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

Recycling van matrassen : analyse van risico's van verwerking en nieuwe toepassingen

RIVM-briefrapport 2021-0131
M. Faber et al.

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

Recycling van matrassen : analyse van risico's van verwerking en nieuwe toepassingen

RIVM-briefrapport 2021-0131
M. Faber et al.

Colofon

© RIVM 2021
Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van haar producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook www.rivm.nl/toegankelijkheid.

DOI 10.21945/RIVM-2021-0131

M. Faber (auteur), RIVM
F. Heens (auteur), RIVM
N. Spanbroek (auteur), RIVM
J.P.A. Lijzen (auteur), RIVM
A.W. van Drongelen (auteur), RIVM

Contact:
Natascha Spanbroek
Veilige technologische Innovaties en Circulaire economie
natascha.spanbroek@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van de transitie naar een circulaire economie

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

Publiekssamenvatting

Recycling van matrassen : analyse van risico's van verwerking en nieuwe toepassingen

De Nederlandse overheid wil dat de economie in 2050 helemaal circulair is. Daarin worden grondstoffen steeds opnieuw gebruikt zodat er zo min mogelijk afval is. Matrassen zijn een groot deel van het huishoudelijk afval. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) wil daarom gebruikte matrassen zoveel mogelijk recyclen. Ze worden nu gebruikt voor bijvoorbeeld judomatten, poetslappen en een zachte ondergrond in speeltuinen.

Het RIVM heeft uitgezocht of de recycling van gebruikte matrassen risico's kan hebben. Daar kunnen namelijk schadelijke stoffen in zitten. Het RIVM keek naar risico's voor werknemers en voor de gebruikers van producten die ervan zijn gemaakt. Hierbij is ook aandacht voor stoffen die in het verleden waren toegestaan, maar waar nu strengere regels voor zijn. Verder kunnen er tijdens het gebruik van het matras micro-organismen, zoals schimmels en bacteriën, in terechtkomen.

Het RIVM richt zich op de vier belangrijkste materialen in matrassen: polyurethaanschuim, latexschuim, textiel en metaal. Er blijken weinig metingen te zijn gedaan naar gevaarlijke stoffen en vervuilingen met micro-organismen in deze (gerecyclede) materialen. Bij de metingen die er zijn, zijn de wettelijke grenswaarden voor producten, zover deze bestaan, niet overschreden. Micro-organismen kunnen in de matrastijk of het schuim zitten maar gaan dood wanneer de tijken tijdens de recycling worden gewassen en het schuim met stoom wordt behandeld. Daardoor kunnen de micro-organismen niet in gerecyclede producten terechtkomen.

Meer onderzoek is nodig naar de recycling en de gerecyclede producten van het schuim en textiel uit matrassen. Er is weinig bekend of er in gerecyclede producten gevaarlijke stoffen zitten en, als dat zo is, in hoeverre mensen daar aan blootstaan. Ook is het belangrijk om te onderzoeken of werknemers aan schadelijke stoffen blootstaan als zij de matrassen uit elkaar halen.

In het algemeen adviseert het RIVM alle bedrijven die te maken hebben met de productie, het gebruik en recycling van matrassen meer en beter samen te werken. Bijvoorbeeld door er bij het ontwerp van een matras al rekening te houden dat ze makkelijk en veilig kunnen worden gerecycled. Ook is het belangrijk om met elkaar te delen welke stoffen en materialen worden gebruikt; dit geldt voor alle te recyclen producten.

Kernwoorden: circulaire economie, afval, matras, recycling, ZZS, micro-organismen

Synopsis

Recycling mattresses: risk analysis of processing used mattresses and new applications

The Dutch Government is committed to achieving a fully circular economy by 2050. This entails the repeated use of raw materials in order to minimise waste. Mattresses form a large proportion of household waste. The Minister for Infrastructure and Water Management (I&W) would therefore like used mattresses to be recycled as much as possible. They are currently used for various products, such as judo mats, polishing cloths and soft surfaces in playgrounds.

RIVM has investigated the risks of recycling used mattresses because they can contain hazardous substances. It looked into the risks for workers and for users of products made from used mattresses, paying particular attention to substances that were permitted in the past but for which there are now stricter regulations. Another aspect examined was that mattresses can become contaminated by microorganisms, such as moulds and bacteria, during use.

RIVM focused on the four most common materials in mattresses: polyurethane foam, latex foam, textiles and metals. Few measurements have been performed to determine hazardous substances and microbiological contamination in these (recycled) materials, but the measurements that are available do not exceed the legal limit values for products, insofar as these exist. Most microorganisms are to be found in mattress covers and they die because the covers are washed during recycling, meaning that they cannot end up in recycled products.

More research is recommended into the recycling of mattress foam and textiles and recycled products made from them. Little is known about whether there are hazardous substances in the recycled products in question and, if so, to which extent people are exposed to them. It is also important to determine whether workers are exposed to hazardous substances when they take mattresses apart.

In general, RIVM advises all companies engaged in the production, use and recycling of mattresses to cooperate more, and more effectively, with one another. They could, for example, ensure that mattresses are designed in such a way that they are easy and safe to recycle. It is furthermore vital that the parties involved share information about the substances and materials used, a point which applies to all products to be recycled.

Keywords: circular economy, waste, mattress, recycling, substances of very high concern, microorganisms

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13
1.1 Centrale vraagstelling — 13
1.2 Context — 14
1.3 Beleidscontext — 15
1.3.1 Circulaire economie — 15
1.3.2 Gevaarlijke stoffen — 15
1.4 Leeswijzer — 16

2 Afbakening en werkwijze — 17
2.1 Afbakening — 17
2.2 Werkwijze — 19
2.2.1 Dataverzameling — 19
2.2.2 Nederlandse matrasketen — 20
2.2.3 Inventarisatie van chemische stoffen — 21
2.2.4 Blootstelling aan en risicobeoordeling van chemische stoffen — 21
2.2.5 Risico's van micro-organismen — 22
2.2.6 Risico's bij verwerking — 23

3 De matras recyclingketen — 25
3.1 De keten in beeld — 25
3.2 Type matrassen op de Nederlandse markt — 28
3.3 Producten uit recycling — 28

4 Wetgeving — 33
4.1 REACH-verordening — 33
4.2 ZZS-emissiebeleid — 34
4.3 Afvalwetgeving — 35
4.4 Productveiligheid — 36
4.5 Aanvullende producteisen — 37

5 Aanwezigheid en risico's van chemische stoffen in polyurethaanschuim en het recyclingproduct — 39
5.1 De productie van polyurethaanschuim — 39
5.2 Aanwezigheid en gevaren van chemische stoffen in polyurethaanschuim en gerecyclede producten — 40
5.2.1 Polyurethaanschuim — 41
5.2.2 Rebonded foam — 44
5.3 Rangschikking stoffen op basis van gevaarseigenschappen — 48
5.3.1 Matrassen (Polyurethaanschuim) — 49
5.3.2 Rebonded foam — 50
5.4 Blootstellingsroutes aan chemische stoffen uit rebonded foam — 53
5.5 Risicobeoordeling gebruik rebonded foam — 55
5.5.1 Risico's voor de consument — 55
5.5.2 Risico's voor het milieu — 57

6 Aanwezigheid en risico's van chemische stoffen in latex — 61
6.1 Productie van latex — 61
6.1.1 Productieproces — 61

6.1.2 Gebruik van chemische stoffen bij de productie van latex — 62
6.2 Aanwezigheid en gevaren van chemische stoffen in (gerecycled) latex — 64
6.2.1 Conclusies literatuuronderzoek — 64
6.2.2 Risico's bij gebruik gerecycled latex — 65

7 Aanwezigheid en risico's van chemische stoffen in textiel (matrastijk) — 67
7.1 Productie van matrastijken — 67
7.1.1 Productieproces — 67
7.1.2 Gebruik van chemische stoffen bij de productie van matrastijken — 68
7.2 Aanwezigheid en gevaren van chemische stoffen in (gerecyclede) matrastijken — 69
7.2.1 Conclusies literatuuronderzoek — 69
7.2.2 Risico's bij gebruik gerecycled textiel — 72

8 Aanwezigheid en risico's van chemische stoffen in metaal — 75
8.1 Productie — 75
8.1.1 Productieproces — 75
8.1.2 Gebruik van chemische stoffen bij de productie van metaal(veren) — 75
8.2 Blootstelling aan chemische stoffen uit metaal — 76
8.3 Risico's bij gebruik gerecycled staal — 77

9 Aanwezigheid en risico's van micro-organismen — 79
9.1 Aanwezigheid van micro-organismen op matrassen — 79
9.2 Risico's van micro-organismen — 79
9.2.1 Methode — 79
9.2.2 Randvoorwaarden voor inzameling — 80
9.2.3 Voorzorgsmaatregelen tijdens recyclingproces — 80
9.2.4 Risicoreductiestappen tijdens het recyclingsproces — 81
9.2.5 Risico's van micro-organismen bij de gebruik van gerecyclede materialen — 81
9.3 Conclusie micro-organismen — 82

10 Veiligheid bij verwerking van matrassen (stof, VOS) — 85
10.1 Inventarisatie van gevaar en blootstelling — 85
10.2 Risico's — 86

11 Discussie — 87

12 Conclusies en aanbevelingen — 91
12.1 Conclusies — 91
12.2 Aanbevelingen — 94

13 Referenties — 97

Samenvatting

Nederland heeft de doelstelling om in 2050 volledig circulair zijn, met een halvering van het gebruik van grondstoffen in 2030. Matrassen vertegenwoordigen met ongeveer 1,5 miljoen afgedankte matrassen per jaar een grote afvalstroom. Vanuit het huidige (afval)beleid is de inzet daarom op het zoveel mogelijk recyclen van afgedankte matrassen in plaats van verbranden.

Door de (eventuele) aanwezigheid van gevaarlijke chemische stoffen in matrassen, waaronder Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS), zijn mogelijk risico's verbonden aan het recyclen en het gebruik van gerecyclede materialen voor nieuwe toepassingen. Het gaat daarbij ook om ook stoffen die in het verleden toegestaan waren maar nu strenger gereguleerd zijn. Bovendien kunnen matrassen tijdens gebruik besmet raken met ziektekiemen.

Dit onderzoek (in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) richt zich op twee vraagstukken gerelateerd aan deze risico's:

1. Welke knelpunten en risico's voor mens en milieu kunnen zich voordoen bij het recyclen van matrassen, zowel tijdens de verwerking van ingezamelde matrassen als in de verschillende toepassingen van gerecyclede materialen?
2. Welke ontwerpcriteria zijn van belang voor een toekomstig veilig en circulair matras?

Deze rapportage behandelt het eerste vraagstuk. De bevindingen over het tweede vraagstuk worden in de loop van 2021 gepubliceerd.

Het onderzoek richt zich op de vier grootste materiaalstromen die worden gescheiden: polyurethaanschuim, latexschuim, textiel en metaal. Voor deze stromen is de verwerking van afgedankte matrassen en de toepassingen in nieuwe producten in beeld gebracht met de focus op de aanwezigheid en/of gebruik van gevaarlijke stoffen en micro-organismen. Hierbij is gebruik gemaakt van beschikbare literatuurgegevens en informatie uit gesprekken met stakeholders in de matrasketen. Gerecyclede matrassen worden nu gebruikt voor het maken van bijvoorbeeld judomatten, poetslappen en een zachte ondergrond in speeltuinen.

Conclusies
Algemeen kan worden geconcludeerd dat er weinig meetgegevens beschikbaar zijn over de aanwezigheid van gevaarlijke chemische stoffen en microbiologische verontreinigingen in de (gerecyclede) materialen.

Gevaarlijke stoffen in gerecyclede producten
Voor de beschikbare meetresultaten geldt dat er geen sprake is van overschrijdingen van wettelijke grenswaardes voor producten, voor zover die zijn vastgesteld voor de aangetroffen stoffen. Het is een bekend gegeven dat wetgeving nog onvoldoende is ingericht op het gebruik van gerecyclede materialen. Om de risico's van gerecyclede

materialen goed te kunnen beoordelen is onderzoek gedaan naar aanwezigheid van gevaarlijke stoffen. Afhankelijk van de beschikbaarheid van de data is vervolgens een risicobeoordeling uitgevoerd.
Het RIVM trekt de volgende conclusies ten aanzien van aanwezigheid en risico's van gevaarlijke chemische stoffen in de vier materiaalstromen:

Polyurethaanschuim (inclusief toepassingen rebonded foam)
In rebonded foam (het gerecyclede product van polyurethaanschuim) blijkt dat een aantal gevaarlijke stoffen in lage concentraties voorkomen. De brandvertrager TCPP komt in hogere concentraties voor. Uit een kwantitatieve risicoanalyse (modelstudie) naar brandvertragers (TCEP en TCPP) blijkt dat het gebruik van rebonded foam als ondertapijt (worst-case benadering) geen gezondheidsrisico's oplevert voor de mens.
Aandachtspunten zijn de aanwezigheid en mogelijke risico's van organotinverbindingen en andere gevaarlijke stoffen die aanwezig kunnen zijn in polyurethaanschuim, maar waarvan onbekend is hoe vaak en in welke concentratie ze voorkomen. Er zijn ook kennisleemtes rond de toepassingen van rebonded foam als ondergrond voor speelplaatsen (uitloging van stoffen naar het milieu).

