

**Earth, Environmental and Life
Sciences**

Utrechtseweg 48
3704 HE Zeist
Postbus 360
3700 AJ Zeist

www.tno.nl

T +31 88 866 60 00
F +31 88 866 87 28
infodesk@tno.nl

TNO-rapport

TNO 2013 R11049

**Evaluatie van gezondheidsrisico's voor
bewoners op basis van resultaten van
metingen in woningen tijdens en direct na
aanbrengen van SPF-vloerisolatie.**

Datum 21 augustus 2013

Auteur(s)

■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■
■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■
■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■

Aantal pagina's 27 (incl. bijlagen)

Aantal bijlagen

Opdrachtgever

Nuon Isolatie BV
thans United Energy Works Isolatie BV
Wilmersdorf 28
7327 AC Apeldoorn

Projectnummer 060.04501

Voorgaande versie 15 juli 2013 (concept)

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2013 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Aanbrengen SPF en metingen	4
3	Hazard assessment	5
3.1	Isocyanaten	5
3.2	Blaasmiddelen	6
3.3	Katalysatoren.....	6
3.4	2,2'-Iminodiethanol	7
4	Metingen	12
4.1	Achtergrondmetingen	12
4.2	Metingen na aanbrengen van SPF-vloerisolatie	13
5	Risicobeoordeling	17
5.1	Gezondheidskundige limietwaarden.....	17
5.2	Blaasmiddelen en katalysatoren.....	18
5.3	Isocyanaten	18
6	Conclusies.....	20
7	Ondertekening	21

1 Inleiding

Nuon Isolatie BV, thans United Energy Works Isolatie BV, Veendam (hierna benoemd als NUON) is gespecialiseerd in het aanbrengen van spouwmuurisolatie, dakisolatie en vloerisolatie. Voor het aanbrengen van vloerisolatie in kruipruimten maakt NUON onder andere gebruik van Spray Polyurethaan Foam (SPF).

Bewoners van huizen waarin NUON vloerisolatie heeft aangebracht hebben gezondheidsklachten gemeld aan NUON. Zij relateren deze gezondheidsklachten aan de gevolgen van het aanbrengen van vloerisolatie met SPF in hun woning door NUON. Naar aanleiding van deze klachten heeft NUON aan TNO gevraagd om onderzoek uit te voeren naar de heersende luchtkwaliteit in de betreffende woningen, gerelateerd aan de stoffen die mogelijk zijn vrijgekomen bij het isolatieproces of uit de aangebrachte SPF. Hiertoe heeft TNO in de desbetreffende woningen concentratiemetingen verricht die een beeld geven van de bedoelde luchtkwaliteit op het moment van het onderzoek (weken/maanden nadat de vloerisolatie in de woningen was aangebracht) en de mogelijke gezondheidsrisico's van blootstelling aan deze concentraties beoordeeld (TNO rapport TNO2013 R10642).

In vervolg op deze metingen heeft NUON aan TNO gevraagd om additionele metingen te verrichten om een beeld te krijgen van de luchtkwaliteit in woningen tijdens en direct na het aanbrengen van SPF. Deze metingen zijn tussen 4 en 15 april 2013 verricht in 3 woningen. Direct na het starten van het aanbrengen van de SPF-vloerisolatie zijn de eerste metingen gestart (t=0 uur), doorlopend tot 144 uur nadien. De resultaten van deze metingen zijn door TNO beoordeeld in relatie tot mogelijke gezondheidsrisico's voor het geval bewoners tijdens en na het aanbrengen van de SPF-vloerisolatie in hun woning aanwezig zouden zijn geweest. De gemeten concentraties zijn beoordeeld aan de hand van de gezondheidskundige limietwaarden zoals afgeleid in TNO rapport TNO2013 R10642. Voor één stof, een katalysator die niet werd aangetoond in de eerdere metingen, is op basis van toxicologische gegevens uit openbaar beschikbare wetenschappelijke literatuur en databases het toxiciteitsprofiel bepaald en een gezondheidskundige limietwaarde afgeleid conform de werkwijze gehanteerd voor de afleiding van de limietwaarden voor de andere stoffen, zoals gerapporteerd in TNO rapport TNO2013 R10642.

2 Aanbrengen SPF en metingen

NUON heeft 3 woningen geselecteerd voor het uitvoeren van metingen ten behoeve van het huidige project. Deze woningen zijn door NUON voorzien van SPF-vloerisolatie in het kader van een renovatieproject in Almere, en waren ten tijde van het aanbrengen en van de metingen niet bewoond. De woningen zijn alle voorzien van een betonnen vloer. NUON heeft aangegeven dat een betonnen vloer representatief is voor de meerderheid van de woningen waar door NUON vloerisolatiewerkzaamheden worden uitgevoerd. De resultaten van metingen in de bedoelde 3 woningen geven indicaties voor welke stoffen en welke concentraties van deze stoffen, gerelateerd aan het aanbrengen van SPF-vloerisolatie, mogen worden verwacht voor vergelijkbare woningen onder dezelfde condities van aanbrengen.

TNO heeft metingen verricht in de woonkamer bij de start van het aanbrengen van de SPF en 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 48, 72 en 144 uur nadien. Op 3 dagen voorafgaand aan het aanbrengen van de SPF-vloerisolatie in de betreffende woningen, zijn metingen verricht in de woonkamer, de kruipruimte en de buitenlucht, om de achtergrondconcentratie in de lucht van de te meten stoffen te bepalen. Daarnaast zijn op 144 uur na aanbrengen van de SPF-vloerisolatie additionele metingen verricht in de kruipruimte en de buitenlucht.

Bij het aanbrengen van de SPF-vloerisolatie is een drietal scenario's voor het aanbrengen van de SPF gehanteerd om zodoende eventuele variaties in omstandigheden tijdens het aanbrengen van de SPF-vloerisolatie na te bootsen:

Woning A: SPF wordt gevormd door het ter plaatse mengen van twee componenten, difenylmethaandiisocyanaat (MDI) en polyolen. De mengverhouding tussen deze beide componenten is bij deze woning verschoven naar 1,0-0,9 MDI/polyol. De normale mengverhouding is 1:1, waarbij maximaal een 10% afwijking tijdens het mengen wordt toegestaan. Deze mengverhouding is gekozen als simulatie gelet op de mogelijke rol die isocyanaten kunnen hebben in relatie tot de gezondheidsklachten die zijn geuit bij NUON.

Woning B: Voorafgaand aan het aanbrengen van de SPF-vloerisolatie zijn alle ventilatiegaten afgeplakt om de invloed van een slecht geventileerde kruipruimte na het aanbrengen te simuleren. Er is een normale (1:1) MDI:polyolen mengverhouding gebruikt.

