

1 Gespoten PUR-schuimisolatie en gezondheid

CONCEPT

Samenvatting

Gespoten PUR-schuim wordt veel toegepast voor de isolatie van (vloeren van) woningen. Naar schatting zijn in Nederland zo'n 250.000 woningen ermee geïsoleerd. Diverse bewoners meldden daarna gezondheidsklachten. Onderzoek van TNO wees in 2013 uit dat een oorzakelijk verband tussen de isolatie met PUR-schuim en de klachten onwaarschijnlijk was, maar niet geheel uitgesloten kon worden. Sindsdien heeft de branche de richtlijnen verder aangescherpt en is er in 2016 een protocol voor medische diagnostiek opgesteld. Omdat de onrust bleef bestaan, heeft de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties de Gezondheidsraad gevraagd advies uit te brengen. Bij welke blootstelling en onder welke omstandigheden kunnen gezondheidsrisico's ontstaan bij bewoners door isolatie met gespoten PUR-schuim en in hoeverre zijn er groepen die extra gevoelig zijn? De Commissie Gespoten PUR-schuim van de raad heeft zich over deze vragen gebogen. De commissie heeft ook gekeken naar de gezondheidseffecten voor werknemers, omdat die relevant zijn bij de inschatting van de plausibiliteit van de gezondheidseffecten bij bewoners.

Juiste toepassing PUR-schuim belangrijk

Bij de isolatie met gespoten PUR-schuim worden ter plaatse (meestal in de kruipruimte) twee componenten samengevoegd die door chemische reactie uitharden tot een isolerende schuimlaag. De ene component bestaat uit isocyanaten en de andere is een mengsel van polyolen, katalysatoren, blaasmiddelen en vlamvertragers. Van isocyanaten en katalysatoren is bekend dat deze gevaarlijk zijn voor de gezondheid. Voor blootstelling van werknemers bestaan in sommige landen wettelijke grenswaarden; voor deze stoffen zijn die in Nederland nog niet van kracht. Voor bewoners bestaan er geen wettelijke grenswaarden, maar zijn er voor sommige stoffen wel advieswaarden ter bescherming van de gezondheid. Voor een schatting van risico's maakte de commissie gebruik van grenswaarden uit het buitenland en advieswaarden van verschillende instanties.

Omdat een deel van de grondstoffen van PUR-schuim gevaarlijke eigenschappen bezit, zijn er regels om de veiligheid van werknemers en bewoners te garanderen. Zo moet er ventilatie worden toegepast bij de werkzaamheden, mogen bewoners tot twee uur daarna niet thuis zijn en gebruiken werknemers persoonlijke beschermingsmiddelen. Voor gecertificeerde bedrijven (in 2019 meer dan 90%) gelden bovendien allerlei aanvullende eisen die ervoor moeten zorgen dat het proces goed en veilig verloopt.

Het is zeer belangrijk dat de chemische reactie bij de vorming van PUR-schuim goed verloopt en het schuim goed uithardt. Isocyanaten en een deel van de katalysatoren kunnen dan niet meer vrijkomen. Verloopt de chemische reactie niet goed, dan kunnen isocyanaten en ongewenste reactieproducten (waarvan sommige een vislucht veroorzaken) wel vrijkomen. De blaasmiddelen en vlamvertragers blijven in het schuim aanwezig en komen, ook uit goed uitgehard schuim, in de loop van de tijd langzaam en in lage concentraties vrij.

Blootstelling van bewoners laag, van werknemers hoog

Uit onderzoek blijkt dat blootstelling van bewoners aan gevaarlijke stoffen bij een juiste toepassing van PUR-schuim lager is dan de advieswaarden. Er zijn geen aanwijzingen dat lage concentraties blaasmiddelen schadelijk zijn voor de gezondheid, maar de langetermijneffecten daarvan zijn maar beperkt onderzocht. Verder verwacht de commissie niet dat PUR-schuimisolatie in de kruipruimte van een woning een substantiële bijdrage levert aan de blootstelling van bewoners aan vlamvertragers. Deze stoffen zitten namelijk in veel gangbare producten in de woning, zoals textiel, plastics, verf, meubels, elektrische apparatuur en matrassen.

Voor werknemers ligt dit anders. Onderzoek laat zien dat tijdens het spuiten de concentraties isocyanaten en katalysatoren in de kruipruimte aanmerkelijk hoger zijn dan bestaande buitenlandse grenswaarden. Ook worden hoge concentraties blaasmiddelen en vlamvertragers aangetroffen, waarvoor in veel gevallen geen grenswaarden bestaan. Uit buitenlands urineonderzoek komen aanwijzingen voor hoge inwendige blootstelling aan isocyanaten en vlamvertragers bij isoleerders. Onduidelijk is of dit ook in Nederland het geval is.

Meer melding van gezondheidsklachten bij bewoners dan bij werknemers

Van de gezondheidseffecten door blootstelling aan componenten van PUR-schuim is bekend dat isocyanaten astma, andere longaandoeningen, eczeem en netelroos kunnen veroorzaken. Het aantal beroepsziektemeldingen die verband houden met PUR-schuim is laag: tussen 2002 en 2019 ging het om 3 meldingen. Dit aantal is aanzienlijk lager dan op basis van de internationale literatuur te verwachten zou zijn. De commissie verwacht dat sprake is van onderrapportage en dat de cijfers onvolledig zijn.

Wel is er een flink aantal meldingen van gezondheidsklachten bij bewoners. Bij de GGD werden tussen 2011 en 2019 69 meldingen geregistreerd. Het is de bedoeling

1 dat alle meldingen (via de patiënt zelf of de huisarts) doorgegeven worden aan de
2 GGD. Die onderzoekt vervolgens of er een relatie is met PUR-schuim en adviseert
3 over de aanpak. In de praktijk krijgt de GGD niet alle klachten door. Een door PUR-
4 slachtoffers zelf in het leven geroepen meldpunt heeft tussen 2012 en 2019 322
5 meldingen geregistreerd van uiteenlopende klachten. Er is geen goed overzicht van
6 alle meldingen.

7 Ook een centrale registratie van medische diagnostiek ontbreekt. Bekend is dat bij het
8 AMC tot maart 2020 in totaal 22 mensen met klachten het medisch protocol hebben
9 doorlopen. De klachten waren divers en er zijn geen aandoeningen gediagnosticeerd
10 waarvan vaststaat dat ze verband houden met isocyanaten. ECEMed (een
11 expertisecentrum van ziekenhuis Rijnstate in Arnhem dat tot 2017 actief was) heeft
12 ongeveer 300 bewoners met klachten gezien en 53 daarvan volledig onderzocht. Dit
13 centrum hanteerde een eigen werkwijze die afweek van internationale richtlijnen. Bij
14 vrijwel alle bewoners die een volledig onderzoek bij ECEMed hebben ondergaan (49
15 van de 53 bewoners) werd een relatie met PUR-schuim gelegd, waarbij de meest
16 gestelde diagnose sensibilisatie van de slijmvliezen en/of huid voor componenten van
17 PUR-schuim was. Zowel ECEMed als het Meldpunt PUR-slachtoffers geven aan dat
18 bewoners vaak thuis waren tijdens de isolatiewerkzaamheden en dat het schuim niet
19 altijd goed was uitgehard.

20 **Gezondheidsrisico's voor bewoners bij juiste toepassing onwaarschijnlijk**

21 Bij een juiste toepassing van gespoten PUR-schuim is de blootstelling aan gevaarlijke
22 stoffen zeer laag en dan acht de commissie nadelige gezondheidseffecten voor
23 bewoners onwaarschijnlijk. Om verschillende redenen is het echter niet mogelijk om
24 dergelijke effecten uit te sluiten. Bij onjuiste toepassing nemen de risico's voor de
25 gezondheid van bewoners toe. Verder zijn van een aantal stoffen in PUR-schuim de
26 gezondheidseffecten onvoldoende bekend. Daarnaast worden de klachten en
27 aandoeningen van bewoners niet systematisch onderzocht en geregistreerd. Daardoor
28 is er geen duidelijk beeld van de aard en omvang van de problematiek onder bewoners
29 en blijft vaak onduidelijk of de klachten verband houden met de PUR-schuimisolatie of
30 dat de oorzaak ergens anders ligt. Er zijn geen hoogrisicogroepen bekend waarvoor
31 specifieke adviezen zouden moeten gelden.

32 **Veilige toepassing garanderen en registratie verbeteren**

33 De commissie vindt dat bewoners de garantie moeten krijgen dat isoleerders zich
34 conformeren aan de richtlijnen die gelden voor gecertificeerde bedrijven. Op die manier

1 is een juiste toepassing verzekerd en blijft de blootstelling aan gevaarlijke stoffen
2 binnen veilige grenzen. Verplichte certificering kan dit mogelijk bewerkstelligen. Niet
3 uitgehard schuim zou verwijderd moeten worden, onder dezelfde
4 veiligheidsvoorschriften als het spuiten van PUR-schuim.

5 Verder adviseert de commissie te zorgen voor centrale registratie van klachten en
6 aandoeningen van bewoners. Op die manier ontstaat ook inzicht in het verloop over de
7 tijd, bijvoorbeeld door inspanningen van de sector. Ook adviseert zij het medisch
8 protocol op onderdelen verder uit te werken en een blootstellingsonderzoek of een
9 chemisch onderzoek van het PUR-schuim in de woning hiervan deel te laten uitmaken.

10 Hoewel de commissie geen concrete aanwijzingen heeft voor gezondheidseffecten
11 door blaasmiddelen bij bewoners na isolatie met gespoten PUR-schuim, vindt zij nader
12 onderzoek naar de risico's van langdurige blootstelling aan lage concentraties van
13 deze stoffen gewenst.

14 Verder signaleert de commissie dat de blootstelling aan gevaarlijke stoffen bij PUR-
15 schuimisoleerders mogelijk hoog is. Zij adviseert de blootstelling en mogelijke
16 gezondheidseffecten bij werknemers nader te onderzoeken. Tot slot is extra aandacht
17 op zijn plaats voor opleiding en voorlichting over de mogelijke risico's van het werken
18 met gespoten PUR-schuim. Als werknemers bewust omgaan met de risico's, kan dat
19 niet alleen hun eigen risico verkleinen, maar ook dat van bewoners.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Naar schatting zijn in Nederland in totaal rond de 250.000 woningen met gespoten polyurethaanschuim (PUR-schuim) geïsoleerd.¹ Het gaat daarbij voornamelijk om isolatie van de vloer. Vanaf 2011 kregen isolatiebedrijven en GGD'en in Nederland meldingen van gezondheidsklachten bij bewoners van wie de huizen op deze manier waren geïsoleerd. De klachten betroffen voornamelijk luchtwegen, ogen en huid. De bewoners zelf schreven hun klachten toe aan de isolatie met PUR-schuim. Bij sommigen waren de klachten zo ernstig dat zij het PUR-schuim lieten verwijderen of elders gingen wonen. De kwestie kwam in de periode van 2012-2013 uitgebreid in het nieuws. Van de kant van deskundigen was er zowel steun voor als kritiek op het toeschrijven van de klachten aan gespoten PUR-schuim.² In de Verenigde Staten werden vergelijkbare gezondheidsklachten gerapporteerd na woningisolatie met gespoten PUR-schuim.^{3,4}

Op initiatief van GGD'en werd in 2012 een PUR-expertgroep opgericht. Deze adviseert lokale GGD'en over verder milieukundig onderzoek en medische diagnostiek bij PUR-schuimgerelateerde meldingen. In 2013 zetten bewoners met klachten een meldpunt op voor PUR-slachtoffers en richtten brancheorganisaties van PUR-schuimproducenten en isolatiebedrijven het Kennisplatform gespoten PUR-schuim op. TNO publiceerde in augustus 2013 resultaten van een onderzoek, uitgevoerd in opdracht van NUON-vloerisolatie.⁵ De conclusies luiden dat de hoogst gemeten concentraties tijdens en direct na het aanbrengen van PUR-schuim onder de door TNO afgeleide gezondheidkundige limietwaarden liggen en dat er geen acute en chronische gezondheidsrisico's te verwachten zijn. Het ontstaan van sensibilisatie bij de gemeten concentraties in de woonkamer achtte TNO onwaarschijnlijk, maar kon de organisatie ook niet helemaal uitsluiten, omdat er geen drempelwaarde voor sensibilisatie bekend is. Ook kon de organisatie niet uitsluiten dat al gesensibiliseerde personen bij de waargenomen concentraties kunnen reageren met allergische klachten.

De minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties wilde uit voorzorg de risico's minimaliseren. Hij legde in een reactie op het onderzoek van TNO de primaire verantwoordelijkheid voor het reduceren van de risico's bij de isolatiebranche.⁶ De certificeringsinstantie voor PUR-schuimverwerkers IKOB-BKB scherpte daarop de richtlijnen verder aan. Dat hield onder andere in dat tijdens werkzaamheden geforceerde ventilatie in kruipruimtes moet worden toegepast. Daarnaast moeten bewoners het advies krijgen om de woning te verlaten tijdens en tot twee uur na het aanbrengen van PUR-isolatie. De minister kondigde verder aan dat het Rijk een overleg zou faciliteren tussen betrokken instanties om tot een landelijke

klachtenregistratie te komen. Tevens werd er in opdracht van de minister een protocol voor medische diagnostiek van mogelijke gezondheidseffecten als gevolg van isolatie met gespoten PUR-schuim opgesteld door artsen van het VUmc en het AMC in Amsterdam en de GGD Groningen.⁷⁻⁹ Na nieuwe onrust onder bewoners verzocht de Tweede Kamer het kabinet om de Gezondheidsraad om advies te vragen over de mogelijke gezondheidseffecten van gespoten PUR-isolatie bij bewoners.¹⁰

1.2 Adviesvraag

In september 2018 heeft de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties de Gezondheidsraad om advies gevraagd over de effecten van woningisolatie met gespoten PUR-schuim op de gezondheid van bewoners. De minister vraagt bij welke mate van blootstelling er gezondheidsrisico's zijn voor bewoners van wie de woningen worden geïsoleerd met gespoten PUR-schuim en onder welke omstandigheden deze risico's zich kunnen voordoen. Ook vraagt zij in te gaan op de mogelijkheid dat bewoners tot een hoog-risico groep kunnen behoren door een hogere gevoeligheid, of een hogere blootstelling, in het bijzonder zwangere vrouwen, jonge kinderen, ouderen en chronisch zieken. De volledige tekst van de adviesvraag is te vinden op www.gezondheidsraad.nl.

1.3 De commissie

Voor de beantwoording van de vragen van de minister is de Commissie Gespoten PUR-schuim ingesteld. De commissie is samengesteld uit deskundigen met expertise in de medische wetenschappen, epidemiologie, toxicologie, chemie, risicoperceptie en milieukunde. Om tot een onafhankelijke evaluatie van beschikbare onderzoeksresultaten en protocollen te komen, is gekozen voor deskundigen die niet betrokken waren bij eerder onderzoek naar gespoten PUR-schuim of bij het opstellen van het medisch protocol. De samenstelling van de commissie is te vinden achterin dit advies.

1.4 Afbakening

De commissie heeft zich in dit advies uitsluitend gericht op gespoten PUR-schuim, dat in bestaande huizen als na-isolatie wordt toegepast. In nieuwbouwhuizen worden doorgaans kant-en-klare PUR-schuimplaten gebruikt die vooraf in een fabriek zijn geproduceerd. Het ter plaatse produceren en spuiten van PUR-schuim in een bestaande woning resulteert mogelijk in blootstellingen die zich niet voordoen bij het gebruik van PUR-schuimplaten. De focus van de commissie lag op vloerisolatie met

1 gespoten PUR-schuim, omdat deze vorm van isolatie met gespoten PUR-schuim in
2 Nederland het meest wordt toegepast, maar zij heeft toepassingen in de spouwmuur
3 en het dak ook meegenomen in de beschouwingen.