Latexschuim
Op basis van literatuur kunnen de volgende gevaarlijke stofgroepen voorkomen in (gerecycled) latex:
- broomhoudende brandvertragers met name in matrassen afkomstig van de recreatiesector en zorgsector.
- nitrosamines (waarvan sommige ZZS zijn).
- zinkverbindingen die bij lage concentraties toxisch kunnen zijn voor bodem- en waterorganismen.

Door het ontbreken van onderzoeksgegevens is geen kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd voor latex.

Textiel
Op basis van literatuur kunnen de volgende gevaarlijke stofgroepen voorkomen in (gerecycled) textiel:
- brandvertragers met name in matrastijken afkomstig van de recreatiesector en zorgsector:
- ftalaten (weekmakers) met name in matrastijken afkomstig van de recreatiesector en zorgsector
- organotinverbindingen
- stoffen toegepast vanwege antimicrobiële eigenschappen.

Als textielvezels worden gerecycled tot nieuwe textielproducten, dan kan er blootstelling voor mens en milieu plaatsvinden. Door het ontbreken van onderzoeksgegevens is geen kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd voor textiel.

Metaal
Voor metalen worden geen risico's verwacht in nieuwe toepassingen.

Micro-organismen
Uit de literatuur blijkt dat er een verscheidenheid aan micro-organismen aanwezig kan zijn op gebruikte matrassen. De aangetroffen micro-organismen zijn onder deze omstandigheden naar verwachting weinig gevaarlijk voor de mens, maar kunnen mogelijk wel aanleiding tot enige overlast geven (bijvoorbeeld huidirritatie of een milde schimmelinfectie). Door de aard van de verwerkingsprocessen en de toepassingen van de gerecyclede producten zijn de risico's bij verwerking en na toepassing naar verwachting beperkt.

Binnenklimaat recyclingbedrijven ((fijn) stof)
Op basis van beschikbare meetgegevens, is blootstelling aan inhaleerbaar stof aannemelijk. Aan de hand van de geleverde rapporten is het niet mogelijk om te bepalen of wordt voldaan aan de blootstellingslimieten voor (fijn) stof in de recyclingbedrijven.

Advies

Uit het onderzoek blijkt dat er op sommige punten meer onderzoek nodig is om de risico's van de recycling van matrassen beter in kaart te brengen. De voornaamste aanbevelingen aan de sector zijn:

1. Doe (aanvullend) onderzoek naar de aanwezigheid en risico's van gevaarlijke stoffen in relatie tot recycling:
    - aanwezigheid en risico's van organotinverbindingen in rebonded foam;
    - aanwezigheid en risico's van stoffen met een hoge gevarenscore in rebonded foam (bijvoorbeeld 4,4'-MDA);
    - nagaan of gevaarlijke stoffen (bijvoorbeeld brandvertragers) uitlogen uit rebonded foam wanneer dit wordt toegepast onder speelplaatsen;
    - aanwezigheid en/of risico van gevaarlijke stoffen te bepalen in matrastijken (textiel) en latex (waaronder brandvertragers).
2. Breng de blootstelling van werknemers aan (fijn) stof bij de matrasontmanteling beter in kaart en maak gebruik van dit onderzoek om te inventariseren of werknemers blootgesteld kunnen worden aan andere gevaarlijke stoffen.
3. Zet in op meer transparantie en samenwerking in de matrasketen zodat bijvoorbeeld recyclers meer inzicht hebben in de herkomst en samenstelling van matrassen.
4. Anticipeer op risico's bij recycling door het toepassen van Safe-by-Design principes bij het ontwerp van nieuwe matrassen.

1 Inleiding

1.1 Centrale vraagstelling

Nederland heeft de doelstelling om in 2050 volledig circulair zijn, met een halvering van het gebruik van grondstoffen in 2030. Matrassen zijn een grote afvalstroom. Vanuit het huidige (afval)beleid is de inzet daarom op het zoveel mogelijk recyclen van afgedankte matrassen.

Door de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen en micro-organismen in matrassen zijn mogelijk risico's verbonden aan het recyclen en het gebruik van gerecyclede materialen voor nieuwe toepassingen. Dit onderzoek (in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) richt zich op twee vraagstukken gerelateerd aan deze risico's:

1. Welke knelpunten en risico's voor mens en milieu kunnen zich voordoen bij het recyclen van matrassen, zowel tijdens de verwerking van ingezamelde matrassen als in de verschillende toepassingen van gerecyclede materialen?
2. Welke ontwerpcriteria zijn van belang voor een toekomstig veilig en circulair matras?

Matrassen bestaan uit verschillende materialen met elk een eigen samenstelling. Het is mogelijk dat gevaarlijke (chemische) stoffen aanwezig zijn in deze materialen. Indien deze stoffen aanwezig zijn en de materialen gerecycled worden, dan kan dit leiden tot risico's voor zowel mens als het (leef)milieu. Een risico houdt in dat er een kans is dat een negatief effect optreedt. Bijvoorbeeld voor werknemers als gevolg van blootstelling aan deze stoffen tijdens de recycling, maar ook voor consumenten en het milieu bij gebruik van gerecyclede producten.

Matrassen die nu aan het einde komen van hun gebruiksfase, en beschikbaar komen voor recycling, bevatten in potentie niet alleen gevaarlijke stoffen die hedendaags nog toegepast worden, maar ook stoffen die in het verleden toegestaan waren maar nu strenger gereguleerd zijn (de zogenaamde 'legacy' stoffen). Bovendien kunnen matrassen tijdens gebruik bijvoorbeeld besmet raken met ziektekiemen, waarbij de vraag is of dit een risico voor mens en milieu vormt tijdens verwerking en hergebruik van de materialen. Het verkennend onderzoek richt zich daarom op het in kaart brengen van de aanwezigheid en risico's van zowel chemische stoffen als micro-organismen.

Het tweede vraagstuk bouwt verder op de resultaten van het eerste vraagstuk. Eventuele risico's geïdentificeerd in het eerste vraagstuk zijn mede de basis voor de ontwerpcriteria van een veilig en circulair matras. Daarnaast is een inventarisatie uitgevoerd onder verschillende producenten waarbij ook methodes, tools en 'best practices' zijn verzameld over veilig en circulair ontwerpen. De bevindingen over dit onderdeel worden in de loop van 2021 afzonderlijk gepubliceerd.

1.2 Context

Matrassen zijn in elk huishouden te vinden en daarnaast in diverse bedrijven en instellingen, zoals hotels, vakantieparken en ziekenhuizen. Matrasfabrikanten adviseren consumenten om matrassen elke 8 tot 10 jaar te vervangen (Ikea B.V., 2013, Auping B.V., 2021, Alewijn, 2018). Voor 'recreatie' matrassen (hotels, vakantieparken) en 'zorg' matrassen (ziekenhuizen, verpleeghuizen) is de omloopsnelheid 4 tot 5 jaar. Matrassen kunnen als product afzonderlijk worden gekocht of als onderdeel van een compleet bed, zoals bij boxspring bedden. In Nederland worden elk jaar meer dan 1,5 miljoen nieuwe matrassen aangeschaft (Narinx, 2016, van Driel, 2018) en worden naar verwachting ongeveer evenveel matrassen afgedankt.

Na beëindiging van de levensduur worden deze matrassen afgedankt. Vóór 2019 werd ongeveer twee-derde deel van de afgedankte matrassen verbrand en een-derde gerecycled (IenW, 2019b). Momenteel zijn er in Nederland twee bedrijven, Matras Recycling Europe en Retourmatras, die op grote schaal de matrassen ontmantelen en verder verwerken. Beide bedrijven hebben de recyclecapaciteit afgelopen jaren opgeschaald.
Matrassen bestaan voornamelijk uit drie componenten: schuim (polyurethaan of latex), tijk (textiel) en springveren (metaal). Deze materialen worden in de recyclefaciliteiten van elkaar gescheiden. Het schuim wordt voor een deel verwerkt tot rebonded foam, een schuimproduct dat opnieuw in de markt wordt gezet voor nieuwe toepassingen, zoals onder andere sportmatten, tapijt en isolatiemateriaal (MRE B.V., 2020, Retourmatras B.V., 2020). De tijk en het metaal worden verkocht aan derden voor verdere verwerking en toepassing (recycling).

Om oplossingen te zoeken voor de grote afvalstroom van matrassen hebben de producenten IKEA, Beter Bed, Auping, Swiss Sense en Hilding eind 2019 kenbaar gemaakt een vrijwillige uitgebreide producentenverantwoordelijkheid (UPV1) overeen te willen komen met als doel dat 75% van het jaarlijkse aantal op de markt gebrachte matrassen in 2028 zal worden gerecycled (Ikea B.V. et al., 2019).

Dit initiatief is opgenomen in het landelijke uitvoeringsprogramma Circulaire economie. Om het succes van de UPV te vergroten werken partijen uit de sector, vaak met steun van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) aan een integrale aanpak bestaande uit verschillende pijlers:

1. Uitbreiden recyclingcapaciteit met investeringen vanuit de matrassector en afvalbedrijven.
2. Innovatie, denk aan ontwerpen van circulaire matrassen en innovatie op het vlak van recyclingtechnieken.
3. Matrasetiket om de consument te informeren over de samenstelling van een matras en om de bedrijven in staat te stellen deze na gebruik te recyclen. Daartoe faciliteert NEN[2] de realisatie van een Nederlands Technisch Afspraak (NTA), een

[1] Een UPV regelt dat producenten en importeurs (mede) verantwoordelijk zijn voor het afvalbeheer.
[2] Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut

speciaal type nationale norm voor een matrasetiket (NEN NTA 8190).
4. Dit RIVM briefrapport inzake mogelijke aanwezigheid en risico's van gevaarlijke stoffen in afgedankte matrassen en aanbevelingen voor het veilig ontwerpen van matrassen dat later afzonderlijk wordt gepubliceerd.

1.3 Beleidscontext

1.3.1 Circulaire economie

Om de transitie naar een circulaire economie (CE) te versnellen hebben 180 partijen uit zowel de overheid als het bedrijfsleven in 2017 het Grondstoffenakkoord ondertekend. Aan het Grondstoffenakkoord zijn vijf transitieagenda's gekoppeld. In zo'n transitieagenda staat beschreven hoe de betreffende sector circulair kan worden in 2050 en welke acties daarvoor nodig zijn.
In het Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2019-2023 worden deze vijf transitieagenda's vertaald naar concrete acties en projecten voor de periode 2019 tot en met 2023.

Een ander thema opgenomen in het Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2019-2023 is het integreren van het Safe-by-Design concept zodat productketens Safe & Circular-by-Design worden. Het concept Safe-by-Design houdt in dat veiligheid in een zo vroeg mogelijk stadium van materiaal-, product- en procesontwikkeling wordt meegenomen en dat de ontwerper daarbij ook rekening houdt met de veiligheid in toekomstige ketens (RIVM, 2021). Hieronder vallen ook initiatieven gericht op het ontwerpen van veilige alternatieven ter vervanging van zeer zorgwekkende stoffen (zie paragraaf 1.3.2).

1.3.2 Gevaarlijke stoffen

Er zijn verschillende internationale verdragen en wettelijke kaders die regels stellen voor stoffen waarvoor zorg bestaat over de risico's voor mens en milieu.

Voor sommige gevaarlijke stoffen zijn door de Europese Unie (EU) autorisaties (verbod tenzij vrijstelling) of restricties (beperkingen) vastgelegd. Deze kunnen gelden voor productie, handel, verwerking, vervoer, opslag en gebruik. De stoffen en bijbehorende autorisaties en/of restricties zijn vastgelegd in de REACH-verordening. Stoffen waarvoor een autorisatie benodigd is of wordt voorgesteld, worden substances of very high concern (SVHC) genoemd.
Voor sommige persistente organische verontreinigende stoffen zijn ook verboden of beperkingen vastgelegd in het Verdrag van Stockholm, hetgeen geïmplementeerd is in de EU via de POP-verordening (EU) 2019/1021 (EU Regulation, 2019). Er zijn ruim 180 landen aangesloten bij dit verdrag.
Naast de REACH- en POP-verordening, zijn het internationale OSPAR[3] verdrag en de Europese Kaderrichtlijn Water van kracht waarin lijsten van stoffen zijn opgenomen waarvan het gebruik en/of de uitstoot moet worden verminderd.

