogeheten migratietesten uitgevoerd om te onderzoeken in welke mate schadelijke stoffen vrijkomen in kunstmatig zweet, kunstmatige maag-darmsappen en door uitdampen bij hoge temperatuur. Hoewel het om een beperkt aantal testen gaat, geven de resultaten een consistent beeld.
Zoals gangbaar bij de beoordeling van gezondheidsrisico's van stoffen zijn ook in dit onderzoek aannames gedaan om de blootstelling en het gezondheidsrisico in te schatten. Er zijn onder andere zo goed mogelijk onderbouwde aannames gedaan voor de schatting van de feitelijk optredende blootstelling en de extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens. Deze aannames zijn voorgelegd aan een speciaal voor dit onderzoek ingestelde wetenschappelijke klankbordgroep.

Wat is niet onderzocht?
Dit rapport ging niet over de vraag of het gebruik van rubbergranulaat van oude autobanden op kunstgrasvelden wenselijk is. Uit de gesprekken die het RIVM tijdens deze onderzoeksperiode voerde en door de bijeenkomsten van de maatschappelijke klankbordgroep, is duidelijk dat er een spanningsveld kan bestaan tussen het streven naar meer hergebruik van materialen (oude autobanden), en zorgen over de mogelijke blootstelling van mens en milieu aan schadelijke stoffen in nieuwe producten. Dit onderzoek gaat alleen over gezondheidseffecten: milieueffecten zijn buiten beschouwing gebleven. Ook is niet gekeken naar de voor- en nadelen van alternatieve materialen voor kunstgrasvelden.
In dit onderzoek is conform de vraag van de minister van VWS onderzocht of er gezondheidsrisico's zijn te verwachten door *sporten* op kunstgrasvelden met rubbergranulaat. Ander gebruik van kunstgrasvelden valt niet binnen de scope van dit onderzoek.

Lopende onderzoeken
Ook in het buitenland wordt op dit moment onderzoek gedaan naar mogelijke gezondheidsrisico's van rubbergranulaat. De resultaten van een aantal van deze onderzoeken komen in de loop van 2017 beschikbaar. Het RIVM zal het onderzoek op dit gebied op de voet blijven volgen.

Gezondheidsrisico's van stoffen
We worden dagelijks blootgesteld aan stoffen die gezondheidsrisico's met zich mee kunnen brengen. Denk daarbij aan het inademen van luchtverontreiniging langs snelwegen, in binnensteden, in agrarisch gebied, maar ook aan het eten van gebraden vlees of het inademen van stoffen bij het schilderen van het huis. De hoeveelheid stoffen om ons heen zegt op zichzelf nog weinig over de gezondheidsrisico's. Daarvoor is ook de mate waarin stoffen via verschillende routes in het lichaam

terecht kunnen komen van belang, evenals de effecten die deze stoffen wel/niet in het lichaam teweeg kunnen brengen.
Mensen ervaren gezondheidsrisico's heel verschillend, zo bleek ook in de gesprekken die het RIVM heeft gevoerd met (ouders van) sporters, met de leden van de maatschappelijke klankbordgroep, de media-berichtgeving en een enquête.

Tot slot
Beslissingen over het gebruik van kunstgrasvelden zijn nu in eerste instantie aan sportverenigingen, gemeenten, de KNVB en leveranciers van kunstgrasvelden. Het RIVM hoopt dat de resultaten van dit onderzoek een nuttige bijdrage vormen in dit besluitvormingsproces en aan de beantwoording van vragen van overheden, verenigingen, sporters en ouders van sportende kinderen.