Woning C: Er is een normale (1:1) MDI:polyolen mengverhouding gebruikt met niet-afgesloten ventilatiegaten van de kruipruimte, representatief voor het normaal aanbrengen van SPF-vloerisolatie volgens de geldende normen.

Tijdens en tot 30 minuten na isoleren zijn de kruipruimtes geforceerd geventileerd. Volgens informatie van NUON wordt geforceerd ventileren van de kruipruimte bij aanbrengen van SPF-vloerisolatie al jaren toegepast.

De meetresultaten zijn gerapporteerd in TNO rapport TNO-060-UTP-2013-00250

3 Hazard assessment

3.1 Isocyanaten

De hazard assessment van de gemeten isocyanaten is gerapporteerd in TNO-rapport TNO2013 R10642. Een overzicht van de door TNO bepaalde gezondheidskundige limietwaarden voor de algemene bevolking, gebaseerd op deze hazard assessment en uitgaande van chronische blootstelling aan de gemeten isocyanaten, is in de onderstaande tabel weergegeven.

Isocyanaten	Limietwaarde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Isocyaanzuur	12 ¹
Methylisocyaanaat	12 ¹
Ethylisocyaanaat	12 ¹
Propylisocyaanaat	12 ¹
Fenylisocyaanaat	14 ¹
Difenylmethaandiisocyaanaat	20 ¹
Totaal max. isocyanaten ²	12 ¹

¹ Limietwaarde waarbij sensibilisatie en mogelijke allergene effecten zijn uitgezonderd

De limietwaarden omvatten niet de eventuele gezondheidsrisico's van sensibilisatie voor isocyanaten en/of de gezondheidsrisico's in het geval personen gesensibiliseerd zijn voor isocyanaten. Op basis van de beschikbare informatie is geen specifieke drempelwaarde aan te geven waaronder personen die gevoelig zijn voor isocyanaten niet gesensibiliseerd kunnen worden voor isocyanaten, al dan niet als gevolg van een eenmalig hoge concentratie. Voor reeds voor isocyanaten gesensibiliseerde personen is eveneens geen drempelwaarde af te leiden waaronder geen gezondheidsrisico's te voorzien zijn bij hernieuwde blootstelling aan deze verbindingen. Van sommige isocyanaten is bekend dat deze kruisreactiviteit kunnen vertonen, d.w.z. dat personen gesensibiliseerd voor de ene isocyaanaat allergisch kunnen reageren op een andere isocyaanaat. Opgemerkt wordt dat, genetische factoren mogelijk ook een rol kunnen spelen bij de kans dat personen gesensibiliseerd worden. Daarnaast is bekend dat binnen de algemene populatie de gevoeligheid van personen verschillend is.

Hoewel concentraties die kunnen leiden tot sensibilisatie niet bekend zijn, wordt een enkelvoudige hoge blootstelling aan isocyanaten in een concentratie van ruim boven de 20 ppb in de literatuur beschreven als mogelijk sensibiliserend. De concentratie van 20 ppb komt overeen met 35,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ isocyaanzuur en 208 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MDI (TNO rapport TNO2013 R10642).

3.2 Blaasmiddelen

De hazard assessment van de gemeten blaasmiddelen is gerapporteerd in TNO rapport TNO2013 R10642. Een overzicht van de door TNO bepaalde gezondheidkundige limietwaarden voor de algemene bevolking, gebaseerd op deze hazard assessment en uitgaande van chronische blootstelling aan de gemeten blaasmiddelen, is in de onderstaande tabel weergegeven.

Blaasmiddelen	Limietwaarde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1,1,1,2,3,3,3-heptafluorpropan	3.658.000
1,1,1,3,3-pentafluorbutaan	301.800

3.3 Katalysatoren

De hazard assessment van de meeste gemeten katalysatoren is gerapporteerd in TNO rapport TNO2013 R10642. Aangezien in de eerdere studie 2,2'-iminodiethanol niet werd gedetecteerd, is hiervoor in TNO rapport TNO2013 R10642 geen limietwaarde bepaald. De hazard evaluatie en afleiding van de gezondheidkundige limietwaarde voor de algemene bevolking van deze katalysator is in paragraaf 3.4 weergegeven. Een overzicht van de door TNO bepaalde gezondheidkundige limietwaarden voor de algemene bevolking, gebaseerd op deze hazard assessment en uitgaande van chronische blootstelling aan de gemeten katalysatoren, is in de onderstaande tabel weergegeven.

Katalysatoren	Limietwaarde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Benzyl dimethylamine	24
N, N-Dimethylcyclohexylamine	875
2-Dimethylaminoethanol	1.500
2,2'-Iminodiethanol	210

3.4 2,2'-Iminodiethanol

Een overzicht van internationale limiet waarden voor de arbeidsplek van 2,2'-iminodiethanol (DEA) (bron: Gestis) is weergegeven in de onderstaande tabel.

	8-uurs limietwaarde		Korte-termijn limietwaarde	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Australia	3	13		
Austria	0,46	2	0,92	4
Belgium	0,46	2		
Canada - Ontario		1 (1)		
Canada - Québec	3	13		
Denmark	0,46	2	0,92	4
France	3	15		
Germany (DFG)		1 inhaleerbare aerosol		1 inhaleerbare aerosol
New Zealand	3	13		
Poland		9		-
Singapore	0,46	2		
South Korea	0,46	2		
Spain	0,46	2		
Sweden	3	5	6 (1)	30 (1)
Switzerland		1 inhaleerbare aerosol		1 inhaleerbare aerosol
USA - NIOSH	3	15		
United Kingdom	[3]	[13]		
	Opmerkingen			
Canada - Ontario	(1) inhaleerbare aerosol en damp			
Germany (DFG)	Korte-termijnwaarde, 15-minuuts gemiddelde			
Spain	huid			
Sweden	(1) Korte-termijnwaarde, 15-minuuts gemiddelde			
United Kingdom	Het Advies Comité aangaande Toxische Stoffen van het Verenigd Koninkrijk heeft de bezorgdheid geuit dat de gezondheid mogelijk niet adequaat wordt beschermd door de limietwaarden aangegeven tussen rechte haken vanwege twijfel over de deugdelijkheid van de onderbouwing van de limiet. Deze limietwaarden waren opgenomen in de lijst gepubliceerd in 2002 door het VK en in haar supplement uit 2003, maar zijn weggelaten uit de lijst gepubliceerd in 2005.			

In de literatuur zijn 3 uitgebreide evaluaties van DEA te vinden; een International Agency for Research on Cancer (IARC) monografie uit 2012¹, een International Uniform Chemical Information Database (IUCLID) dataset uit 2000 gepubliceerd via de European chemical Substances Information System (ESIS) database² en een gezamenlijke evaluatie ingediend bij de European Chemicals Agency (ECHA)³ door een industrieel consortium. De meest recente onafhankelijke evaluatie is uitgevoerd door de IARC. Deze beperkt zich echter voornamelijk tot een beoordeling van de mutageniteit en carcinogeniteit van DEA. De studies besproken in de IARC-evaluatie en die aanwezig in het ECHA-dossier overlappen voor een belangrijk gedeelte, en vullen elkaar gedeeltelijk aan. Daarom zijn beide gebruikt voor de huidige evaluatie. Studies met betrouwbaarheid 1 en 2 zijn meegenomen in de overwegingen.