[3] Prioritaire stoffen van de Oslo-Parijs Conventie

De stoffen uit de hiervoor genoemde verdragen zijn binnen het Nederlandse stoffenbeleid geclassificeerd als Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS). Onderdeel van het Nederlandse stoffenbeleid is het zoveel mogelijk weren van ZZS uit de leefomgeving. Ter ondersteuning van het Nederlandse ZZS-beleid heeft het RIVM de ZZS uit de hierboven genoemde verdragen gebundeld in één lijst. Het beleid voor ZZS kent geen limitatieve lijst, maar werkt met gevaarscriteria om te beoordelen of een stof als ZZS wordt aangemerkt. De criteria zijn ontleend aan de Europese of internationale beleidskaders voor prioritering van chemische stoffen, zoals hierboven besproken. Op dit moment zijn ruim 1600 stoffen of stofgroepen als ZZS geïdentificeerd, zie de website 'Risico's van Stoffen' (www.rivm.nl/rvs). In hoofdstuk 2 wordt verder ingegaan op ZZS binnen het spectrum van het totaal aan chemische stoffen. De verschillende wetgevende kaders worden verder toegelicht in Hoofdstuk 4.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk licht de scope en werkwijze van dit onderzoek toe. In hoofdstuk 3 en 4 zijn respectievelijk de matrasketen en de relevante wetgeving in beeld gebracht. In de hoofdstukken 5 tot en met 8 zijn de bevindingen weergegeven voor de vier grootste materiaalstromen die worden gescheiden: polyurethaanschuim, latexschuim, textiel (matrastijk) en metaal. Hoofdstuk 9 beschrijft de bevindingen rond de aanwezigheid van micro-organismen en hoofdstuk 10 rond het binnenklimaat bij recyclingbedrijven. Tot slot is in hoofdstuk 11 een discussie opgenomen en zijn in hoofdstuk 12 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 Afbakening en werkwijze

2.1 Afbakening

Het onderzoek richt zich enkel op de Nederlandse markt voor matrassen. Daarbij gaat het om matrassen die in Nederland worden toegepast, ingezameld en gerecycled. Dit zijn primair matrassen voor de consumentenmarkt, hier richt de UPV zich ook op. In Nederland worden ook matrassen uit de zorgsector en uit de recreatiesector ingezameld en gerecycled. Matrassen uit de zorgsector zijn onder andere afkomstig uit ziekenhuizen en verpleeghuizen. Matrassen uit de recreatiesector zijn afkomstig uit vakantieparken en hotels. Deze matrassen worden in dezelfde recyclingfaciliteiten op dezelfde manier verwerkt als consumentenmatrassen. Zowel consumenten-, zorg- als recreatiematrassen zijn daarom in dit onderzoek meegenomen. Overige kleine afzetmarkten, bijvoorbeeld penitentiaire inrichtingen, zijn in beperkte mate meegenomen. Dit geldt ook voor matrassen bestemd voor buitenlandse afzetmarkten. Matrassen worden momenteel niet geïmporteerd om te recyclen, deze matrassen kunnen door grootschalige inkoop of online verkoop echter wel op de Nederlandse markt komen. De focus van het onderzoek ligt echter voornamelijk op Nederlandse consumentenmatrassen omdat dit de grootste hoeveelheid betreft in de recycling (zie hoofdstuk 3).

De levensduur van een consumentenmatras is volgens de matrasproducenten ruwweg 10 jaar en de levensduur van een zorg- en recreatiematras 4-5 jaar. Er wordt verwacht dat het merendeel van de afgedankte matrassen een leeftijd heeft tot 15 jaar. Het onderzoek houdt er echter ook rekening mee dat oudere matrassen bij de recycling terecht kunnen komen.

Een matras bestaat uit verschillende materialen. Polyurethaan, latex, metaal en textiel worden in de grootste hoeveelheden toegepast in de huidige matrassen (zie hoofdstuk 3). Het onderzoek richt zich daarom op de mogelijke risico’s van gevaarlijke stoffen, waaronder SVHC en ZZS, in deze materialen.

Figuur 2-1 Een overzicht van de verschillende groepen stoffen die onderdeel maken van het geheel aan chemische stoffen. SVHC (Substances of Very High Concern) zijn onderdeel van de groep ZZS (Zeer Zorgwekkende Stoffen). ZZS maken op hun beurt weer deel uit van de groep gevaarlijke stoffen.

Gevaarlijke stoffen maken deel uit van een brede groep van stoffen, die afhankelijk van de blootstelling en concentratie een effect kunnen hebben op mens en milieu, denk aan acuut giftige stoffen voor de mens.

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van CLP (Classification, Labelling and Packaging) om de groep van gevaarlijke stoffen te definiëren. CLP is de Europese verordening waarin is vastgelegd hoe het gevaar van chemische stoffen moet worden vertaald in classificaties en labels (EC 1272/2008, annex VI).

ZZS vormen vervolgens weer een subgroep van die groep van gevaarlijke stoffen (zie Figuur 2-1). Een stof wordt als ZZS geclassificeerd indien deze voldoet aan de criteria van artikel 57 van de REACH-verordening[4]. Stoffen met één of meer van de volgende eigenschappen voldoen aan deze criteria:

- Carcinogeen, Mutageen of Reprotoxisch (CMR) – De stof is kankerverwekkend, beschadigd DNA of is giftig voor de voortplanting
- Persistent, Bioaccumulerend én Toxisch (PBT) – De stof breekt niet tot nauwelijks af in het milieu, hoopt op in organismen en is giftig voor mens of het milieu
- Zeer Persistent en Zeer Bioaccumulerend (zPzB/vPvB) – De stof breekt niet tot nauwelijks af in het milieu, hoopt op in organismen maar is niet per se toxisch
- Gelijkwaardige zorg– De eigenschap van de stof is op basis van wetenschappelijke aanwijzingen net zo schadelijk als de andere bovenstaande eigenschappen (bijvoorbeeld hormoonontregeling)

De Europese wetgevende kaders en verdragen die worden gebruikt om ZZS te identificeren zijn genoemd in paragraaf 1.3.2.

[4] VERORDENING (EG) Nr. 1907/2006 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 18 december 2006 inzake de registratie en beoordeling van en de autorisatie en beperkingen ten aanzien van chemische stoffen (REACH), tot oprichting van een Europees Agentschap voor chemische stoffen, houdende wijziging van Richtlijn 1999/45/EG en houdende intrekking van Verordening (EEG) nr. 793/93 van de Raad en Verordening (EG) nr. 1488/94 van de Commissie alsmede Richtlijn 76/769/EEG van de Raad en de Richtlijnen 91/155/EEG, 93/67/EEG, 93/105/EG en 2000/21/EG van de Commissie.

Alle SVHC vallen onder het ZZS-beleid. De groep van ZZS is groter dan de groep van SVHC. Dat komt voornamelijk omdat sommige stoffen geclassificeerd zijn als carcinogeen, mutageen or reprotoxisch en daarom als ZZS worden bestempeld, maar nog niet onder REACH als SVHC zijn geïdentificeerd.

Het gebruik en de aanwezigheid van gevaarlijke chemische stoffen wordt in deze studie onderzocht op zowel het niveau van de functionele groep (bijvoorbeeld organotinverbindingen) als individuele stoffen (bijvoorbeeld dibutyltin).

Naast de chemische verbindingen focust het onderzoek ook op micro-organismen zoals bacteriën en schimmels. Hierbij worden de risico's tijdens het verwerken van de gerecyclede materialen, en de risico's bij gebruik van de gerecyclede materialen in kaart gebracht.

De risicobeoordeling richt zich voornamelijk op de huidige recyclingtechnieken en gerecyclede producten. Nieuwe ontwikkelingen in recyclingtechnologieën, zoals bijvoorbeeld chemische recycling, worden geïdentificeerd, maar zijn in deze studie zeer beperkt meegenomen door gebrek aan gegevens. Waar mogelijk is informatie verstrekt over de knelpunten en risico's van (toekomstige) recyclingmethoden.

Tot slot, risico's worden voor zowel mens als milieu in kaart gebracht. Mensen kunnen op verschillende manieren blootgesteld worden aan gevaarlijke stoffen of microbiologische verontreinigingen: als consument, als werknemer, of indirect via het milieu. Het onderzoek richt zich voornamelijk op de blootstellingsroute waarbij consumenten bij gebruik van de gerecyclede producten blootgesteld worden. Het in kaart brengen van de risico's van werknemers in de recyclingindustrie van matrassen is slechts kwalitatief uitgevoerd. De risico's voor het milieu zijn alleen (kwalitatief) beschreven als de huidige toepassingen van de recyclingproducten daar aanleiding voor gaven. Milieurisico's als gevolg van emissies van gevaarlijke stoffen vanuit de recyclingbedrijven, zogenoemde puntbronnen, vallen buiten de scope van het onderzoek.

2.2 Werkwijze

2.2.1 Dataverzameling

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van beschikbare gegevens in de literatuur en informatie die verzameld is in gesprekken met stakeholders die actief zijn in de matrasketen.

Een literatuurstudie is uitgevoerd om een globaal overzicht te verkrijgen van de matrasketen, oftewel de productie, inzameling en recycling van matrassen en hergebruik van matrasmaterialen. Daarnaast is uitgebreid gezocht naar informatie over de samenstelling van de matrascomponenten. Hierbij lag de focus op de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen en microbiële verontreinigingen die mogelijk een probleem vormen voor de recycling. Scopus is gebruikt als zoeksysteem voor wetenschappelijke informatie. Hierbij zijn zoektermen als "mattres", "production" en "composition" gecombineerd met termen als "hazardous", "hazardous substances", "polyurethane", "foam", "latex",

"textile", "ticking" en "steel springs". Daarnaast zijn reguliere zoekmachines, zoals Google en Google Scholar, gebruikt om grijze literatuur en niet-wetenschappelijke bronnen te vinden.

Stakeholders in de matrasketen zijn benaderd om informatie te krijgen over alle facetten rondom matrasrecycling. Verschillende organisaties en bedrijven zijn geïnterviewd om meer informatie te verkrijgen over gevaarlijke stoffen in matrassen en de processen rondom de recycling van matrassen. Hierbij is ook navraag gedaan naar analyseresultaten van matrassen, matrasmaterialen en gerecyclede producten. In Tabel 2-1 is een overzicht van de stakeholders weergegeven waarmee in het kader van dit onderzoek gesproken is. Bij de recyclebedrijven (Retourmatras en Matras Recycling Europe) hebben bedrijfsbezoeken plaatsgevonden om het ontmantelen van matrassen te aanschouwenaanschouwen.

Tabel 2-1 Geraadpleegde stakeholders.

Stakeholder	**Type stakeholder**
CBM	Brancheverenigingmeubels
Eurofer	Brancheverenigingstaalindustrie
Eurometaux	Brancheverenigingnon-ferro metalen
Europur	Brancheverenigingpolyurethaanschuim
Federal Eco Foam (voormalig Agglorex)	Recyclebedrijf – productie rebonded foam
Ikea	Producent matrassen
Innofa	Producent tijken
Inretail	Brancheverenigingnon-food
Koninklijke Auping b.v.	Producent matrassen
M Line	Producent matrassen
Matras Recyling Europe	Recyclebedrijf - ontmanteling matrassen
NVRD	Brancheverenigingafval
Recticel	Producent polyurethaanschuim en recyclebedrijf - rebonded foam
Renewi	Afvalverwerkingsbedrijf
Retourmatras	Recyclebedrijf - ontmanteling matrassen en productie rebonded foam
Stiftung Warentest	Consumentenorganisatie in Duitsland
SUEZ	Afvalverwerkingsbedrijf
Yesdelft	Bedrijfsincubator

2.2.2 Nederlandse matrasketen

Een overzicht van de Nederlandse matrasketen wordt geschetst. Dit overzicht omvat onder andere informatie over de verschillende soorten matrassen, de levensloop van afgedankte matrassen, de recyclingprocessen, de gerecyclede materialen en producten en (niet) wettelijke kaders die van toepassing zijn op de matrasrecycling. Deze facetten zijn van belang om de risico's van het recyclen van matrassen in kaart te brengen, zowel op het gebied van de stoffen die toegepast

worden als de mogelijke blootstellingsroutes. Voor de toepassing van stoffen in producten speelt, naast functionaliteit, productregelgeving een belangrijke rol. Daarom wordt relevante productregelgeving in kaart gebracht om te bepalen waar matrassen en gerecyclede producten uit de recycling aan dienen te voldoen. Ook wordt afvalwetgeving in kaart gebracht, dit kan van belang zijn voor het gebruik van afgedankte matrassen om nieuwe producten te produceren.

2.2.3 Inventarisatie van chemische stoffen

Er is eerst onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van stoffen in matrassen die mogelijk een zorg vormen voor de recycling. Hiervoor is geïnventariseerd welke chemische stoffen toegepast worden bij de productie van matrassen. Hierbij is de focus gelegd op de viervier grootste materiaalstromen: polyurethaan, latex, metaal en textiel. Informatie over de chemische stoffen aanwezig in gerecyclede producten is ook meegenomen, indien deze beschikbaar was. Hierbij dient echter rekening gehouden te worden dat de samenstelling van materialen door het recycleproces kan wijzigen als gevolg van mechanische en/of chemische recycling processen. Informatie uit literatuur en van stakeholders is gebruikt om een beeld te vormen over het gebruik van chemische stoffen bij de productie van matrassen en matrasmaterialen. Ook zijn meetgegevens verkregen van een aantal stakeholders.