Dankwoord

Dit onderzoek is tot stand gekomen dankzij de medewerking van een groot aantal organisaties en personen. Het RIVM dankt hierbij:

- Eigenaren (voetbalverenigingen, korfbalverenigingen, Johan Cruyff foundation en gemeenten) en beheerders van de 100 kunstgrasvelden waar de monsters zijn genomen
- Koninklijke Nederlandse Voetbal Bond (KNVB)
- Mulier Instituut
- GGD GHOR Nederland
- GGD'en
- Vereniging Sport en Gemeenten (VSG)
- Vereniging Nederlandse Gemeenten (VNG)
- VACO (brancheorganisatie voor de banden- en wielenbranche)
- RecyBEM (uitvoeringsorganisatie Besluit beheer autobanden)
- Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek (BSNC)
- Integraal Kankercentrum Nederland (iKNL)
- Nederlands Kanker Instituut (NKI)
- Prinses Maxima Centrum
- Deelnemers aan de groepsgesprekken
- Nederlandse Voedsel- en Waren Autoriteit (NVWA), Bureau Risicobeoordeling & onderzoeksprogrammering (BuRO)
- Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS), directie Voeding, Gezondheidsbescherming en Preventie (VGP) en directie Sport
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM), directie Veiligheid en Risico's
- Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT)

Onze bijzondere dank gaat uit naar de medewerkers van de externe laboratoria, die de analyses op samenstelling en een deel van de migratieproeven hebben uitgevoerd. Wij zijn hen zeer erkentelijk voor de getoonde flexibiliteit bij het onder hoge tijdsdruk uitvoeren van analyses en experimenten, de snelheid waarmee de resultaten beschikbaar zijn gesteld, de hoge kwaliteit van de geleverde data en de prettige en constructieve samenwerking. Het gaat daarbij om:

- ALcontrol Laboratories (Milieulaboratorium, Rotterdam)
- Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (team PV Lab Chemie en Micro, Groningen)
- TNO (Environmental Modelling, Sensing and Analysis, Utrecht)
- Triskelion (Zeist)

Ook danken wij in het bijzonder de leden van de wetenschappelijke klankbordgroep voor het geven van advies en het beoordelen van de kwaliteit van het onderzoek, de resultaten, de interpretatie daarvan en de conclusies:

- Prof. dr. Martin van den Berg
- Dr. Joris IJzermans
- Prof. dr. Jos Kleinjans
- Prof. dr. Erik Lebret
- Drs. Nicole Nijhuis, ERT
- Dr. Paul Scheepers

- Dr. Irma de Vries
- Drs. Rik van de Weerdt, ERT

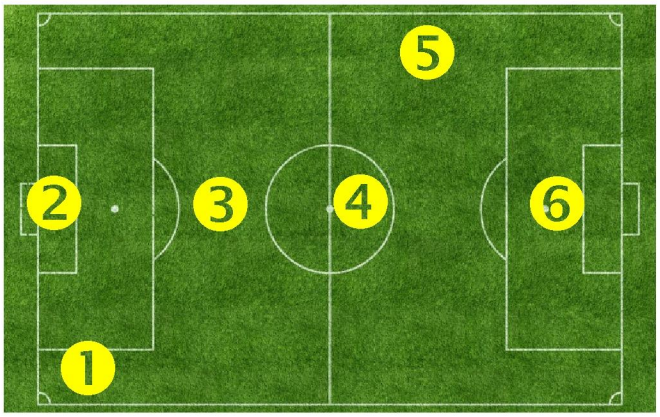
Bijlage 1 Monstername

Selectie van kunstgrasvelden
Voor het onderzoek naar schadelijke stoffen in rubbergranulaat op kunstgrasvelden zijn van 100 kunstgrasvelden monsters genomen van het rubbergranulaat. Voor de selectie van kunstgrasvelden is gebruikgemaakt van een database van de KNVB met informatie over ruim 1.900 kunstgrasvelden en een (grotendeels overlappende) database van het Mulier Instituut. Deze dataset is aangevuld met gegevens over andere kunstgrasvelden met rubbergranulaat. Het gaat om 27 zogeheten Cruyff Courts, 28 korfbalvelden en 7 rugbyvelden. Er is een willekeurige steekproef getrokken van kunstgrasvelden verspreid over Nederland. De 100 bemonsterde kunstgrasvelden betreffen 96 voetbalvelden, twee Cruyff Courts en twee korfbalvelden (zie Figuur 8). Deze steekproef representeert ruim 5 procent van het totale aantal kunstgrasvelden met SBR-granulaat in Nederland.