4 De focus van de commissie lag op de blootstelling van bewoners aan stoffen en
5 eventuele gevolgen voor hun gezondheid. Ze besteedde echter ook aandacht aan de
6 blootstelling van de isoleerders en/of eventuele assistenten, omdat zij vermoedelijk de
7 hoogst blootgestelde groep zijn ondanks het gebruik van persoonlijke
8 beschermingsmiddelen. Informatie over blootstelling en gezondheidseffecten bij
9 isoleerders is relevant voor het maken van een inschatting van de plausibiliteit van
10 gezondheidseffecten bij bewoners.

11 Bij de evaluatie van de risico's heeft de commissie rekening gehouden met juiste en
12 onjuiste uitvoering van isolatiewerkzaamheden met gespoten PUR-schuim. Met een
13 juiste uitvoering wordt bedoeld dat er volgens vastgestelde richtlijnen wordt gewerkt.
14 Het PUR-schuim wordt dan volgens de juiste bouwkundige procedures toegepast en bij
15 de uitvoering wordt rekening gehouden met de veiligheid van bewoners. In de praktijk
16 wordt niet altijd volgens deze richtlijnen gewerkt.

17 De commissie heeft alle mogelijke gezondheidseffecten meegenomen. De commissie
18 heeft zich in haar advies beperkt tot de gezondheidkundige kant van het vraagstuk.
19 De bouwkundige, duurzaamheids- en economische aspecten van woningisolatie met
20 gespoten PUR-schuim zijn buiten beschouwing gelaten.

21 **1.5 Werkwijze**

22 De commissie is het adviestraject gestart met een hoorzitting. Hier zijn diverse groepen
23 gehoord: bewoners met gezondheidsklachten die zij toeschrijven aan PUR-
24 schuimisolatie, de PUR-schuimisolatiebranche en medische deskundigen met
25 praktijkervaring op het gebied van PUR-gerelateerde klachten. Het doel van de
26 hoorzitting was het in kaart brengen van de context van het vraagstuk. De commissie
27 was geïnteresseerd in de perspectieven, vragen, zorgen en ervaringen van de
28 betrokkenen. De opstellers van het medisch protocol waren verhinderd tijdens de
29 bijeenkomst en zijn daarom in een latere commissievergadering gehoord.

30 De commissie heeft een systematisch literatuuronderzoek uitgevoerd naar studies op
31 het gebied van blootstelling aan stoffen bij isolatie met gespoten PUR-schuim en de
32 hieraan gerelateerde gezondheidseffecten bij bewoners. Daarnaast heeft de
33 commissie gezocht naar rapportages van onderzoeksinstellingen. Ook heeft ze in

1 verschillende talen (Nederlands, Engels, Frans, Duits) op internet (via Google) gezocht
2 naar PUR-schuimgerelateerde gezondheidsklachten. Een eerder advies van de
3 Gezondheidsraad over beroepsmatige blootstelling aan isocyanaten (een van de
4 grondstoffen van PUR-schuim) en het medisch protocol voor diagnostiek van
5 gezondheidsklachten in relatie tot PUR-schuim zijn meegenomen in de evaluatie.

6 De commissie heeft via veiligheidsbladen van fabrikanten informatie verzameld over de
7 grondstoffen van gespoten PUR-schuim en over stoffen die tijdens het proces van
8 PUR-schuim isolatie kunnen ontstaan. De samenstelling van gespoten PUR-schuim is
9 afhankelijk van het type PUR-schuim en de fabrikant. Daarnaast is de samenstelling
10 van PUR-schuim in de loop van de tijd veranderd. De stoffen die de commissie heeft
11 geëvalueerd zijn stoffen die zijn onderzocht in blootstellingsstudies en stoffen die op
12 recente veiligheidsbladen van leveranciers staan vermeld.¹¹⁻¹⁸

13 De commissie heeft de gezondheidsrisico's geëvalueerd door middel van een
14 risicobenadering.¹⁹ Daarbij is het uitgangpunt dat gezondheidsschade alleen kan
15 ontstaan als er sprake is van een bepaalde mate van blootstelling aan een stof die het
16 vermogen heeft om de gezondheid te schaden. De commissie heeft de risico's op
17 gezondheidsschade geëvalueerd op basis van de gevaareigenschappen van een stof,
18 de concentratie die veilig voor de gezondheid wordt geacht, en de mate van
19 blootstelling aan stoffen tijdens en na isolatie met gespoten PUR-schuim. De
20 commissie maakte hierbij gebruik van bestaande gezondheidkundige grenswaarden
21 en advieswaarden voor stoffen, voor zover deze beschikbaar zijn. Zij heeft zelf geen
22 grenswaarden afgeleid.

23 [Voor definitieve adviestekst: Er heeft een open consultatieronde plaatsgevonden,
24 waarbij belanghebbenden en deskundigen uitgenodigd werden om commentaar te
25 leveren op een conceptversie van het advies. Het concept was publiek beschikbaar,
26 dus ook andere geïntereseerden kregen de mogelijkheid om commentaar te leveren.
27 De commissie heeft de commentaren naar eigen inzicht verwerkt. De commentaren en
28 de reactie van de commissie staan op www.gezondheidsraad.nl. Een finale
29 conceptversie van het advies is getoetst door de beraadgroep van de
30 Gezondheidsraad.]

31 **1.6 Leeswijzer**

32 In hoofdstuk 2 beschrijft de commissie het chemische proces van PUR-schuimspuiten,
33 de stoffen die daarbij worden gebruikt of gevormd en de gevaareigenschappen
34 daarvan. In hoofdstuk 3 gaat zij in op de blootstelling van isoleerders en bewoners aan

1 deze stoffen en de risico's die daaruit voortvloeien. In hoofdstuk 4 beschrijft de
2 commissie de aantallen gezondheidsklachten en medische diagnoses in Nederland en
3 de registratie daarvan. In hoofdstuk 5 trekt zij conclusies en geeft zij advies over een
4 veilige toepassing van gespoten PUR-schuim.

5 In dit document beschrijft de commissie de gevaareigenschappen, de
6 blootstellingslimieten en het onderzoek naar blootstelling op hoofdlijnen. Uitgebreidere
7 informatie is te vinden in twee achtergronddocumenten: Gevaaraanduidingen en
8 blootstellingslimieten voor grondstoffen van gespoten PUR-schuim en Overzicht van
9 studies naar blootstelling en studies naar gezondheidsklachten na woningisolatie met
10 gespoten PUR-schuim.

11
12
13
14
15
16

CONCEPT

2 Chemische stoffen bij de productie van gespoten PUR-schuim en hun gevaareigenschappen

Gespoten PUR-schuim wordt gebruikt voor isolatie van woningen en wordt ter plaatse geproduceerd. Sommige van de grondstoffen van PUR-schuim zijn gevaarlijk voor de gezondheid (isocyanaten en sommige katalysatoren). Bij een onvolledige chemische reactie hardt het schuim niet goed uit en kunnen gevaarlijke stoffen aanwezig blijven. Daarnaast blijven ook in het uitgeharde schuim hulpstoffen aanwezig (katalysatoren, blaasmiddelen en vlamvertragers). Van sommige daarvan zijn de gevaareigenschappen maar beperkt onderzocht.

2.1 De grondstoffen en de chemische reactie

Gespoten PUR-schuim is een isolatiemateriaal dat wordt gebruikt voor isolatie van vloeren, muren en daken van woningen. In Nederland wordt de isolatie van de onderkant van de vloer het meest toegepast.²⁰ Een belangrijk voordeel van gespoten PUR-schuim ten opzichte van veel andere isolatiematerialen is dat het ter plaatse wordt gespoten en daarmee geschikt is voor het isoleren van ruimtes met alle mogelijke afmetingen en tevens voor het dichten van gaten, kieren en scheuren. Gespoten PUR-schuim wordt voornamelijk toegepast als na-isolatie bij bestaande woningen met een bouwjaar tussen 1950 en 1985.

PUR-schuim wordt ter plaatse geproduceerd door menging van twee componenten; de isocyanaatcomponent en de polyolcomponent. De isocyanaatcomponent bevat ongeveer gelijke delen van monomere (twee-ringsstructuur) en oligomere (drie-, vier-, en vijf-ringsstructuren) isocyanaten. De samenstelling van het polyolmengsel varieert per product en per fabrikant. Het bestaat voornamelijk uit polyolen, vlamvertragers, blaasmiddelen en katalysatoren. De twee componenten worden in het spuitpistool gemengd, op de juiste temperatuur gebracht en opgespoten. In de minuscule druppeltjes die uit de spuitmond komen, de aerosolen, vindt de exotherme (warmteproducerende) reactie plaats waarbij de isocyanaten met de polyolen polymeriseren. De druppeltjes zetten zich af op het bespoten oppervlak en versmelten daar tot een schuim dat geleidelijk uithardt. De katalysatoren starten en versnellen de chemische reactie. Sommige typen reageren weg en andere blijven als zodanig in het schuim aanwezig. De blaasmiddelen vormen de vulling van de cellen van het uitgeharde schuim en blijven grotendeels aanwezig. Vlamvertragers blijven ook in ongewijzigde vorm aanwezig. Door de grote reactiviteit van isocyanaten zal, onder de juiste omstandigheden, de reactie tussen isocyanaten en polyolen binnen enkele minuten na het sprayen plaatsvinden. De volledige uitharding duurt langer en is afhankelijk van het type schuim, de laagdikte, de temperatuur en de luchtvochtigheid.²¹

1 Er bestaat geslotencellig en opencellig PUR-schuim. In geslotencellig PUR-schuim
2 worden fluorkoolwaterstoffen of recenter hydrofluoroolefins als blaasmiddel gebruikt.
3 Opencellig schuim bevat water dat door reactie met het isocyanaat CO₂ vormt en zo
4 als blaasmiddel fungeert.²² In Nederland werd tot voor kort alleen geslotencellig schuim
5 gebruikt, maar recent zijn er ook aanbieders van opencellig schuim. In de Verenigde
6 Staten en Canada wordt al langer opencellig schuim toegepast.

7 **2.2 Randvoorwaarden en kwaliteitseisen bij het spuiten van PUR-schuim**

8 De productie van gespoten PUR-schuim voor woningisolatie vindt plaats onder
9 variabele condities, zeker vergeleken met de strikt gecontroleerde condities bij de
10 productie van PUR-schuimplaten in de fabriek. Extra zorg zal daarom moeten worden
11 besteed aan de omstandigheden en het verloop van het spuitproces ter plaatse.

12 Sommige grond- en hulpstoffen van PUR-schuim zijn gevaarlijk. Daarom is het van
13 belang dat ze veilig worden opgeslagen en vervoerd en dat de isoleerders weten hoe
14 zij ermee om moeten gaan. Verder is het bij de toepassing van gespoten PUR-schuim
15 van essentieel belang dat de chemische reactie goed verloopt. In dat geval reageren
16 alle isocyanaten met polyolen en worden ze onderdeel van de polymeerstructuur. Een
17 onvolledig of onjuist verloop van de chemische reactie kan leiden tot emissies van
18 overgebleven isocyanaten of ongewenste reactieproducten waarvan sommige
19 (amines) stank in de vorm van een sterke vislucht veroorzaken.^{3,23} De mengverhouding
20 van de grondstoffen, mate van menging, laagdikte, temperatuur en vochtigheid zijn
21 factoren die invloed hebben op het verloop van de polymerisatie-reactie van PUR-
22 schuim.²³ Een te hoge temperatuur kan leiden tot het ontstaan van andere vluchtige
23 reactieve stoffen zoals monoisocyanaten.²⁴

24 Sinds juli 2020 is er aanvullende regelgeving over isolatie met gespoten PUR-schuim
25 van kracht via het Bouwbesluit 2012.²⁵ Deze is bedoeld om de veiligheid van
26 isoleerders en bewoners te waarborgen. De regels schrijven voor dat geforceerde
27 ventilatie wordt toegepast tijdens de werkzaamheden en dat bewoners tijdens de
28 werkzaamheden en twee uur daarna niet in de woning aanwezig mogen zijn. Voor
29 veilig werken met stoffen is de sector zelf verantwoordelijk. Isoleerders zijn daarbij
30 aangewezen op de veiligheidsinformatiebladen en eventuele overige informatie van de
31 leverancier. Gecertificeerde bedrijven volgen daarnaast de bouwkundige
32 randvoorwaarden en proceseisen die zijn beschreven in de beoordelingsrichtlijnen en
33 uitvoeringsrichtlijnen van certificerende instellingen.²⁶⁻²⁸ Volgens het Kennisplatform
34 gespoten PUR-schuim was in oktober 2019 meer dan 90% van alle bedrijven in de
35 branche gecertificeerd. De eisen gesteld aan het proces richten zich onder meer op de

specificaties voor de apparatuur, de mengverhouding van de twee componenten, de omstandigheden (temperatuur en vocht) voor en tijdens het spuiten, de wijze van aanbrengen van het schuim (in lagen van een bepaalde dikte), en een controle van het eindproduct. De richtlijnen bevatten ook aanwijzingen. Daarnaast richten de eisen zich op het dichten van kieren tussen de woning en de kruipruimte en op een blijvende ventilatie van de kruipruimte zelf. Tevens bevatten de richtlijnen instructies voor de bescherming van werknemer en bewoners. Vanaf 2021 moeten alle PUR-schuimisolatieproducten van gecertificeerde bedrijven bovendien voldoen aan de door de branche geïnitieerde richtlijn emissieveiligheid. De richtlijn beschrijft dat het emissieonderzoek in een testruimte onder gestandaardiseerde omstandigheden wordt gedaan. De concentraties van isocyanaten en (semi)vluchtige organische stoffen moeten worden bepaald vanaf twee uur na het spuiten. De grenswaarden die gebruikt worden om de concentraties stoffen aan te toetsen zijn ook beschreven in de richtlijn.

2.3 Gevaareigenschappen van stoffen in PUR-schuim

Om mensen te waarschuwen voor gevaren van stoffen worden deze op grond van hun gevaareigenschappen geclassificeerd. De commissie gaat uit van bestaande Europese geharmoniseerde classificatie en labelling voor gevaarlijke stoffen zoals wettelijk voorgeschreven voor etikettering van stoffen door de Europese Unie. De classificatie is vereist voor stoffen die kankerverwekkend, mutageen (beschadigend voor het DNA) of reproductietoxisch (schadelijk voor de voortplanting) zijn en voor inhalatieallergenen. Alle fabrikanten van chemische stoffen zijn verplicht om deze classificatie en labelling toe te passen. De stofkarakteristieken en de classificaties van de bij de productie van gespoten PUR-schuim betrokken chemische stoffen zijn hieronder in het kort per stofgroep beschreven. De classificaties van stoffen zijn uitgebreider weergegeven in het achtergronddocument Gevaaraanduidingen en blootstellingslimieten voor grondstoffen van gespoten PUR-schuim.