2.2.4 Blootstelling aan en risicobeoordeling van chemische stoffen

Om een risicobeoordeling te kunnen uitvoeren, is het van belang te weten wat de blootstelling van mens en milieu is aan de (gevaarlijke) chemische stoffen. De mate van blootstelling is afhankelijk van specifieke stofeigenschappen die bepalen hoe makkelijk een stof uit een matrix kan migreren naar, bijvoorbeeld, (binnen)lucht of bodem, maar ook de contactduur en manier van blootstelling (voor de mens bijvoorbeeld huidcontact, inademing en/of orale inname).
Gegevens over migratie van matrascomponenten bleken beperkt beschikbaar en voor vaste materialen is de migratie van individuele stoffen lastig te modelleren. Daarnaast was het binnen de scope van dit onderzoek niet mogelijk om voor alle stoffen en alle toepassingen van gerecyclede materialen de risico’s van blootstelling aan chemische stoffen te kwantificeren. Daarom is gekozen voor de volgende aanpak:

1) Er wordt beperkt, en vooral kwalitatief, ingegaan op de beoordeling van de risico’s van chemische stoffen in latex, textiel en metaal. Voor deze materialen was de beschikbare informatie te gelimiteerd om een uitgebreide risicobeoordeling uit te voeren.
2) Voor polyurethaanschuim en rebonded foam (het gerecycled product van polyurethaanschuim en in sommige gevallen ook latex) was er meer informatie beschikbaar. Dit betrof meetgegevens over de aanwezigheid van (eventuele) gevaarlijke stoffen en één blootstellingsanalyse van consumenten aan één stof. Voor de toepassing(en) van rebonded foam is een uitgebreidere risicobeoordeling uitgevoerd. De hiervoor gevolgde werkwijze is omschreven in het onderstaande kader.

a) Prioritering van stoffen
Er is in kaart gebracht welke stoffen het meest gevaarlijk zijn. De gebruikte methodiek is gebaseerd op een prioriteringstool, ontwikkeld door het RIVM (Woutersen et al., 2016, Woutersen et al., 2019). Deze tool is ontwikkeld om chemische stoffen in consumentenproducten te prioriteren op basis van de gevaarseigenschappen en de potentie van de stoffen. De informatie kan gebruikt worden om te bepalen welke stoffen en/of stofgroepen de meeste aandacht behoeven.

b) Bepalen van blootstellingsroutes
Om de blootstellingsroutes voor mens en milieu te bepalen is op basis van gesprekken met de keten een overzicht gemaakt van de mogelijke toepassingen van de gerecyclede materialen. De blootstellingsroutes zijn kwalitatief beschreven voor zowel de consument als het milieu. Op basis van het overzicht is op basis van 'expert judgement' bepaald in welke toepassing de meeste risico's te verwachten zijn.

c) Risico's voor consumenten
Op basis van de gevarenrangschikking en de beschikbare meetgegevens zijn de stoffen geselecteerd waarvoor een risicobeoordeling is uitgevoerd. Voor de risicobeoordeling is gebruik gemaakt van ConsExpo, een model ontwikkeld door het RIVM waarmee de blootstelling van consumenten aan stoffen in consumentenproducten kan worden geschat en beoordeeld.

d) Risico's voor het milieu
Mogelijke risico's zijn bepaald op basis van beschikbare informatie over de samenstelling van de gerecyclede producten, de toepassingen en de bestaande wetgevende kaders. Dit betreft een kwalitatieve risicobeoordeling.

Merk op dat de uitgebreide risicobeoordeling enkel voor gerecycled polyurethaanschuim is uitgevoerd omdat de gegevens dit toelieten; voor de overige materialen was de informatie te beperkt.

2.2.5 *Risico's van micro-organismen*

Op basis van de beschikbare informatie is een inschatting gemaakt van de microbiologische risico's bij de recycling van matrassen. Er is ook gekeken naar microbiologische risico's bij toepassing van gerecyclede producten. De uitkomsten voor alle materialen en gerecyclede producten zijn weergegeven in een aparte paragraaf.

Om de risico's in kaart te brengen is bij verschillende partners in de matrasketen gevraagd of er onderzoeksgegevens zijn over de microbiologische verontreinigingen van (gerecyclede) matrassen. Er is ook in de literatuur gekeken of er informatie beschikbaar was. Er is met de termen "mattress" en "microbiological" een search uitgevoerd in de literatuurdatabase Embase. Dit leverde 12 publicaties op. Op basis van de samenvatting van de publicaties is gekeken of deze informatie bevat over micro-organismen in matrassen. Er zijn vier publicaties die informatie bevatten over micro-organismen op matrassen, waarvan drie over ziekenhuismatrassen en één over kindermatrassen. De publicatie over kindermatrassen had ook een uitgebreide lijst met micro-

organismen die zijn geïsoleerd uit deze matrassen, veelal betrof het schimmels. Daarnaast is er ook nog een publicatie gebruikt die niet uit deze search kwam, maar die wel informatie bevatte over micro-organismen op matrassen. Op basis van de beschikbare informatie is een inschatting gemaakt van de microbiologische risico's.

2.2.6 Risico's bij verwerking

De risico's voor werknemers bij de recycling worden beperkt meegenomen op basis van een tweetal documenten waarbij metingen zijn uitgevoerd naar onder meer fijn stof, vluchtige organische stoffen en micro-organismen.

3 De matras recyclingketen

3.1 De keten in beeld

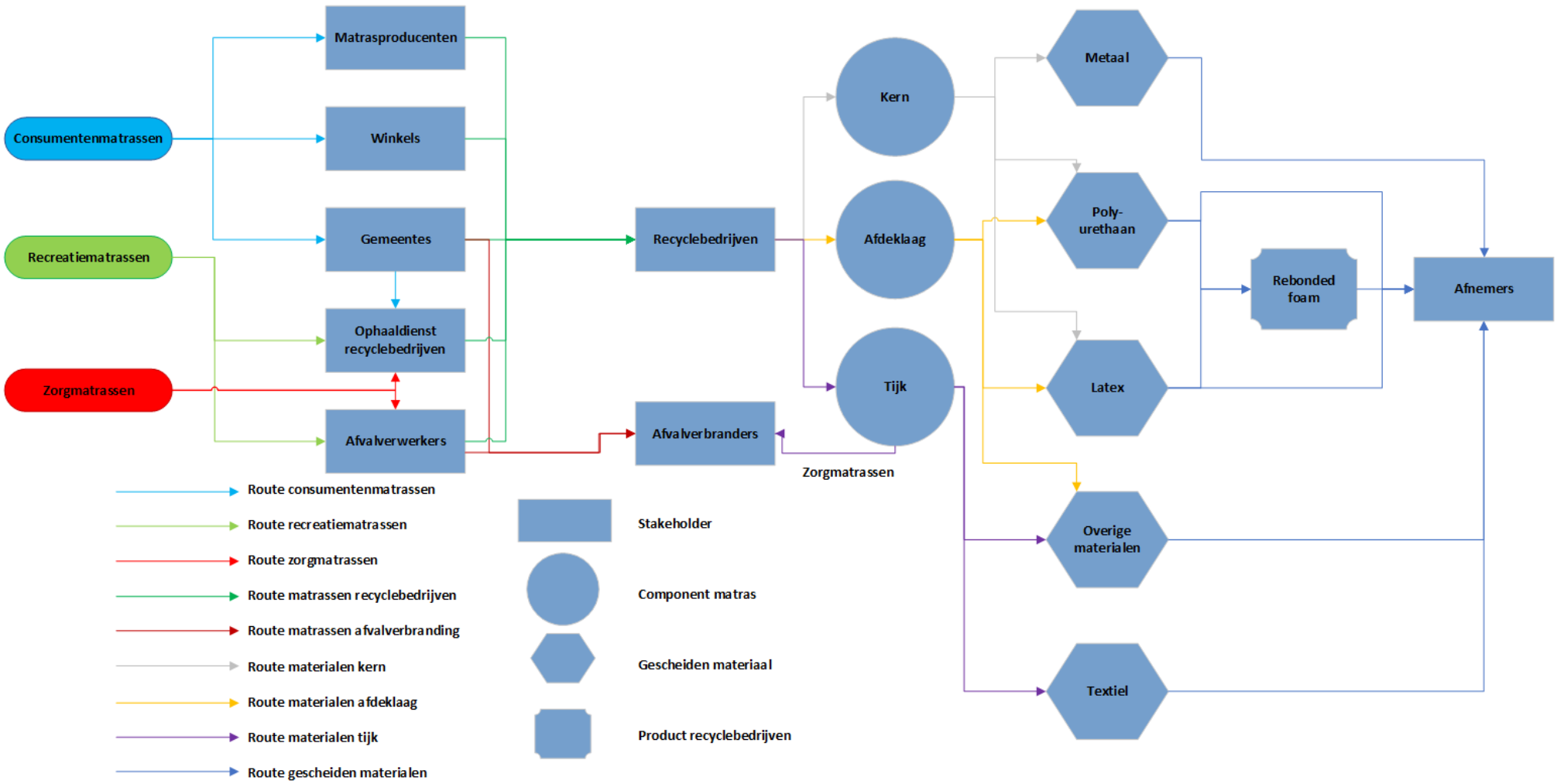
In Nederland werden circa 1,5 miljoen nieuwe consumentenmatrassen aangeschaft in 2014 (van Driel, 2018). In de jaren erna nam het aantal verkochte matrassen toe tot 1,6, 1,7 en 1,8 miljoen in respectievelijk 2015, 2016 en 2018 (van Driel, 2018, Dekbed Discounter, 2018). Hierdoor zal uiteindelijk het aantal afgedankte matrassen ook toenemen. van Driel (2018) schatte in dat circa 14,8 miljoen consumentenmatrassen afgedankt worden tussen 2018-2027, zo'n 1,5 miljoen per jaar dus. Het aantal gebruikte matrassen in de zakelijke markt (hotels, vakantieparken en ziekenhuizen) werd geschat op respectievelijk 260.000, 290.000 en 40.000, (van Driel, 2018). Daarnaast woonden er in 2019 115.000 mensen in verzorgings- en verpleeghuizen (CBS, 2020). Met een gemiddelde levensduur van vijf jaar komt dit neer op het afdanken van ongeveer 110.000 recreatiematrassen en 31.000 zorgmatrassen per jaar. Het aandeel matrassen voor de zakelijke markt (22%) is dus relatief klein. De verschillende matrassen kunnen via diverse routes bij de matrasrecyclers terecht komen. Een overzicht van de keten is weergegeven in Figuur 3-1. Hieronder worden de verschillende stappen toegelicht.

Voor informatie over de samenstelling van de matrassen wordt verwezen naar paragraaf 3.2.

Inzameling
De meeste consumentenmatrassen worden ingezameld bij de milieustraten van de gemeentes. In Nederland zijn gemeentes wettelijk verantwoordelijk voor het organiseren van faciliteiten om de End-of-Life (EOL) consumentenmatrassen in te zamelen (RO, 2020). De afgelopen jaren heeft er een transitie plaatsgevonden van verbranding naar recycling. Ingezamelde natte en/of vieze matrassen worden nog steeds verbrand in verbrandingsinstallaties, omdat deze materialen moeilijk hergebruikt kunnen worden. Consumentenmatrassen worden ook ingezameld door de matrasproducenten; oude matrassen kunnen al dan niet tegen een vergoeding ingeleverd worden, bijvoorbeeld bij aanschaf van een nieuw matras. Dit is ook een van de verplichtingen van de UPV matrassen (zie paragraaf 1.2). Daarnaast halen de recyclebedrijven en afvalverwerkers matrassen op bij bedrijven en organisaties. Hiermee worden zowel consumentenmatrassen, zorgmatrassen als recreatiematrassen opgehaald. Ook hier worden natte/en of vieze matrassen richting afvalverbrandingsinstallaties afgevoerd en gaan de afgedankte droge en schone matrassen naar de recyclebedrijven.

Ontmanteling
De ontmanteling van matrassen bij de recyclebedrijven vindt deels mechanisch, deels handmatig plaats. Hierbij worden de matrassen in grote hallen met machines of door mensen gedemonteerd. Vier materialen worden voornamelijk gescheiden om te recyclen: polyurethaan, latex, staal en textiel. Deze materialen kunnen eventueel

verder gesorteerd worden ter bevordering van de afzet; zo kan polyurethaanschuim gescheiden worden in, bijvoorbeeld, koudschuim en traagschuim. Dit gebeurt nu bij één van de recyclebedrijven. Naast de vier grootste stromen worden door dit recyclebedrijf ook kleinere materiaalstromen gescheiden (bijvoorbeeld ritsen, knopen en paardenhaar). Voor een aantal van deze stromen worden nog afzetmarkten gezocht. Dit is doorgaans lastiger vanwege de kleine hoeveelheden gesorteerd materiaal; binnen de afvalverwerking is dit vaak niet rendabel en eindigen dergelijke niche fracties ongescheiden in een restafvalfractie die naar verbranding wordt gestuurd. Dit rapport focust echter op de vier voornaamste stromen: polyurethaan, latex, staal en textiel. De meeste van deze materialen worden in gescheiden vorm afgezet bij afnemers die de gesorteerde materiaalstroom verwerken in een product, zoals rebonded foam gemaakt van polyurethaanschuim. Daarnaast maakt één van de ontmantelaars in Nederland ook zelf rebonded foam, een nieuw product gemaakt van polyurethaanschuim en in sommige gevallen ook latex. Meer informatie over de producten is weergegeven in paragraaf 3.3.

