

RIVM Rapport 609300001

Nitrosaminen uit rubbergranulaat

M. van Bruggen, E.M. van Putten, P.C.J.M. Janssen

Contactpersoon
M. van Bruggen

Centrum voor Inspectie-onderzoek, Milieucalamiteiten en Drinkwater
Mark.van.bruggen@rivm.nl

Dit onderzoek heeft plaatsgevonden ten laste van het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, directie Publieke Gezondheid, in het kader van het project: V/609300 Ondersteuning GGD'en.

Rapport in het kort

Het RIVM heeft op verzoek van en in samenwerking met de Hulpverleningsdienst Gelderland Midden (HGM) luchtmetingen gedaan boven vier kunstgrasvoetbalvelden in Arnhem. Deze kunstgrasvelden zijn ingestrooid met rubbergranulaat. Het doel van de metingen was om na te gaan of uit de rubberkorrels kankerverwekkende nitrosaminen kunnen vrijkomen, die een gezondheidsrisico zouden kunnen zijn voor sporters.

Het RIVM heeft op twee hoogten boven verschillende sportvelden luchtmetingen verricht. In geen van deze metingen konden nitrosaminen in de lucht boven het veld worden aangetoond. Uit aanvullend materiaalonderzoek onder laboratoriumomstandigheden bleek dat nitrosaminen slechts in geringe mate uit rubbergranulaat zijn vrij te maken.

Op basis van deze bevindingen concludeert het RIVM dat nitrosaminen geen gezondheidsrisico's vormen voor de gebruikers van de sportvelden.

INHOUD

1 INLEIDING	7
2 METHODE	8
2.1 LUCHTMETINGEN	8
2.2 MATERIAALONDERZOEK	8
3 RESULTATEN	9
3.1 LUCHTMETINGEN	9
3.2 MATERIAALONDERZOEK	9
4 DISCUSSIE	9
5 CONCLUSIES	10
BIJLAGE 1 LUCHTMETINGEN	13
1.1 VELDONDERZOEK	13
1.2 METINGEN	13
1.3 ANALYSE	14
1.4 RESULTATEN	15
BIJLAGE 2 MATERIAALONDERZOEK	16
2.1 BEMONSTERING VELDEN	16
2.2 LABORATORIUMONDERZOEK	16
2.3 RESULTATEN	17
BIJLAGE 3 GRENSWAARDEN VOOR NITROSAMINEN	19
3.1 NDMA EN NDEA	19
3.2 NMOR	20
BIJLAGE 4 NITROSAMINEN	23
4.1 INLEIDING	23
4.2 BEROEPSSFEER	23
4.3 BUITENLUCHT	24
4.4 BINNENLUCHT	25
4.5 INNAME VIA VOEDSEL EN CONSUMENTENPRODUCTEN	26
BIJLAGE 5 FOTO'S	29
BIJLAGE 6 OVERZICHT VAN ALLE BEMONSTERINGEN	34

1 INLEIDING

In augustus 2006 heeft de Hulverleningsdienst Gelderland Midden (HGM) onderzoek laten uitvoeren naar de aanwezigheid van toxische stoffen in de lucht boven een kunstgrasveld dat was ingestrooid met zogenaamd SBR-granulaat. SBR staat voor styreenbutadiëenrubber, dat afkomstig is van vermalen gebruikte personenauto- en vrachtwagenbanden. De luchtmetingen zijn uitgevoerd tijdens en na een voetbaltraining. Met behulp van de resultaten van de luchtmetingen heeft HGM de risico's beoordeeld van het sporten op kunstgrasvelden die zijn ingestrooid met SBR-granulaat. Dit onderzoek is beschreven in het rapport¹ van HGM dat op 31 augustus jl. is verschenen. Het RIVM heeft op verzoek van HGM normen voor nitrosaminen afgeleid maar was verder niet bij de luchtmetingen betrokken..

Een van de conclusies van het HGM-rapport was dat de gemeten concentratie nitrosaminen op den duur zou kunnen leiden tot gezondheidsrisico's voor mensen die eraan worden blootgesteld. Daarop heeft HGM de gemeente Arnhem geadviseerd voorlopig geen nieuwe kunstgrasvelden in te strooien met SBR-granulaat, en nader onderzoek af te wachten.

Het advies was slechts gebaseerd op één meting. De aangetroffen concentratie NDEA¹ (93 ng/m³) was echter beduidend hoger dan de gezondheidskundige grenswaarde voor deze stof (0,3 ng/m³). HGM achtte daarom aanvullend onderzoek nodig.

Omdat het RIVM belangrijke expertise heeft in het onderzoek naar nitrosaminen, heeft HGM het RIVM gevraagd om gezamenlijk een vervolgonderzoek op te zetten. Dit onderzoek moet uitsluitsel geven over de mate waarin relevante hoeveelheden nitrosaminen kunnen vrijkomen tijdens het sporten op kunstgrasvelden die met rubberkorrels zijn ingestrooid.

Het doel van het onderzoek is (1) vaststellen of er werkelijk nitrosaminen vrijkomen uit het rubbergranulaat dat gebruikt wordt op de onderzochte kunstgrasvelden, en zo ja, (2) vaststellen of de gevonden concentraties nitrosaminen in de lucht boven deze velden dermate hoog zijn dat er mogelijk gezondheidsrisico's ontstaan voor sporters op die velden.

Voor dit doel heeft het RIVM luchtmonsters genomen boven verschillende kunstgrasvelden in de gemeente Arnhem. Deze luchtmonsters zijn geanalyseerd op de aanwezigheid van nitrosaminen. Daarnaast zijn verschillende soorten rubbergranulaat in het laboratorium onderzocht op het vrijkomen van nitrosaminen (materiaalonderzoek). De volgende paragrafen bevatten een korte toelichting op de verschillende onderzoeksmethoden en de resultaten ervan, gevolgd door een discussie van de resultaten en conclusies. Details over de analyses staan in de bijlagen bij dit rapport.

1 N-nitrosodimethylamine

2 METHODE

2.1 LUCHTMETINGEN

Het RIVM heeft voor dit onderzoek niet alleen gemeten boven het eerder onderzochte kunstgrasveld van sportpark Rijkerswoerd, maar ook boven drie andere velden in de gemeente Arnhem.

Op de vier velden lag rubbergranulaat van verschillende kwaliteit. Het SBR-granulaat op één veld was nog maar pas opgebracht; het rook nog naar rubber. Op twee velden was het SBR-granulaat al één jaar of langer geleden ingestrooid, en een veld bevatte een type rubbergranulaat dat niet van autobanden afkomstig is, maar speciaal voor het instrooien van sportvelden wordt gefabriceerd.

Het RIVM wilde de resultaten van het veldonderzoek kunnen vergelijken met die van het eerder door HGM uitgevoerde onderzoek. Daarom is het onderzoek uitgevoerd onder omstandigheden die zoveel mogelijk leken op die uit het eerdere onderzoek. Dat betekent dat de onderzoekers gewacht hebben op gunstig weer om de monsters te nemen.

Bovendien hebben ze de metingen deels verricht terwijl er intensief gevoetbald werd op de velden.

De metingen zijn gedaan op twee verschillende hoogten boven het veld: 30 cm en 100 cm. Deze laatste hoogte is gekozen om een indruk te krijgen van de concentraties die mogelijk op ademhoogte van de voetballers voorkomen.