2.3.1 Isocyanaten en afbraak/reactieproducten

Isocyanaten zijn vluchtige organische stoffen die een of meer reactieve isocyanaatgroepen (NCO) hebben. In gespoten PUR-schuim wordt het isocyanaat methyleendifenyldiisocyanaat (MDI) als grondstof gebruikt. MDI is een diisocyanaat, wat betekent dat het twee isocyanaatgroepen heeft. De grondstof wordt ook wel polymere MDI (pMDI) genoemd, omdat het een mengsel is van ongeveer gelijke

hoeveelheden MDI monomeren (tweeringsstructuur) en oligomeren (drie-, vier-, en vijftringsstructuren).²²

Tijdens de PUR-vorming kunnen, afhankelijk van de exacte omstandigheden, verschillende reactieproducten ontstaan. Thermische degradatie van het diisocyaan MDI kan resulteren in de vorming van diverse monoisocyanaten (methyl-, ethyl-, fenyl-, propylisocyaan- en isocyaanzuur).^{24,29} Isocyanaten die niet snel met polyolen reageren zullen met andere stoffen reageren, zoals met water.³⁰⁻³² Bij die reactie wordt methyleendiphenyldiamine (MDA) gevormd. In de juiste omstandigheden reageert MDA vervolgens verder met MDI tot een polyurea dat net als het polyurethaan in PUR-schuim een stabiel polymeer is. Bij onvoldoende beschikbaar MDI kan bij deze reactie echter MDA overblijven.^{31,33} MDA is een vaste stof met een hoog kookpunt. In tegenstelling tot MDI blijft MDA lang aanwezig (maanden).³¹

MDI is irriterend voor luchtwegen, huid en ogen. MDI is acuut toxisch (giftig) voor de luchtwegen. Het wordt verdacht van het veroorzaken van kanker en het kan schade aan organen veroorzaken bij langdurige of herhaalde blootstelling. Blootstelling aan MDI kan ook leiden tot allergische reacties van de luchtwegen na eerdere blootstelling van de luchtwegen en huid.³⁴ Het amine MDA is acuut toxisch, kankerverwekkend en mutageen en kan een allergische huidreactie geven. Van de monoisocyanaten is alleen voor methylisocyaan een geharmoniseerde classificatie van toepassing. Methylisocyaan is acuut toxisch bij huidcontact en bij inademing, is irriterend en sensibiliserend voor huid en luchtwegen, toxisch voor de voortplanting en het kan ernstig oogletsel veroorzaken. Sensibilisatie voor isocyanaten ontstaat over het algemeen bij herhaalde blootstellingen gedurende een periode van enkele weken tot maanden.³⁵ Na sensibilisatie ontstaat, bij hernieuwd contact, een heftiger reactie op de stof. Het is niet precies duidelijk in hoeverre blootstelling aan hoge piekconcentraties bijdraagt aan het ontstaan van sensibilisatie.^{36,37} In de literatuur is meermaals beschreven dat een eenmalige piekblootstelling na langdurige lage blootstellingen, een trigger kan zijn voor sensibilisatie.³⁸ Daarnaast kan een eenmalige hoge blootstelling aan isocyanaten leiden tot blijvend astma.³⁴

2.3.2 Polyolen

Polyolen (poly-alcoholen) zijn doorgaans lange koolstofketens met meerdere hydroxylgroepen die een reactie aangaan met MDI. MDI fungeert hierbij als verbinding tussen de lange koolstofketens waardoor er hard PUR-schuim ontstaat. Polyolen zijn niet vluchtig en worden in het algemeen beschouwd als stoffen met een zeer lage toxiciteit. Polyolen verspreiden zich vrijwel uitsluitend in de vorm van aerosolen tijdens

de toepassing. Bij blootstelling aan hoge concentraties via aerosolen kunnen polyolen mogelijk wel irriterend zijn.³⁹ Bisfenol A wordt als polyol door sommige fabrikanten in kleine hoeveelheden gebruikt (0,3-1,0% van het gewicht van de polyolcomponent).¹⁷ Bisfenol A is geclassificeerd als schadelijk voor de vruchtbaarheid. Daarnaast kan blootstelling aan bisfenol A leiden tot schade aan de ogen, allergische huidreacties en irritatie van de luchtwegen.⁴⁰ Er bestaan binnen de EU beperkingen voor het gebruik van bisfenol A.

2.3.3 Katalysatoren

Katalysatoren zijn in wisselende hoeveelheden aanwezig in het polyolmengsel (<0,5-10%). Er worden verschillende types katalysatoren in PUR-schuim gebruikt: amines en organotinverbindingen. Amines zijn vluchtig. Er bestaan reactieve en niet-reactieve vormen. De reactieve aminekatalysatoren reageren met isocyanaten tot een stabiele ureumverbinding. Zij fungeren als starters van de polymerisatie reactie, waarna de reactie verder gaat met de polyolen.^{22,23} Andere aminekatalysatoren en organotinverbindingen (lipofiele vloeistoffen) zijn niet reactief en blijven als zodanig aanwezig in het PUR-schuim.²² Zij versnellen de polymerisatiereactie.

Van een aantal katalysatoren die in PUR-schuim worden gebruikt zijn gegevens over toxiciteit beschikbaar (DMEA, 2,2'-iminodiethanol, benzyldimethylamine, bis(2-dimethylaminoethyl) (methyl)amine) maar van andere niet. Huidcorrosie/irritatie en acute toxiciteit bij huidcontact en bij inademing kunnen optreden. 2,2'-iminodiethanol is bij herhaalde blootstelling daarnaast schadelijk voor de ogen en organen. De organotinverbinding dibutyltindilauraat wordt verdacht van het veroorzaken van genetische schade, kan vruchtbaarheid schaden en is schadelijk voor het immuunsysteem bij herhaalde blootstelling.

2.3.4 Blaasmiddelen

De polyolcomponent van PUR-schuim bestaat voor 10-25% uit blaasmiddelen.¹³⁻¹⁸ In Nederland worden fluorkoolwaterstoffen (HFK's) of hydrofluoroolefins (HFO's) als blaasmiddel gebruikt. HFK's zijn sterke broeikasgassen die relatief lang in de atmosfeer blijven.⁴¹ Vanwege deze milieueffecten is per 2023 het gebruik van deze blaasmiddelen voor gespoten vloerisolatie verboden. Momenteel gaat de branche over op het gebruik HFO's.^{42,43} HFK's en HFO's reageren niet met andere stoffen, maar blijven deels aanwezig doordat ze na polymerisatie en uitharden van het schuim zijn opgesloten in het schuim. De blaasmiddelen zijn gasvorming en kunnen door diffusie in de loop van de tijd (jaren) langzaam vrijkomen uit het schuim of sneller bij

1 beschadiging van het schuim.⁴⁴ Sommige soorten geslotencelligschuim, en
2 opencelligschuim dat in Nederland nog maar sinds kort wordt toegepast, bevatten geen
3 fluorkoolwaterstoffen.^{22,42}

4 Op basis van de chemische eigenschappen van HFK's,⁴⁵ dierexperimentele
5 toxiciteitsstudies^{46,47} en acute humane blootstellingsstudies⁴⁸ wordt de toxiciteit van
6 HFK's ingeschat als laag. Van de HFO die wordt gebruikt in PUR-schuim wordt
7 verondersteld dat lage concentraties duizeligheid kunnen geven en hogere
8 concentraties tot irritatie van huid en ogen kunnen leiden.⁴⁹ De toxiciteit van HFO is
9 echter nog onvoldoende onderzocht, vooral de toxiciteit bij langdurige blootstelling.^{47,49}

10 **2.3.5 Vlamvertragers**

11 In de polyolmengsels voor de productie van PUR-schuim zijn vlamvertragers in grote
12 hoeveelheid aanwezig (10-50%).¹²⁻¹⁸ In PUR-schuim worden vooral gechloreerde
13 organofosfaten (tris-(1-chloro-2-propyl) fosfaten (TCPP)) toegepast. Deze
14 organofosfaten vervangen de, sinds 2005 verboden, broomhoudende vlamvertragers.⁵⁰
15 Gechloreerde organofosfaten zijn normaal gesproken niet vluchtig behalve bij hogere
16 temperaturen, zoals misschien tijdens de polymerisatiereactie. Aangenomen wordt dat
17 ze zich tijdens het spuiten vooral verspreiden via aerosolen en niet als damp.
18 Vlamvertragers blijven na de polymerisatiereactie ongebonden in en op het PUR-
19 schuim aanwezig, wat nodig is voor hun brandwerende functie. Van gechloreerde
20 organofosfaten zijn geen Europese geharmoniseerde classificaties voor
21 gezondheidsrisico's beschikbaar. Door de EPA wordt TCPP wel geclassificeerd als
22 gevaarlijk vanwege negatieve effecten op de vruchtbaarheid.⁵¹ Ook heeft ECHA
23 vanwege dezelfde negatieve effecten op de vruchtbaarheid en ontwikkeling een
24 beperking geadviseerd op gebruik van TCPP en andere vlamvertragers in flexibele
25 polyurethaanproducten (babyverzorgingsartikelen en meubilair in woningen).⁵²

26 **2.4 Grenswaarden en gezondheidkundige advieswaarden**

27 Voor werkgerelateerde blootstellingen aan chemische stoffen worden in Europese
28 landen en in de Verenigde Staten wettelijk verankerde gezondheidkundige
29 grenswaarden vastgesteld. Deze wettelijke grenswaarden gelden echter alleen voor
30 blootstelling aan stoffen op het werk. Voor de algemene bevolking bestaan er geen
31 wettelijke grenswaarden. Wel hebben verschillende instanties advieswaarden afgeleid
32 die gebruikt worden om de gezondheid van de algemene bevolking te beschermen.

1 De commissie heeft gebruik gemaakt van reeds bestaande advies- en grenswaarden
2 (beschreven in het achtergronddocument Gevaaraanduidingen en
3 blootstellingslimieten voor grondstoffen van gespoten PUR-schuim). Echter, voor lang
4 niet alle stoffen zijn grens- of advieswaarden beschikbaar. De commissie heeft bij het
5 ontbreken ervan niet zelf grens- of advieswaarden afgeleid. Over het afleiden van
6 grenswaarden is altijd veel discussie. Vaak zijn grenswaarden gebaseerd op
7 dierexperimenteel onderzoek. Zowel bij de selectie van relevante studies als bij de
8 vertaling van resultaten naar grenswaarden voor de mens moeten dus de nodige
9 keuzes worden gemaakt. Als gevolg van verschillende keuzes kunnen grenswaarden
10 van verschillende instanties van elkaar verschillen. In het kader van de Europese
11 verplichte registratie van chemische stoffen (*Registration, Evaluation, Authorisation*
12 *and Restriction of Chemicals Regulation*, REACH) worden door de industrie zelf ook
13 advieswaarden afgeleid voor chemische stoffen. Deze kunnen voor isoleerders of voor
14 algemene bevolking zijn bedoeld. De mate van onderbouwing en daarmee de kwaliteit
15 van deze advieswaarden loopt uiteen en ze hebben geen wettelijke status.

16 Grenswaarden zijn in principe bedoeld voor bescherming van mensen tegen alle
17 mogelijke nadelige gezondheidseffecten. Voor allergenen zoals isocyanaten bieden
18 grenswaarden onvoldoende bescherming voor mensen die al gesensibiliseerd zijn.
19 Omdat er voor het ontwikkelen van sensibilisatie in de praktijk geen drempelwaarde is
20 vast te stellen, leidt de Gezondheidsraad voor allergene stoffen een advieswaarde af
21 die overeenkomt met een 1% toename van het aantal gesensibiliseerden onder
22 isoleerders, ten opzichte van de algemene populatie.³⁶ Op Europees niveau is een
23 dergelijke aanpak recent ook geadviseerd.³⁷ De grenswaarden op basis van
24 risicoschattingen voor isocyanaten zijn momenteel nog niet wettelijk van kracht. In
25 Nederland wordt een wettelijke grenswaarde op basis van deze risicoschattingen in de
26 nabije toekomst verwacht. Voor isocyanaten adviseert de Gezondheidsraad bovendien
27 een huidnotatie, wat inhoudt dat blootstelling via de huid systemische effecten kan
28 veroorzaken en daarom vermeden moet worden.³⁶

29 Als er een wettelijke grenswaarde is, zijn werkgevers volgens de Arbowet verplicht om
30 maatregelen te nemen om onder de grenswaarde te blijven. De arbeidshygiënische
31 strategie schrijft voor dat maatregelen voor de reductie van blootstelling aan de bron en
32 via afscherming of afzuiging allereerst worden toegepast. Als de wettelijke
33 grenswaarde dan nog steeds wordt overschreden, moeten persoonlijke beschermende
34 middelen worden gebruikt. Bij isolatiewerkzaamheden met gespoten PUR-schuim
35 wordt ventilatie van de kruipruimte in combinatie met het gebruik van persoonlijke
36 beschermende middelen ingezet om de werknemer te beschermen.

3 Blootstelling en risico's

De blootstelling van bewoners aan gevaarlijke stoffen (isocyanaten en katalysatoren) is bij juiste toepassing van gespoten PUR-schuim lager dan bestaande advieswaarden. Gezondheidseffecten als gevolg van deze stoffen zijn bij hen dan niet waarschijnlijk. Bij onjuiste toepassing neemt de kans op gezondheidseffecten toe. Na het (juist) aanbrengen van PUR-schuim, komen blaasmiddelen over een langere tijd geleidelijk vrij. Er zijn geen concrete aanwijzingen dat blaasmiddelen schadelijk zijn voor de gezondheid, maar de eventuele gevolgen van langdurige blootstelling zijn maar beperkt onderzocht.

Tijdens het spuiten zijn de concentraties gevaarlijke stoffen in de ruimte van de werkzaamheden aanmerkelijk hoger dan de (in het buitenland geldende) wettelijke grenswaarden. Ook hoge concentraties van blaasmiddelen en vlamvertragers worden aangetroffen waarvoor in veel gevallen geen grenswaarden bestaan. Uit het buitenland komen aanwijzingen voor hoge inwendige blootstelling aan isocyanaten en vlamvertragers bij isoleerders.

3.1 Blootstelling en risico's bij isoleerders

De commissie heeft eerst de blootstelling en risico's bij isoleerders geïnventariseerd, omdat deze informatie relevant is voor het maken van een inschatting van de plausibiliteit van gezondheidseffecten bij bewoners. Daarnaast is deze informatie natuurlijk van belang voor het schatten van risico's voor de isoleerders zelf. De isoleerders die de isolatiewerkzaamheden uitvoeren, zijn namelijk het hoogst blootgesteld, ondanks hun gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen. Zij werken met de grondstoffen en doen het spuitwerk waarbij aerosolen ontstaan. Het gaat veelal om werkzaamheden in een kleine ruimte waarbij de concentraties stoffen in de lucht snel kunnen toenemen. De spuitser wordt meestal geassisteerd door een tweede werknemer die, in het geval van werkzaamheden in de kruipruimte, buiten bij de toegang of bij de mengapparatuur staat. De commissie beschrijft hieronder de beschikbare gegevens over blootstelling van isoleerders tijdens de isolatiewerkzaamheden aan de verschillende stoffen. De commissie heeft telkens de laagste beschikbare, en daarmee de voorzichtigste, grens- of advieswaarde als uitgangspunt genomen voor haar schatting van de gezondheidsrisico's van stoffen. De commissie heeft waar mogelijk de verschillende grenswaarden voor luchtweg- en huidblootstelling en voor acute en lange termijn blootstelling gebruikt. Tevens heeft zij

waar mogelijk onderscheid gemaakt tussen de geldende grens- en advieswaarden voor isoleerders en voor de algemene bevolking.