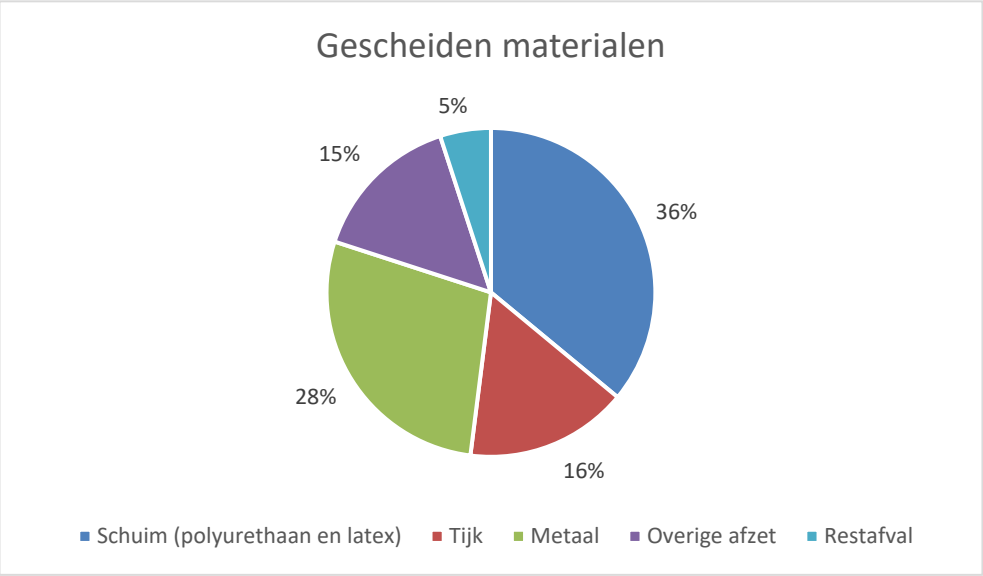


Figuur 3-1 Keten van End-of-Life matrassen. De figuur toont de huidige routes van de matrassen richting de recyclebedrijven en afvalverbranders en grootste huidige materiaalstromen die gescheiden worden vanuit de verschillende matrascomponenten. Ontmanteling vindt in Nederland plaats, de verwerking van gerecyclede materialen wordt deels in Nederland uitgevoerd. In Figuur 3.3 worden de verschillende toepassingen voor de materiaalstromen weergegeven.

3.2 Type matrassen op de Nederlandse markt

In Nederland werden in 2016 voornamelijk consumentenmatrassen verkocht van het type pocketvering (26,5%), binnenvering met schuim (14,9%), traagschuim (11,2%) en koudschuim (8,3%) (van Driel, 2018). Andere type matrassen hadden een relatief klein marktaandeel (<5%), terwijl een groot deel van de verkochte matrassen niet geduid kon worden (24,9%). Van zorgmatrassen en recreatiematrassen is de samenstelling van type matrassen niet bekend, al worden bepaalde materialen wel vaker toegepast. Zo worden waterdichte coatings toegepast in de tijk van zorgmatrassen en kunnen brandvertragende textielsoorten gebruikt worden wanneer bedrijven of organisaties hier eisen aan stellen.

Afgedankte matrassen bestaan voornamelijk uit polyurethaan (40-44%), textiel/tijk (13-25%), staal (17-20%) en latex (10-16%) (Narinx, 2016). Een klein deel van de matrassen bestaat uit andere reststoffen (<10%). Deze cijfers wijken enigszins af van de materialen afgezet door een van de recyclebedrijven in 2019-2020 (Figuur 3-2).



Figuur 3-2 Gewichtsaandeel materialen afkomstig uit matrassen die afgezet zijn voor nieuwe producten (Matras Recycling Europe, 2020).

3.3 Producten uit recycling

Metaal

De metalen springveren worden bij de recyclebedrijven zoveel mogelijk ontdaan van andere materialen. Voornamelijk bij pocketveren is dit niet in alle gevallen mogelijk, bijvoorbeeld door verlijmingen, hierdoor kan in sommige gevallen het materiaal niet middels de reguliere afzetkanalen afgezet worden. Het metaal, voornamelijk staal, wordt als geheel of geshredderd afgezet bij de staalindustrie. Hier wordt het metaal met ander metaal omgesmolten en gebruikt voor nieuwe producten. De exacte producten die gemaakt worden zijn niet bekend maar de toepassing van omgesmolten metaal is breed; onder andere nieuwe springveren zouden geproduceerd kunnen worden van het gerecyclede staal (EUROFER, 2020).

Textiel
Het textiel van de tijken wordt met machines of handmatig van de matrassen verwijderd en in balen verzameld. De recyclebedrijven zetten deze balen af bij externe partijen welke de materialen verder verwerken. Momenteel vindt de verwerking deels in het buitenland plaats, al zijn er ook initiatieven om dit in Nederland verder te verwerken (Retourmatras B.V. , 2020). Het textiel wordt bij de afnemer gesorteerd, gewassen en vervezeld. De schone vezels worden tot nieuwe garen gesponnen welke gebruikt kunnen worden voor nieuwe textielproducten. Het is niet duidelijk welke producten van het textiel gemaakt worden. Het textiel waar geen garen van gesponnen kan worden, wordt gebruikt om vilt te maken en kan gebruikt worden als opvulling voor meubels of voor ondervloeren (Boer Group Recycling Solutions B.V., 2021). Een andere toepassing van textiel is het shredderen en het verwerken tot isolatiemateriaal (Alewijn, 2018).

Latex
Het latex uit de matraskernen en de afdeklagen wordt verzameld en gesorteerd op bruikbaarheid. Oud latex dat uitgedroogd is en verkruimeld, wordt niet gerecycled. Latex kan worden afgezet als vulmateriaal in de meubelindustrie. Een groot deel van het latex afkomstig uit matrassen wordt tegenwoordig echter gebruikt om bij te mengen in rebonded foam gemaakt van polyurethaanschuim (Retourmatras B.V. , 2020). Op de productie van rebonded foam wordt verder op ingegaan in onderstaande alinea. Rebonded foam kan ook gemaakt worden van (hoofdzakelijk) latex[5].

Polyurethaan
Het grootste gedeelte (>40%) van de schuimen in matraskernen en afdeklagen bestaat uit flexibel polyurethaanschuim. Polyurethaanschuim wordt bij een van de recyclebedrijven verwerkt tot rebonded foam, in andere gevallen wordt het afgezet en door externe partijen verwerkt tot rebonded foam. Om rebonded foam te maken wordt het schuim vervlokt en met bindmiddel en kleurstof gemengd. De vlokken kunnen ook gecombineerd worden met latexvlokken voor de productie van rebonded foam. Dit mengsel wordt in een cilindervorm gegoten en gestoomd bij een temperatuur van 70°C tot 140°C waarna het product ontstaat (Retourmatras B.V., 2021). Na drogen kan de cilinder op verschillende diktes en lengtes gesneden worden. Afhankelijk van de samenstelling en dikte van het rebonded foam zijn er verschillende toepassingen. Circa 80% van het rebonded foam wordt toegepast als ondervloer voor tapijt (Retourmatras, 2020). Daarnaast wordt het materiaal toegepast als onder meer als zachte ondergrond (schokdemper) in speelplaatsen en als geluidsisolatie (Retourmatras, 2020). Naast afgedankte matrassen wordt snijafval van nieuwe matrassen (trim foam) ook verwerkt tot rebonded foam. Dit gerecyclede product wordt onder andere toegepast in koematrassen, sportmatten en in sportvelden als ondervloer (Recticel, 2020). Deze producten kunnen echter ook uit rebonded foam van afgedankte matrassen bestaan. Snijafval (pre-consumer materiaal) en schuim uit afgedankte matrassen (post-consumer materiaal) worden in principe niet met elkaar gemengd bij de productie van rebonded foam.

[5] Persoonlijke communicatie EUROPUR.

De gebruiksduur van rebonded foam hangt samen met de toepassing. Er zijn geen initiatieven bekend waarbij rebonded foam producten worden hergebruikt of opnieuw (kunnen worden) gerecycled. Op basis van de huidige kennis zullen deze producten worden verbrand na een eerste toepassing.

Toekomstige recyclingtechnieken
De productie van rebonded foam is een vorm van mechanische recycling. Omdat het aanbod van schuimen groter is dan de vraag naar rebonded foam worden ook nieuwe (chemische) recyclingtechnologieën ontwikkeld. Er lopen verschillende onderzoeken die een meer hoogwaardige vorm van recycling van schuimmaterialen mogelijk moeten maken.

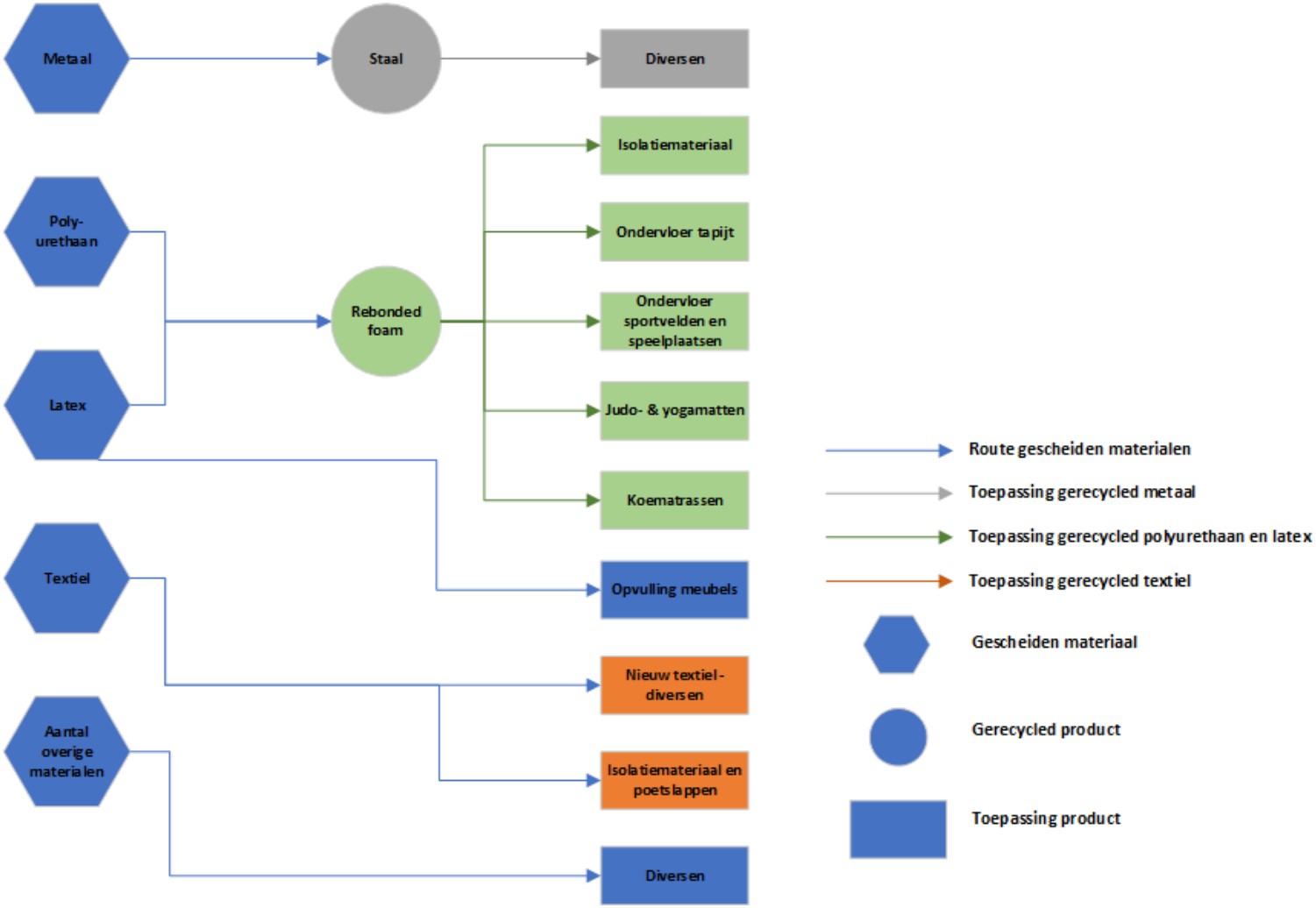
Bij gebruik van een bepaalde chemische recyclingtechnologie, glycolyse, kan polyol worden verkregen, waarmee weer nieuw polyurethaanschuim kan worden gemaakt. De glycolyse-technologie is sinds 2013 in gebruik op industriële schaal in Europa voor snijafval en is nu verder ontwikkeld om polyurethaanschuim uit afgedankte matrassen te recyclen. Retourmatras wil op korte termijn een faciliteit bouwen om polyol terug te winnen uit polyurethaanschuim.[6]

CBM onderzoekt het thermochemisch behandelen van matrasafval. Onder de naam PRIMA-project (Pyrolyse Recycle Initiatief voor Matrassen) worden opschalingskansen onderzocht voor pyrolyse van PU-schuim, latex en textiel. Via pyrolyse kunnen deze materialen worden omgezet in nuttige chemische bouwstenen en een bron van energie.

Ook in de textielsector zijn er initiatieven om chemische recycling van katoenvezels op te schalen (Saxcell), en het scheiden van polyester-katoen blends te verbeteren.

Omdat nieuwe recyclingtechnieken voor PU schuimen en textiel nog niet grootschalig worden toegepast zijn deze beperkt meegenomen in dit onderzoek.

[6] https://www.retourmatras.nl/nederland-wereldleider-in-matrasrecycling/



Figuur 3-3 Keten van gescheiden materialen uit matrassen tot de toepassingen. De figuur toont daarnaast de gerecyclede producten die vervaardigd worden voordat de materialen opnieuw toegepast worden.