Als controlemiddel voor het onderzoek heeft het RIVM ook blanco monsters in het onderzoek betrokken. Dit zijn monsters die op dezelfde manier zijn voorbereid als de monsters die op de voetbalvelden zijn genomen, maar die niet gebruikt zijn voor de eigenlijke meting.

Ook zijn er metingen verricht bovenwinds van de betreffende voetbalvelden. Uit deze metingen kan blijken of eventueel gemeten nitrosaminen afkomstig zijn uit de omgeving van het voetbalveld.

Ten slotte heeft het RIVM extra monsters genomen en die voor onderzoek aangeboden aan andere laboratoria.

2.2 MATERIAALONDERZOEK

Voor het onderzoek naar de eigenschappen van rubbergranulaat heeft het RIVM op zes voetbalvelden stukken rubber en losse korrels verzameld voor laboratoriumonderzoek. Op elk veld zijn vijf tot zes monsters genomen, verspreid over het veld (zie Bijlage 2). In het laboratorium zijn de rubbergranulaatmonsters blootgesteld aan verschillende invloeden. Dit gebeurde om uit te vinden in welke mate de in het rubbergranulaat besloten nitrosaminen vrijkomen.

3 RESULTATEN

3.1 LUCHTMETINGEN

In geen van de luchtmonsters die boven de verschillende velden zijn genomen, heeft het RIVM nitrosaminen aangetroffen.

De eerste set van zes reservemonsters is aangeboden aan het laboratorium dat de eerdere analyse voor HGM had uitgevoerd. Dit laboratorium vond in twee van de zes monsters één nitrosamine, NMOR². Een van de buisjes waarin dat het geval was, was een blanco en dus niet gebruikt voor de meting.

Omdat het RIVM rekening hield met een verschil tussen de eigen metingen en die van het andere laboratorium, heeft het de tweede set van zes reservemonsters³ aangeboden aan een Duits laboratorium dat geaccrediteerd is voor het uitvoeren van nitrosamine-analyses. Deze contra-analyse bevestigt de resultaten van het RIVM: er zijn geen nitrosaminen aangetoond in de monsters.

3.2 MATERIAALONDERZOEK

Verwarming van rubberkorrels tot 70 °C in een afgesloten pot leidde niet tot aantoonbare gehalten nitrosaminen in de lucht van die pot. Ook bij het extraheren van SBR zijn in het extract geen nitrosaminen aangetoond.

Alleen met behulp van zogenaamde migratieproeven (zie Bijlage 2) lukte het om geringe hoeveelheden nitrosaminen uit rubbergranulaat vrij te maken. De hoogste gemeten waarde was 4,5 µg/kg (zie Bijlage 2). Voor een deel van de monsters waren er geen nitrosaminen aantoonbaar. De meetwaarden zijn lager dan die zijn toegestaan voor rubberen consumentenproducten, zoals ballonnen. Voor consumentenproducten is 10 µg/kg de grens.

4 DISCUSSIE

Het onderzoek van het RIVM laat zien dat er geen nitrosaminen zijn gemeten boven de voetbalvelden. De resultaten van de Duitse contra-analyse bevestigen dit resultaat.

Het laboratorium dat eerder nitrosaminen in één meting aantoonde, heeft nu opnieuw – zij het een andere – nitrosamine gemeten. Dit laboratorium vindt deze stof evenwel ook in een blanco monsterbuis, dus in een monsterbuis die niet is gebruikt voor de luchtmeting. Het RIVM heeft daarom reden te twijfelen aan de resultaten van de in dit laboratorium uitgevoerde analyses.

² N-nitrosomorpholine

³ Ter verduidelijking: de drie laboratoria hebben ieder zes identieke buisjes onderzocht. Vijf daarvan zijn tegelijkertijd op dezelfde hoogte boven het veld bemonsterd en bevatten nagenoeg hetzelfde volume lucht. Het zesde buisje was een blanco monster.

Ook bij het materiaalonderzoek bleek het erg moeilijk nitrosaminen uit rubbergranulaat vrij te maken. De waarden die bij het migratieonderzoek zijn vrijgekomen zijn bovendien aanzienlijk lager dan de wettelijk toegestane waarden voor rubberen consumentenproducten (zoals ballonnen).

In een eerder briefrapport (23 juni 2006) heeft het RIVM geconcludeerd dat het niet aannemelijk is dat gebruikers van sportvelden gezondheidsrisico lopen door polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en weekmakers (ftalaten). Ook HGM heeft in het eerder genoemde onderzoek van augustus 2006 metingen verricht naar zware metalen en PAK's in de lucht. De conclusie van HGM was dat inademing van zware metalen en PAK's geen gezondheidsrisico's oplevert voor sporters.

Wel constateerde het RIVM in het genoemde briefrapport dat rubbergranulaat vele andere chemische stoffen bevat. Voor deze stoffen beschikt het RIVM op dit moment niet over gegevens die wijzen op gezondheidsrisico's. Wanneer het RIVM kan beschikken over nadere informatie over het product, kan het verder onderbouwen welke gezondheidsrisico's mogelijk verbonden zijn aan het gebruik van rubbergranulaat in kunstgrasvelden.

Partijen die betrokken zijn bij de productie en toepassing van instrooirubber in binnen- en buitenland genereren op dit moment aanvullende informatie. Ook worden op Europees niveau risicobeoordelingsrapporten uitgewisseld. Deze gegevens zullen gebruikt worden bij de advisering over mogelijke risico's voor de gezondheid bij het gebruik van rubber instrooi materiaal op kunstgrasvelden.

Het huidige onderzoek naar nitrosaminen was alleen gericht op de mogelijke gezondheidsrisico's voor de gebruikers van de sportvelden. In het genoemde briefrapport van 23 juni 2006 is het RIVM ook ingegaan op de milieurisico's van rubbergranulaat. Dat rapport noemt stoffen waarvoor milieurisico's bestaan en doet aanbevelingen voor verder onderzoek.

5 CONCLUSIES

Bij het luchtonderzoek boven de kunstgrasvelden zijn geen aantoonbare hoeveelheden nitrosaminen gevonden.

Het materiaalonderzoek laat zien dat nitrosaminen slechts in geringe mate uit rubbergranulaat kunnen worden vrijgemaakt..

Tijdens het sporten op met rubbergranulaat ingestrooide kunstgrasvelden is geen gezondheidsrisico te verwachten ten gevolge van blootstelling aan nitrosaminen.

RIVM heeft reden te twijfelen aan de kwaliteit van de analyseresultaten van het laboratorium dat door HGM in augustus 2006 is ingeschakeld waarbij in de luchtmonsters wél nitrosaminen werden gevonden.

De conclusies van het RIVM-briefrapport van 23 juni 2006 blijven onverkort gehandhaafd. Dit rapport is te raadplegen op:

<http://www.rivm.nl//bibliotheek/digitaaldepot/Briefrubbergranulaat.pdf>

BIJLAGE 1 LUCHTMETINGEN

1.1 VELDONDERZOEK

Op 11 en 15 oktober 2006 heeft veldonderzoek op de voetbalvelden plaatsgevonden. De verwachting was dat áls er nitrosaminen zouden vrijkomen dit vooral het geval zou zijn bij zonnig en droog weer. Daarom is er enige tijd gewacht tot deze weersomstandigheden voorspeld werden. Net zoals bij het eerste onderzoek is een deel van de metingen gepland op momenten dat het veld in gebruik was bij sporters. In Tabel 1 zijn de sportparken genoemd, het tijdstip van bemonstering en het weer tijdens het onderzoek.