DEA is, op basis van gegevens aangeleverd door de industrie in het kader van de REACH regelgeving, als volgt geclassificeerd voor humane toxiciteit:

Acute toxicity – oral	<i>Acute Tox. 4, H302: Harmful if swallowed.</i>
Skin corrosion / irritation	<i>Skin Irrit. 2, H315: Causes skin irritation.</i>
Serious eye damage / eye irritation	<i>Eye Damage 1, H318: Causes serious eye damage.</i>
Specific target organ toxicity – repeated	<i>STOT Rep. Exp. 2, H373: May cause damage to organs through prolonged or repeated exposure. Affected organs: liver, blood and kidney. Route of exposure: Oral</i>

Op basis van deze classificatie is DEA alleen schadelijk via de orale blootstellingsroute en irriterend voor huid en ogen waarbij het ernstige schade kan veroorzaken aan de ogen. DEA wordt als niet sensibiliserend beschouwd op basis van een caviatest. Voor de potentie tot sensibilisatie in de mens wordt gerefereerd aan een publicatie van Lessmann in 2009. Geconcludeerd werd dat hoewel bij werknemers die worden blootgesteld aan DEA sensibilisatie wordt gevonden, de oorzaak daarvan onduidelijk is en mogelijk is toe te wijzen aan natte werkzaamheden of aan chemische irritatie als gevolg van gebruikte oplosmiddelen of alkalische vloeistoffen, al dan niet in combinatie met mechanische irritatie, en als zodanig niet toe te rekenen is aan DEA. Opgemerkt wordt dat de in deze studie benoemde sensibilisatie beperkt is tot beroepsmatige dermatitis.

Op basis van merendeels dezelfde gegevens als aanwezig in het ECHA dossier, concludeert de IARC dat DEA geclassificeerd moet worden als mogelijk kankerverwekkend bij de mens (groep 2B). De IARC doet geen duidelijke uitspraken over de genotoxische eigenschappen van DEA, maar concludeert dat er zwak bewijs is voor een genotoxisch mechanisme van levertumorinductie. Deze conclusie met betrekking tot een mogelijk kankerrisico van DEA is gebaseerd op kankerstudies naar de gevolgen van blootstelling via de huid en de daarin gevonden verhoogde incidentie van tumoren in de lever en nier bij de muis.

¹ IARC Monographs, Volume 101, 2012, ISBN 9789283213246

² <http://esis.jrc.ec.europa.eu/>

³ ECHA: http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-9d848db1-80c4-05e5-e044-00144f67d249/DISS-9d848db1-80c4-05e5-e044-00144f67d249_DISS-9d848db1-80c4-05e5-e044-00144f67d249.html (d.d. januari 2013)

Aangezien de genotoxiciteitstesten een aanwijzing kunnen geven over het mogelijke mechanisme van carcinogeniteit zal eerst worden stilgestaan bij de genotoxische eigenschappen van DEA en andere relevante eigenschappen van DEA in relatie tot de mogelijke inductie van kanker door DEA. Dit is van belang voor de wijze waarop de gezondheidkundige limietwaarde bij chronische blootstelling voor DEA moet worden afgeleid, indien deze gebaseerd moet worden op kankerverwekkende eigenschappen via een genotoxisch werkingsmechanisme.

DEA is niet genotoxisch in een variëteit aan standaard genotoxiciteitstesten: bacteriële mutatie testen met *Salmonella typhimurium* en *E. coli* met en zonder metabole activering (Ames test), een genmutatietest met muizencellen, met en zonder metabole activering (MLA test), een chromosoomaberratie- en een zuster-chromatidenuitwisselingstest met hamstercellen, een genmutatietest met biergist en een *in vivo* micronucleustest met 13 weken dermale blootstelling aan 80-1250 mg/kg lichaamsgewicht DEA. In een test met fruitvliegen werd wel een genotoxisch effect aangetroffen: een verhoging van de frequentie van niet-gescheiden chromosomen in de eicellen. Aangezien de overige *in vitro* en *in vivo* mutageniteitstesten geen indicaties geven voor genotoxische effecten van de teststof is geconcludeerd dat DEA niet genotoxisch is op basis van de beschikbare genotoxiciteitsgegevens.

DEA was positief in een celtransformatietest met hamstercellen (SHE test), een test voor screening van (niet genotoxische) carcinogenen. De toename in celtransformatie, een proces dat aan de basis kan staan van tumorontwikkeling, werd te niet gedaan door toevoeging van choline aan het medium waarin de hamstercellen werden gekweekt. Tevens werd aangetoond dat DEA de opname van choline door deze cellen remde evenals de synthese van fosfatidylcholine. Deze beide processen zijn o.a. essentieel voor vetomzettingen in het lichaam en voor de opbouw van celmembranen. De auteurs van de studie suggereerden dat de gevonden effecten te wijten waren aan een inhibitie van choline opname.

DEA induceert choline deficiëntie in de lever van muizen. In een proef met levercellen van de muis werd aangetoond dat DEA zowel tot een gebrek aan choline kan leiden als tot verminderde methylering van DNA. Verminderde methylering van DNA kan leiden tot veranderingen in genexpressie. Deze hypomethylering zou mogelijk het gevolg zijn van vermindering van de concentratie van een belangrijke methyl donor in de cel, S-adenosylmethionine (SAM), hetgeen ook gerelateerd kan zijn aan choline deficiëntie. Verder toonde analyse van door DEA geïnduceerde tumoren (zie hieronder) aan dat twee genen die betrokken kunnen zijn bij het proces van carcinogenese, verhoogd waren ten opzichte van spontaan ontstane levertumoren. Vergelijkbare effecten op het cholinemetabolisme, inclusief de verlaging in de SAM-concentratie, werden ook aangetroffen in muizen blootgesteld via de huid aan DEA, echter niet bij een dosis van 40 mg/kg lichaamsgewicht die duidelijk verhoogde levertumoren liet zien in de muis (zie onder).

Gebaseerd op bovenstaande gegevens, lijkt het mechanisme van DEA-carcinogenese in de muis gerelateerd aan remming van choline opname, hoewel niet onomstotelijk bewezen. Op basis van de beschikbare informatie met betrekking tot de afwezigheid van DEA geïnduceerde genotoxiciteit, is een genotoxisch mechanisme voor carcinogeniteit van DEA onwaarschijnlijk.