4 Wetgeving

Producten bestemd voor de Nederlandse markt dienen te voldoen aan Europese productwetgeving en aanvullend ook aan Nederlandse productwetgeving. Dit geldt voor alle type matrassen, maar ook voor de producten afkomstig van gerecyclede matrassen. Wanneer een matras afgedankt wordt, wordt dit niet meer als product beschouwd maar als afval, totdat het een einde-afval status krijgt. Een matras, of losse materialen van een matras, krijgen een einde-afval status wanneer het weer als grondstof en/of product ingezet kan worden.
Hieronder wordt de belangrijkste product- en afvalwetgeving kort benoemd: het Europese beleid over de productie en handel in stoffen (REACH), het Nederlandse stoffenbeleid, de Europese afvalwetgeving (Kra) en het nationale beleidskader voor afvalpreventie en afvalbeheer (LAP3). Als laatste komt ook de relevante productregelgeving aan bod. Een meer uitgebreide toelichting is opgenomen in Bijlage 1.

4.1 REACH-verordening

REACH is de Europese verordening over de productie van en handel in chemische stoffen. Het beschrijft waar bedrijven en overheden zich aan moeten houden. REACH staat voor: Registratie, Evaluatie, Autorisatie en restrictie van Chemische stoffen. Deze verordening geldt voor alle landen van de Europese Unie[7].
Doel van de wetgeving is het veilig gebruik van chemische stoffen van productie in de industriële keten tot aan de eindtoepassing te waarborgen en de risico's van chemische stoffen op de gezondheid van de mens en het milieu te beperken en reguleren. Op termijn streeft de EU naar vervanging van de meest gevaarlijke chemische stoffen door minder gevaarlijke alternatieven, dit gebeurt onder andere middels het autorisatieproces. Hierbij moet een bedrijf of producent toestemming vragen om een stof te mogen gebruiken. Een versimpeld schema van het proces dat leidt tot het autorisatieplichtig worden van een stof is weergegeven in Figuur 4-1.

Figuur 4-1 Simpele weergave van het autorisatieproces voor de meest gevaarlijke stoffen (SVHC).

Naast autorisatie, is het tweede spoor voor het reguleren van stoffen restrictie (inperkinginperking van gebruik). De restrictie stelt eisen en voorwaarden aan chemische stoffen en mengsels en/of hun toepassing in producten.

[7] https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/gevaarlijke-stoffen/vraag-en-antwoord/wat-is-reach, https://echa.europa.eu/nl/regulations/reach/understanding-reach

4.2 ZZS-emissiebeleid

Doel van het Nederlands overheidsbeleid op het gebied van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) is om deze stoffen zoveel mogelijk uit de leefomgeving te weren.

Het overheidsbeleid is vastgelegd in het Activiteitenbesluit (Ab) en de Activiteitenregeling (AR) en in de toekomstige Omgevingswet met Besluit activiteiten leefomgeving (Bal), Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) en de Omgevingsregeling (Or). Zoals nu beschreven in het Ab is het doel van het ZZS-emissiebeleid dat emissies van ZZS naar de lucht zoveel mogelijk worden voorkomen dan wel, indien dat niet mogelijk is, tot een minimum beperkt. Dit beleidsdoel komt terug in Bal.

De doelen van het ZZS-emissiebeleid kunnen op verschillende manieren worden bereikt:

- Bronaanpak: voorkomen dat ZZS in het milieu terecht komen. Dit kan door ze te vervangen door minder schadelijke stoffen, en/of door het aanpassen van processen waardoor er minder ZZS vrijkomen. Denk hier aan het stimuleren van innovatie en substitutie: vervanging van ZZS door minder gevaarlijke stoffen of vervanging van processen waardoor ZZS niet meer nodig zijn en/of niet meer vrijkomen.
- Minimalisatie restemissie: als emissies van ZZS niet zijn te voorkomen, worden deze geminimaliseerd.
- Continue verbetering: er geldt een vijfjaarlijkse informatieverplichting en de verplichting een vermijdings- en reductieprogramma op te stellen. De informatieverplichting houdt in dat bedrijven elke vijf jaar opnieuw inzicht moet verschaffen in de daadwerkelijke ZZS-emissies en de bestaande en mogelijk nieuwe maatregelen die door het bedrijf (kunnen) worden toegepast om de ZZS-emissies te vermijden dan wel (verder) te reduceren. In de toelichting bij de regelgeving wordt uitgelegd dat voor ZZS moet worden gestreefd naar een nul-emissie. Meer informatie over minimalisatie van ZZS en de vijfjaarlijkse informatieplicht is te vinden op de website van InfoMil[8] en op aandeslagmetdeomgevingswet.nl[9].

[8] https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/lucht/zeer-zorgwekkende/minimalisatie/
[9] https://aandeslagmetdeomgevingswet.nl/regelgeving/regels-voor-activiteiten/regels-vermijdings- reductieprogramma-zzs/

Figuur 4-2 Samenvatting van de drie belangrijkste pijlers van het ZZS-emissiebeleid

4.3 Afvalwetgeving

Europees beleid

Op Europees niveau is de Kaderrichtlijn afvalstoffen (Kra) aangenomen. Deze richtlijn stelt met betrekking tot de einde-afvalfase (artikel 6.1) dat afval dat een behandeling voor recycling of andere nuttige toepassing heeft ondergaan niet langer als afval wordt beschouwd indien het aan de volgende voorwaarden voldoet:

a. de stof of het voorwerp is bestemd om te worden gebruikt voor specifieke doelen;
b. er is een markt voor of vraag naar de stof of het voorwerp;
c. de stof of het voorwerp voldoet aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor producten geldende wetgeving en normen; en tevens
d. het gebruik van de stof of het voorwerp heeft over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid.

De criteria omvatten, indien nodig, grenswaarden voor verontreinigende stoffen, en houden rekening met eventuele nadelige milieugevolgen van de stof of het voorwerp.

Nationaal afvalbeleid

De doelstellingen van het afvalbeleid in Nederland en het beleid voor afvalpreventie en afvalbeheer staan beschreven in het Landelijk Afvalbeheerplan (LAP3). In LAP3 zijn er voor verschillende afvalstromen sectorplannen opgesteld. Deze sectorplannen beschrijven het beleid voor verschillende afvalstromen. Binnen LAP3 vallen matrassen onder sectorplan 84 (overige recyclebare monostromen (matrassen, steenwol, tapijt en kunstgras)).

Het LAP3 definieert de zogenaamde minimumstandaard voor de verwerking van een bepaalde afvalstof of categorie van afvalstoffen. Daarmee wordt voorkomen dat afvalstoffen laagwaardiger worden verwerkt dan wenselijk. Voor matrassen is in sectorplan 84 de minimumstandaard voor recycling van matrassen beschreven.

Sectorplan 84 minimumstandaard verwerking matrassen

'scheiden in materialen of anderszins verwerken waarbij tenminste 90% (m/m, gerekend op basis van droge stof) van de ontvangen matrassen wordt gerecycled dan wel wordt afgevoerd voor recycling elders. Dit kan betekenen dat in vergunningen voor verwerkers van matrassen sturingsvoorschriften worden opgenomen om afvoer van recyclebare materialen ter verbranding of naar inzet als brandstof te voorkomen'

Voor partijen die te sterk vervuild zijn of, in geval van matrassen, te nat geldt het volgende: om de uitvoerbaarheid te verzekeren is in de minimumstandaard aangegeven dat in dergelijke verbranden als vorm van verwijdering en storten is toegestaan.

De minimumstandaard houdt geen rekening met de mogelijke aanwezigheid van ZZS, maar schrijft voor dat de voorschriften van REACH, de POP-verordening en/of de risicoanalyse van Zeer Zorgwekkende Stoffen in afval (Hoofdstuk B14 van LAP3) van toepassing zijn op de activiteit, in dit geval de recycling van matrassen. Deze voorschriften zijn in Bijlage 1 nader toegelicht.

4.4 Productveiligheid

De Europese richtlijn inzake algemene productveiligheid (Richtlijn 2001/95/EG) verplicht bedrijven om veilige producten op de Europese markt te brengen (European Commission, 2001). Een product wordt als veilig beschouwd wanneer deze voldoet aan Europese normen, of als deze ontbreken, aan nationale normen van het land waar het product verhandeld wordt. Producenten dienen informatie aan de consument te verstrekken over de veiligheid en risico's van producten. Daarnaast dienen distributeurs van producten ertoe bij te dragen dat de veiligheidseisen worden nageleefd. Richtlijn 2001/95/EG heeft de eerdere productveiligheidsrichtlijn (92/59/EEG) vervangen. In Nederland is richtlijn 92/59/EEG op nationaal niveau uitgewerkt in de Warenwet en het Warenwetbesluit algemene productveiligheid (VWS, 2018, VWS, 2020). De Warenwet schrijft voor dat zowel levensmiddelen als niet-levensmiddelen dienen te voldoen aan eisen rondom veiligheid, voorlichting en eerlijke handel. Daarnaast stelt de Warenwet vast dat een of meerdere instellingen de uitvoering van de regels kan controleren, de veiligheid van consumentenproducten kan waarborgen en maatregelen kan nemen indien dit gewaarborgd wordt. In Nederland is dit de NVWA (Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit). Het Warenwetbesluit algemene productveiligheid stelt vast dat producten en distributeurs van niet-levensmiddelen, waaronder matrassen, dienen te voldoen aan bepaalde criteria rondom veiligheid. Dit betreft bijvoorbeeld het informeren van consumenten over de veiligheidsrisico's en bewaking van de veiligheid van de producten.
Regels voor specifieke productcategorieën zijn verder uitgewerkt in andere Warenwetbesluiten, bijvoorbeeld warenwetbesluit kinderbedden en -boxen en textielproducten. Voor matrassen is er geen warenwetbesluit. Ook voor de geïdentificeerde producten van gerecyclede materialen van matrassen zijn zover bekend geen aanvullende productveiligheidsnormen.

4.5 Aanvullende producteisen

Naast Europese en Nederlandse productwetgeving kunnen er door afnemers ook aanvullende eisen gesteld worden aan de samenstelling of veiligheid van de producten. Dit geldt bijvoorbeeld voor de brandveiligheid van matrassen. In de Nederlandse wetgeving worden er geen eisen gesteld aan de brandveiligheid van matrassen. Het bouwbesluit stelt wel vast dat aankleding van gebouwen geen brandgevaar mag opleveren (BZK, 2012b). De term 'aankleding' omvat onder andere gordijnen en slingers, echter geen constructiematerialen of inventaris. Meubilair valt onder inventaris en zijn uitgesloten van dit besluit (BZK, 2012a). Meer informatie over de brandveiligheidseisen in Nederland en omringende landen kan worden gevonden in Bijlage 1.

Naast productwetgeving zijn er in de sector ook verschillende (vrijwillige) certificeringen en keurmerken die eisen stellen aan de samenstelling en veiligheid van de producten. Voor polyurethaan matrassen is dat bijvoorbeeld het CertiPUR[10] en het LGA certificaat[11] en voor latex de euroLatex ECO-standaard[12] en het eco-INSTITUT-Label[13]. Het Öko-Tex 100 certificaat[14] heeft betrekking op textiel. Het Cradle to Cradle® certificeringsprogramma[15] stelt eisen aan zowel de productsamenstelling als het productieproces. Het kan toegepast worden op zowel matrassen als de afzonderlijke materialen.

[10] https://www.europur.org/certipur/nl/about-certipur
[11] https://www.tuv.com/netherlands/nl/lga-getest.html
[12] https://www.eurolatex.com/home2.htm
[13] https://www.eco-institut-label.de/en/die-zertifizierung/produktgruppen/matratzen-und-bettwaren/
[14] https://www.oeko-tex.com/en/our-standards/standard-100-by-oeko-tex
[15] https://www.c2ccertified.org/

5 Aanwezigheid en risico's van chemische stoffen in polyurethaanschuim en het recyclingproduct

Op basis van het productieproces van polyurethaanschuim is beschreven welke stoffen en stofgroepen aanwezig kunnen zijn (paragraaf 5.1). Hierna wordt ingegaan op metingen die aantonen welke mogelijk gevaarlijke chemische stoffen daadwerkelijk in het materiaal voorkomen en de potentiele risico's (paragraaf 5.2). Om uiteindelijk een risicobeoordeling te kunnen doen, zijn de gevaarseigenschappen en blootstelling aan deze stoffen verder onderzocht (paragraaf 5.3). Vervolgens zijn de blootstellingsroutes als gevolg van het gebruik van rebonded foam in kaart gebracht voor zowel mens als milieu (paragraaf 5.4). Met de gevaren en blootstelling is uiteindelijk een kwalitatieve risicobeoordeling uitgevoerd (paragraaf 5.5). Hierbij zijn de risico's voor blootstelling door de consument en voor het milieu in kaart gebracht. In Bijlage 2 kan aanvullende informatie op hoofdstuk 5 gevonden worden. Per paragraaf wordt aangegeven als er aanvullende informatie beschikbaar is in de bijlage.

5.1 De productie van polyurethaanschuim

Voor de productie van polyurethaanschuim worden diverse stoffen en stofgroepen toegepast. Voorbeelden van stofgroepen zijn katalysatoren, weekmakers, brandvertragers en stabilisatoren. In Bijlage 2 is het productieproces beschreven en een overzicht gegeven van de verschillende type additieven en stoffen die toegepast kunnen worden bij de productie van polyurethaanschuim. Hierbij dient de kanttekening gemaakt te worden dat polyurethaanschuim breed ingezet kan worden in diverse producten, specifieke informatie over stoffen toegepast in schuim voor matrassen is daarom beperkt en voornamelijk afkomstig van EUROPUR. De productie van rebonded foam is kort besproken in paragraaf 3.3.