Tabel 1 Overzicht van bemonsterde sportparken in de gemeente Arnhem

Sportparken	Datum	Temperatuur	Wind
Bakenberg	11-10-2006	12-17 °C	Zuidoost 2-3 Bft
Rijkerswoerd	11-10-2006	18-20°C	Oost 2-3 Bft
Bakenhof hoofdveld	15-10-2006	11-16°C	Oost 3 Bft
Bakenhof Johan Cruijff Court	15-10-2006	11-16°C	Oost 3 Bft

Het veld op sportpark Bakenberg was ten tijde van de bemonstering ongeveer drie weken oud en was in het weekend voor de meting pas voor het eerst bespeeld. Ondanks het feit dat het veld nat was (en bleef) tijdens het onderzoek was er een duidelijke 'rubberachtige' geur waarneembaar. Op het veld van Rijkerswoerd werd op woensdagmiddag 11 oktober getraind door diverse groepen. Op het drukste moment liepen er ongeveer tachtig voetballers en trainers rond. Op het hoofdveld van de Bakenhof werd door enkele jongeren tijdens een deel van de bemonsteringstijd gevoetbald. Op het Johan Cruijff Court werd tijdens de laatste twee uur van de bemonstering zeer intensief gevoetbald door ongeveer 20 jongeren. Dit betekent dat de verschillende metingen niet alleen qua weer type maar ook wat betreft de intensiteit van het gebruik van de velden vergelijkbaar waren met de omstandigheden in het eerdere HGM onderzoek.

1.2 METINGEN

De metingen zijn uitgevoerd volgens OSHA methode 27. Dit is een gevalideerde methode voor het bemonsteren en analyseren van nitrosaminen. De detectiegrens voor nitrosaminen ligt volgens OSHA rond de 30 ng/m³. Het RIVM heeft bij dit onderzoek lagere detectielimieten gehaald, variërend van 8,4 ng/m³ voor NDEA tot 16 ng/m³ voor NDBA. HGM heeft in het eerdere onderzoek ook deze methode gebruikt.

Per veld werden verscheidene pompen met meetbuizen geplaatst.

- Een pomp op 100 cm hoogte bovenwinds, dichtbij het veld, om de mogelijkheid te onderzoeken dat bronnen in de omgeving nitrosamine verspreiden.
- Een pomp op het veld op 100 cm hoogte boven het gras
- Twee pompen op het veld op 30 cm hoogte boven het gras
- Twee extra pompen op het veld op 30 cm hoogte boven het gras bedoeld voor contra-analyse door andere laboratoria.

Een bemonsteringspunt bestond uit een pomp met daarop twee ThermoSorb[®]N-meetbuizen die in serie waren geschakeld om doorslag of migratie te kunnen vaststellen. De meetbuizen waren onder de pomp bevestigd met de aanzuigopening naar het veld. De flow van de pompen (met meetbuizen gemonteerd) werd kort voor de bemonstering met behulp van een Gilian-zeepvliesmeter afgeregeld op 1000 ml/min. Dit gebeurde op het parkeerterrein om mogelijke beïnvloeding van het veld uit te sluiten. De bemonsteringstijden zijn zo gekozen dat de hoeveelheid doorzogen lucht ongeveer op 250 liter uitkomt⁴. Verder zijn er bij ieder veld zogenaamde veldblanco's genomen. Dit is gedaan door op een pomp een meetbuis te plaatsen, de flow in te regelen en vervolgens het buisje weer af te sluiten.

Doordat elke meetbuis op identieke manier is behandeld voorafgaand aan het eigenlijke onderzoek, kunnen concentratieverschillen tussen de buizen alléén het gevolg zijn van de luchtmeting.

1.3 ANALYSE

De ontvangen cartridges zijn volgens OSHA methode 27 geëxtraheerd met 2x1ml methanol/dichloormethaan (25 : 75 v / v%). Hiertoe is een naald bevestigd aan de inlet van de cartridge en is met behulp van een spuit twee maal 1 ml desorptievloeistof door de cartridge geleid. De twee fracties zijn opgevangen in aparte *vials* en hierna gemeten met behulp van een gaschromatograaf (GC) met als detector een Thermal Energy Analyzer (GC-TEA).

De combinatie van methanol en dichloormethaan bleek de stationaire fase van het systeem aan te tasten. Dit bleek uit het feit dat het systeem minder gevoelig voor de standaarden werd. Daarom is ervoor gekozen om de monsters over te brengen in een *keeper*, met hexaan, waarna de methanol/dichloormethaanfractie is afgeblazen. De overgebleven hexaanfractie is vervolgens gemeten met behulp van GC-TEA. Op basis van de chromatogrammen van de monsters in methanol/dichloormethaan is de keuze gemaakt alleen de eerste fractie (fractie A) van de cartridges te bepalen in hexaan. Indien hierin nitrosaminen aangetroffen zouden worden zou ook de tweede fractie (fractie B) opgewerkt worden.

⁴ Volgens OSHA methode 27 vinden er geen verliezen plaats als er 280 liter lucht "gesampled" wordt door twee cartridges die in serie zijn geplaatst.

1.4 RESULTATEN

In de extracten zijn geen nitrosaminen aangetroffen, boven de aangegeven detectiegrenzen. Deze liggen tussen 2,1 ng/cartridge voor NDEA en 4 ng/cartridge voor NDBA (meest en minst gevoelig). Opwerken van fractie B is dus weinig zinvol.

De gemeten nitrosaminen zijn:

NDMA	N-Nitrosodimethylamine
NMEA	N-Nitrosomethylethylamine
NDEA	N-Nitrosodiethylamine
NDPA	N-Nitrosodipropylamine
NMOR	N-Nitrosomorpholine
NPyR	N-Nitrosopyrrolidine
NpiP	N-Nitrosopiperidine
NDBA	N-Nitrosodibutylamine

De GC-TEA-methode is in het verleden meermaals uitgevoerd op monsters uit andere bronnen. Ook andere dan de genoemde nitrosaminen zullen dus een signaal geven.

De eerste set van zes reservemonsters is aangeboden aan het laboratorium dat de eerdere analyse voor HGM had uitgevoerd. Dit laboratorium vond in twee van de zes monsters één nitrosamine, te weten NMOR. In één buisje trof dit laboratorium 35 ng aan, terwijl in een ander buisje 25 ng werd gevonden. Dit laatste buisje was een blanco en dus niet gebruikt voor het luchtonderzoek. Hierdoor is twijfel ontstaan aan het realiteitsgehalte van deze metingen. Een vergelijking met de norm voor NMOR (1 ng/m³) heeft om die reden geen toegevoegde waarde.

Omdat het RIVM rekening hield met een verschil tussen de eigen metingen en die van het andere laboratorium, heeft het de tweede set reservemonsters aangeboden aan een Duits laboratorium dat geaccrediteerd is voor het uitvoeren van nitrosamine-analyses. Deze contra-analyse bevestigt de resultaten van het RIVM: er zijn geen nitrosaminen aangetoond in de monsters.