3.1.1 Isocyanaten en reactieproducten

De hoogst gemeten concentraties MDI op de werkplek tijdens isolatiewerkzaamheden met gespoten PUR-schuim variëren sterk, van enkele microgrammen per kubieke meter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)^{53,54} tot boven $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ^{22,55-59} en zelfs boven $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.⁶⁰ Daarmee komen de concentraties in de lucht in de meeste gevallen ruim boven de laagste grenswaarden voor acute blootstelling van isoleerders uit ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en zelfs boven de hoogste wettelijke grenswaarde ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Met de meetmethoden voor MDI in de lucht worden alleen de monomere en niet de oligomere MDI-moleculen gedetecteerd. Hiermee wordt de totale blootstelling aan isocyanaatverbindingen dus onderschat.^{55,61} Het meten van de totale hoeveelheid aanwezige isocyanaatverbindingen zou dit probleem oplossen.^{55,61} Deze methode is echter nog niet toegepast in onderzoeken naar blootstelling bij PUR-schuimisolatie. Op basis van een klein aantal studies waarbij een aantal specifieke oligo- of polymeren van MDI tijdens isolatiewerkzaamheden zijn onderzocht, blijkt dat de concentraties ook boven de wettelijke grenswaarde voor acute blootstelling aan oligomere isocyanaten liggen ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).^{22,55,60} Blootstelling aan monoisocyanaten tijdens isolatiewerkzaamheden is slechts in een klein aantal studies onderzocht, maar lijkt er nauwelijks te zijn.^{5,55,59} In een enkel geval zijn er concentraties phenylisocyanaat gemeten boven de grenswaarde.⁵⁵ Ook MDA is nauwelijks detecteerbaar in lucht en op de handschoenen van isoleerders.⁵⁵

In sommige gevallen waarbij grenswaarden voor MDI tijdens de isolatiewerkzaamheden werden overschreden, werd geen geforceerde ventilatie toegepast, wat volgens huidige richtlijnen verplicht is. Er zijn echter ook grenswaarden overschreden terwijl er wel geforceerde ventilatie is toegepast.^{22,59} Eén studie laat bovendien zien dat bij een kortdurende hapering in de ventilatie (gedurende 10 minuten) de concentratie MDI in de kruipruimte snel kan oplopen.⁵⁹

De concentraties MDI op de werkplek tijdens PUR-schuimisolatiewerkzaamheden zijn hoog vergeleken met concentraties bij andere industriële werkzaamheden, zoals het plaatsen en lijmen van autoruiten⁶² en chemische isocyanaatproductie.⁶³ Daar liggen

1 de hoogst gemeten concentraties MDI onder de laagste grenswaarde voor acute
2 blootstelling ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

3 De concentraties in de lucht zijn niet representatief voor de werkelijke blootstelling van
4 isoleerders aangezien zij adembescherming en beschermende kleding gebruiken. In
5 een Amerikaanse studie zijn inwendige blootstellingen aan isocyanaten bepaald aan
6 de hand van MDA in urine, een biomarker van MDI. Bij alle isoleerders werd MDA in de
7 urine gedetecteerd en in 25% van gevallen was de concentratie boven de
8 referentiewaarde van de *UK Health and Safety Executive* ($1 \mu\text{mol MDA/mol creatinine}$
9 in de urine).⁵⁵ Op basis van een studie waarbij MDI-metingen op de handschoenen zijn
10 gedaan en een studie naar doorlaatbaarheid van verschillende materialen kan worden
11 geconcludeerd dat beschermende handschoenen en kleding een aanzienlijke reductie
12 in de huidblootstelling geven.⁶⁴ Toch wordt geschat dat de hoogst gemeten
13 blootstellingen voldoende zijn om sensibilisatie via de huid te veroorzaken, door de
14 handschoenen heen.⁵⁵ Ook de associaties tussen blootstelling aan isocyanaten en
15 gezondheidsrisico's die gevonden zijn bij Nederlandse werknemers van verfspuiterijen
16 die persoonlijke beschermende middelen gebruiken tonen aan dat de bescherming
17 onvoldoende is.⁶⁵ Er is door meerdere onderzoekers op gewezen dat de effectiviteit
18 van persoonlijke beschermende middelen onvoldoende is onderzocht.^{61,66} Aan
19 standaardisatie van onderzoeksmethodes voor biomonitoring van isocyanaten wordt
20 gewerkt.⁶⁷

21 3.1.2 Polyolen

22 De commissie heeft geen studies gevonden naar concentraties polyolen in de lucht
23 tijdens PUR-schuimisolatie. Op basis van de chemische eigenschappen van polyolen
24 (lage vluchtigheid) en een studie naar emissies uit PUR-schuim direct na toepassing
25 kan gesteld worden dat blootstelling aan polyolen na PUR-schuim isolatie niet
26 waarschijnlijk is.²³ Isoleerders kunnen daarentegen wel tijdens toepassing worden
27 blootgesteld aan polyolen door inademing van of huidcontact met aerosolen.

28 3.1.3 Katalysatoren

29 In een aantal studies zijn concentraties (van verschillende) aminekatalysatoren
30 bepaald in de lucht in de ruimte van toepassing tijdens en na isolatie met PUR-schuim.
31 Er zijn geen gegevens over potentiële huidblootstelling. In drie van de vier studies
32 bleek dat de hoogst gemeten concentraties van de katalysator BDMAEE tijdens en in
33 de uren na het spuiten boven grenswaarden voor acute blootstelling voor werknemers
34 lagen.^{22,54,68,69} Ook DMEA- en cyclohexyldimethylamineconcentraties tijdens

1 isolatiewerkzaamheden waren hoger dan bestaande grenswaarden voor acute
2 blootstelling.^{53,59} In de studies waarin TMAEEA is bepaald bleken aanzienlijke
3 concentraties aanwezig te zijn in de ruimte van werkzaamheden, maar er zijn geen
4 grenswaarden voor deze stof.^{22,53,54} Dagen en maanden na isolatie zijn hoogst
5 gemeten concentraties katalysatoren ruim onder grenswaarden voor chronische
6 blootstelling.^{5,53,70,71} Concentraties in de lucht zijn geen goede indicatie voor de
7 blootstelling van werknemers omdat zij persoonlijke beschermende middelen
8 gebruiken. De commissie heeft geen gegevens over inwendige blootstelling gevonden
9 bij isoleerders.

10 **3.1.4 Blaasmiddelen**

11 In de studies waarin blaasmiddelen zijn onderzocht, waren concentraties detecteerbaar
12 tot een aantal grammen per m³ in de ruimte van de toepassing tijdens het
13 spuiten.^{22,53,58-60} Voor de meeste blaasmiddelen zijn echter geen wettelijke
14 grenswaarden beschikbaar. In één studie waarin PUR-schuim met het blaasmiddel
15 1,1,1,2-tetrafluorethaan (HFC-134a) was toegepast, werden tijdens het spuiten
16 concentraties blaasmiddel gemeten die hoger waren dan de laagste wettelijke
17 grenswaarde voor acute blootstelling.²² De commissie heeft geen gegevens over
18 inwendige blootstelling gevonden bij isoleerders. Uit een kortdurend inhalatieonderzoek
19 naar blaasmiddelen blijkt dat concentraties blaasmiddelen in het bloed kort na het
20 beeindigen van de blootstelling snel dalen (via uitademing). Daarna is de afname veel
21 langzamer.⁷² Het is niet bekend wat de effecten zijn bij isoleerders die herhaald worden
22 blootgesteld.

23 **3.1.5 Vlamvertragers**

24 In de studies waarin concentraties vlamvertrager TCPP ^{22,54,58,59,73,74} of TEP ⁵³ in de
25 lucht in de ruimte van werkzaamheden zijn bepaald tijdens de isolatie, werden
26 concentraties in milligrammen per m³ gemeten. Over mogelijke gezondheidseffecten
27 van de in PUR-schuim gebruikte vlamvertragers is momenteel nog weinig bekend en er
28 zijn geen wettelijke grenswaarden afgeleid. Bij één van de studies met TCPP-
29 gegevens is er een concentratie gemeten tijdens het spuiten boven de acute
30 advieswaarde voor werknemers.⁵⁹

31 De auteurs van twee studies waarbij concentraties TCPP in de lucht en op de
32 handschoenen en biomarkers van TCPP in urine zijn bepaald concluderen dat de
33 blootstelling via de huid mogelijk de belangrijkste blootstellingsroute is voor isoleerders
34 bij PUR-schuim isolatie.^{73,74} Ondanks het gebruik van beschermende kleding en

handschoenen lagen de concentraties van TCPP-biomarker gemeten in de urine rond de 30-100 keer hoger dan bij de algemene bevolking.^{73,74} Bovendien bleek de beroepsmatige blootstelling aan vlamvertragers tijdens PUR-schuimisolatiwerkzaamheden hoger dan tijdens andere werkzaamheden waarbij blootstelling aan vlamvertragers plaatsvindt, zoals bij tapijt leggen of werk in een chemische fabriek.⁷⁵

3.1.6 Verwijderen van PUR-schuim

Bij het verwijderen van PUR-schuim, en bij boren, zagen of bijsnijden van het schuim blijken ook stoffen vrij te komen. Dit is aangetoond voor katalysatoren en vlamvertragers.^{54,73} Isocyanaten komen alleen vrij als er binnen een uur na het spuiten in het PUR-schuim wordt gesneden. Een uur na het aanbrengen worden deze niet meer gedetecteerd.⁵⁴ In een experimentele setting bleek dat bij versnipperen, beschadiging of zagen in PUR-schuim ook blaasmiddelen vrijkomen.⁷⁶

3.2 Blootstelling en risico's bij bewoners

De blootstelling van bewoners aan stoffen uit gespoten PUR-schuim is van een andere orde dan die van isoleerders. Bij een toepassing en uitvoering volgens de regels uit het Bouwbesluit 2012 en de richtlijnen van gecertificeerde bedrijven zullen bewoners pas worden blootgesteld aan stoffen twee uur na afloop van de werkzaamheden. Als PUR-schuim door foutieve toepassing niet is uitgehard geeft dat potentieel andere emissies, blootstelling en risico's dan bij volledige uitharding van het PUR-schuim. De commissie beschrijft hieronder de beschikbare gegevens over blootstelling van bewoners bij PUR-isolatiwerkzaamheden. Zij evalueert de risico's van de blootstelling aan de hand van bestaande advieswaarden en neemt ook hier de laagste beschikbare gezondheidkundige advieswaarde (de voorzichtigste) als uitgangspunt. Zij zal voor zover mogelijk de risico's van zowel een juiste als een onjuiste toepassing apart schatten.

3.2.1 Isocyanaten en reactieproducten

Er zijn twee onderzoeken uitgevoerd in Nederland, waarbij na isolatie van de kruipruimte concentraties isocyanaten in de woonkamer zijn bepaald. Bij een van deze onderzoeken zijn in zeven woningen metingen tijdens en na isolatiwerkzaamheden verricht.⁵⁹ In een studie van TNO zijn in drie woningen concentraties isocyanaten bepaald direct na afloop van de werkzaamheden.⁵ Terwijl de gemeten concentraties monomere MDI in de woonruimte *tijdens* isolatiwerkzaamheden onder advieswaarden

1 of niet detecteerbaar zijn⁵⁹, is er bij één woning in de uren na afloop van de
2 isolatiewerkzaamheden een concentratie MDI gemeten die hoger is dan de
3 advieswaarde van de OEHHA voor acute blootstelling van de algemene populatie (12
4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).⁵⁹ Het betrof een woning waarbij ventilatie van de kruipruimte tijdens
5 werkzaamheden slecht was uitgevoerd en het toegangsluik niet was gesloten tijdens
6 het werk. Drie studies uit de Verenigde Staten waarbij isolatiewerkzaamheden in huis
7 (muren, zolder, aanbouw) plaatsvonden, vonden concentraties MDI in de woning na
8 afloop van de werkzaamheden die zeer laag waren of onder de detectiegrens
9 lagen.^{53,58,68} Maanden tot jaren na toepassing zijn concentraties monomere MDI, zowel
10 in de ruimte van toepassing als in de woonkamer zeer laag of onder de detectiegrens
11 ($<0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$).^{71,77} Mogelijke blootstelling van bewoners aan oligo- of polymeren van
12 MDI of aan MDA is niet onderzocht.

13 Onderzoek naar monoisocyanaten in de lucht van de woonruimte laat zien dat de
14 hoogst gemeten concentraties monoisocyanaten in de woonkamer tijdens, in de uren
15 na en tot maanden na isolatie niet boven bestaande advieswaarden uitkomen.^{5,59,71}
16 Monoisocyanaten blijken in lage concentraties al aanwezig voorafgaand aan PUR-
17 schuimwerkzaamheden. De achtergrondconcentraties in de woonkamer liggen iets
18 hoger dan in de kruipruimte.⁵ Dat wijst erop dat de aanwezige lage concentraties
19 monoisocyanaten afkomstig zijn uit andere bronnen in huis met name de flexibele
20 PUR-schuimproducten zoals matrassen, banken en kussens. Inderdaad blijkt uit een
21 studie waarbij geen isolatie met PUR-schuim is toegepast dat er kwantificeerbare
22 hoeveelheden monoisocyanaten ook in huisstof aanwezig zijn.⁷⁸ Dit is in lijn met een
23 eerdere publicatie die laat zien dat isocyanaten in vele consumentenproducten
24 aanwezig zijn, ook lang na productie.⁷⁹

25 3.2.2 Polyolen

26 Er zijn geen studies bekend naar concentraties polyolen in de lucht tijdens en na PUR-
27 schuimisolatie. Op basis van de chemische eigenschappen van polyolen (lage
28 vluchtigheid) en een studie naar emissies uit PUR-schuim kan gesteld worden dat
29 blootstelling van bewoners aan polyolen tijdens en na PUR-schuim isolatie niet
30 waarschijnlijk is.²³

31 3.2.3 Katalysatoren

32 Op basis van metingen van een beperkt aantal katalysatoren in de woonruimte in een
33 klein aantal studies blijkt dat concentraties katalysatoren in de woonruimte in de uren
34 ^{5,53} en maanden⁷¹ na isolatie ruim onder bestaande advieswaarden zijn. Op één meting

van benzyldimethylamine na zijn er geen katalysatoren gedetecteerd voordat PUR-schuimwerkzaamheden begonnen, wat suggereert dat de lage concentraties katalysatoren uit PUR-schuim afkomstig zijn. Van sommige katalysatoren zoals de organotinverbindingen zijn concentraties in de woonkamer na PUR-schuimisolatie niet onderzocht.