Er zijn diverse semi-chronische studies in rat en muis beschreven na zowel orale, dermale als inhalatoire blootstelling. Aangezien in de studies met orale en dermale blootstelling geen 'no observed adverse effect level' (NOAEL) kon worden afgeleid, de laagst gebruikte concentraties gaven nog effecten te zien, en de inhalatie studies wel 'no observed adverse effect concentraties' (NOAEC) bevatten en bovendien de relevante blootstellingsroute in de onderhavige casus betreffen, is gekozen om alleen de inhalatoire studies te gebruiken voor het bepalen van de limietwaarde.

In een semi-chronische inhalatie studie werden ratten via de neus blootgesteld aan concentraties van 1,57, 3,43 en 8,18 mg/m³ DEA in de lucht gedurende 13 weken, 6 uur/dag, 5 dagen per week. Er werden alleen lokale toxische effecten geconstateerd in de luchtwegen. De laagste concentratie waarbij effecten optraden was 8,18 mg/m³ : luchtwegirritatie, ontstekingsreacties in het strottenhoofd en vorming van plaveiselepitheel (NOAEC = 3,43 mg/m³).

In een tweede semi-chronische inhalatie studie werden ratten via de neus blootgesteld aan concentraties van 15, 152 en 410 mg/m³ DEA in de lucht gedurende 13 weken, 6 uur/dag, 5 dagen per week. Er werden bij de laagste concentratie lokale toxische effecten, gerelateerd aan irritatie, geconstateerd bij de vrouwtjes dieren, maar niet bij de mannetjes dieren. De lokale effecten zijn vergelijkbaar met de bovengenoemde studie. Vanaf 152 mg/m³ traden effecten op de lever en de nier op, en bij de hoogste concentratie ook op het bloed, de testis en de prostaat (systemische NOAEC = 15 mg/m³). De systemische NOAEC komt overeen met een blootstelling van ca. 4,3 mg/kg lichaamsgewicht/dag⁴.

Er is ook een inhalatoire studie met ratten beschikbaar waarin blootstelling van 2 weken werd onderzocht. Hierin werden effecten op de lever en verminderde cholesterolgehalten geconstateerd bij concentraties van 210 mg/m³ en hoger (NOAEC 110 mg/m³).

Tevens is een dermale carcinogeniteitsstudie bij muizen beschikbaar, waarbij de muizen zijn blootgesteld aan 40, 80 of 160 mg DEA/kg lichaamsgewicht per dag in 95% ethanol gedurende 5 dagen/week voor 103 weken. Hierin werden significant verhoogde aantallen muizen met lever- en niertumoren geconstateerd vanaf de laagste dosis. De geconstateerde levertumoren waren niet beperkt tot de types die ook spontaan bij muizen vaak voorkomen, maar betroffen ook het zeldzame hepatoblastoma, dat in de controlegroep niet voorkwam (lowest observed adverse effect level (LOAEL) 40 mg/kg lichaamsgewicht/dag). In een vergelijkbare rattenstudie werden geen tumoren geconstateerd. De gevonden carcinogeniteit in de muis wordt geassocieerd met een door DEA induceerde cholinedeficiëntie en niet met een genotoxisch mechanisme. De beschikbare epidemiologische gegevens laten geen conclusie toe over eventuele carcinogeniteit bij de mens.

De systemische NOAEC van 15 mg/m³, die overeenkomt met een blootstelling van 4,3 mg/kg lichaamsgewicht/dag, is lager dan de systemische LOAEL van de dermale carcinogeniteitsstudie in de muis (40 mg/kg lichaamsgewicht/dag), verminderd met een factor 3 om te corrigeren voor de effecten op de laagste

⁴ Gebaseerd op een standaard ademnootvolume van ratten van 0,8 L/kg lichaamsgewicht, zoals gehanteerd in de REACH-handleiding.

blootstelling, wat een 'no adverse effect level' van 13,3 mg/kg lichaamsgewicht per dag geeft. Derhalve wordt voor de afleiding van de limietwaarde de NOAEC van 15 mg/m³, als uitgangspunt gebruikt.

Uitgaande van een NOAEC van 15 mg/m³, kan de volgende afleiding worden weergegeven.

			Veiligheidsfactor
NOAEC	15	mg/m ³	--
expo/week	5	d/w	7/5
Semi-chronisch naar chronisch			2
interspecies			2,5
intraspecies			10
Limietwaarde	210	µg/m³	

Op basis van de beschikbare toxicologische informatie wordt een limietwaarde voor de algemene populatie voor langdurige blootstelling afgeleid van 210 µg/m³.

4 Metingen

Op 4 april 2013 zijn, voorafgaand aan het aanbrengen van SPF-vloerisolatie, achtergrondmetingen verricht in de buitenlucht, de woonkamers en de kruipruimten van de betreffende woningen om de achtergrond concentraties van isocyanaten, katalysatoren en blaasmiddelen vast te stellen. Na aanbrengen van de SPF-vloerisolatie, op 9 april 2013, zijn in de woonkamers van de woningen A, B en C metingen verricht op de tijdstippen 0 (direct na starten van het aanbrengen van SPF in de kruipruimte), 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 48, 72 en 144 uur. Op tijdstip 144 uur zijn naast metingen in de woonkamer ook metingen in de kruipruimte en buitenlucht gedaan. De individuele meetgegevens zijn weergegeven in Annex I. Op 2 en 15 april zijn daarnaast metingen verricht naar de mate van ventilatie in de betreffende woningen.

4.1 Achtergrondmetingen

Voorafgaand aan het aanbrengen van de SPF-vloerisolatie zijn achtergrond metingen verricht in de betreffende woonkamers, kruipruimten en de buitenlucht (zie tabel 1).

Tabel 1: Samenvatting meetresultaten achtergrondmetingen

	Achtergrondmetingen woonkamers ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ¹	Achtergrondmetingen kruipruimten ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ¹	Achtergrondmetingen buitenlucht ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ¹
Isocyanaten			
Isocyaanzuur	0,066 - 0,115	< - 0,019	0,017 – 0,042
Methylisocyanaat	0,010 - 0,031	< - 0,004	0,009 – 0,010
Ethylisocyanaat	< ²	< ²	< ²
Propylisocyanaat	<	<	<
Fenylisocyanaat	< - 0,007	< -0,005	< - 0,002
Difenylnmethaandiisocyanaat (MDI)	<	<	<
Blaasmiddelen			
1,1,1,2,3,3,3-heptafluorpropan	<	<	<
1,1,1,3,3-pentafluorbutaan	<	<	<
Katalysatoren			
Dimethylbenzylamine	0,4	< - 0,3	< - 0,2
N,N-Dimethylcyclohexylamine	<	<	<
2-Dimethylaminoethanol	<	<	<
2,2'-Iminodiethanol	<	<	-

¹ range van de gemeten waarden.