BIJLAGE 2 MATERIAALONDERZOEK

2.1 BEMONSTERING VELDEN

Op 28 augustus 2006 heeft een medewerker van het RIVM, vergezeld van medewerkers van de gemeente Arnhem enkele kunstgrasvelden bezocht om rubbergranulaat te verzamelen. Met een mes zijn stukken van ca 20 x 20 cm losgemaakt, waarna met een handstofzuiger stukjes rubber opgezogen zijn. Naar schatting is maximaal 5 % van de totale laagdikte van enkele centimeters verwijderd. Op een diagonale lijn over het veld is er op 5 à 6 plaatsen bemonsterd tot er voldoende rubber ten behoeve van het materiaalonderzoek beschikbaar was.

De volgende velden zijn bemonsterd:

1. Sportpark Bakenhof: grote voetbalveld. Dit veld is afwijkend bemonsterd. Er is een emmer bulkmateriaal meegenomen uit het reservemateriaal dat is opgeslagen in een big bag. Dit veld ligt er ongeveer twee jaar.
2. Sportpark Bakenhof: Johan Cruijff Court. Dit veld is deze zomer aangelegd en in september officieel geopend. Het is ingestrooid met een ander type materiaal, namelijk een lichtgele korrel (Thiolon[®] Infill Pro) en het ligt er nog maar enkele weken.
3. Sportpark Malburgen-west (tegenover Gelredome). Dit ligt er sinds 2005.
4. Sportpark Rijkerswoerd. Dit is het veld waar HGM in augustus 2006 heeft gemeten. Het veld is circa 1 jaar oud.
5. Sportpark Elden van vv Eldenia. Het veld ligt er sinds 2004.
6. Sportpark 't Cranevelt. Dit veld was het eerste voetbalveld in Arnhem dat ingestrooid werd met SBR-granulaat. Het ligt er sinds 2003 en de korrels zijn wat kleiner.

2.2 LABORATORIUMONDERZOEK

Het materiaalonderzoek bestond uit drie onderdelen.

1. Verhitting. SBR-rubbergranulaat werd tot 70⁰ C verwarmd in een afgesloten fles. Vervolgens werd de lucht boven in de fles ('headspace') onderzocht op componenten waaronder nitrosaminen). Ook is aan rubbergranulaat een hoeveelheid nitrosamine toegevoegd en is van dát mengsel de headspace onderzocht.
2. Extractie. Met behulp van dichloormethaan werd rubbergranulaat geëxtraheerd, waarna het extract werd onderzocht op de aanwezigheid van nitrosaminen.
3. Migratie. Rubbergranulaat werd in contact gebracht met een speciale vloeistof (speekselsimulant). Vervolgens werd met behulp van GC-TEA onderzocht of in die vloeistof nitrosaminen voorkwamen

De eerste twee methoden dienen te worden beschouwd als experimentele – en dus onzekere – methoden om nitrosaminen aan te tonen. De laatste is een standaardmethode (NEN-EN 12868) waarmee ook de veiligheid van rubberen consumentenproducten, zoals ballonnen, wordt onderzocht. Het RIVM past deze methode routinematig toe.

Met de eerste methode is geprobeerd de kans op het vrijkomen van componenten, waaronder nitrosaminen te verhogen. Van te voren was duidelijk dat de analyseresultaten niet konden worden gebruikt voor een risicoschatting voor sporters, immers:

- a) het verwarmen tot 70⁰ C is niet vergelijkbaar met de situatie tijdens sporten;
- b) boven een sportveld is er sprake van een voortdurende aanvoer van verse lucht;
- c) het onderzoek houdt geen rekening met de ademhoogte van sporters.

De tweede methode is een veel gebruikte manier om stoffen vrij te maken en te onderzoeken. Het was echter tevoren onzeker of daarmee ook nitrosaminen zouden kunnen worden aangetoond.

De derde methode diende om een idee te krijgen hoeveel nitrosaminen uit het materiaal kunnen worden vrijgemaakt, in vergelijking met andere consumentenproducten, zoals ballonnen. Deze zogenaamde migratieproeven met ‘kunstmatig speeksel’ geven een beeld van de hoeveelheid nitrosaminen die kan vrijkomen als je gedurende langere tijd op het materiaal zou sabbelen. Wellicht ten overvloede: dat is, anders dan voor ballonnen, voor rubbergranulaat geen realistische blootstellingsroute.

2.3 RESULTATEN

Methode 1: Bij het verwarmen (tot 70⁰ C) van SBR in een afgesloten fles en het analyseren van de lucht op nitrosaminen zijn geen nitrosaminen aangetoond. (Bij de proef waarbij nitrosaminen zijn toegevoegd, is dat wél gelukt.)

Methode 2: Bij het extraheren van SBR met behulp van dichloormethaan zijn in het extract geen nitrosaminen aangetoond.

Methode 3: Bij het in contact brengen van rubbergranulaat met speekselsimulant zijn nitrosaminen gemeten, zij het na kleine aanpassingen van de methode. Dit was nodig omdat uit rubbergranulaat kleinere hoeveelheden nitrosaminen bleken vrij te komen dan uit bijvoorbeeld ballonnen.

In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven, uitgedrukt in µg/kg. Het gaat om drie verschillende nitrosaminen, te weten N-nitrosodiethylamine (NDEA), N-nitrosodimethylamine (NDMA) en N-nitrosomorpholine (NMOR). Deze laatste verbinding werd nog niet eerder aangetoond in rubbergranulaat, maar blijkt bij deze experimenten in de grootste hoeveelheden voor te komen.

Tabel 2: Met behulp van migratieproeven vrijgemaakte nitrosaminen in verschillende soorten rubbergranulaat in $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Monster	NDMA	NDEA	NMOR
Veld 1 Bakenhof	$0,6 \pm 0,1$	$< 0,2$	$4,0 \pm 0,5$
Veld 2 Cruijff Court	$< 0,2$	$0,7$	$2,5$
Veld 3 Malburgen-West	$0,3 \pm 0,2$	$< 0,2$	$1,4 \pm 0,4$
Veld 4 Rijkerswoerd	$< 0,2$	$< 0,2$	$1,2 \pm 0,2$
Veld 5 Elden	$< 0,2$	$< 0,2$	$1,5 \pm 0,5$
Veld 6 't Cranevelt	$< 0,2$	$< 0,2$	$1,8 \pm 1,1$

Het vrijkomen van deze nitrosaminen is beperkt in vergelijking met consumentenproducten. De maximaal toelaatbare hoeveelheid nitrosaminen die op deze wijze mag vrijkomen uit bijvoorbeeld ballonnen bedraagt $10 \mu\text{g}/\text{kg}$. De waarden voor rubbergranulaat liggen hier ver onder.

BIJLAGE 3 GRENSWAARDEN VOOR NITROSAMINEN

3.1 NDMA EN NDEA

NDMA en NDEA zijn bewezen proefdiercarcinogenen op basis van zeer uitgebreid dierexperimenteel carcinogeniteitsonderzoek. Ook is van deze stoffen een genotoxische werking aangetoond. Op basis van voldoende bewijs in proefdieren worden NDMA en NDEA als waarschijnlijk carcinogeen voor de mens beschouwd (IARC groep 2A). Veruit het merendeel van het uitgevoerde proefdieronderzoek betreft de orale route. Recentelijk heeft het RIVM voor de orale route een kwantitatieve risicoschatting uitgevoerd voor NDMA. Het resultaat daarvan was een geschat extra risico van één op een miljoen per leven bij een dosis van 23 ng NDMA/mens/dag gedurende het gehele leven. In een gecombineerde risicobeoordeling voor NDMA en NDEA werd het risico van NDEA geschaald op basis van TD₅₀-waarden⁵ voor beide stoffen, wat leidde tot een geschatte 3,6 maal hogere potentie voor NDEA ten opzichte van NDMA.