3.2.4 Blaasmiddelen

Concentraties blaasmiddelen in de woonkamer tijdens en in de uren na de werkzaamheden liggen vele malen lager dan in de ruimte van werkzaamheden.^{5,53,58,59,70} De hoogst gemeten concentraties in de woonkamer tijdens spuitwerkzaamheden zijn enkele tientallen milligrammen per m³.^{58,59} Voor de meeste blaasmiddelen zijn geen advieswaarden afgeleid. Voor de blaasmiddelen waarvoor dit wel het geval is zijn advieswaarden in de meeste gevallen gebaseerd op acute toxiciteitsstudies. De gemeten concentraties liggen lager dan de advieswaarden voor acute blootstelling.^{5,59,70} Concentraties blaasmiddelen zijn nog lang na isolatiewerkzaamheden detecteerbaar, terwijl achtergrondconcentraties blaasmiddelen in de woonkamer niet zijn gedetecteerd.^{5,59} Na enkele dagen zijn enkele milligrammen per m³ blaasmiddel gemeten⁵⁹ en microgrammen per m³ na maanden.^{58,71} Uit laboratoriumstudies is bovendien bekend dat blaasmiddelen over een lange periode vrijkomen door diffusie.⁴⁴ De huidige informatie over toxiciteit van HFK's en HFO's betreft vooral de acute effecten, die alleen bij zeer hoge concentraties lijken op te treden.^{45,48,49} Naar de mogelijke gezondheidseffecten van langdurige lagere blootstelling aan blaasmiddelen, zoals eventueel bij bewoners van met PUR-schuim geïsoleerde woningen, is slechts beperkt onderzoek gedaan. Dit geldt met name voor de HFO's die de HFK's op termijn gaan vervangen.^{47,49}

3.2.5 Vlamvertragers

In de woonkamer zijn weinig metingen gedaan aan vlamvertragers, maar concentraties in de lucht tijdens en direct na PUR-schuim isolatie waren ruim onder de advieswaarde.⁵⁹ Vlamvertragers blijken ook te accumuleren in materialen in huis. Dat bleek uit analyses van gipsplaat en vloerdekking van een huis waarvan de wanden waren geïsoleerd met PUR-schuim.⁵⁸ Uit een laboratoriumstudie bleek dat emissies van vlamvertragers in relatief lage concentraties maanden na PUR-schuim toepassing nog meetbaar zijn, vooral uit opencellig schuim.⁶⁹ Er zijn vele mogelijke bronnen van vlamvertragers in huis. Vlamvertragers worden namelijk gebruikt in textiel, plastics, verf, matrassen, meubels en elektronische apparatuur. Vlamvertragers zijn alleen bij hoge temperaturen vluchtig. De stoffen worden vooral gedetecteerd in huisstof.⁶⁶ Een

1 Nederlandse studie heeft laten zien dat vlamvertragers in huisstof aanwezig zijn en op
2 handjes van kleine kinderen.⁸⁰ In België blijken vrijwel alle jongeren detecteerbare
3 hoeveelheden metabolieten (afbraakproducten) van vlamvertragers in de urine te
4 hebben.⁸¹ Een recente studie uit Noorwegen onder volwassen bewoners van woningen
5 toonde aan dat afbraakproducten van vlamvertragers in urine en in haar van bewoners
6 detecteerbaar zijn.⁸² In deze studies was er geen sprake was van bekende recente
7 isolatie met gespoten PUR-schuim. De bijdrage van de verschillende bronnen van
8 vlamvertragers aan de totale concentraties vlamvertragers in de lucht en in huisstof is
9 onbekend.⁶⁶
10

CONCEPT

4 Gezondheidsklachten in Nederland

Het aantal beroepsziektemeldingen gerelateerd aan PUR-schuim is laag maar waarschijnlijk onvolledig. Klachten en aandoeningen van bewoners en de mogelijke relatie daarvan met gespoten PUR-schuim worden op dit moment niet systematisch geregistreerd. Bij mensen die volgens medische richtlijnen zijn onderzocht, zijn geen aandoeningen gevonden waarvan vaststaat dat ze door isocyanaten en hun reactieproducten kunnen worden veroorzaakt. De gegevens van bewoners leveren daarom geen duidelijke aanwijzingen dat isolatie met gespoten PUR-schuim heeft geleid tot hun gezondheidsklachten, maar dat kan ook niet worden uitgesloten. Er zijn geen hoogrisicogroepen bekend waarvoor specifieke adviezen zouden moeten gelden.

4.1 Diagnostiek van gezondheidsklachten

4.1.1 Medisch protocol

Sinds 2016 is een medisch protocol beschikbaar voor de diagnostiek van gezondheidsklachten in relatie tot potentiële blootstelling aan PUR-schuim bij zowel isoleerders als bewoners.⁷⁻⁹ Het protocol richt zich op het aantonen dan wel uitsluiten van aandoeningen als gevolg van isocyanaten omdat dit volgens de opstellers van het protocol de enige stofgroep uit PUR-schuim is waarvoor voldoende concrete aanwijzingen zijn dat blootstelling kan leiden tot specifieke, nadelige gezondheidseffecten. De aandoeningen waarvoor volgens de opstellers van het medisch protocol voldoende bewijs is dat zij kunnen worden veroorzaakt door isocyanaten, zijn astma (irritatief of allergisch), extrinsieke allergische alveolitis (ontsteking van de longblaasjes), eczeem (irritatief of allergisch), en netelroos.

Het medisch protocol bevat onder meer een vragenlijst aan de hand waarvan de relatie tussen klachten en gespoten PUR-schuim getoetst kan worden. De diagnostiek van luchtweg- en huidaandoeningen gebeurt door een longarts, allergoloog en/of dermatoloog en is gebaseerd op bestaande (inter)nationale richtlijnen. Verder bevat het protocol aanbevelingen voor terugmelding naar de arts die heeft doorverwezen, reguliere medische zorg en eventuele nadere diagnostiek afhankelijk van de gezondheidsklachten, en registratie van de uitkomsten van het onderzoek bij de GGD.

De commissie heeft in hoofdstuk 2 en 3 beschreven dat isoleerders behalve aan isocyanaten ook aan aminekatalysatoren kunnen worden blootgesteld waarvan bekend is dat deze schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid. De commissie acht de werkwijze zoals beschreven in het medisch protocol ook geschikt voor het signaleren van eventuele nadelige gezondheidseffecten van aminekatalysatoren. Het medisch protocol schrijft voor dat allereerst de gezondheidsklachten in kaart worden gebracht. De focus ligt hierbij op het detecteren van luchtweg- en huidklachten die voor zowel

1 isocyanaten als voor aminekatalysatoren relevant zijn. De arts zal als
2 standaardonderdeel van het consult eventuele andere klachten uitvragen. De
3 commissie merkt op dat voor de uitvoering en beoordeling van diagnostische testen
4 geen gestandaardiseerde werkwijze is opgenomen. Het zou de toepasbaarheid van het
5 protocol ten goede komen als deze worden toegevoegd.

6 **4.1.2 Werkwijze ECEMed**

7 Tot 2017 was het zogenoemde Expertise Centre Environmental Medicine (ECEMed)
8 actief, een expertisecentrum van ziekenhuis Rijnstate in Arnhem. ECEMed werkte niet
9 conform (inter)nationale richtlijnen op het gebied van beroepsastma en
10 arbeidsgerelateerde huidaandoeningen. Als gevolg daarvan zijn de gegevens
11 moeilijker te interpreteren. Het centrum hanteerde een eigen protocol dat de volgende
12 onderdelen omvatte: een chemisch onderzoek van het PUR-schuim, onderzoek van de
13 blootstelling aan de hand van een vragenlijst en een medisch onderzoek in de vorm
14 van een standaardanamnese en een lichamelijk onderzoek door een internist.⁸³ Verder
15 werd het dossier bij de huisarts en specialist opgevraagd. ECEMed verwees voor
16 diagnostiek van huid- en longaandoeningen niet door naar dermatoloog, longarts of
17 allergoloog, maar voerde aanvullend bloed- en urineonderzoek uit en maakte zo nodig
18 een longfoto of elektrocardiogram. ECEMed voerde geen longfunctietesten uit, deed
19 geen bepaling van antilichamen, en nam geen andere allergietesten af.

20 **4.2 Gezondheidsklachten en beroepsziektemeldingen bij isoleerders**

21 De commissie heeft eerst de gezondheidseffecten onder isoleerders geïnventariseerd
22 omdat deze informatie ook relevant is voor het maken van een inschatting van de
23 plausibiliteit van gezondheidseffecten bij bewoners. Meldingen van
24 gezondheidsklachten onder isoleerders zijn er nauwelijks en er zijn ook weinig
25 beroepsziektemeldingen. De commissie sluit onderrapportage in deze cijfers echter
26 niet uit en kan op basis hiervan geen conclusies trekken over de plausibiliteit van
27 gezondheidseffecten bij bewoners.
28

29 **4.2.1 Registratie van beroepsziekten**

30 Isoleerders met klachten kunnen zich melden bij hun bedrijfsarts of huisarts. De
31 bedrijfsarts dient de melding te registreren en de eerste stappen van het medisch
32 protocol te volgen. Hij/zij toetst daarbij de mogelijke relatie met gespoten PUR-schuim
33 onder andere aan de hand van een speciaal daarvoor ontwikkelde vragenlijst die

1 onderdeel is van het medisch protocol. Bij verdenking van een relatie met PUR-schuim
2 verwijst de bedrijfsarts naar een longarts, dermatoloog en/of allergoloog voor verdere
3 diagnostiek. De uitkomsten van dat onderzoek en de wel of niet vastgestelde relatie
4 met gespoten PUR-schuim worden teruggeraapporteerd aan de huisarts en de
5 werknemer. Geadviseerd wordt om dat ook te doen aan bedrijfsarts en werkgever.
6 Voor rapportage aan de werkgever is toestemming van de werknemer vereist. De
7 bedrijfsarts moet vastleggen of er een relatie met PUR-schuim aannemelijk is
8 bevonden. Als er een aandoening gediagnosticeerd is die passend is bij isocyanaten
9 en PUR-schuim meldt de bedrijfsarts deze bovendien als vermoeden van
10 beroepsziekte bij het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten (NCvB). Wanneer er
11 na het doorlopen van het medisch protocol onvoldoende duidelijkheid bestaat over de
12 diagnose en/of de relatie met PUR-schuim wordt aanbevolen door te verwijzen naar
13 speciale centra voor werkgerelateerde long- of huidaandoeningen.
14

15 **4.2.2 Cijfers over beroepsziekten**

16 Tussen 2002 en 2019 zijn er bij het NCvB in totaal 22 meldingen van beroepsziekten
17 binnengekomen waarbij PUR-schuim of isocyanaten als oorzaak worden genoemd. Bij
18 drie van deze meldingen ging het om PUR-schuimisoleerders. Bij twee van hen werd
19 beroepsastma gediagnosticeerd, bij de derde werd een allergische reactie
20 gerapporteerd door isocyanaten. Bij de overige 19 meldingen ging het om werknemers
21 in andere beroepen die in aanraking zijn geweest met isocyanaten, zoals
22 machinebedieners, montagemedewerkers, vloerenleggers, meubelmakers en
23 verfspuiters. Daarnaast zijn er nog 8 meldingen waarbij de oorzaak niet specifiek wordt
24 benoemd, maar waar sprake is van isolatiewerkzaamheden in combinatie met een
25 chemische of organische stof, isolatiemateriaal, een gas, damp of rook. Niet
26 uitgesloten is dat deze gerelateerd zijn aan PUR-schuim, al kan het ook (deels) andere
27 isolatiematerialen betreffen. Diagnoses waren luchtwegaandoeningen (3),
28 contacteczeem (3), overgevoeligheidspneumonitis (1) en beroepsastma (1).

29 Tussen 2011 en 2017 heeft ECEMed in totaal acht isoleerders onderzocht.⁸⁴ In alle
30 gevallen hadden zij longklachten die werden toegeschreven aan PUR-schuim. Een
31 deel van hen had ook oogklachten, huidklachten, hoofdpijn, cognitieve klachten,
32 klachten van mond- en keelholte en/of maagdarmkanaal. Of er aandoeningen
33 gediagnosticeerd zijn bij deze isoleerders en welke aandoeningen het betrof is niet
34 beschreven.
35

4.2.3 Duiding van de cijfers

Om te kunnen inschatten in hoeverre de meldingen in Nederland overeenkomen met wat er te verwachten valt aan gezondheidsklachten van isoleerders die met PUR-schuim werken, heeft de commissie in de internationale literatuur gezocht naar prevalentie- en incidentiecijfers (cijfers over het vóórkomen en het jaarlijkse aantal nieuwe gevallen van gezondheidsklachten) bij isoleerders die werken met gespoten PUR-schuim. Deze blijken er niet te zijn. Wel zijn er schattingen van het aantal aandoeningen bij werknemers die worden blootgesteld aan isocyanaten in verschillende andere bedrijfstakken (achtergronddocument Overzicht van studies naar blootstelling en studies naar gezondheidsklachten na woningisolatie met gespoten PUR-schuim). Blootstelling aan isocyanaten is de meest gerapporteerde oorzaak van werkgerelateerde astma.⁸⁵ De prevalentie van isocyanatastma onder werknemers die met isocyanaten werken, wordt geschat tussen de 5 en 15% en de prevalentie van alle luchtwegaandoeningen tussen de 5 tot 25%.^{85,35} Een recente schatting van het aantal nieuwe gevallen van isocyanatastma onder werknemers in de isocyanaatproductie-industrie bedraagt 0,9 per jaar per 100 werknemers.⁸⁶ Onder verfspuiters in Nederland die worden blootgesteld aan isocyanaten komen ongeveer twee keer zo veel astma-achtige symptomen voor als onder kantoormedewerkers (30% versus 14%).⁶⁵

Een vergelijking van het aantal beroepsziekten in Nederland met de incidentiecijfers uit de literatuur is lastig, omdat er geen registratie is van het aantal PUR-schuimisoleerders. Het Kennisplatform Gespoten PUR-schuim schat dat er in 2019 100 tot 200 isoleerders in Nederland betrokken waren bij isolatiewerkzaamheden met PUR-schuim. Schattingen van het aantal werknemers in Nederland dat blootgesteld wordt aan isocyanaten lopen sterk uiteen van 40.000 tot maximaal 716.000 (in handel en reparatie van auto's, metaalindustrie, bouw en chemiesector).^{87,88} Toch suggereren deze getallen dat het aantal geregistreerde isocyanaatgerelateerde aandoeningen in alle bedrijfstakken samen (22 in 17 jaar) en PUR-schuimgerelateerde aandoeningen (3 in 17 jaar) laag is vergeleken met wat er te verwachten is aan aantallen op basis van de literatuur. De cijfers voor PUR-schuim- en isocyanaatgerelateerde aandoeningen lijken daarmee de algemene notie te ondersteunen dat er onderrapportage is in de geregistreerde cijfers. De oorzaken daarvan zijn dat niet iedere werkende (toegang tot een bedrijfsarts heeft, bedrijfsartsen niet iedere werknemer zien en het vaststellen van een beroepsziekte niet eenvoudig is.⁸⁹ Verder is het mogelijk dat isoleerders maar een

1 korte tijd als zodanig werkzaam zijn of dat een hoog aantal zzp'ers in deze branche
2 bijdraagt aan onderrapportage, omdat zij zich minder snel tot een bedrijfsarts wenden.

3 **4.3 Gezondheidsklachten en medische diagnostiek bij bewoners**

4 Het aantal meldingen van gezondheidsklachten bij bewoners ligt veel hoger dan bij
5 isoleerders. De meldingen van bewoners komen op diverse plekken binnen. Ook is de
6 diagnostiek bij bewoners op verschillende manieren uitgevoerd, met verschillende
7 uitkomsten tot gevolg. De registratie van klachten en gestelde diagnoses is onvolledig,
8 wat een goed beeld bemoeilijkt. Op basis van de beschikbare gegevens ziet de
9 commissie geen duidelijke aanwijzingen dat de gezondheidsklachten van bewoners
10 verband houden met de toepassing van gespoten PUR-schuim, al kan ze dat ook niet
11 uitsluiten.

12 **4.3.1 Registratie PUR-klachten bewoners**

13 Het medisch protocol gaat ervan uit dat de patiënt of diens huisarts bij PUR-
14 schuimgerelateerde meldingen contact zoekt met de lokale GGD. Deze registreert de
15 casus als PUR-gerelateerde melding en neemt de vragenlijst af om de mogelijke relatie
16 met PUR-schuim isolatie te toetsen. In 2012 is op initiatief van de GGD'en een PUR-
17 expertgroep opgericht met deskundigen binnen en buiten de GGD op het gebied van
18 milieu, toxicologie, geneeskunde en arbeidshygiëne. Het is de bedoeling dat lokale
19 GGD'en de PUR-expertgroep consulteren als er een verband wordt vermoed met
20 gespoten PUR-schuim. De PUR-expertgroep adviseert vervolgens over de noodzaak
21 van verder milieukundig onderzoek en medische diagnostiek. Volgens het medisch
22 protocol vindt een teruggelapportage plaats naar de GGD waarbij wordt gemeld of er een
23 diagnose is gesteld, en zo ja welke. Eventuele aandoeningen die gerelateerd zijn aan
24 PUR-schuimisolatie moeten worden gerapporteerd aan de isolatiefirma als de patiënt
25 daarvoor toestemming verleent.