In Tabel 5-1 is een samenvattend overzicht weergegeven van de stofgroepen en/of stoffen die gebruikt worden of werden bij de productie van polyurethaanschuim en zijn geplaatst op de kandidaatslijst voor autorisatie (SVHC) of waarvan het gebruik ingeperkt is (restrictie) binnen REACH, en/of als ZZS zijn aangewezen binnen het Nederlandse stoffenbeleid. Het gebruik van stoffen en stofgroepen met een REACH restrictie is beperkt vanwege de nadelige stofeigenschappen en mogelijk nadelige gevolgen bij het gebruik. Voor SVHC geldt dat autorisatie aangevraagd moet worden om de stoffen te gebruiken of in de handel te brengen (uitgezonderd vrijstellingen). Ook voor ZZS en potentieel ZZS geldt dat het gebruik waar mogelijk beperkt moet worden. Dit neemt niet weg dat deze stoffen mogelijk nog wel voorkomen in matrassen door het gebruik in het verleden, of mogelijk door contaminatie tijdens de levensfase. Dit geldt ook voor andere gevaarlijke stoffen. Hier wordt verder op ingegaan in paragraaf 5.2.

Tabel 5-1 Overzicht van de classificaties als ZZS en SVHC, en restricties vanuit REACH voor verschillende stoffen en stofgroepen. Van deze stoffen wordt verwacht dat ze (in het verleden) gebruikt zijn bij de productie van flexibel polyurethaanschuim voor matrassen. Deze stoffen kunnen daarom mogelijk voorkomen in de gerecyclede materialen en producten.

Type additief	**Stofgroep/ stof**	**ZZS/ SVHC/ restrictie**
Hoofdbestanddelen	-	-
Katalysatoren	Dibutyltinverbindingen (organotinverbindingen)	ZZS, SVHC en restrictie
Blaasmiddelen	-	-
Stabilisatoren	-	-
Kleurstoffen	Diverse azokleurstoffen[a]	ZZS, SVHC en restrictie[b]
Vulmiddelen	-	-
Oplosmiddelen	-	-
Brandvertragers	TCEP TCPP PentaBDE[c]	ZZS en SVHC Potentieel ZZS ZZS
Weekmakers[d]	DIBP DEHP DBP	SVHC en restrictie

a: Het grootschalig gebruik van azokleurstoffen is niet aannemelijk omdat de kleuren van de stoffen afwijken van polyurethaanschuim.
b: De restrictie geldt voor het gebruik van een aantal azokleurstoffen in textiel- en lederartikelen die direct in contact komen met de huid of de mond (ECHA, 2021c). De restrictie geldt niet voor polyurethaanschuim.
c: EUROPUR geeft aan dat pentaDBE voornamelijk in de Verenigde Staten is toegepast en niet tot nauwelijks in de Europa.
d: Mogelijk zijn deze stoffen (deels) aanwezig in polyurethaanschuimen door vervuiling tijdens de gebruiksfase.

5.2 Aanwezigheid en gevaren van chemische stoffen in polyurethaanschuim en gerecyclede producten

Stoffen die gebruikt worden bij de productie van polyurethaanschuim, en tijdens het gebruik en de recycling niet migreren of verwijderd worden uit het schuim, belanden uiteindelijk in de gerecyclede producten. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat sommige stoffen bij de productie van polyurethaanschuim reageren waardoor een andere verbinding gevormd wordt en deze niet meer aanwezig zijn in de oorspronkelijke vorm in het eindproduct. Om meer te weten te komen over de daadwerkelijke samenstelling van polyurethaanschuim en het gerecyclede product, is navraag gedaan bij verschillende stakeholders voor meetgegevens van de materialen. Dit heeft uiteindelijk drie datasets met meetgegevens opgeleverd. Dit betreft één dataset met meetgegevens van matrassen en twee datasets voor rebonded foam, het gerecyclede product van polyurethaanschuim. In sommige rebonded foam producten wordt ook latex bijgemengd, dit wordt als een acceptabele vervuiling gezien. Van de rebonded foam analyses aangeleverd door EUROPUR is mondeling aangegeven dat er geen latex is toegepast, voor de andere dataset is dit onbekend. Ook is een rapport gedeeld over de mogelijkheden voor het pyrolyseren (chemisch recyclen) van matrassen. Bij pyrolyse worden de chemische stoffen in matrasmaterialen onder hoge temperatuur en in afwezigheid van

zuurstof omgezet in afbraakproducten, welke deels karakteristiek zijn voor de chemische stoffen die oorspronkelijk in het matrasmateriaal voorkwamen. Ook hier komen nog een tweetal stoffen naar voren die geïdentificeerd zijn in het polyurethaanschuim. In paragraaf 5.2.1 worden de stoffen benoemd die aangetroffen zijn in polyurethaanschuim van matrassen en in paragraaf 5.2.2 de stoffen gevonden in rebonded foam. Ook nieuwgevormde verbindingen, zoals tijdens het chemisch recyclen van materialen, kunnen gevaarlijke eigenschappen bezitten. Door een gebrek aan gegevens wordt hier verder niet op ingegaan.

5.2.1 Polyurethaanschuim

Onderzoek 1 – Stiftung Warentest

In Duitsland zijn door Stiftung Warentest sinds 2012 meer dan 200 nieuwe consumentenmatrassen onderzocht op de uitstoot van vluchtige organische stoffen als wel de aanwezigheid van niet-vluchtige stoffen in matrassen. De aanwezigheid van niet-vluchtige stoffen is bepaald in mengmonsters van de tijk, de afdeklaag en de kern (Duits = Bezug, Feinpolster und Kern) van elk matras. Een selectie aan zogenoemde schadstoffe (schadelijke stoffen), waaronder fenolen, ftalaten, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK), organotinverbindingen, brandvertragers, polychloorbifenylen (pcb's), en pesticiden zijn gemeten door Stiftung Warentest. Dit betreft zowel SVHC als andere gevaarlijke stoffen. In Tabel 5-2 zijn de stoffen weergegeven die daadwerkelijk gevonden zijn in de matrassen. Let op dat de verstrekker van de gegevens aangeeft dat de metingen zijn uitgevoerd op mengmonsters; concentraties in individuele materialen kunnen dus hoger of lager liggen. Omdat het mengmonsters betreft, is het niet duidelijk in welk materiaal de stoffen voorkomen. Hier wordt, met behulp van literatuur, geprobeerd invulling aan te geven. In Bijlage 2 worden de afzonderlijke stoffen verder besproken. Let op dat de stoffen genoemd in Tabel 5-2 dus niet noodzakelijk uit het polyurethaanschuim afkomstig hoeven te zijn. Voor het overzicht is ervoor gekozen de resultaten hier te tonen en niet in het hoofdstuk over textiel (hoofdstuk 7).

Tabel 5-2 Gevaarlijke stoffen aangetroffen boven de detectiegrens in consumentenmatrassen voor de Duitse markt. Voor de stoffen is aangegeven of deze binnen REACH als SVHC geïdentificeerd zijn of dat een restrictie geldt. Ook is aangegeven of het een ZZS of potentieel ZZS betreft. Let op dat de stoffen die zijn aangetroffen niet noodzakelijk uit het polyurethaanschuim afkomstig hoeven te zijn.

Stofnaam	**CAS-nummer**	**SVHC/ Restrictie**	**ZZS**	**Aantal keer aantroffen (-)**	**Aantal keer gemeten (-)**	**Maximaal gemeten concentratie (mg/kg)**	**Detectiegrens (mg/kg)**
Acetyltributylcitraat[a]	77-90-7			1	40	87	50
Di-ethylftalaat (DEP)	84-66-2			1	216	6,4	5[b]
Di-isobutylftalaat (DIBP)	84-69-5	SVHC/ Restrictie	ZZS	1	216	1170	50[c]
Fenol	108-95-2			1	216	120	10
Permethrin	52645-53-1			4	216	26	1
Tris(1-chloor-2-propyl)fosfaat (TCPP)	13674-84-5		Potentieel ZZS	10	218	3900	5
Trifenylfosfaat (TPHP)	115-86-6		Potentieel ZZS	1	216	11	5

a: Deze stof is meegenomen in het uitgevoerd onderzoek naar gevaarlijke stoffen, de stof heeft echter geen gevaarsindeling conform de CLP verordening
b: Detectiegrens 10 mg/kg bij metingen voor oktober 2019. Stof aangetroffen bij aangegeven detectiegrens.
c: Detectiegrens 20 mg/kg bij metingen vanaf oktober 2019. Stof aangetroffen bij aangegeven detectiegrens.

Onderzoek 2 – CBM (Branchevereniging voor interieurbouw en meubelindustrie)

Deze onderzoeksgegevens zijn door CBM geleverd vanuit het project Pyrolyse Recycle Initiatief voor Matras Afval (PRIMA). Hierbij is gekeken naar het thermochemisch behandelen (pyrolyseren) van matrassen om grondstoffen terug te winnen die opnieuw toegepast worden. Door het behandelen op hoge temperatuur vallen de oorspronkelijke chemische stoffen uit elkaar in andere chemische stoffen die deels karakteristiek zijn voor het originele uitgangsmateriaal. Dit onderzoek levert daarmee voornamelijk informatie op over de afbraakproducten gegenereerd bij de chemische recycling middels pyrolyse en niet zozeer de stoffen die mogelijk vrijkomen bij de mechanische recycling. Een stof als levoglucosan is een typisch afbraakproduct voor katoen in tijk. Limoneen en styreen zijn typische afbraakproducten uit latex en benzoëzuur komt preferent vrij uit polyesters. Propeen is een gas wat vooral bij de pyrolyse van polyurethaanschuim werd aangetroffen.
Er zijn twee oorspronkelijk toegevoegde stoffen aangetroffen in het polyurethaanschuim die het pyrolyseproces kunnen beïnvloeden. Dit betreft TCPP en melamine, brandvertragers die toegepast worden in matrassen voor het Verenigd Koninkrijk. Deze stoffen zijn ook aangetroffen in hotelmatrassen verzameld bij een Nederlands recyclebedrijf (Matras Recycling Europe). Mogelijk komen deze brandvertragers dus ook voor in recreatiematrassen in Nederland. Op basis van de analyseresultaten kan geen oordeel geveld worden voor hoeveel recreatiematrassen dit van toepassing is. Omdat de samenstelling aan afbraakproducten sterk afhankelijk is van de methode en procescondities van het pyrolyseproces, en omdat er nog onderzoek loopt naar de optimalisatie en ontwikkeling van deze processen, wordt er verder niet ingegaan op de risico’s van de afbraakproducten.

Conclusies
Uit het onderzoek naar de Duitse consumentenmatrassen blijkt dat er weinig gevaarlijke stoffen zijn gevonden in matrassen die nieuw op de markt gebracht zijn en welke geïdentificeerd zijn als gebruik(t) in matrassen. Indien aangetroffen, werden stoffen meestal in een enkel monster aangetroffen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de ftalaten DEP en DIBP. Het ftalaat DBP en de brandvertrager TCEP zijn niet aangetroffen, dit geldt ook voor dibutylverbindingen. Naar pentaDBE en azokleurstoffen is geen onderzoek gedaan, al geldt wel dat het gebruik hiervan naar verwachting beperkt is; voor pentaDBE geldt zelfs een verbod op het gebruik (zie bijlage 2 voor meer informatie). Enkel het insecticide permethrin en de brandvertrager TCPP worden vaker aangetroffen. Het permethrin is waarschijnlijk afkomstig van de tijken, het TCPP uit het polyurethaanschuim. In een tweetal mengmonsters van matrassen werden hoge concentraties van deze brandvertrager aangetroffen, hiervan is aangegeven dat deze matrassen niet bedoeld zijn voor consumenten maar voor andere doeleinden, zoals hotels en ziekenhuizen. Uit het pyrolyse-onderzoek (CBM) blijkt dat TCPP ook aanwezig was in het polyurethaanschuim van een hotelmatras ingezameld bij een Nederlandse matrasrecycler. Mogelijk komen brandvertragers dus ook voor in recreatie- en zorgmatrassen in Nederland. Zowel Nederland als Duitsland kennen geen wettelijke eisen voor brandveiligheid van matrassen, in tegenstelling tot een aantal

landen op het Europees continent, zoals onder andere het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk en Italië (Guillaume et al., 2020). Op basis van dit gegeven en Europese wetgeving rondom het veilige gebruik van stoffen (REACH) wordt verwacht dat afwezigheid van gevaarlijke stoffen in Duitse consumentenmatrassen vergelijkbaar is voor Nederland. Hierbij dient wel rekening gehouden te worden met het feit dat er mogelijk nog stoffen aanwezig zijn die niet aangetoond zijn omdat deze niet geanalyseerd zijn. Vergeleken met de schadelijke stoffen die mogelijk bij de productie van polyurethaanschuim gebruikt worden of zijn, is een groot aantal stoffen geanalyseerd. Er kunnen echter ook nog andere ZZS (waaronder dus SVHC) aanwezig zijn die niet geïdentificeerd zijn in het onderzoek. Het aantal metingen naar dergelijke stoffen in nieuwe matrassen is beperkt. Informatie over deze stoffen in afgedankte matrassen kan daar meer uitsluitsel over geven. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de beschikbare meetgegevens van rebonded foam, het gerecycled product van matrasschuimen.