Voor NDMA zijn enkele inhalatoire carcinogeniteitsproeven beschikbaar. Deze studies zijn door de Gezondheidsraad gebruikt voor een kwantitatieve kankerrisicoschatting voor de blootstelling op de werkplek (Gezondheidsraad 1999). In een rattenstudie door Klein et al. (1991) werd bij de laagste testconcentratie van 120 µg/m³ een verhoogde incidentie neustumoren waargenomen van 13/36 (versus 0/36 in controles). De rapportage over het behandelingschema in deze studie (aantal uren per week, aantal weken van blootstelling) is niet eenduidig. Het is zodoende onduidelijk of de opgegeven behandelingsduur van 4-5 uur per dag, viermaal per week over periode van 207 dagen gehandhaafd werd of over een langere periode van 362 dagen. Voor beide mogelijkheden berekent de Gezondheidsraad *unit risks* van respectievelijk 1x10⁻¹ per µg/m³ en 0,57x10⁻¹ per µg/m³. Deze unit risks hebben betrekking op levenslange continue blootstelling. Uiteindelijk kiest de Gezondheidsraad in haar advies voor de laagste unit risk van 1x10⁻¹ per µg/m³. Deze unit risk komt overeen met de volgende risico-specifieke concentraties: één op een miljoen per leven bij 0,01 ng/m³, één op honderdduizend bij 0,1 ng/m³ en één op tienduizend bij 1 ng/m³. Het risiconiveau van één op tienduizend per leven komt overeen met het Maximale Toelaatbare Risico (MTR).

Voor NDEA ontbreken bruikbare inhalatiestudies. Naar verwachting zal NDEA eenzelfde werking uitoefenen als NDMA. Voor de orale route is de carcinogene potentie van NDEA zelfs nog groter dan die van NDMA (factor 3,6, zie boven). Aannemende dat dit verschil in potentie ook geldt voor de inhalatoire route, kunnen op basis van bovenstaande risico-specifieke concentraties voor NDMA overeenkomstige waarden voor NDEA afgeleid worden: één op miljoen per leven bij 0,003 ng/m³, één op

⁵ Tumorigenic dose, de dosis waarbij 50% van de dieren een vorm van kanker ontwikkelt

honderdduizend bij 0,03 ng/m³ en één op tienduizend bij 0,3 ng/m³. Het risiconiveau van één op tienduizend per leven komt overeen met het Maximale Toelaatbare Risico.

CONCLUSIE

Risicospecifieke concentraties voor NDMA:

1 op 10⁶ per leven: 0,01 ng/m³ (VSD: Virtual Safe Dose - verwaarloosbaar risico)

1 op 10⁵ per leven: 0,1 ng/m³

1 op 10⁴ per leven: 1 ng/m³ (MTR: Maximaal Toelaatbaar Risico)

Risicospecifieke concentraties voor NDEA:

1 op 10⁶ per leven: 0,003 ng/m³ (VSD: Virtual Safe Dose - verwaarloosbaar risico)

1 op 10⁵ per leven: 0,03 ng/m³

1 op 10⁴ per leven: 0,3 ng/m³ (MTR: Maximaal Toelaatbaar Risico)

3.2 NMOR

Nitrosomorfoline (NMOR) (CAS 59-89-2) is toxicologisch minder uitgebreid onderzocht dan NDMA en NDEA. IARC plaatst deze stof in groep 2B (possibly carcinogenic to humans) op basis van voldoende bewijs in proefdieren (IARC 1978). (NDMA en NDEA zijn groep 2A). Volledige toxicologische beoordelingen voor NMOR door RIVM of andere erkende instanties zoals WHO, US-EPA, of ATSDR ontbreken.

De beschikbare toxicologische informatie is beoordeeld door IARC (1978), NTP (2004), en HSDB (2003). NTP (2004) noemt de volgende carcinogeniteitsstudies: oraal drinkwater rat en muis, subcutaan hamster en intraveneus rat. In de drinkwaterstudie in ratten werden levertumoren gevonden (cellulaire carcinomen, cholangio-carcinomen, hemangiosarcomen) alsmede neoplasieën in tong en slokdarm en epitheliële niertumoren. In de drinkwaterstudie in muizen deden zich alleen benigne leverceltumoren voor en longtumoren. Na subcutane toediening bij hamsters werden diverse tumoren in het respiratoire systeem gevonden. Na intraveneuze toediening in ratten waren hepatocellulaire carcinomen en ethmoturbinale carcinomen waarneembaar. De enige bekende inhalatiestudie voor NMOR is een beperkt experiment uitgevoerd door Klein et al. (1990). Zij dienden een concentratie van 7,7 mg/m³ NMOR toe aan ratten (n=24) gedurende vier of vijf dagen per week over een periode van slechts zes weken met observatie tot week 124. In de neus was één tumor waarneembaar (versus 0/17 in controles). Daarnaast was de incidentie levertumoren duidelijk verhoogd in de behandelde groep (Klein et al., 1990).

Het beschikbare genotoxiciteitsonderzoek was positief in diverse in-vitrosystemen. De voor NMOR beschikbare testen in in-vivosystemen waren eveneens positief (conclusies op basis informatie zoals gepresenteerd in HSDB, 2003).

De enige beschikbare inhalatiestudie is te beperkt voor zinvolle vergelijking met het inhalatoire experiment voor NDMA uitgevoerd door dezelfde onderzoeksgroep (Klein et al. (1991). Zodoende kan voor de inhalatoire route de carcinogene potentie voor NMOR niet direct geschat worden en zijn we aangewezen op orale data (aanpak identiek aan die voor NDEA). Voor de rat vermeldt de Cancer Potency Database van Berkeley voor NMOR een orale TD₅₀ voor de rat van 0,109 mg/kg lg/dag. Voor NDMA in de rat geeft dezelfde data base een orale TD₅₀ van 0,0959 mg/kg lg/dag. Deze TD₅₀-waarden voor de orale route wijzen erop dat deze beide stoffen ongeveer dezelfde carcinogene potentie bezitten. Aannemend dat deze gelijke potentie ook geldt voor de inhalatoire route kunnen we op basis van het MTR voor NDMA die voor NMOR schatten. Op basis van equipotentie leidt dit tot een MTR voor NMOR gelijk aan die voor NDMA, namelijk 1 ng/m³.

REFERENTIES

CPDB (2005) <http://potency.berkeley.edu/cpdb.html>

Gezondheidsraad (1999) N-Nitrosodimethylamine (NDMA) Health based calculated occupational cancer risk values. Dutch Expert Committee on Occupational Standards, a committee of the Health Council of the Netherlands. Advies no. 1999/12OSH, The Hague, 20 December 1999

HSDB (2003) Hazardous Substances Data Bank: Nitrosomorpholine. US National Library of Medicine, data file, last update 29-08-2003

IARC (1978) Monographs vol 17 (1978)

Klein RG, Janowsky I, Pool-Zobel BL, et al. (1991) Effects of long-term inhalation of N-nitrosodimethylamine in rats. In: O'Neill IK, Chen J., Batsch H, eds. Relevance to human cancer of N-nitroso compounds, tobacco and mycotoxins. Lyon, France: IARC, 1991: 322-8 (IARC Sci Publ 105).