26 Al in 2013 bleek dat niet alle meldingen bij de GGD terechtkwamen.⁶ Veel bewoners
27 met klachten richtten zich rechtstreeks tot ECEMed of het Meldpunt PUR-slachtoffers.
28 De minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties constateerde dat een
29 totaalbeeld van gezondheidsklachten bij bewoners ontbrak en kondigde aan dat het
30 Rijk een overleg zou faciliteren tussen betrokken instanties om tot een landelijke
31 registratie te komen.⁶ De huidige registratie van meldingen betreft echter nog steeds
32 alleen de meldingen bij lokale GGD'en die het RIVM bijeenbrengt tot een landelijk
33 totaalbeeld. Het is niet duidelijk of en in hoeverre deze meldingen overlappen met de
34 meldingen bij ECEMed en/of het Meldpunt PUR-slachtoffers. Het gaat bovendien

1 alleen om de meldingen. De aantallen verwijzingen en de medische diagnostiek van
2 PUR-schuim gerelateerde aandoeningen worden niet centraal geregistreerd.

3 **4.3.2 Aantal meldingen van gezondheidsklachten bij bewoners**

4 Tussen 2011 en 2013 omvatte het landelijke totaalbeeld van het RIVM 34 meldingen.⁶
5 Tussen 2013 en 2018 waren er 35 PUR-gerelateerde meldingen.⁹⁰ In totaal zijn er in
6 de periode 2011-2019 dus 69 meldingen bij GGD'en geregistreerd. Dit zijn meldingen
7 waarbij bewoners klachten hebben gerapporteerd die volgens hen samenhangen met
8 gespoten PUR-schuim. Bij deze aantallen is vermoedelijk sprake van enige
9 onderrapportage, omdat niet alle lokale GGD'en de meldingen structureel bijhouden via
10 het centrale registratiesysteem Osiris. Bovendien kan een melding meerdere bewoners
11 van een huishouden betreffen of meerdere huishoudens tegelijk (zoals van een
12 appartementencomplex). De PUR-expertgroep heeft tijdens de hoorzitting toegelicht
13 dat 29 van de GGD meldingen bij hen terecht zijn gekomen.⁹¹ De gerapporteerde
14 gezondheidsklachten betreffen voornamelijk luchtwegklachten, huidklachten en verder
15 algemene klachten, zoals hoofdpijn, misselijkheid, vermoeidheid en geurhinder. Van de
16 29 meldingen zijn 8 mensen doorverwezen voor medisch onderzoek. Sinds 2016 wordt
17 dat uitgevoerd volgens het medisch protocol.⁹¹

18 Het meldpunt PUR-slachtoffers is in 2012 begonnen met het registreren van meldingen
19 van gezondheidsklachten door bewoners die een relatie met gespoten PUR-
20 schuim vermoeden. Hier zijn tot september 2019 322 meldingen gedaan. Een melding
21 kan meerdere personen betreffen. Het gaat om luchtweg-, huid-, en oogklachten,
22 ademhalingsproblemen, zwellingen (van slijmvlies), pijn op de borst en hoofdpijn.
23 Andere klachten zijn vermoeidheid, duizeligheid, spierpijn, allergieën, slaapproblemen,
24 hartkloppingen, koorts, haaruitval, netelroos en maagdarmklachten. De klachten zijn
25 deels acuut, andere manifesteren zich pas na enige tijd. Tijdens de hoorzitting bracht
26 het meldpunt in dat veel bewoners met klachten zeggen dat zij thuis waren tijdens de
27 isolatiewerkzaamheden.⁹² Tevens hebben bewoners regelmatig niet-uitgehard PUR-
28 schuim geconstateerd. Ook in 2019 en 2020 zijn er volgens het meldpunt nog situaties
29 geweest waarbij bewoners thuis waren tijdens isolatiewerkzaamheden. Het meldpunt
30 heeft geen systematische registratie van gediagnosticeerde aandoeningen. Verder
31 geeft het meldpunt aan dat mensen met klachten soms niet goed bij de GGD terecht

1 konden en door de GGD niet werden doorgestuurd voor onderzoek volgens het
2 medisch protocol als zij daarom vroegen.⁹²

3 **4.3.3 Medische diagnostiek**

4 Wat de uitkomst is van het medisch onderzoek van de 8 mensen die zijn verwezen
5 door de GGD'en is niet bekend.

6 Bij het Academisch Medisch Centrum Amsterdam (AMC) hebben tot maart 2020, 22
7 mensen met klachten het protocol doorlopen.⁹³ Geen van hen werd rechtstreeks door
8 de GGD verwezen. De klachten waren divers en pasten veelal niet bij de
9 aandoeningen die bekend zijn als gevolg van blootstelling aan isocyanaten. Bij
10 niemand is isocyanaatastma gediagnosticeerd of een andere isocyanaatgerelateerde
11 aandoening zoals beschreven in het medisch protocol. Wel was er een verband tussen
12 de klachten en het verblijven in huis. In sommige gevallen is er hulp van medisch
13 psychologen ingeroepen die copingstrategieën aanboden. Dit bleek succesvol in het
14 verminderen van klachten. Het is niet bekend in hoeverre andere medische centra
15 gebruik hebben gemaakt van het medisch protocol en welke aandoeningen daar
16 eventueel gediagnosticeerd zijn. Zoals gezegd ontbreekt een centrale registratie van
17 medische diagnostiek.

18 Stichting ECEMed geeft aan in totaal ongeveer 300 bewoners met klachten te hebben
19 gezien. Hun klachten betroffen voornamelijk benauwdheid, oogklachten, hoesten,
20 keelpijn, algemene malaise, huiduitslag, irritatie tong/mond/keelholte, hoofdpijn,
21 concentratieproblemen, slikklachten, spierpijn en vermoeidheid.^{2,84,94} ECEMed heeft bij
22 53 van de 300 bewoners een chemisch, blootstellings- en medisch onderzoek gedaan,
23 zoals beschreven in paragraaf 4.1.2. Bij 49 van deze bewoners werd een relatie met
24 PUR-schuim gelegd.⁸⁴ Het chemisch onderzoek betrof het aangebrachte PUR-schuim.
25 De blootstelling werd nagevraagd middels een blootstellingsanamneselijst (zoals
26 Ontario College of Family Physicians).⁹⁵ De meest gestelde diagnose was sensibilisatie
27 van slijmvliezen en/of huid voor PUR-schuimcomponenten (bij 47 van de 49
28 bewoners), gevolgd door acute irritatieve afwijkingen van de slijmvliezen, huid of ogen.
29 Omdat verwijzing naar een specialist geen onderdeel van de werkwijze was,
30 longfunctietesten niet werden uitgevoerd, antilichamen niet werden bepaald en andere
31 allergietesten niet werden uitgevoerd is het onduidelijk waarop deze diagnoses
32 berusten. Als bewoners zelf al bij de longarts waren geweest, was vaak bronchiale
33 hyperreactiviteit en (reversibele) luchtwegobstructie vastgesteld, volgens ECEMed.
34 Tijdens de hoorzitting gaf ECEMed aan dat bij het chemisch onderzoek van het PUR-
35 schuim regelmatig is geconstateerd dat de uitharding niet volledig was, met

1 stankoverlast tot gevolg. Daarnaast bleek dat de isoleerders vaak niet volgens de
2 richtlijnen hadden gewerkt: PUR-schuim werd in te dikke lagen aangebracht, ventilatie
3 van de kruipruimte was gebrekkig, het toegangsluik stond open of bewoners waren
4 thuis tijdens isolatiewerkzaamheden.⁹⁶

5 **4.3.4 Internationale literatuur**

6 In de internationale literatuur zijn geen cijfers bekend over het optreden van
7 gezondheidsklachten bij bewoners die hun huis hebben laten isoleren met gespoten
8 PUR-schuim. Wel zijn er gevalsbeschrijvingen van klachten bij bewoners na een
9 diversiteit van toepassingen van gespoten PUR-schuim (Achtergronddocument
10 Overzicht van studies naar blootstelling en studies naar gezondheidsklachten na
11 woningisolatie met gespoten PUR-schuim). Het gaat veelal om klachten aan de
12 luchtwegen en ogen, soms huidklachten maar ook specifieke klachten zoals
13 hoofdpijn, concentratieproblemen en misselijkheid komen voor. In een klein aantal
14 gevallen worden behalve de klachten ook de resultaten uit medisch onderzoek
15 gerapporteerd. In één geval trad een astmatische reactie op na het zelf toepassen van
16 PUR-schuim voor raamisolatie. Dit gebeurde bij iemand die al was gesensibiliseerd
17 door eerdere werkgerelateerde blootstelling aan isocyanaten.⁹⁷ Huang rapporteert over
18 tien huishoudens waar PUR-schuim foutief werd toegepast en vislucht werd
19 gerapporteerd.³ Bij zeven bewoners werd een methacholine-provocatietest (meting van
20 de gevoeligheid van de luchtwegen) gedaan die bij een van hen (iemand met astma)
21 positief was. Bij vier bewoners die na meer dan vijf maanden specifieke IgE-
22 antilichamen tegen isocyanaten hadden laten bepalen, was de test negatief.³ Redlich
23 beschrijft dat klachten werden gerapporteerd na toepassing van PUR-schuim in
24 woningen van vier families, waarbij geen nieuw ontstane astma of sensibilisatie voor
25 isocyanaten optrad.⁹⁸ Tsuang beschrijft acute en langdurige klachten bij een man en
26 een vrouw uit één huishouden na isolatie van de zolder met gespoten PUR-schuim.⁴
27 Beide patiënten hadden een positieve methacholinetest en werden gediagnosticeerd
28 met isocyanaatastma. In Nederland is één casus beschreven van iemand die een

1 allergische reactie kreeg en bij wie bronchiale hyperreactiviteit is vastgesteld door een
2 longarts na isolatie van de spouwmuur.⁹⁴

3 **4.3.5 Duiding van de gegevens**

4 In het algemeen is het lastig om een oorzakelijke relatie te leggen tussen
5 gezondheidsklachten en milieufactoren. Om van een causaal verband te kunnen
6 spreken, moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:⁹⁹

- 7 ▪ er heeft blootstelling plaatsgevonden in een concentratie die voldoende is om
- 8 een effect te veroorzaken
- 9 ▪ het effect is consistent met effecten die de chemische stof kan veroorzaken
- 10 ▪ er is objectief medisch bewijs voor de aanwezigheid van een ziekte
- 11 ▪ er is een relatie in de tijd tussen blootstelling aan stoffen en het optreden van
- 12 de ziekte
- 13 ▪ het effect is biologisch plausibel
- 14 ▪ alle andere factoren die kunnen bijdragen aan het effect zijn uitgesloten.

15
16 Op basis van de beschikbare gegevens, zowel uit Nederlandse registraties als uit de
17 internationale literatuur is het vaststellen van een oorzakelijke relatie om meerdere
18 redenen problematisch. Allereerst is er onzekerheid over de blootstelling en de mate
19 van blootstelling. Terwijl bij een juiste toepassing de gezondheidskundige
20 grenswaarden doorgaans niet worden overschreden, kan de aanwezigheid van de
21 bewoner nabij werkzaamheden of een onjuist verloop van de chemische reactie tot
22 ongewenste blootstellingen leiden. In veel gevallen is achteraf niet goed vast te stellen
23 of er ongewenste blootstelling van bewoners is geweest. In de gevalsbeschrijvingen uit
24 de literatuur is er geen goede blootstellingsinformatie beschikbaar. Als er al
25 blootstellingsgegevens zijn, zijn deze (lange) tijd na isolatiewerkzaamheden verzameld,
26 waardoor ze weinig zeggen over de werkelijke blootstelling tijdens of kort na de
27 isolatiewerkzaamheden. Daarnaast is de medische diagnostiek van aandoeningen
28 waarvan vaststaat dat deze veroorzaakt kunnen worden door stoffen uit gespoten
29 PUR-schuim, slechts in een klein aantal gevallen voldoende uitgevoerd. Daarbij zijn
30 geen van isocyanaten bekende gezondheidseffecten aangetoond. In veel andere
31 gevallen is de diagnose voornamelijk op basis van klachten gesteld. Verder is er
32 blootstelling in lage concentraties aan een aantal stoffen uit PUR-schuim, waarvan de
33 mogelijke gezondheidseffecten te weinig zijn onderzocht om specifieke medische
34 diagnostiek te kunnen doen. De commissie constateert dat de bestaande registraties
35 van meldingen en diagnostiek geen sterke aanwijzingen hebben opgeleverd dat
36 gespoten PUR-schuim de oorzaak is van de gezondheidsklachten bij bewoners.
37 Tegelijk zijn effecten op de gezondheid niet uit te sluiten.

4.4 Hoogrisicogroepen

Op verzoek van de minister heeft de commissie zich gebogen over de vraag in hoeverre er sprake is van hoogrisicogroepen: mensen die een grotere kans hebben om gezondheidsklachten op te lopen als gevolg van blootstelling aan PUR-schuim. Hierbij heeft zij diverse groepen in ogenschouw genomen. Specifieke adviezen voor deze groepen zijn er niet.

Mensen die al gesensibiliseerd zijn

Mensen met een bestaande sensibilisatie voor isocyanaten of isocyanataastma kunnen een allergische reactie krijgen op basis van zeer lage blootstellingen. Een ondergrens voor het uitlokken van een reactie is niet bekend.¹⁰⁰ Bestaande grenswaarden voor blootstelling zijn dan ook niet beschermend voor mensen die al eerder gesensibiliseerd zijn geraakt. Dit betekent dat het ook bij juiste toepassing niet geheel uit te sluiten is dat de aanwezigheid van zeer lage concentraties een allergische reactie oproept bij deze groep. Of en in hoeverre PUR-schuimisolatie bijdraagt aan een mogelijk risico voor mensen die gesensibiliseerd zijn of al isocyanataastma hebben, is niet duidelijk. Er zijn namelijk vele andere bronnen van isocyanaten in huis die lage blootstellingen kunnen geven.⁷⁹ Zeer lage concentraties monoisocyanaten zijn niet alleen gedetecteerd in de dagen en maanden na isolatie in de woonkamer, maar ook in huisstof van woningen die niet met PUR-schuim werden geïsoleerd.^{5,59,71,78} Er zijn echter geen gevalsbeschrijvingen bekend van werknemers die gesensibiliseerd zijn voor isocyanaten en in hun woning specifieke allergische klachten krijgen. Het geven van een advies specifiek aan deze groep wordt bemoeilijkt door het feit dat ze vaak niet als zodanig zijn gediagnosticeerd en het gebrek aan een eenvoudige immunologische test om sensibilisatie door isocyanaten aan te tonen.^{9,61} Het vaststellen van een allergie vergt kennis over werkgerelateerde blootstellingen en verschillende klinische testen. De gouden standaard voor het vaststellen van een isocyanataallergie, de klinische inhalatieprovocatietest (met artificiële blootstelling aan isocyanaten onder gecontroleerde omstandigheden in het ziekenhuis), wordt in Nederland niet uitgevoerd. De commissie erkent dus dat het mogelijk is dat allergische klachten door PUR-schuim kunnen ontstaan bij mensen die al gesensibiliseerd zijn, maar zij heeft geen aanwijzingen dat dit in de praktijk het geval is geweest.