Figuur 8 Locaties (rood) waar voor het RIVM-onderzoek rubbergranulaat is bemonsterd. De zwarte stippen geven de locaties aan van sportaccommodaties met een of meer kunstgrasvelden (Bron: Mulier Instituut).

Op elk veld zijn zes locaties bemonsterd. Daarvoor zijn de standaard locaties genomen die volgens FIFA-voorschrift gebruikt moeten worden voor de keuring van de speelkwaliteit van het veld. Het betreft intensief en minder intensief bespeelde plekken: bij de corner, in de doelzone, op

het midden van één speelhelft, bij de middenstip, aan de rand van het speelveld en bij de penaltystip (zie Figuur 9).



Figuur 9 Locatie van monsternamepunten op het veld.

Wijze van bemonstering

Binnen een cirkel met een oppervlak van ca. 380 cm^2 (grootte van een emmer) is gedurende twee minuten met een stofzuiger (met stofzak en filters) rubbergranulaat opgezogen. Een proefbemonstering had geleerd dat dit ongeveer één liter rubbergranulaat (circa 500 gram) oplevert. De 'gaten' die ontstonden door de bemonstering zijn na afloop opgevuld met rubbergranulaat dat naast het veld lag. Op sommige, veelal oudere velden, of bepaalde plekken op het veld (middenstip, penaltystip) bleek het infill vaak vrij zanderig te zijn. In dat geval is één minuut gezogen op twee plekken naast elkaar. Na elk veld zijn de filters vervangen en is de stofzuiger schoongemaakt.

Het aangezogen materiaal is per monsterlocatie opgeslagen in een glazen pot, gelabeld met een barcode. Alleen het RIVM kent de combinatie van barcode, speelveld en FIFA-monsternamepunt. De laboratoria die de analyses hebben uitgevoerd waren dus niet op de hoogte van de precieze herkomst van de monsters.

Op 10 velden is ten behoeve van aanvullende metingen een driedubbele hoeveelheid materiaal bemonsterd. De twee extra monsters per 'FIFA-plek' ('batch 2' en 'batch 3') zijn gebruikt voor controlemetingen (contra-analyses) en aanvullende analyses.

In totaal zijn er 720 monsters van rubbergranulaat genomen.

Bijlage 2 Stoffen in rubbergranulaat

Tabel 5 Concentraties stoffen in rubbergranulaatmonsters. De concentraties zijn veld-gemiddelden. Vermeld zijn de stoffen die in meer dan 5% van de monsters voorkomen (m.u.v. de 8 ECHA-PAK's[1], deze zijn allemaal vermeld).

Stof/Stofgroep	Percentage monsters boven detectie-limiet	Concentratie (mg/kg droge stof) (veldgemiddelden)			Maximum-waarde buitenlandse onderzoeken
		Mediaan (P50)	P90	Maximum	
PAK's					
fenantreen	38[2]	<0,6	2,0	7,1	12,3
antraceen	5[2]	<0,5	<0,5	1,1	11,9
fluoranteen	93[2]	3,4	8,3	20,3	11,3
pyreen	98[2]	7,5	23,6	28,7	37
benzo(ghi)peryleen	62[2]	4,1	6,5	7,7	29,2
benzo(c)fluoreen	43[3]	0,2	0,6	0,7	geen data
cyclopenta(cd)pyreen	100[3]	1,5	2,3	2,5	geen data
benzo(a)antraceen[1]	27[2]	<0,9	1,2	2,2	15,3
benzo(b) + benzo(j)fluoranteen[1]	48[2]	<1,2	1,8	3,0	15,7
benzo(k)fluoranteen[1]	1[2]	<0,5	<0,5	0,5	7,3
benzo(a)pyreen[1]	25[2]	<1,1	1,3	2,2	10,7
benzo(e)pyreen[1]	57[4]	2,8	4,2	7,8	1,6
chryseen[1]	57[2]	1,3	1,9	3,5	7,6
dibenzo(a,h)antraceen[1]	0[2]	<0,5	<0,5	<0,5	8,1
Som PAK (ECHA 8)[1]		5,8	10,9	19,8	
Ftalaten					
di-2-ethylhexylftalaat	100[2]	7,6	14,2	27,2	62
di-isobutylftalaat	17[2]	<0,5	0,8	2,3	175
di-isononylftalaat	77[5]	35	53	61	78
dicyclohexylftalaat	47[5]	0,1	0,2	0,2	onbekend
di-n-nonylftalaat	37[5]	0,5	0,8	0,8	onbekend
difenylftalaat	7[5]	<0,1	<0,1	0,1	onbekend
bis(2-ethylhexyl)adipaat	63[5]	0,3	0,7	1,1	onbekend
Benzothiazolen					
benzothiazol	100[3]	2,7	5,7	6,3	171
2-hydroxybenzothiazol	100[3]	1,6	8,1	13,8	onbekend
2-mercaptobenzothiazol	100[3]	2,6	6,3	7,6	geen data
2-methoxybenzothiazol	100[3]	2,6	9,7	10,2	onbekend