Klein, RG, B Spiegelhalder, R Preussmann (1990) Inhalation carcinogenesis of N-nitrosomorpholine (NMOR) in rats and hamsters. *Experimental Pathology* 40(4):189-95,

NTP (2004) Report on Carcinogens Eleventh edition.

RIVM (2006) Risicobeoordeling Nitrosaminen uit latex handschoenen. RIVM advies uitgebracht aan VWA Toezichtsbeleid en Communicatie, Hoofdinspectie Productveiligheid.

US-EPA (1993) IRIS-file N-Nitrosodiethylamine - Carcinogenicity Assessment, Last revised 07/01/1993

BIJLAGE 4 NITROSAMINEN

4.1 INLEIDING

Nitrosaminen ontstaan door reactie van secundaire aminen met nitriet in zuur milieu. Ook tertiaire en quaternaire aminoverbindingen zijn onder bepaalde omstandigheden nitroserbaar tot nitrosaminen, bijvoorbeeld in geringe mate in het maagdkanaal van mens en dier. Onder arbeidsomstandigheden kan vorming van nitrosaminen plaatsvinden onder invloed van nitreuze dampen. Deze laatste komen bijvoorbeeld voor in uitlaatgassen van verbrandingsmotoren waardoor hun aanwezigheid op de arbeidsplaats praktisch onvermijdelijk is. Specifiek in rubber zijn bepaalde aminen aanwezig (deels bewust toegevoegd), die tijdens het zogenaamde zoutbadproces kunnen reageren met in het zout aanwezig nitriet of nitraat. Deze reactie leidt tot de vorming van nitrosaminen, zoals nitrosodimethylamine (NDMA), nitrosopiperidine (NPIP), nitrosomorfoline (NMOR), nitrosodiethylamine (NDEA) and nitrosopyrrolidine (NPyR). Deze vorming van nitrosaminen is een erkend probleem in de rubberindustrie en diverse maatregelen zijn genomen om de vorming van dan wel expositie aan deze stoffen te reduceren.

De meeste beschikbare gegevens hebben betrekking op metingen in arbeidssituaties. Metingen in omgevingslucht in stedelijke gebieden of in plattlandsgebieden in Nederland ontbreken. Buitenlandse metingen voor buitenlucht, voor zover aanwezig, hebben meestal betrekking op lucht in de nabijheid van (potentiële) industriële bronnen. Nitrosamineblootstelling is niet beperkt tot de route lucht. In het navolgende gaan we kort in op de andere blootstellingswijzen, te weten via voedsel en consumentenproducten.

4.2 BEROEPSSFEER

Spiegelhalder en Preusmann (1983) rapporteren gemiddelde concentraties van 1 tot 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor NDMA en NMOR op basis van luchtmetingen bij 19 bedrijven in de rubber- en bandenindustrie. Personal monitoring wees op concentraties van 0,1 tot 380 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De hoogste NDMA-concentratie bedroeg 1060 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. HSDB (2005) vermeldt voor de rubberindustrie NDMA-concentraties van 0,1 tot 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de periode van 1979 tot 1983 terwijl nadien de concentraties meestal lager waren. Aangetroffen concentraties NDEA in deze onderzoeken waren lager (0,025 tot 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (HSDB 2003).

In een serie metingen bij 24 Franse rubberproductiebedrijven uitgevoerd in periode 1992 tot 1995 werden vijf nitrosaminen gevonden, waarvan NDMA de meest voorkomende was (98% positief), gevolgd door NDEA (55%). Maximum en mediane concentraties bedroegen respectievelijk 99,9 en 0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor NDMA en 5,6 en 0,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor NDEA. De hoogste concentraties waren aanwezig tijdens het vulcaniseringsproces in

zoutbaden. Metingen in de productie van autobanden lieten relatief lage concentraties zien van minder dan $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De auteurs schrijven dit toe aan de introductie van 'veilige amines' in deze sector sinds het jaar 1990 (Oury et al. 1997).

Bij een Amerikaans bedrijf voor de productie van rubberstrips werden in ademzonemonsters diverse nitrosaminen aangetoond, met NDMA als hoogste in concentratie: $0,47$ tot $11,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Reh en Fajen, 1996). Rogaczewka en Wroblewska (1996) vonden vergelijkbare concentraties in een Pools bedrijf voor de productie van autobanden. Monarca et al. (2001) voerden luchtmetingen uit in vier rubberproductiebedrijven en vonden concentraties NDMA van $0,10$ tot $0,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Recenter maten Iavocoli en Carelli (2006) bij vier bedrijven voor de productie van rubberen aandrijfingen voor verbrandingsmotoren en vonden slechts lage concentraties nitrosaminen (meestal beneden de detectielimiet van $0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Beschikbare gegevens voor Nederland zijn zeer beperkt. In een presentatie gericht op de Europese rubberindustrie vermeldt de Vocht (2005) voor NDMA slechts voor één jaar, namelijk 1998, meetresultaten voor Nederland. Voor bandenproductie geeft hij gemiddelde concentraties van rond $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Voor landen waar meer metingen beschikbaar zijn is de trend over de jaren 1980 tot 2000 duidelijk aflopend.

4.3 BUITENLUCHT

Nederlandse gegevens over representatieve concentraties in bijvoorbeeld stedelijke gebieden of nabij autosnelwegen ontbreken. De enige bekende rapportage van buitenluchtmetingen in Nederland betreft metingen uitgevoerd in 1981 door het toenmalige RIV naar aanleiding van verontrusting bij omwonenden van een verwerkingsbedrijf voor binnen- en buitenbanden voor hergebruik in de rubberindustrie, gevestigd te Maastricht. In vijf 24-uurs-luchtmonsters genomen op vijf locaties in de omgeving van het bedrijf waren geen nitrosaminen aantoonbaar (NDMA $<0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NMOR $<0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Op basis van metingen in het bedrijf werd de uitworp van NDMA en NMOR bepaald ($\mu\text{g}/\text{seconde}$), waarmee vervolgens een verspreidingsberekening werd gemaakt met behulp van het zgn. Nationale Model. De aldus berekende hoogste gemiddelde concentratie over een lange periode te verwachten in de bewoonde omgeving van het bedrijf bedroeg $0,01 \text{ ng}/\text{m}^3$ voor NDMA en $0,12 \text{ ng}/\text{m}^3$ voor NMOR (RIV 1981).

Ook voor het buitenland is slechts beperkte informatie beschikbaar. Enkele Amerikaanse metingen uit de periode 1975-1980 laten in de nabijheid van industriële bronnen NDMA-concentraties zien van rond $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Enkele metingen in stedelijke gebieden zonder bekende bronnen lieten concentraties van $0,01$ tot $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zien (ATSDR 1989).

Spiegelhalter en Preusmann (1987) voerden in de jaren 1983-1984 metingen uit in het industriegebied rond Linz (Oostenrijk). Van de 363 genomen luchtmonsters bleken in 6% lage nitrosamineniveaus aanwezig, met concentraties van 0,01 tot 0,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NDMA, NDEA en NMOR. Ziebarth (1994) verzamelde in de periode 1992-1994 meer dan duizend luchtmonsters in industriegebieden in de voormalige DDR. In 4,4% van de monsters bleken nitrosaminen aantoonbaar in concentraties van 0,01 tot 0,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Khesina et al. (1996) rapporteren voor het centrum van Moskou NDMA-concentraties van 0,03 tot 0,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, voor het industriegebied van deze stad enkele tienden $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (niet gespecificeerd) en voor verkeersaders 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of meer (niet gespecificeerd).