Mensen met luchtwegaandoeningen

Patiënten met bestaande luchtwegaandoeningen hebben eerder last van irritatie van huid en slijmvliezen door hoge concentraties isocyanaten. Bij juiste toepassing en

1 uitvoering van PUR-schuimisolatie worden bewoners niet blootgesteld aan hoge
2 concentraties isocyanaten en zal deze groep niet meer risico lopen. Uit de
3 gevalsbeschrijvingen komt naar voren dat bewoners die acute klachten hadden, thuis
4 waren tijdens de isolatiewerkzaamheden of dat het PUR-schuim foutief werd
5 toegepast. Of dit mensen met bestaand astma betrof is niet bekend.^{2,3,94}

6 **Mensen met hogere gevoeligheid**

7 Aangenomen wordt dat er persoonlijke kenmerken zijn die een hogere gevoeligheid
8 geven voor het ontwikkelen van een allergie na blootstelling aan isocyanaten.⁸⁵ Welke
9 omgevings- dan wel genetische factoren een hogere gevoeligheid geven, is echter
10 onbekend. Atopie (aangeboren aanleg) en roken zijn onderzocht, maar lijken geen
11 verband te hebben met een hogere gevoeligheid.⁸⁵ Studies naar genetische factoren
12 die een rol zouden kunnen spelen hebben geen eenduidige resultaten opgeleverd of
13 zijn nog niet herhaald uitgevoerd.^{35,85} Bij de bewoners met klachten die in het AMC zijn
14 onderzocht volgens het medisch protocol zijn geen specifieke risicofactoren af te leiden
15 die een hoger risico op het ontstaan van klachten geven.⁹³

16 **Jonge kinderen, zwangeren en ouderen**

17 Ook over risico's van blootstelling aan PUR-schuimcomponenten specifiek voor jonge
18 kinderen, zwangere vrouwen en ouderen is weinig bekend. Jonge kinderen hebben
19 een relatief hogere blootstelling aan chemische stoffen omdat ze kleiner zijn.
20 Daarnaast komen zij meer in aanraking met huisstof, waarvan recent is gebleken dat
21 dit een bron is van onder anderen monoisocyanaten⁷⁸ en vlamvertragers.^{66,80} Vele
22 andere toepassingen van polyurethaan zoals in matrassen, bankstellen, koelkasten,
23 autostoelen en isolatieplaten dragen echter bij aan de totale hoeveelheid
24 vlamvertragers en isocyanaten in huisstof en het is niet bekend wat de relatieve
25 bijdrage van gespoten PUR-schuim is. Bij het onderzoeken van de risico's voor
26 specifieke groepen zou de bijdrage van alle verschillende blootstellingsroutes moeten
27 worden bekeken.

5 Advies

Bij een juiste toepassing van gespoten PUR-schuimisolatie is de blootstelling aan gevaarlijke stoffen zeer laag en acht de commissie nadelige gezondheidseffecten voor bewoners onwaarschijnlijk. Het uitsluiten van dergelijke gezondheidseffecten is echter om verschillende redenen niet mogelijk. Bij onjuiste toepassing nemen de risico's voor de gezondheid van bewoners toe. Daarnaast worden klachten en aandoeningen van bewoners en de mogelijke relatie daarvan met gespoten PUR-schuim op dit moment niet systematisch onderzocht en geregistreerd. Ten slotte zijn van een aantal stoffen in PUR-schuim de gezondheidseffecten onvoldoende bekend. Daarom adviseert de commissie een aantal maatregelen.

5.1 Juiste toepassing van PUR-schuim

De commissie is van mening dat een juiste toepassing van gespoten PUR-schuim gewaarborgd moet zijn, omdat daarmee de blootstelling van bewoners aan gevaarlijke stoffen binnen veilige grenzen blijft. Een juiste toepassing is in het Bouwbesluit en in de uitvoeringsrichtlijnen van certificeringsinstanties beschreven. De commissie is van mening dat bewoners de garantie moeten krijgen dat bedrijven zich conformeren aan dergelijke richtlijnen. De commissie beveelt aan om verplichte certificering van isolatiebedrijven te overwegen. In het geval dat het PUR-schuim niet goed is uitgehard, zal het door de isoleerder verwijderd moeten worden om ongewenste blootstellingen voor bewoners te voorkomen. Daarbij zijn dezelfde veiligheidsvoorschriften voor bewoners en werknemers van toepassing als bij het spuiten van PUR-schuim.

5.2 Centrale registratie van klachten en diagnoses bij bewoners

De commissie constateert dat er geen goed beeld is van de omvang en aard van de problematiek onder bewoners. Ondanks de intenties van de overheid in 2014 is een centrale registratie van klachten en aandoeningen die mogelijk gerelateerd zijn aan gespoten PUR-schuim, niet van de grond gekomen. Een dergelijke registratie is noodzakelijk om inzicht te krijgen in de omvang en de aard van de problematiek en eventuele veranderingen daarin over de tijd, bijvoorbeeld als gevolg van de inspanningen van de sector. In de registratie zouden de klachten en eventuele aandoeningen en de relatie ervan met gespoten PUR-schuim moeten worden opgenomen van alle bewoners die zich met klachten melden en een verband vermoeden met PUR-schuim. De commissie beveelt aan om een instantie aan te wijzen die de organisatie van een dergelijke landelijke registratie op zich kan nemen. Om hiertoe te komen zijn heldere afspraken tussen RIVM, lokale GGD'en en de gespecialiseerde medische centra noodzakelijk.

5.3 Verbeteringen in het bestaande medisch protocol

Het medisch protocol verdient op een aantal punten nadere uitwerking. De diagnostiek kan meer gestandaardiseerd worden met gedetailleerdere beschrijvingen van de diagnostische testen en het toevoegen van referentiewaarden. Om in het geval van gediagnosticeerde aandoeningen een verband met gespoten PUR-schuim te kunnen leggen of uit te sluiten, is tevens informatie nodig over de blootstelling. De commissie beveelt aan dat een blootstellingsonderzoek of een chemisch onderzoek van het PUR-schuim ter plaatse deel gaat uitmaken van het protocol. De methodes voor het uitvoeren van een dergelijk onderzoek dienen te worden uitgewerkt.

5.4 Onderzoek naar blaasmiddelen

Na isolatiewerkzaamheden met gespoten PUR-schuim komen blaasmiddelen en vlamvertragers over een langere tijd geleidelijk vrij uit PUR-schuim, en de gezondheidseffecten van chronische blootstelling aan deze stoffen zijn niet goed onderzocht. Van vlamvertragers zijn er vele andere bronnen in huis en deze stoffen zijn niet vluchtig. Daarom acht de commissie het niet waarschijnlijk dat gespoten PUR-schuim in de kruipruimte substantieel bijdraagt aan de blootstelling aan vlamvertragers en mogelijke gezondheidsrisico's daarvan bij bewoners. Blaasmiddelen zijn in de woonkamer gedetecteerd tot maanden na PUR-schuimisolatie en zijn waarschijnlijk volledig afkomstig uit PUR-schuim. Hoewel de commissie geen sterke aanwijzingen heeft dat langdurige blootstelling aan lage concentraties van deze stoffen schadelijk voor de gezondheid is, acht ze nader onderzoek naar blootstelling aan en lange termijn toxiciteit van blaasmiddelen gewenst.

5.5 Aandacht voor en onderzoek naar blootstelling onder isoleerders

De commissie heeft voor haar advies over de blootstelling van bewoners noodzakelijkerwijs ook de blootstelling van PUR-schuimisoleerders onder de loep genomen en signaleert een mogelijke hoge blootstelling aan gevaarlijke stoffen bij isoleerders. Voor geen van de stoffen in PUR-schuim zijn momenteel wettelijke Nederlandse grenswaarden van kracht. De concentraties isocyanaten en katalysatoren die in de ruimte van isolatiewerkzaamheden tijdens de werkzaamheden worden gevonden liggen echter (ver) boven de in het buitenland gehanteerde grenswaarden. Bovendien zijn er aanwijzingen uit buitenlands onderzoek voor een hoge inwendige blootstelling van isoleerders aan isocyanaten en vlamvertragers, ondanks de preventieve maatregelen en persoonlijke beschermingsmiddelen die zij gebruiken. Om te toetsen of de huidige preventieve maatregelen onder isoleerders in Nederland

1 voldoende effectief zijn, beveelt de commissie aan om onderzoek te doen naar de
2 inwendige blootstelling aan stoffen uit gespoten PUR-schuim bij isoleerders. Een
3 dergelijk onderzoek geeft inzicht in de totale blootstelling aan stoffen die ondanks
4 gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen via lucht en huid in het lichaam terecht
5 komen en mogelijke risico's die daarmee samenhangen. Bovendien levert het
6 informatie over de relatie tussen blootstelling aan stoffen tijdens PUR-schuimisolatie en
7 nadelige gezondheidseffecten. Verder is extra aandacht op zijn plaats voor opleiding
8 en voorlichting over de mogelijke risico's van het werken met gespoten PUR-schuim.
9 Als werknemers bewust omgaan met de risico's, kan dat niet alleen hun eigen risico
10 verkleinen, maar ook dat voor bewoners.

Literatuur

- 1 Kennisplatform Gespoten PURschuim. *Verslag van de hoorzitting van de commissie*
2 *gespoten PUR-schuim van de Gezondheidsraad 2019*:
- 3 2 Verschoor L. *Woningisolatie met PUR moet in de ban*. Medisch Contact 2013:
- 4 3 Huang YC, Tsuang W. *Health effects associated with faulty application of spray*
5 *polyurethane foam in residential homes*. Environmental research 2014; 134: 295-300.
- 6 4 Tsuang W, Huang YCT. *Asthma induced by exposure to spray polyurethane foam*
7 *insulation in a residential home*. Journal of Occupational and Environmental Medicine
8 2012; 54(3): 272-3.
- 9 5 TNO. *Evaluatie van gezondheidsrisico's voor bewoners op basis van resultaten van*
10 *metingen in woningen tijdens en direct na aanbrengen van SPF-vloerisolatie*. 2013;
11 R11049.
- 12 6 Tweede Kamer der Staten-Generaal. *Bouwbesluit 2012: Brief van de minister voor*
13 *Wonen en Rijksdienst aan de Tweede Kamer der Staten-Generaalregering; reactie op*
14 *TNO-onderzoek gespoten PUR-schuim bij vloerisolatie*. Den Haag: Vergaderjaar 2012-
15 2013, 32 757 nr. 78.
- 16 7 Rustemeyer T, Duijm, F, Bakker, J.G. *Protocol voor diagnostiek van*
17 *gezondheidsklachten in relatie tot potentiële blootstelling aan isocyanaten en PUR*
18 *schuim, gebruikt voor isolatie, bij bewoners*. Amsterdam / Groningen, 2016.
- 19 8 Rustemeyer T, Duijm, F, Bakker, J.G. *Protocol voor diagnostiek van*
20 *gezondheidsklachten in relatie tot potentiële blootstelling aan isocyanaten en PUR*
21 *schuim, gebruikt voor isolatie, bij isoleerders*. Amsterdam / Groningen, 2016.

- 1 9 Rustemeyer T, Duijm, F, Bakker, JG e.a. *Protocol voor diagnostiek van*
2 *gezondheidsklachten in relatie tot potentiële blootstelling aan isocyanaten en PUR*
3 *schuim, gebruikt voor isolatie, bij bewoners en isoleerders. Achtergronddocument en*
4 *literatuurstudie.* Amsterdam / Groningen, 2016.
- 5 10 Tweede Kamer der Staten-Generaal. *Integrale visie op de woningmarkt: Motie van de*
6 *leden Beckerman en Van Kent op 5 april 2018 over uitbreiden van het onderzoek*
7 *purschuim van de Gezondheidsraad Den Haag: Vergaderjaar 2017-2018, 32847, nr.*
8 *348.*
- 9 11 Icynene Europe Sprl. *Veiligheidsinformatieblad Base Seal bestanddeel voor de*
10 *productie van isolatieschuim.*: Brussel, ; 2018.
- 11 12 Icynene Europe Sprl. *Veiligheidsinformatieblad H2Foam Lite LDC50 v6 Bestanddeel*
12 *voor de productie van isolatieschuim.* . Brussel, 2018.
- 13 13 BASF Nederland BV. *Veiligheidsinformatieblad Elastospray 1622/20 Polyol Component.*
14 Arnhem, 2016.
- 15 14 BASF Nederland BV. *Veiligheidsinformatieblad Elastospray* LWP 1672/1/I Polyol*
16 *Component.* Arnhem, 2019.
- 17 15 Nestaan Holland BV. *Veiligheidsinformatieblad Nestaan Poly SD382/28*
18 *Polyolcomponent van een 2-componenten polyurethaansysteem.* Tholen, 2012.
- 19 16 Nestaan Holland BV. *Veiligheidsinformatieblad NESTAAN POLY SD382/28*
20 *Polyolcomponent van een 2-componenten polyurethaansysteem. overeenkomstig*
21 *Verordening (EG) nr. 1907/2006 (REACH) met de aanvullende Verordening (EU)*
22 *2015/830.* Tholen; 2016.
- 23 17 Covestro Deutschland. *Veiligheidsinformatieblad Baymer Spray AL 800*
24 *Polyolcomponenten voor het vervaardigen van polyurethaan. richtlijn (EU) 1907/2006.*
25 *Leverkusen, 2019.*
- 26 18 Bayer MaterialScience AG. *Veiligheidsinformatieblad Baymer spray AL 800*
27 *polyolcomponenten voor het vervaardigen van polyurethaan. Richtlijn (EU) nummer*
28 *1907/2006* Leverkusen; 2012.
- 29 19 van Leeuwen CJV, T.G. *Risk Assessment of Chemicals: An Introduction.* Dordrecht, the
30 Netherlands: Springer; 2007.
- 31 20 Kennisplatform Gespoten PURschuim. *De voordelen van gespoten PURSchuim.*
32 Kennisplatform Gespoten PURschuim: [https://www.gespotenpurschuim.nl/gespoten-](https://www.gespotenpurschuim.nl/gespoten-purschuim/)
33 [purschuim/](https://www.gespotenpurschuim.nl/gespoten-purschuim/).
- 34 21 Environmental Protection Agency. [https://www.epa.gov/saferchoice/potential-chemical-](https://www.epa.gov/saferchoice/potential-chemical-exposures-spray-polyurethane-foam)
35 [exposures-spray-polyurethane-foam.](https://www.epa.gov/saferchoice/potential-chemical-exposures-spray-polyurethane-foam)

- 1 22 Wood RD. *Center for the Polyurethanes Industry summary of unpublished industrial*
2 *hygiene studies related to the evaluation of emissions of spray polyurethane foam*
3 *insulation*. Journal of occupational and environmental hygiene 2017; 14(9): 681-93.
- 4 23 Light E. *Assessment and remediation of misapplied spray polyurethane foam*. ASTM
5 Special Technical Publication. 2017. 2017.
- 6 24 Lastbom L, Colmsjo A, Johansson R, Karlsson D, Melin J, Nordqvist Y, et al. *Effects of*
7 *thermal degradation products from polyurethane foams based on toluene diisocyanate*
8 *and diphenylmethane diisocyanate on isolated, perfused lung of guinea pig*.
9 Scandinavian journal of work, environment & health 2003; 29(2): 152-8.
- 10 25 Tweede Kamer der Staten-Generaal. *Besluit tot wijziging van het Bouwbesluit 2012 en*
11 *het Besluit bouwwerken leefomgeving in verband met het verbeteren van de veiligheid*
12 *bij het bouwen en de veiligheid en gezondheid in bouwwerken en enkele andere*
13 *wijzigingen*. Den Haag: Vergaderjaar 2018-2019, 32757 nr. 78.
- 14 26 IKOB-BKB. *Uitvoeringsrichtlijn Sprayen van de onderkant van begane grondvloeren*
15 *met polyurethaan (URL 27-101)*. 2013.
- 16 27 Insula Certificatie. *Thermisch na-isoleren met PUR-Sprayschuim voor Insula-*
17 *procescertificaat (BRL 2131)*. 2016.
- 18 28 IKOB-BKB. *Nationale beoordelingsrichtlijn (BRL 1332) voor het KOMO attest en het*
19 *KOMO procescertificaat Sprayen van de onderkant van begane grondvloeren en de*
20 *onderkant van daken met spraysysteem van polyurethaanschuim*. 2013.
- 21 29 TNO. *Emissie van PUR gerelateerde stoffen uit Spray Polyurethaan Foam (SPF)*
22 *vloerisolatie, gemeten in de tijd*. Utrecht, 2013; TNO-060-UTP-2013-00250.
- 23 30 Agency for Toxic Substances and Disease registry. *Toxicological profile for toluene*
24 *diisocyanate and methylenediphenyl diisocyanate*. 2018.
25 <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp206.pdf>.
- 26 31 Health Canada. *Screening Assessment for Methylenediphenyl Diisocyanates and*
27 *Methylenediphenyl Diamines*. 2017.
- 28 32 Environmental Protection Agency. United States Environmental Protection Agency.
29 *Methylene Diphenyl Diisocyanate (MDI) And Related Compounds*. Washington, DC,
30 2011.
- 31 33 Yakabe Y, Henderson KM, Thompson WC, Pemberton D, Tury B, Bailey RE. *Fate of*
32 *Methylenediphenyl Diisocyanate and Toluene Diisocyanate in the Aquatic Environment*.
33 Environmental science & technology 1999; 33(15): 2579-83.
- 34 34 Bello D, Herrick CA, Smith TJ, Woskie SR, Streicher RP, Cullen MR, et al. *Skin*
35 *exposure to isocyanates: reasons for concern*. Environmental health perspectives 2007;
36 115(3): 328-35.