² < = meting onder de detectiegrens.

De achtergrondmetingen in de woonkamers, kruipruimten en de buitenlucht laten zien dat voor de blaasmiddelen en katalysatoren, uitgezonderd dimethylbenzylamine, geen meetresultaten boven de detectiegrens worden gevonden. Voor dimethylbenzylamine is in de buitenlucht, in de woonkamer van woning A en in de kruipruimten van woningen A en C, een lage concentratie aangetroffen. Voor de isocyanaten zijn in geen van de metingen aantoonbare concentraties van ethylisocyaanaat, propylisocyaanaat en difenylmethaandiisocyaanaat aangetroffen. Lage concentraties isocyaanzuur, methylisocyaanaat en fenylisocyaanaat zijn zowel in de buitenlucht als in de woonkamers en kruipruimten aangetroffen, waarbij wordt opgemerkt dat de gemeten concentraties in de woonkamer hoger zijn dan die in de buitenlucht.

Opgemerkt wordt dat een relatief gering aantal achtergrond metingen is genomen gelet op het aantal variabelen welke van invloed kunnen zijn op de mogelijke voorkomende concentraties van stoffen in de lucht. Voorbeelden van variabelen zijn verschillen in leefgewoontes (roken, gebruik open haard, mate van ventilatie, etc.) en andere (weers-) omstandigheden. Derhalve dienen de metingen zoals gerapporteerd in dit rapport als indicatief te worden beschouwd voor de mogelijke achtergrondconcentraties die onder normale omstandigheden zouden kunnen worden gevonden.

4.2 Metingen na aanbrengen van SPF-vloerisolatie

Tijdens het aanbrengen van de SPF is het luik van de kruipruimte afgesloten en is een afzuiging op de kruipruimte aanwezig tot maximaal 30 minuten na het isoleren. Opgemerkt wordt dat door deze geforceerde afzuiging van de kruipruimte, de kruipruimte ten opzichte van de woonkamer op onderdruk zal komen te staan gedurende deze periode van geforceerde afzuiging. In hoeverre deze situatie een migratie van stoffen vanuit de SPF naar de woonkamer beïnvloedt, is op basis van de huidige gegevens echter moeilijk in te schatten.

Direct na het starten van het aanbrengen van de SPF is gestart met de bemonstering van de woonkamer met aansluitend metingen op 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 48, 72 en 144 uur nadien. De resultaten van deze metingen zijn gerapporteerd in TNO rapport TNO-060-UTP-2013-00250.

In de bemeeten woningen zijn tevens metingen verricht om de mate van ventilatie vast te stellen zowel voorafgaand als na het aanbrengen van de SPF-vloerisolatie. De mate van ventilatie van de verschillende ruimten is gebaseerd op de verversingsgraad daarvan en in tabel weergegeven als ventilatievoud en debiet. De ventilatievoud is het aantal malen per uur dat de lucht in de betreffende ruimte volledig wordt verversed. Het debiet is de verversingsgraad uitgedrukt als het aantal liters (dm^3) lucht dat per seconde wordt verversed. Een overzicht van deze metingen is gegeven in tabel 2.

Tabel 2: Ventilatievoud in de gemeten ruimten

Woning	Ruimte	Achtergrondmetingen 2 april 2013		Meting op tijdstip 144 uur 15 april 2013	
		Ventilatievoud [h ⁻¹]	Debiet [dm ³ /s]	Ventilatievoud [h ⁻¹]	Debiet [dm ³ /s]
A	Woonkamer	niet gemeten		nihil	nihil
	Kruipruimte	niet gemeten			
B	Woonkamer	nihil	nihil	nihil	nihil
	Kruipruimte	1,9	7	1,3	5-11
C	Woonkamer	nihil	nihil	nihil Raam open: circa 4	nihil Raam open: Circa 50
	Kruipruimte	nihil	nihil	0,6	2-5

Opgemerkt wordt dat ondanks dat in woning B de ventilatieopeningen van de kruipruimte voorafgaand aan het aanbrengen van de SPF zijn afgeplakt, er toch een significante ventilatie van de kruipruimte is gemeten. De ventilatievoud is voor aanbrengen van de SPF en voorafgaand aan het afplakken van de ventilatieopeningen, op 2 april 2013, bepaald op 1,9-voud per uur met een debiet van 7 dm³/s, en na aanbrengen van de SPF en met afgeplakte ventilatieopeningen, op 15 april 2013, bepaald op 1,3-voud per uur met een debiet van 5 tot 11 dm³/s. Blijkbaar vindt er in deze kruipruimte ook via een andere route dan de ventilatieopeningen ventilatie plaats, mogelijk als gevolg van de aanwezige spouwmuurventilatie. Derhalve zijn de resultaten zoals verkregen voor woning B niet te relateren aan een woning met een verminderde ventilatie in de kruipruimte, maar moet deze worden beoordeeld in de context van een normale woning met kruipruimteventilatie. In woning C is de ventilatievoud in de kruipruimte bepaald op nihil tot 0,6-voud per uur met een debiet van 2 tot 5 dm³/s. De ventilatie van de woonkamers is met gesloten ramen nihil. De weliswaar geopende ventilatieroosters aanwezig in de kozijnen in de woonkamer laten als gevolg van het vervuilde gas weinig lucht door.

In tabel 3 is een overzicht gegeven van het tijdstip en de concentratie van de hoogste meting per stof (piekconcentratie). Tevens is de concentratie gegeven van elke stof 144 uur na het aanbrengen van de SPF. Een overzicht van de individuele meetgegevens is te vinden in Annex I.

Tabel 3: Samenvatting meetresultaten tijdens en na aanbrengen van SPF-vloerisolatie.

	Tijdstip piekconc. ¹ (uur na start SPF-proces)	Piekconc. ¹ woonkamer (max) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentratie woonkamer na 144 uur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁴
Isocyanaten			
Isocyaanzuur	12-20	0,868	0,025 - 0,061
Methylisocyaanaat	- ²	- ²	0,010 - 0,040
Ethylisocyaanaat	-	< ³	<
Propylisocyaanaat	-	<	<
Fenylisocyaanaat	0	0,025	<
Difenylmethaandiisocyaanaat (MDI)	0	0,2514	<
Blaasmiddelen			
1,1,1,2,3,3,3-heptafluorpropan	8-16	13.403	500 – 1.682
1,1,1,3,3,3-pentafluorbutaan	12-16	123.415	10.900 – 29.600
Katalysatoren			
Dimethylbenzylamine	0	7,9	< - 1,5
N,N-Dimethylcyclohexylamine	0	8,42	< - 0,19
2-Dimethylaminoethanol	0	19,34	0,07 - 0,37
2,2'-Iminodiethanol	20	1,1	<

¹ Piekconcentratie : hoogste gemeten concentratie die duidelijk verhoogd is ten opzichte van achtergrondmetingen in de woonkamer.