[1] Dit zijn de 8 PAK's waarvoor afzonderlijke normen zijn bepaald voor zowel mengsels, consumentenproducten als speelgoed, nl. benzo(a)pyreen, benzo(a)antraceen, chryseen, benzo(b)fluoranteen, benzo(k)fluoranteen, dibenzo(a,h)antraceen, benzo(j)fluoranteen, benzo(e)pyreen. Benzo(b) en benzo(j)fluoranteen kunnen niet apart gekwantificeerd worden vanwege overlappende pieken in het chromatogram.
[2] Analyses van 546 monsters afkomstig van 91 velden.
[3] Analyses van 7 mengmonsters afkomstig van 7 velden.
[4] Analyses van 7 mengmonsters, afkomstig van 7 velden. Door sterke correlatie met chryseen (r2=0.98) zijn de schattingen gemaakt voor alle velden m.b.v. de formule [BeP]=2.2407 x [Chr].
[5] Analyses van 43 monsters afkomstig van 7 velden.
[6] Som van PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180.

Stof/Stofgroep	Percentage monsters boven detectie-limiet	Concentratie (mg/kg droge stof) (veldgemiddelden)			Maximum-waarde buitenlandse onderzoeken
		Mediaan (P50)	P90	Maximum	
2-aminobenzothiazole	100[3]	0,1	0,3	0,4	onbekend
N-cyclohexyl-1,3-benzothiazol-2-amine	100[3]	1,5	3,6	3,9	geen data
2,2-dithiobis-(benzothiazol)	71[3]	0,2	0,3	0,3	geen data
N-cyclohexyl-2-benzothiazolsulfenamide	43[3]	<0,02	0,04	0,04	geen data
Fenolen					
4-tert-octylfenol	100[3]	4,8	19,6	22,4	33,7
bisfenol-A	100[3]	0,5	2,0	2,5	onbekend
Polychloorbifenylen					
PCB's[6]	29[3]	<0,035	0,06	0,074	0,2

De voetnoten voor bovenstaande tabel staan op pagina 47.

Tabel 6 Uitloging (naar water) van metalen in rubbergranulaat. Vermeld zijn de metalen die in meer dan 5% van de monsters zijn aangetoond.

Metalen[2]	Uitloogconcentratie in mg/kg droge stof (veldgemiddelden)		Norm bouwstoffen[1]
	Mediaan	Max	
Zink	12,0	75	4,5
Koper	0,08	0,86	0,9
Kobalt	<0,039	0,25	0,54
Barium	<0,05	0,17	22

[1] De norm voor bouwstoffen betreft de maximale emissiewaarde en is wettelijk niet van toepassing op de toepassing van rubbergranulaat van oude autobanden op kunstgrasvelden en dient slechts ter indicatie.
[2] De gemeten waarde betreft de uitloogconcentraties naar water. De norm betreft de maximale emissiewaarde.