- 1 35 Fisseler-Eckhoff A, Bartsch H, Zinsky R, Schirren J. *Environmental isocyanate-induced*
2 *asthma: morphologic and pathogenetic aspects of an increasing occupational disease.*
3 *International journal of environmental research and public health* 2011; 8(9): 3672-87.
- 4 36 Gezondheidsraad. Health Council of the Netherlands. *Di- and triisocyanates*. The
5 Hague, 2018; publication no. 2018/20.
- 6 37 European Chemicals Agency. *ECHA Scientific report for evaluation of limit values for*
7 *diisocyanates at the workplace*. Helsinki, 2019.
- 8 38 Perfetti L, Brame B, Ferrari M, Moscato G. *Occupational asthma (OA) with sensitization*
9 *to diphenylmethane diisocyanate (MDI) presenting at the onset like a reactive airways*
10 *dysfunction syndrome (RADS)*. *American journal of industrial medicine* 2003; 44(3):
11 325-8.
- 12 39 American Chemistry Council. *Health and Safety Product Stewardship Workbook for*
13 *High-Pressure Application of Spray Polyurethane Foam (SPF)*. 2010.
- 14 40 Gezondheidsraad. *Bisfenol A*. Den Haag, 2019; publicatie nr. 2019/04.
- 15 41 RIVM. <https://www.rivm.nl/fluorkoolwaterstoffen>.
- 16 42 Kennisplatform Gespoten PURschuim. <https://www.gespotenpurschuim.nl/>.
- 17 43 Milieucentraal. [https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-](https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/isolatiematerialen-vergeleken/)
18 [huis/isoleren-en-besparen/isolatiematerialen-vergeleken/](https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/isolatiematerialen-vergeleken/).
- 19 44 Kjeldsen P, Scheutz C. *Short- and long-term releases of fluorocarbons from disposal of*
20 *polyurethane foam waste*. *Environmental science & technology* 2003; 37(21): 5071-9.
- 21 45 Tsai WT. *An overview of environmental hazards and exposure risk of*
22 *hydrofluorocarbons (HFCs)*. *Chemosphere* 2005; 61(11): 1539-47.
- 23 46 European Centre for Ecotoxicology and toxicology of Chemicals. *1,1,1,3,3,-*
24 *Pentefluoropropane (HFC-245fa) JACC report No.44*. Brussels, 2004.
- 25 47 Rusch GM. *The development of environmentally acceptable fluorocarbons*. *Critical*
26 *reviews in toxicology* 2018; 48(8): 615-65.
- 27 48 Environmental Protection Agency. [https://www.epa.gov/aegl/hfc-134a-results-aegl-](https://www.epa.gov/aegl/hfc-134a-results-aegl-program)
28 [program](https://www.epa.gov/aegl/hfc-134a-results-aegl-program).
- 29 49 Fleet T, Hanlon, J, Osborne, K e.a. The Norwegian Environment Agency. *Study on*
30 *environmental and health effects of HFO refrigerants (Publication number: M-917*. 2017.
- 31 50 van der Veen I, de Boer J. *Phosphorus flame retardants: properties, production,*
32 *environmental occurrence, toxicity and analysis*. *Chemosphere* 2012; 88(10): 1119-53.

- 1 51 Environmental Protection Agency. EPA. *Flame retardants used in flexible polyurethane*
2 *foam and alternatives assessment update*. 2015; EPA 744-R-15-002.
- 3 52 European Chemicals Agency. ECHA. *Screening report an assesment of whether the*
4 *use of TCEP, TCPP and TDCP in articles should be restricted*. Helsinki,, 2018; 3.
- 5 53 Robert W, Andersen, J, Wood, R e.a. *Ventilation and Re-Occupancy of a Residential*
6 *Home Sprayed with High Pressure Polyurethane Foam*. 2012.
- 7 54 Robert W, Wood, R, Andersen, J. *Spray Polyurethane Foam Monitoring and Re-*
8 *Occupancy of High Pressure Open Cell Applications to New Residential Constructions*.
9 2014.
- 10 55 Bello A, Xue Y, Gore R, Woskie S, Bello D. *Assessment and control of exposures to*
11 *polymeric methylene diphenyl diisocyanate (pMDI) in spray polyurethane foam*
12 *applicators*. International journal of hygiene and environmental health 2019:
- 13 56 Bilan RA, Hafliidson WO, McVittie DJ. *Assessment of isocyanate exposure during the*
14 *spray application of polyurethane foam*. American Industrial Hygiene Association journal
15 1989; 50(6): 303-6.
- 16 57 Crespo J, Galan J. *Exposure to MDI during the process of insulating buildings with*
17 *sprayed polyurethane foam*. The Annals of occupational hygiene 1999; 43(6): 415-9.
- 18 58 Tian S, Ecoff S, Sebroski J, Miller J, Rickenbacker H, Bilec M. *An indoor air quality*
19 *evaluation in a residential retrofit project using spray polyurethane foam*. Journal of
20 occupational and environmental hygiene 2018; 15(5): 363-75.
- 21 59 RPS advies-en ingenieursbureau bv. *Sprayed PUR foam emissions from crawlspaces*.
22 2014.
- 23 60 Lesage J, Stanley J, Karoly WJ, Lichtenberg FW. *Airborne methylene diphenyl*
24 *diisocyanate (MDI) concentrations associated with the application of polyurethane spray*
25 *foam in residential construction*. Journal of occupational and environmental hygiene
26 2007; 4(2): 145-55.
- 27 61 Lockey JE, Redlich CA, Streicher R, Pfahles-Hutchens A, Hakkinen PB, Ellison GL, et
28 al. *Isocyanates and human health: multistakeholder information needs and research*
29 *priorities*. J Occup Environ Med 2015; 57(1): 44-51.
- 30 62 Kakooei H, Shahtaheri SJ, Karbasi H-A. *Evaluation of Workers' Exposure to Methylene*
31 *Diphenyl Diisocyanate (MDI) in an Automobile Manufacturing Company, Iran*.
32 International Journal of Occupational Safety and Ergonomics 2015; 12(4): 443-9.
- 33 63 Jang ASC, I S;. *Increase in Airway Hyperresponsiveness Among Workers Exposed to*
34 *Methylene Diphenyldiisocyanate Compared to Workers Exposed to Toluene*
35 *Diisocyanate at a Petrochemical Plant in Korea*. American journal of industrial medicine
36 2000; 37: 663-7.

- 1 64 Mellette MP, Bello D, Xue Y, Yost M, Bello A, Woskie S. *Testing of Disposable*
2 *Protective Garments Against Isocyanate Permeation From Spray Polyurethane Foam*
3 *Insulation*. Ann Work Expo Health 2018; 62(6): 754-64.
- 4 65 Pronk A, Preller L, Raulf-Heimsoth M, Jonkers IC, Lammers JW, Wouters IM, et al.
5 *Respiratory symptoms, sensitization, and exposure response relationships in spray*
6 *painters exposed to isocyanates*. Am J Respir Crit Care Med 2007; 176(11): 1090-7.
- 7 66 Naldzhiev D, Mumovic D, Strlic M. *Polyurethane insulation and household products – A*
8 *systematic review of their impact on indoor environmental quality*. Building and
9 Environment 2020; 169:
- 10 67 Scholten B, Kenny L, Duca RC, Pronk A, Santonen T, Galea KS, et al. *Biomonitoring for*
11 *Occupational Exposure to Diisocyanates: A Systematic Review*. Ann Work Expo Health
12 2020; 64(6): 569-85.
- 13 68 Brennen C. *Industrial Hygiene Monitoring of Spray Foam Insulation*. The Woodlands,
14 2013.
- 15 69 Poppendieck D, Schlegel M, Connor A, Blickley A. *Flame retardant emissions from*
16 *spray polyurethane foam insulation*. ASTM Special Technical Publication. 2017. 2017.
- 17 70 Havermans JBGA, Houtzager MMG. *Emission of volatiles from Spray Polyurethane*
18 *Foam (SPF) insulated crawl spaces*. Indoor Air 2014 - 13th International Conference on
19 Indoor Air Quality and Climate. 2014. 2014.
- 20 71 TNO. *Evaluatie van gezondheidsrisico's voor bewoners, op basis van resultaten van*
21 *metingen in een woning waar SPF-vloerisolatie is aangebracht*. 2013; R10803-16.
- 22 72 Ernstgard L, Sjogren B, Gunnare S, Johanson G. *Blood and exhaled air can be used for*
23 *biomonitoring of hydrofluorocarbon exposure*. Toxicology letters 2014; 225(1): 102-9.
- 24 73 Bello A, Carignan CC, Xue Y, Stapleton HM, Bello D. *Exposure to organophosphate*
25 *flame retardants in spray polyurethane foam applicators: Role of dermal exposure*.
26 Environ Int 2018; 113: 55-65.
- 27 74 Estill CF, Slone J, Mayer AC, Phillips K, Lu J, Chen IC, et al. *Assessment of spray*
28 *polyurethane foam worker exposure to organophosphate flame retardants through*
29 *measures in air, hand wipes, and urine*. Journal of occupational and environmental
30 hygiene 2019: 1-12.
- 31 75 Estill CF, Slone J, Mayer A, Chen IC, La Guardia MJ. *Worker exposure to flame*
32 *retardants in manufacturing, construction and service industries*. Environ Int 2020; 135:
33 105349.
- 34 76 Kjeldsen P, Jensen MH. *Release of CFC-11 from disposal of polyurethane foam waste*.
35 Environmental science & technology 2001; 35(14): 3055-63.
- 36 77 LBP Sight. *Resultaten bouw fysisch onderzoek*. 2019; V045682aa.1978DNK.hv.

- 1 78 Bekki K, Uchiyama S, Kunugita N. *Analysis of isocyanates in indoor dust*. Analytical and
2 bioanalytical chemistry 2018; 410(18): 4247-51.
- 3 79 Krone CA, Klingner TD. *Isocyanates, polyurethane and childhood asthma*. Pediatric
4 allergy and immunology : official publication of the European Society of Pediatric Allergy
5 and Immunology 2005; 16(5): 368-79.
- 6 80 Sugeng EJ, Leonards PEG, van de Bor M. *Brominated and organophosphorus flame
7 retardants in body wipes and house dust, and an estimation of house dust hand-
8 loadings in Dutch toddlers*. Environmental research 2017; 158: 789-97.
- 9 81 Steunpunt Milieu en Gezondheid. *Het Vlaamse humane biomonitoringsprogramma
10 2016-2020: Referentiewaarden bij jongeren*. 2020.
- 11 82 Xu F, Eulaers I, Alves A, Papadopoulou E, Padilla-Sanchez JA, Lai FY, et al. *Human
12 exposure pathways to organophosphate flame retardants: Associations between human
13 biomonitoring and external exposure*. Environ Int 2019; 127: 462-72.
- 14 83 Verschoor AH, Verschoor, L. *Wijze van onderzoek van personen in het Expertise
15 Centre Environmental Medicine (ECEMed) van het Rijnstate ziekenhuis in Arnhem*.
16 Gezondheidsraads. 2020.
- 17 84 Verschoor AH, Verschoor, L. *Overzicht van personen onderzocht in het Expertise
18 Centre Environmental Medicine (ECEMed) van het Rijnstate ziekenhuis in Arnhem*.
19 2020.
- 20 85 Redlich CA, Karol MH. *Diisocyanate asthma: clinical aspects and immunopathogenesis*.
21 International Immunopharmacology 2002; 2(2): 213-24.
- 22 86 Collins JJ, Anteau S, Conner PR, Cassidy LD, Doney B, Wang ML, et al. *Incidence of
23 Occupational Asthma and Exposure to Toluene Diisocyanate in the United States
24 Toluene Diisocyanate Production Industry*. J Occup Environ Med 2017; 59 Suppl 12:
25 S22-S7.
- 26 87 TNO. *Evaluatie van sectoren op basis van werkgerelateerde gezondheidseffecten door
27 stoffenblootstelling*. 2011; V9408.
- 28 88 TNO. *Preventie beroepsziekten door stoffen*. 2018.
- 29 89 TNO. *Arbobalans 2018 Kwaliteit van de arbeid, effecten en maatregelen in Nederland*.
30 Leiden, 2018.
- 31 90 RIVM. *Meldingen van milieugerelateerde gezondheidsklachten bij GGD'en, periode
32 2017-2018*. 2019; 2019-0132.
- 33 91 PUR-expert groep. *Verslag van de hoorzitting van de commissie gespoten PUR-schuim
34 van de Gezondheidsraad* 2019:

- 1 92 Meldpunt PURslachtoffers. *Verslag van de hoorzitting van de commissie gespoten*
2 *PUR-schuim van de Gezondheidsraad* 2019:
- 3 93 Rustemeyer T. *Gesprek Prof. Rustemeyer en commissie gespoten PUR-schuim van de*
4 *Gezondheidsraad*. Gezondheidsraads. 2020.
- 5 94 Verschoor L. *Adembenemende contacten...Risico's van polyurethaan schuim (PUR)*.
6 *ILD Care Today* 2013; 6(2): 6-8.
- 7 95 Marshall LW, E.;Abelsohn, A.; Sanborn, M.D';. *Identifying and managing adverse*
8 *environmental health effects. 1. Taking an exposure history*. CMAJ 2002; 166(8): 1049-
9 55.
- 10 96 Verschoor AH, Verschoor, L. *Verslag van de hoorzitting van de commissie gespoten*
11 *PUR-schuim van de Gezondheidsraad* 2019.
- 12 97 Dietemann-Molard A, Kopferschmitt-Kubler MC, Meyer PD, Tomb R, Pauli G. *Allergic*
13 *asthma due to domestic use of insulating polyurethane foam*. Lancet (London, England)
14 1991; 338(8772): 953.
- 15 98 Redlich CA, Wilson, L. *A Case Series of Families with Symptoms Associated with*
16 *Home Polyurethane Spray Foam Insulation*. International conference of Isocyanates
17 and Health. New Haven, CT2013.
- 18 99 Harbison R, D, Bourgeois, M.M. *Hamilton and Hardy's Industrial toxicology*. Villey,
19 2015.
- 20 100 Arts JH, Mommers C, de Heer C. *Dose-response relationships and threshold levels in*
21 *skin and respiratory allergy*. Critical reviews in toxicology 2006; 36(3): 219-51.

22

23