² geen piekconcentratie vastgesteld.

³ meting onder de detectiegrens.

⁴ range van de gemeten waarden.

4.2.1 *Blaasmiddelen en katalysatoren*

Door hun vluchtigheid en stabiliteit in combinatie met de hoge concentraties die zijn gemeten in de woonkamers geven de blaasmiddelen een goed inzicht in de maximale mate van migratie van de kruipruimte naar de woonkamer. Uit de metingen blijkt dat bij de blaasmiddelen 8-16 uur na aanbrengen van de SPF-vloerisolatie een piekconcentratie wordt gevonden die daarna relatief snel afneemt. Bij de katalysatoren wordt een verhoogde concentratie gelijk bij de eerste meting, tijdens het aanbrengen van de SPF, gevonden waarna een geleidelijke afname wordt gezien. Alleen voor 2,2'-iminodiethanol, werd in woning B een licht fluctuerende concentratie gevonden die vanaf 48 uur onder de detectiegrens bleef, terwijl voor de beide andere woningen alle waarden onder de detectiegrens bleven. De metingen geven geen aanleiding om te veronderstellen dat de gevonden concentraties afhankelijk zijn van de verschillende scenario's zoals toegepast in de woningen A, B en C.

4.2.2 *Isocyanaten*

Uit de metingen van isocyanaten blijkt dat, vergeleken met de achtergrondwaarnemingen, er geen verhoogde concentraties methylisocyanaat, ethylisocyanaat en propylisocyanaat zijn gemeten. Voor fenylisocyanaat is in woning C in de woonkamer op de tijdstippen 0, 1 en 2 uur een afnemende lage concentratie gemeten. In het geval van MDI is in woning A en C alleen op tijdstip 0 uur een verhoogde concentratie gemeten tijdens het aanbrengen van de SPF, die daarna, op een enkele lage concentratie na waarvan de hoogste is gemeten op tijdstip 24 uur, terugvalt op niveaus onder de detectiegrens. In woning C wordt voor MDI op tijdstip 0 uur de hoogste concentratie gemeten van $0,251 \mu\text{g}/\text{m}^3$, welke op 24 uur nog een piekje van $0,025 \mu\text{g}/\text{m}^3$ laat zien. De gemeten concentraties in woning A, bij welke een hogere MDI ratio is gebruikt bij het aanbrengen van de SPF, zijn lager dan die gevonden in woning C, welke een simulatie is van een normale SPF-vloerisolatie.

Voor isocyaanzuur zijn voor alle meetpunten 0 tot en met 8 uur de concentraties onder de detectiegrens, terwijl vanaf 12 uur tot en met 24 uur na aanbrengen van de SPF-vloerisolatie, een verhoogde concentratie ten opzichte van de achtergrondmetingen is gemeten in de woonkamers van alle woningen. Voor de woningen A en C is de piek op het tijdstip 12 uur, waarna deze op tijdstip 16 uur terugvalt op het niveau van achtergrondwaarden. Voor woning B ligt de piekconcentratie op 20 uur, waarna deze op 48 uur weer op het niveau van achtergrondwaarde is. Voor woning B worden op de tijdstippen 20 en 24 uur concentraties gevonden van respectievelijk $0,868$ en $0,396 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bij een achtergrondconcentratie voor deze woning van $0,066 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bij een verhoogde ratio MDI bij het aanbrengen van de SPF (woning A) worden geen hogere concentraties isocyaanzuur in de woning gemeten, vergeleken met woning C.

Samenvattend lijken de meetresultaten te wijzen op een mogelijk kortdurende verhoogde concentratie van MDI tijdens het aanbrengen van de SPF-vloerisolatie (woning A en C), en op 24 uur na aanbrengen (woning C). Daarnaast is een duidelijk verhoogde concentratie isocyaanzuur gemeten in de periode 12 tot en met 24 uur na aanbrengen van de SPF-vloerisolatie, in alle bemeeten woningen. De verhoogde concentraties MDI en isocyaanzuur worden toegerekend aan de toepassing van SPF-vloerisolatie in de woningen. De aanwezigheid van isocyaanzuur is mogelijk het gevolg van afbraak van het MDI tijdens uitharding.

5 Risicobeoordeling

5.1 Gezondheidskundige limietwaarden

Voor geen van de stoffen die door TNO zijn beoordeeld is thans voor Nederland een gezondheidskundige limietwaarde voor het binnenmilieu bekend. Voor de stoffen die door TNO bij de metingen in de woningen zijn gedetecteerd, is door TNO volgens wetenschappelijk geaccepteerde methoden per stof een gezondheidskundige limietwaarde voor de algemene bevolking afgeleid (zie TNO rapport TNO2013 R10642 en hoofdstuk 3 van dit rapport). De in de binnenlucht van de woonruimten gemeten stoffen zijn vervolgens getoetst aan deze gezondheidskundige limietwaarden. In het algemeen kan gesteld worden dat bij blootstelling aan de gemeten stoffen onder deze limietwaarden, geen gezondheidsrisico's worden voorzien voor de algemene bevolking, ook niet bij langdurige, continue blootstelling. Opgemerkt dient te worden dat de gezondheidskundige limietwaarden niet de gevallen van sensibilisatie (overgevoeligheid) en de gevolgen daarvan omvatten. Voor sensibiliserende eigenschappen van de isocyanaten kunnen in de huidige casus geen gezondheidskundige limietwaarden voor de algemene bevolking worden bepaald, aangezien hiervoor thans onvoldoende wetenschappelijke informatie beschikbaar is.

Tabel 4: Samenvatting meetresultaten en limietwaarden zoals afgeleid door TNO:

	Woonkamer hoogst gemeten conc. ¹ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Limietwaarde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Isocyanaten		
Isocyaanzuur	0,868	12 ³
Methylisocyaanaat	0,040	12 ³
Ethylisocyaanaat	< ²	12 ³
Propylisocyaanaat	<	12 ³
Fenylisocyaanaat	0,025	14 ³
Difenylnmethaandiisocyaanaat (MDI)	0,2514	20 ³
Blaasmiddelen		
1,1,1,2,3,3,3-heptafluorpropan	13.403	3.658.000
1,1,1,3,3-pentafluorbutaan	123.415	1.219.000
Katalysatoren		
Dimethylbenzylamine	7,91	24
N,N-Dimethylcyclohexylamine	8,42	875
2-Dimethylaminoethanol	19,34	1.500
2,2'-Iminodiethanol	1,13	210

¹ hoogst gemeten concentratie die duidelijk verhoogd is ten opzichte van achtergrondmetingen in de woonkamer.

² meting onder de detectiegrens.

³ Limietwaarde geldt niet voor sensibilisatie en mogelijke allergene effecten.