Bijlage 3 Waarden voor blootstellingsscenario's

Tabel 7 Waarden voor blootstellingsschatting voor de vier scenario's

	Scenario 1	**Scenario 2**	**Scenario 3**	**Scenario 4**
	Kinderen van 4 tot 11 jaar	**Keepers vanaf 7 jaar**	**Kinderen van 11 tot 18 jaar, prestatie-gericht sporten**	**Volwassenen (18 t/m 35 jaar), prestatie-gericht sporten**
Algemeen				
Lichaamsgewicht (kg)	15,7	24,3	44,8	68,8
Frequentie (keer per week)	2	3	5	5
Tijdsduur (uur per keer)	1 x 1 uur, 1 x 1,5 uur	1 x 1 uur, 2 x 1,5 uur	1,5 uur	2 uur
Tijdsduur (maanden per jaar)	7 (alle routes)	7 (huid) 10 (inademen en inslikken)	7 (huid) 10 (inademen en inslikken)	7 (huid) 10 (inademen en inslikken)
Via de huid				
Lichaamsoppervlak in contact (cm^2)	1260 (¼ benen, ½ armen, handen)	1290 (¼ benen, ½ armen)	2680 (¼ benen, ½ armen, handen)	3680 (¼ benen, ½ armen, handen)
Hoeveelheid granulaat (g)	1 (volgens literatuur)	10 (inschatting, literatuur x factor 10)	3,3 (volgens literatuur)	6 (volgens literatuur)
Via inademen				
Ademminuutvolume (m^3/uur; bij intensieve inspanning)	1,58	1,92	2,53	3,07
PM10 (µg/m^3) rubbergranulaat	12	12	12	12
Via inslikken				
Directe ingestie (g/keer)	0,2	0,2	0,05	0,05

De blootstellingsberekeningen zijn vervolgens gebaseerd op de volgende vergelijkingen:

- Dagelijkse blootstelling via de huid = *massa granulaat in huidcontact (per sportgelegenheid) x migratiefractie / lichaamsgewicht*
- Luchtconcentratie chemische stof in PM10 = *luchtconcentratie PM10 x gewichtsfractie in granulaat*
- Dagelijkse blootstelling via inslikken = *massa ingeslikt granulaat (per sportgelegenheid) x migratiefractie / lichaamsgewicht*

Referenties

EC, 2015. Follow-up to document CACS/40/2015 - Interpretation of entry 50 of Annex XVII to REACH: Applicability of the restriction in paragraph 5 of entry 50 to REACH as regards PAH to rubber infill used in synthetic turf and to rubber tiles placed on the market for use in public places. 21/12/2015. European Commission, Brussels.

ECHA, 2016. ECHA evaluating whether recycled rubber filling on artificial sports grounds poses a health risk. https://echa.europa.eu/nl/view-article/-/journal_content/title/echa-evaluating-whether-recycled-rubber-filling-on-artificial-sports-grounds-poses-a-health-risk

EFSA, 2008. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2008.724/epdf

EPA, 2016. Federal Research Action Plan on Recycled Tire Crumb Used on Playing Fields. https://www.epa.gov/chemical-research/federal-research-action-plan-recycled-tire-crumb-used-playing-fields

NKR, 2016. Cijfers over kanker. Kinderen en kanker, incidentie. http://cijfersoverkanker.nl/kinderen-en-kanker-55.html

OEHHA, 2016. Human Health Studies on Synthetic Turf. http://oehha.ca.gov/risk-assessment/background/human-health-studies-synthetic-turf.

RIVM, 2016. REACH Helpdesk – Beperkingen (Restricties). http://reachhelpdesk.nl/Veelgestelde_vragen/Beperkingen_restricties

Verwei, M., M. Minekus, E. Zeijdner, R. Schilderink, R. Havenaar. (2016). Evaluation of two dynamic in vitro models simulating fasted and fed state conditions in the upper gastrointestinal tract (TIM-1 and tiny-TIM) for investigating the bioaccessibility of pharmaceutical compounds from oral dosage forms. Int. J. Pharm. 498: 178-186.

A.G. Oomen | G.M. de Groot

RIVM Rapport 2016-0202

Dit is een uitgave van:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

december 2016

De zorg voor morgen begint vandaag

009667