Kataoka et al. (1997) onderzochten de aanwezigheid van nitrosaminen in rook van onder andere verbrand voedsel, haren, hout, rubber en plastic. Geringe hoeveelheden nitrosaminen (NDMA, NMOR, NPyR, NPiP) waren aantoonbaar voor vrijwel alle onderzochte items, echter met hoge concentraties (tot 45 $\mu\text{g}/\text{g}$) in rook afkomstig van zwarte peper, gedroogde inktvis, haren en rubber. In sigarettenrook was rond 0,3 $\mu\text{g}/\text{g}$ NDMA aanwezig. Deze resultaten wijzen erop, concluderen de auteurs, dat nitrosaminen wijd verbreid zijn in het milieu en dat humane expositie frequent voorkomt.

IPCS (2002) rapporteert enkele metingen voor de Canadese provincie Ontario. In acht luchtmonsters afkomstig uit vijf steden bleek geen NDMA aantoonbaar (detectielimiet 0,0034 tot 0,0046 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). In de nabijheid van een chemische fabriek in één stad was in 20/41 monsters NDMA aantoonbaar (detectielimiet 0,0029 tot 0,0048 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De hoogste concentratie van 0,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ was aanwezig dichtbij het bedrijf terwijl op iets grotere afstand 0,079 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemeten werd.

4.4 BINNENLUCHT

Voor zover bekend is sigarettenrook de belangrijkste bron voor binnenlucht. In de VS was in binnenlucht van een café 0,24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NDMA aanwezig terwijl in de woonkamer van een niet-roker de stof niet aantoonbaar was ($<0,003 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Brunneman en Hofmann 1978). IPCS (2002) geeft aan dat gemiddeld in door sigarettenrook verontreinigde binnenlucht 0,01 tot 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NDMA aanwezig is.

Rounbehler et al. (1980) deden metingen in nieuwe auto's. NDMA was aanwezig in 37/38 auto's met gemeten concentraties van 0,07 tot 0,83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (gemiddeld 0,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). NDEA werd aangetroffen in 17/37 auto's in concentraties van 0,04 tot 0,39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (gemiddeld 0,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.5 *INNAME VIA VOEDSEL EN CONSUMENTENPRODUCTEN*

Nitrosaminen komen voor in voedsel, cosmetica en sommige andere consumentenproducten. Ook worden deze stoffen gevormd in het lichaam na consumptie van bepaalde voedingsmiddelen waarin precursors aanwezig zijn. Deze endogene vorming van nitrosaminen staat onder invloed van moeilijk in kaart te brengen parameters zoals fysiologie, algemene gezondheid en leeftijd. Uiteindelijk wordt de humane populatie blootgesteld aan een brede groep van N-nitrosaminen waarvan een groot deel niet identificeerbaar is.

In het RIVM Basisdocument Nitraat wordt de gemiddelde blootstelling aan het totaal aan nitrosaminen via de voeding in Nederland geschat op enkele honderden nanogrammen per dag (RIVM 1989). Metingen in 24-uurs duplicaat dieet-studies uit 1990 (Ellen et al. 1990) lieten voor een volwassene een waarde van 100 ng/dag zien voor nitrosaminen. Voor andere Europese landen zijn waarden gerapporteerd rond 200 ng/mens/dag (Domanska en Kowalski 2003). Passief roken kan de blootstelling met een factor 10 verhogen.

Endogene vorming kan optreden bij gelijktijdige blootstelling aan nitraat en secundaire en/of tertiaire aminen, zoals met name aanwezig zijn in vis. In-vivostudies met vrijwilligers (Vermeer 2000) en ook in-vitrostudies uitgevoerd door het RIVM (Zeilmaker et al. 2004), wijzen erop dat de additionele blootstelling door endogene vorming de externe expositie verre kan overtreffen, tenminste op dagen dat vis gegeten wordt.

Een verdere bron voor nitrosaminen zijn cosmetica, waarin met name de vorming van nitrosodiethanolamine (NDELA) kan leiden tot humane expositie. Om de vorming van NDELA in cosmetica tegen te gaan zijn regels van kracht waaraan producenten moeten voldoen (gebruik grondstoffen vrij van precursors). Ook voor mogelijke blootstelling aan nitrosaminen uit rubberen fopspenen zijn normen vastgesteld. Incidentele expositie van consumenten kan zich voordoen bij gebruik van rubberen consumentenproducten, zoals huishoudhandschoenen, ballonnen en condooms (RIVM 2003, 2006).

Referenties

ATSDR (1989) Toxicological profile for N-nitrosodimethylamine. USA Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

Brunnemann KD, Hoffmann D (1978) Analysis of volatile nitrosamines in tobacco smoke and polluted indoor environments. Chemical studies on tobacco smoke LIX. *IARC scientific publications*, 19:343–356. Zoals geciteerd in IPCS (2002).

Domanska, K. & B. Kowalski (2003) Occurrence of volatile N-nitrosamines in Polish processed meat products. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 47, 507-514.

Ellen, G. *et al.* (1990) Dietary intakes of some essential and non-essential trace elements, nitrate, nitrite, and N-nitrosamines by Dutch adults: estimated via a 24-hour duplicate portion study. *Food Additives and Contaminants* 7 (no. 2), 207-221.

HSDB (2003) Hazardous Substances Data Bank: Nitrosodiethylamine. US National Library of Medicine, data file, last update 29-08-2003

HSDB (2005) Hazardous Substances Data Bank: Nitrosodimethylamine. US National Library of Medicine, data file, last update 23-06-2005

Iavicoli I, Carelli G (2006) Evaluation of occupational exposure to N-nitrosamines in a rubber-manufacturing industry. *Journal of Occupational & Environmental Medicine* 48(2):195-8. (Abstract)

IPCS (2002) Concise International Chemical Assessment Document 38: N-nitrosodimethylamine. WHO IPCS.

Kataoka H, Kurisu M, Shindoh S. (1997) Determination of volatile N-nitrosamines in combustion smoke samples. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 59:4, 570-576.

Khesina AK, Krivosheyeva LV, Sokolyskaya NN, Kolyadich MN. (1996) Problem of urban atmospheric pollution by carcinogenic N-nitrosoamines. *Vestn. Ross. Akad. Med. Nauk*, 3, 25-28. (Abstract).

Monarca S, Feretti D, Zanardini A *et al.* (2001) Monitoring airborne genotoxicants in the rubber industry using genotoxicity tests and chemical analyses. *Mutation Research* 490(2):159-69.

Oury B, Limasset J, Protois J (1997) Assessment of exposure to carcinogenic N-nitrosamines in the rubber industry. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 70 (no. 4), 261-271.

Reh B, Fajen J (1996) Worker exposures to nitrosamines in a rubber vehicle sealing plant. *American Industrial Hygiene Association Journal* 57 (no. 10), 918-23. (Abstract)

RIVM, 1989. Basisdocument nitraat (Duijvenboode W v, Matthijsen AJCM); RIVM rapport 758473012, maart 1989.