5.2 Blaasmiddelen en katalysatoren

De hoogst gemeten waarden van de blaasmiddelen en katalysatoren in de woonruimten van de gemeten woningen leiden, afgezet tegen de limietwaarden voor deze stoffen, in geen van de gevallen tot een overschrijding van de betreffende limietwaarden (zie tabel 4). Daarnaast zijn voor deze twee groepen van stoffen geen indicaties dat zij sensibiliserende eigenschappen hebben. Het is ook niet waarschijnlijk dat eventuele elkaar versterkende (cumulatieve) effecten van deze stoffen tot gezondheidsrisico's kunnen leiden. Derhalve kan voor de beschouwde casus worden geconcludeerd dat voor de blaasmiddelen en katalysatoren geen gezondheidsrisico's te verwachten zijn bij blootstelling aan de gemeten concentraties tijdens en direct na aanbrengen van SPF-vloerisolatie.

5.3 Isocyanaten

De hoogst gemeten waarden van de isocyanaten in de woonruimten van de gemeten woningen leiden, afgezet tegen de limietwaarden voor deze isocyanaten, in geen van de gevallen tot een overschrijding van de betreffende limietwaarden (zie tabel 4).

Isocyanaten kunnen echter inductie van sensibilisatie veroorzaken bij daarvoor gevoelige personen. De limietwaarden omvatten niet de eventuele gezondheidsrisico's in het geval van een inductie van sensibilisatie ten gevolge van blootstelling aan isocyanaten. Concentraties die kunnen leiden tot inductie van sensibilisatie zijn niet bekend, maar een enkelvoudige hoge blootstelling bij een concentratie ruim boven de 20 ppb wordt in de literatuur beschreven als mogelijk sensibiliserend. De concentratie van 20 ppb is, afhankelijk van het molecuulgewicht van de stof, omgerekend $35,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor isocyaanzuur en $208 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor MDI (TNO rapport TNO2013 R10642). Opgemerkt wordt dat, genetische factoren mogelijk ook een rol kunnen spelen bij de kans dat personen gesensibiliseerd worden. Daarnaast is bekend dat er binnen de algemene populatie rekening moet worden gehouden met verschillen in gevoeligheid. Ondanks dat er geen drempelwaarde voor een inductie van sensibilisatie kan worden afgeleid, wordt de kans op inductie van sensibilisatie bij blootstelling aan de gemeten concentraties isocyanaten in de woonvertrekken ingeschat als klein tot afwezig, gezien de incidentele aard van de betreffende blootstelling en het feit dat deze concentraties zich ver beneden de genoemde grenzen bevinden. Als onzekerheid wordt opgemerkt dat de potentie tot sensibilisatie door isocyaanzuur onbekend is.

In het geval personen reeds gesensibiliseerd zijn voor een isocyaanaat, is het mogelijk dat allergische reacties kunnen optreden bij de gemeten concentraties die als belangrijkste gezondheidseffect kunnen leiden tot astmatische symptomen. Daarnaast is niet uit te sluiten dat effecten op de huid, zoals eczeem, jeuk en netelroos, en opgezwollen ledematen, kunnen optreden. Een ondergrens waarbij deze reacties bij een gesensibiliseerde persoon niet meer op zullen treden is niet te af te leiden uit de geraadpleegde literatuur en databases, en zal variëren van persoon tot persoon gelet op de verschillen in gevoeligheid tussen individuen. Er zijn ook aanwijzingen dat kruisreactiviteit tussen de verschillende isocyanaten kan

voorkomen. Daarmee is niet uit te sluiten dat bij personen die gesensibiliseerd zijn voor een bepaald isocyaanaat gezondheidsklachten kunnen optreden bij blootstelling aan een ander isocyaanaat.

Voor isocyaanzuur, die als hoogst gemeten isocyaanaat is gevonden, is geen informatie beschikbaar betreffende de potentie tot sensibilisatie en/of mogelijke kruisreactiviteit met andere isocyanaten bij gesensibiliseerde personen. Tevens zijn geen gevallen beschreven van incidentie van astma als gevolg van beroepsmatige isocyaanzuur blootstelling. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het zich niet voordoen van dergelijke gevallen het resultaat kan zijn van een beperkte blootstelling aan deze stof op de werkplek, of het niet aanwezig zijn van deze stof. Echter, gelet op de structuurverwantschap met andere isocyanaten, wordt verwacht dat isocyaanzuur dezelfde eigenschappen heeft als de andere isocyanaten en dat derhalve rekening moet worden gehouden met een potentie tot sensibilisatie en/of kruisreactiviteit met andere isocyanaten bij blootstelling.

6 Conclusies

De hoogst gemeten concentraties isocyanaten, blaasmiddelen en katalysatoren, zoals gemeten in de 3 woonruimten tijdens en direct na het aanbrengen van de SPF-vloerisolatie, leiden, afgezet tegen de door TNO bepaalde gezondheidskundige limietwaarden, in geen van de woningen tot een overschrijding van de betreffende limietwaarden.

Geconcludeerd kan worden dat bij blootstelling aan de blaasmiddelen en katalysatoren, zoals gemeten in de 3 woonruimten tijdens en direct na het aanbrengen van de SPF-vloerisolatie, geen acute of chronische gezondheidsrisico's te verwachten zijn, ook niet in het geval van een langdurige continue blootstelling.

Van verschillende isocyanaten is bekend of mag worden aangenomen, op basis van structuurverwantschap, dat deze sensibiliserend kunnen zijn. De door TNO afgeleide gezondheidskundige limietwaarden omvatten niet de eventuele gezondheidsrisico's in relatie tot een inductie van sensibilisatie ten gevolge van blootstelling aan isocyanaten. Voor isocyanaten zijn er onvoldoende gegevens beschikbaar om een drempelwaarde voor inductie van sensibilisatie te bepalen, waarbij opgemerkt moet worden dat het bekend is dat personen gesensibiliseerd kunnen raken bij een eenmalig hoge blootstelling aan isocyanaten. Ondanks dat er geen drempelwaarde voor een inductie van sensibilisatie kan worden afgeleid, wordt de kans op inductie van sensibilisatie bij blootstelling aan de gemeten concentraties isocyanaten in de woonvertrekken ingeschat als klein tot afwezig, gezien de incidentele aard van de betreffende blootstelling en het feit dat deze ver beneden een indicatieve sensibilisatiegrens voor enkelvoudige blootstelling liggen. Onzekerheid hierbij is de onbekende potentie tot sensibilisatie van isocyaanzuur.

Niet valt uit te sluiten dat eenmaal voor isocyanaten gesensibiliseerde personen als gevolg van blootstelling aan de concentraties isocyanaten zoals die zijn gemeten in de betreffende woningen kunnen reageren met allergische gezondheidsklachten.

Betreffende het huidige onderzoek kan geconcludeerd worden dat op basis van de metingen zoals uitgevoerd bij 3 woningen met betonnen vloeren, de gemeten concentraties van stoffen die tijdens en direct na aanbrengen van de SPF-vloerisolatie vanuit de SPF naar de woonkamer migreren op een dusdanig niveau zijn, dat deze niet verschillen van de gemeten achtergrondwaarden en/of dat slechts in uitzonderlijke gevallen, in casu in geval van een reeds voor isocyanaten gesensibiliseerd persoon, gezondheidseffecten verwacht zouden kunnen worden als gevolg van blootstelling aan deze stoffen. In hoeverre deze conclusie ook geldt voor andere typen woningen of omstandigheden bij het aanbrengen van SPF-vloerisolatie, is onzeker.

7 Ondertekening

Annex I: Meetresultaten individuele woningen

	Woning			Kruipruimte			Buitenlucht	
	A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ¹	B ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	B ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Achtergrond ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	144 uur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Isocyaanzuur								
achtergrond	0,078	0,066	0,115	0,016	0,019	<	0,042	0,017
tijd (uur)								
0	< ²	<	<					
1	<	<	<					
2	<	<	<					
4	<	<	<					
8	<	<	<					
12	0,232	0,095	0,167					
16	0,093	0,076	0,093					
20	0,077	0,868	0,082					
24	0,019	0,396	0,037					
48	<	0,032	0,041					
72	<	0,035	0,077					
144	0,025	0,052	0,061	<	<	<		
Methylisocyaanaat								
achtergrond	0,031	0,010	0,013	0,004	<	<	0,009	0,010
tijd (uur)								
0	0,014	<	0,007					
1	0,014	<	0,008					
2	0,013	<	0,009					
4	0,011	<	0,009					
8	0,009	<	0,007					
12	0,019	0,009	0,018					
16	0,011	<	0,013					
20	0,020	<	0,011					
24	0,033	0,008	0,009					
48	0,039	0,010	0,014					
72	0,039	0,008	0,013					
144	0,040	0,010	0,017	0,025	0,024	0,027		

	Woning			Kruipruimte			Buitenlucht	
	A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	B ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	B ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Achtergrond ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	144 uur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Fenylisocyaanaat								
achtergrond	0,006	<	0,007	<	<	0,005	0,002	<
tijd (uur)								
0	<	<	0,025					
1	<	<	0,023					
2	<	<	0,014					
4	<	<	<					
8	<	<	<					
12	<	<	<					
16	<	<	<					
20	<	<	<					
24	<	<	<					
48	<	<	<					
72	<	<	<					
144	<	<	<	<	<	<		
Difenylnmethaan diisocyaanaat (MDI)								
achtergrond	<	<	<	<	<	<	<	<
tijd (uur)								
0	0,022	<	0,251					
1	<	<	0,005					
2	<	<	<					
4	<	<	<					
8	<	<	<					
12	<	<	<					
16	<	<	<					
20	<	<	<					
24	<	<	0,025					
48	<	<	<					
72	0,001	<	<					
144	<	<	<	0,001	0,002	<		

	Woning			Kruipruimte			Buitenlucht	
	A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	B ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	B ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Achtergrond ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	144 uur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1,1,1,2,3,3,3-heptafluorpropan								
achtergrond	<	<	<	<	<	<	<	<
tijd (uur)	0	629	201	606				
	1	3333	866	1761				
	2	4986	1948	3499				
	4	6514	3733	6229				
	8	7266	6766	10726				
	12	6940	7923	12575				
	16	4169	8050	13403				
	20	4733	6441	12521				
	24	3314	3641	10531				
	48	1087	1343	6005				
	72	732	1369	3456				
	144	559	500	1682	1434	3537	2928	
1,1,1,3,3-pentafluorbutaan								
achtergrond	<	<	<	<	<	<	<	<
tijd (uur)	0	2065	1641	5221				
	1	6023	4653	16128				
	2	14343	11369	28465				
	4	30754	27307	52060				
	8	52282	53189	88070				
	12	60624	67714	109380				
	16	44552	72348	123415				
	20	58668	61042	118492				
	24	42949	37749	113228				
	48	24814	19878	94837				
	72	17924	22856	61958				
	144	13466	10856	29618	23456	57469	43973	

	Woning			Kruipruimte			Buitenlucht	
	A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	B ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	B ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Achtergrond ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	144 uur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Dimethylbenzylamine								
achtergrond	0,45	0,00	0,00	0,26	<	0,33	0,20	<
tijd (uur)	0	3,97	1,82	7,91				
	1	1,81	2,03	0,91				
	2	1,04	<	3,47				
	4	1,74	1,15	1,62				
	8	1,50	0,80	1,53				
	12	1,77	1,12	1,55				
	16	3,57	<	1,87				
	20	2,26	2,09	1,20				
	24	3,26	<	1,10				
	48	1,37	0,23	4,57				
	72	1,63	<	2,64				
	144	1,45	<	0,46	137,05	5,30	215,76	
N,N-Dimethylcyclohexylamine								
achtergrond	<	<	<	<	<	<	<	<
tijd (uur)	0	3,58	1,69	8,42				
	1	1,53	1,10	0,89				
	2	0,76	0,38	2,54				
	4	0,51	0,56	0,77				
	8	0,53	0,25	0,51				
	12	0,46	0,30	0,28				
	16	1,10	0,14	0,37				
	20	0,46	0,26	0,27				
	24	0,92	<	0,26				
	48	0,28	<	0,29				
	72	0,34	<	0,19				
	144	0,17	<	0,19	12,82	14,73	24,28	

	Woning			Kruipruimte			Buitenlucht	
	A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	B ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	B ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Achtergrond ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	144 uur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
N,N-Dimethylcyclohexylamine								
achtergrond	<	<	<	<	<	<	<	<
tijd (uur)	0	19,34	6,33	2,59				
	1	13,93	8,10	0,53				
	2	8,15	6,53	0,90				
	4	4,36	3,13	0,40				
	8	3,60	3,05	0,28				
	12	2,46	4,93	<				
	16	4,57	4,72	0,44				
	20	1,89	8,30	<				
	24	4,63	11,01	0,19				
	48	0,28	0,19	0,22				
	72	0,46	0,24	0,37				
	144	0,27	0,07	0,37	3,42	4,17	9,46	
2,2'-Iminodiethanol								
achtergrond	<	<	<	<	<	<	-	-
tijd (uur)	0	<	0,30	<				
	1	<	0,48	<				
	2	<	<	<				
	4	<	0,60	<				
	8	<	<	<				
	12	<	<	<				
	16	<	0,32	<				
	20	<	1,13	<				
	24	<	0,43	<				
	48	<	<	<				
	72	<	<	<				
	144	<	<	<	<	<	<	<

¹ microgram per kubieke meter.

² meting onder de detectiegrens.