RIVM (2003) N-nitrosamines in balloons: Assessment of the health risk for children. RIVM/SIR adviesrapport d.d. 25-02-2003.

RIVM (2004) Risico-grenzen voor N-nitrosodiethanolamine in cosmetische producten. RIVM/SIR Adviesrapport nr. 09623A00

RIVM (2006) Risicobeoordeling Nitrosaminen uit Latex Handschoenen. RIVM/SIR adviesrapport nr. d.d. 28-02-2006

Rogaczewska T, Wroblewska JK (1996) [Occupational exposure to n-nitrosamine in the production of automobile tires]. Med-Pr. 47 (no. 6), 569-75. (Abstract)

Rounbehler, DP, Reisch J, Fine DH (1980) Nitrosamines in new motor-cars. Food and Cosmetic Toxicology 18 (no. 2) 147-151. (Abstract)

Spiegelhalder B, Preussmann R (1983) Occupational nitrosamine exposure: 1. Rubber and tyre industry. Carcinogenesis 4 (no. 9), 1147-1152. (Abstract)

Spiegelhalder B, Preussmann R (1987) Nitrosamine measurements in ambient air of an industrial area in Austria. IARC Scientific Publication Issue 84, p411-414. (Abstract)

Vermeer, I.T.M. (2000) Nitrate exposure and endogenous formation of carcinogenic nitrosamines in humans. Proefschrift, Universiteit Maastricht.

Ziebarth D. (1994) Untersuchungen ueber die Belastung der Bevoelkerung mit Luftverunreinigungen durch Nitrosamine. T. 2. Untersuchungen ueber das Vorkommen von Nitrosaminen und Nitrosaminprecusoren in verschiedenen Umweltmedien der ehemaligen DDR. (Studies of the exposure of the general population to nitrosamines as a. Govt Reports Announcements & Index (GRA&I), Issue 21, 1995. NTIS/TIB/A95-04855, 33p. 1994. (Abstract)

Vocht, F de, (2005) Improved Exposure Assessment in the Rubber Manufacturing Industry, F. de Vocht, R Vermeulen, I Burstyn, U Bergendorf, T Sorahan, W Sobala, M Heise, H Kromhout, namens het EU-EXASRUB consortium. Utrecht Institute for Risk Assessment Sciences. NVvA Symposium 2005.

Zeilmaker, , M.J. *et al.* (2004) Blootstelling aan N-nitrosodimethylamine uit vis en groente: Een schatting op basis van in vitro onderzoek met het "TNO gastro-Intestinal Model (TIM)". RIVM-briefrapport.

BIJLAGE 5 FOTO'S



Foto 1 Bemonstering van het materiaal



Foto 2 Pompje met daarop aangesloten een stoffiltertje en twee ThermoSorb-N-buisjes

Situatie Sportpark Bakenberg



Foto 3 Vijf pompen op Bakenberg



Foto 4 Bovenwindse bemonstering

Situatie Sportpark Rijkerswoerd



Foto 6 Vijf pompen op Rijkerswoerd



Foto 5 Bovenwindse bemonstering

Situatie Sportpark Bakenhof

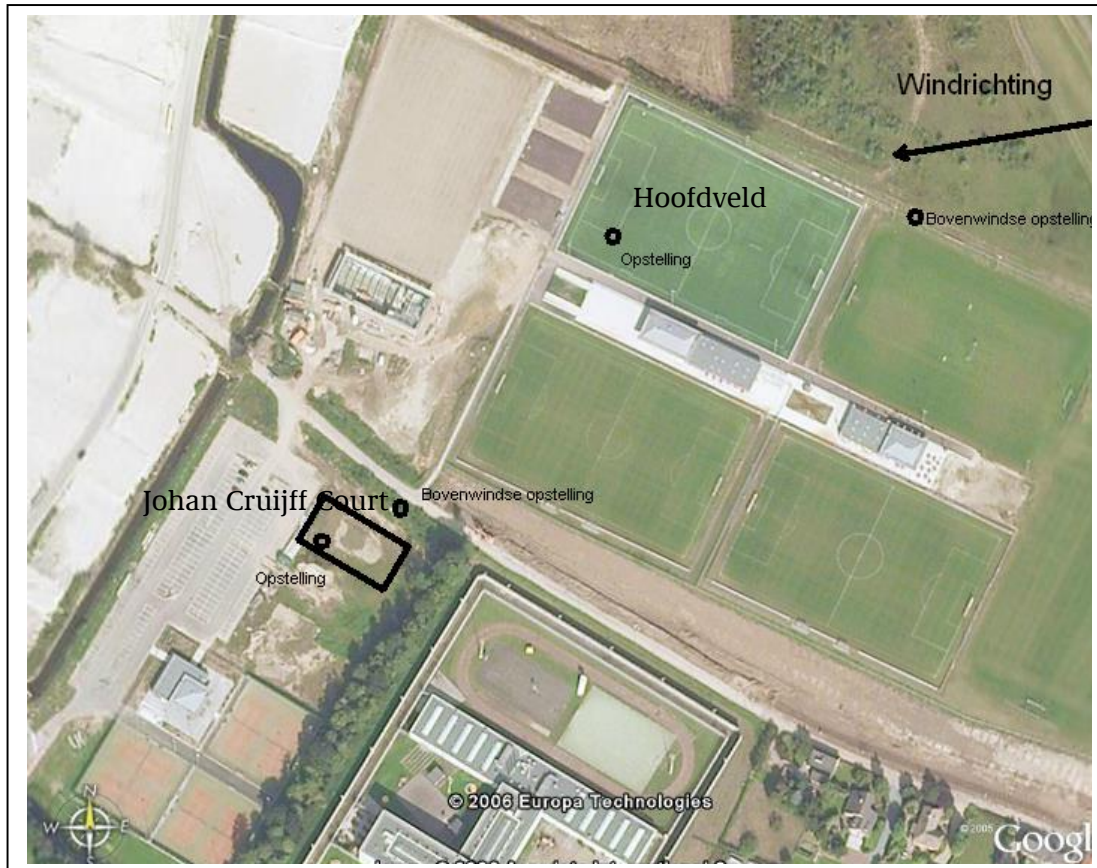


Foto 8 Johan Cruijff Court



Foto 7 Hoofdveld Bakenhof

Bemonsteringen Nitrosaminen										
Adres	Bakenberg									
Positie opstelling	monstercode	cartridge	start tijd	eind tijd	start flow	eind flow	ml/min	pompcode	min	liter
Bovenwinds	IMD111006.1A en 1B	G51581 en G515182	9:12	13:17	1019	1134	1077	6516335	245	264
veld 100 cm	IMD111006.2A en 2B	G51583 en G515184	9:07	13:08	1016	1052	1034	6516325	241	249
veld 30 cm	IMD111006.3A en 3B	G51585 en G515186	9:07	13:08	1025	1063	1044	6516337	241	252
veld 30 cm	IMD111006.4A en 4B	G51587 en G515188	9:07	13:08	1000	1062	1031	6516332	241	248
veld 30 cm	IMD111006.5A en 5B	G51589 en G515190	9:07	13:08	1010	1085	1048	6516324	241	252
veld 30 cm	IMD111006.6A en 6B	G51591 en G515192	9:07	13:08	1002	1015	1009	6516334	241	243
Blanco RIVM	IMD11106.BL1	G51593								

datum **11-10-2006**