5.2.2 Rebonded foam

Van rebonded foam, bestaand uit gescheiden polyurethaanschuim en een aantal additieven, zijn een tweetal datasets ontvangen met stoffen die voorkomen in het product. Dit betreft in totaal 11 analyses afkomstig van twee stakeholders. Deze twee onderzoeken worden hieronder apart benoemd.

Bij het doornemen van onderstaande informatie, dient in het achterhoofd gehouden te worden dat het product heterogeen is. Rebonded foam bestaat uit kleine stukjes polyurethaanschuimvlokken, bindmiddel, en kleurstoffen, welke samengeperst zijn. In het rebonded foam zijn de vlokken van de verschillende matrassen vaak nog zichtbaar, dit door het kleurverschil van de verschillende matrasschuimen. De samenstelling van deze vlokken kan verschillen, hierdoor kan de meetmethodiek, inclusief monstername, een groot effect hebben op de analyseresultaten. Ook kan latex bijgemengd zijn in het rebonded foam. Van de monsters van EUROPUR is middels persoonlijke communicatie aangegeven dat er geen latex in de monsters voorkomt.

Onderzoek 1 - EUROPUR

Een dataset met onderzoeksgegevens is geleverd door EUROPUR. Het betreft de chemische analyses van 10 rebonded foam monsters. Dit rebonded foam is vervaardigd van matrasschuimen en afkomstig van één van de Nederlandse recyclebedrijven (EUROPUR, 2020a). Nadat de monsters zijn genomen, zijn de monsters in tweeën verdeeld. Metingen zijn uitgevoerd met XRF (X-ray fluorescence) op één helft van de monsters en met GC-MS (Gaschromatograaf gecombineerd met een Massaspectrometer) en LC-MS op de andere helft. De GC-MS meetmethode die is toegepast is een screening methode met als doel om SVHC > 1000 mg/kg te identificeren. De analysemethode is dus meer kwalitatief van aard en semi-kwantitatief. In Tabel 5-3 zijn de chemische stoffen weergegeven welk met de GC-MS in rebonded foam zijn aangetoond. Alle SVHC die detecteerbaar zijn middels de LC-MS meetmethode waren onder de detectielimiet en zijn niet weergegeven. Op basis van de GC-MS en LC-MS screening is geconcludeerd dat de SVHC < 1000 mg/kg blijven en is er geen vervolgonderzoek uitgevoerd

om de stoffen exact te kwantificeren. In Tabel 5-4 zijn de stoffen weergegeven die met XRF-metingen zijn aangetoond. In Bijlage 2 worden de afzonderlijke stoffen verder besproken.

Tabel 5-3 SVHC aangetroffen in 10 rebonded foam monsters. Het aantal waarnemingen, gemiddeld en maximaal gemeten concentraties zijn weergegeven.

Stoffen in rebonded foam	**CAS-nr**	**Aantal keer aantroffen (-)**	**Gemiddeld gemeten concentratie[a] (mg/kg)**	**Maximaal gemeten concentratie[a] (mg/kg)**
Dibutylftalaat (DBP)	84-74-2	10	4,4	14,8
Di-isobutylftalaat (DIBP)	84-69-5	10	15,8	19,4
Fenantreen	85-01-8	1	2,5	2,5
Tris(2-chloorethyl)fosfaat (TCEP)	115-96-8	8	10,9	17,3
Formamide	75-12-7	1	2,5	2,5
Octamethylcyclotetrasiloxaan (D4)	556-67-2	8	2,5	2,5
Decamethylcyclopentasiloxaan (D5)	541-02-6	10	2,5	2,5
Dodecamethylcyclohexasiloxaan (D6)	540-97-6	4	2,5	2,5

a: Resultaat van GC-MS screening: er wordt gemeten hoeveel van de desbetreffende stof verdampt tijdens de meting, een deel kan nog in het materiaal achterblijven.

Tabel 5-4 Anorganische stoffen aangetroffen in 10 rebonded foam monsters. Het aantal waarnemingen, de gemiddelde en de maximaal gemeten concentraties zijn weergegeven. Op elk monster is een duplo meting uitgevoerd. Voor de stoffen is aangegeven of deze binnen REACH als SVHC geïdentificeerd zijn, een restrictie geldt en/of dat deze als (potentieel) ZZS aangewezen zijn. Merk op dat er additioneel nog individuele stoffen zijn die deze stoffen bevatten en ook SVHC en/of ZZS zijn en/of waarvoor een restrictie geldt, bijvoorbeeld TCEP. Dit is niet weergegeven in de tabel.

Anorganische stoffen	**SVHC/Restrictie**	**ZZS**	**Aantal keer aantroffen (-)**	**Gemiddeld gemeten concentratie (mg/kg)[a]**	**Maximaal gemeten concentratie (mg/kg)**
Broom			6	5	12
Calcium			10	7975	12324
Cadmium	SVHC/Restrictie	ZZS	1	44	44
Chloor			6	2479	5919
IJzer			10	167	250
Strontium			9	4	6
Tantaal			2	36	52
Tin	Restrictie[b]	ZZS[b]	10	267	314
Zink			10	751[c]	7162
Zirkonium			1	4	4

a: Indien een element éénmaal is aangetroffen in een duplo meting, dan is de gemiddelde concentratie voor dat monster de gemeten waarde.
b: In het geval van organotinverbindingen.
c: Zonder de hoogst gemeten concentratie is de gemiddeld gemeten concentratie aan zink 39 mg/kg.

Onderzoek 2 - Ikea
Een dataset met onderzoeksgegevens is aangeleverd door IKEA. Het betreft de chemische analyse van één rebonded foam monster. Verschillende meetmethodes zijn hiervoor toegepast, waaronder GC-MS. 205 SHVC (ten tijde van 16-01-2020) van de 211 SVHC (ten tijde van 01-02-2021) zijn hierbij gescreend en daarnaast is ook een aantal andere chemische stoffen gemeten. In Tabel 5-5 zijn de chemische stoffen weergegeven welk boven de detectiegrens van de meetmethode zijn aangetoond. In Bijlage 2 worden de afzonderlijke stoffen verder besproken.

Tabel 5-5 Chemische stoffen aangetroffen in één rebonded foam monster. De gemeten concentratie en de detectiegrens van de metingen zijn weergegeven. Voor de stoffen is aangegeven of deze binnen REACH als SVHC geïdentificeerd zijn, een restrictie geldt en/of dat deze als (potentieel) ZZS aangewezen zijn.

Stof	**CAS-nr**	**SVHC/Restrictie**	**ZZS**	**Gemeten concentratie (mg/kg)**	**Detectiegrens (mg/kg)**
2,2' diaminodifenylmethaan (2,2'-MDA)	6582-52-1			3,7	1
2,4' diaminodifenylmethaan (2,4'-MDA)	1208-52-2			11	1
4,4' diaminodifenylmethaan (4,4'-MDA)	101-77-9	SVHC/Restrictie[a]	ZZS	2,2	1
Tris(2-chloorethyl)fosfaat (TCEP)	115-96-8	SVHC	ZZS	14	10
Trifenylfosfaat (TPHP)	115-86-6		Potentieel ZZS	48	10
Monobutyltin (MBT)				2,8	0,05
Dibutyltin (DBT)		SVHC[b]/Restrictie	ZZS	0,77	0,05

a: Een verbod geldt voor het gebruik van azokleurstoffen, waaronder de stof valt, waaruit aromatische amines vrij kunnen. Dit geldt voor textiel en leer wat in direct en langdurig contact met de menselijke huid of mondholte kan komen (ECHA, 2021c).
b: In het geval van Dibutyltindichloride

Conclusies
De meetresultaten van de rebonded foam monsters tonen aan dat een beperkt aantal SVHC aangetroffen wordt. Wel geldt dat voor de SVHC die aangetroffen zijn, er een aantal zijn die in een groot aantal monsters waargenomen worden. Dit geldt voor de ftalaten DIBP en DBP, de brandvertrager TCEP en de siloxanen D4, D5 en D6. De eerste drie stoffen zijn in concentraties ver beneden <0,1% massaprocent aangetroffen, de wettelijke eis voor ftalaten en voor TCEP de concentratie waarbij ECHA geïnformeerd dient te worden over de aanwezigheid. Voor TCEP geldt dat deze in het verleden toegepast is als brandvertrager. De relatief lage concentraties ftalaten kunnen zowel door gebruik in het polyurethaanschuim als door vervuiling over de tijd verklaard worden. Van de lage concentraties siloxanen is het onbekend of deze afkomstig zijn uit de materialen of dat deze gevormd zijn tijdens de analyses (verhitting) of het productieproces van rebonded foam (stomen) uit andere aanwezige siliconen. Een aantal andere stoffen is een enkele keer aangetoond. Hiervoor geldt dat de aanwezigheid van sommige stoffen maar in één onderzoek verkend is, zoals dibutyltin (ZZS), monobutyltin en trifenylfosfaat (ZZS). Mogelijk komen deze stoffen vaker en in andere concentraties voor in rebonded foam, dit is niet bekend. Op basis van XRF-metingen blijkt dat hoge concentraties chloor in rebonded foam zitten en daarnaast ook concentraties tin waarvan de herkomst niet direct bekend is. Het chloor is waarschijnlijk afkomstig van de brandvertrager TCPP. Het tin kan afkomstig zijn van de hedendaags gebruikte tinkatalysatoren maar is mogelijk ook (deels) afkomstig van katalysatoren die in het verleden zijn gebruikt en nu verboden zijn.

Er zijn twee aandachtspunten met betrekking tot de analyseresultaten.

1. Het aantal metingen is beperkt terwijl het aantal gerecyclede matrassen over de tijd toe neemt. Stoffen zijn één tot maximaal elf keer gemeten in de aangeleverde analyses. Overigens geldt wel dat de analyses uitgevoerd zijn op rebonded foam waarbij voorgaand aan het productieproces 5.000 kg vervlokt polyurethaanschuim gemengd wordt in een silo[16]. Er kan vanuit gegaan worden dat dit rebonded foam uit een groot aantal matrassen bestaat.
2. De aanwezigheid van stoffen verschilt per dataset. Dit komt door verschillen in de meetmethodes (detectielimieten) en het toegepaste analysepakket.

5.3 Rangschikking stoffen op basis van gevaarseigenschappen

Op basis van de productie van polyurethaanschuim (paragraaf 5.1) en de stoffen gemeten in matrassen en rebonded foam (paragraaf 5.2) blijkt dat een verscheidenheid aan gevaarlijke stoffen aangetroffen kan worden in polyurethaanschuim. Om uiteindelijk een risicobeoordeling te kunnen uitvoeren, zijn gegevens over de gevaren en blootstelling van deze chemische stoffen nodig. In deze paragraaf wordt de schadelijkheid van de stoffen beoordeeld. Hiervoor is een methodiek toegepast die is gebaseerd op een prioriteringstool voor consumentenproducten, ontwikkeld door het RIVM (Woutersen et al., 2016, Woutersen et al., 2019). De informatie kan gebruikt worden om uiteindelijk de risico's

[16] Mondelinge communicatie Retourmatras op 24-03-2021.

voor consumenten, bij gebruik van een product (matras) of gerecycled product (rebonded foam) in kaart te brengen.
Naast consumenten zijn er ook nog andere beschermingsdoelen, zoals het milieu en werknemers in de recycling. Omdat de priorteringstool gericht is op consumenten, wordt hier niet verder op ingegaan. De risico's voor het milieu (paragraaf 5.5.2) en werknemers (hoofdstuk 9) worden later besproken.

De prioriteringstool rangschikt stoffen in consumentenproducten op basis van de gevaarseigenschappen en de blootstelling aan deze producten. Met de tool kan bepaald worden welke stoffen (of productgroepen) de meeste aandacht behoeven. Voor blootstelling maakt de prioriteringstool onderscheid tussen verschillende productcategorieën, bijvoorbeeld brandstoffen, medicijnen en rubberen artikelen. Omdat het hier één origineel product (matrassen) en één gerecycled product betreft (rebonded foam), wordt de blootstelling aan de stoffen niet meegenomen en dus niet op basis van productgroepen gerangschikt. Om deze reden wordt er enkel gerangschikt op gevaarseigenschappen. In paragraaf 5.4 wordt verder ingegaan op mogelijke blootstellingsroutes. Voor meer achtergrondinformatie over de prioriteringstool en de methodiek toegepast in dit rapport, zie Bijlage 3.
De uitkomsten van de prioriteringstool worden hieronder beschreven. Een prioritering is gemaakt voor alle gevaarlijke stoffen die aangetroffen zijn in de matrassen (paragraaf 5.3.1) en in rebonded foam (paragraaf 5.3.2). Om de rangschikking af te bakenen is er bewust voor gekozen om niet alle stoffen te rangschikken die ook bij de productie van polyurethaan (paragraaf 5.1 en bijlage 2) genoemd zijn.

5.3.1 Matrassen (Polyurethaanschuim)

De resultaten van de rangschikking naar gevaarseigenschappen zijn weergegeven Tabel 5-6. Hierbij geldt hoe hoger de score, hoe gevaarlijker de stof volgens de toegepaste methodiek.
Één stof valt op omdat deze meer dan de helft (> 13 punten) van het maximaal aantal (26) punten scoort. Dit is fenol. Op basis van de rangschikking zou deze stof als eerst vermeden moeten worden in (matras)materialen. Fenol is in één monster aangetroffen, in concentraties <0,1% massaprocent. Op basis hiervan wordt niet verwacht dat fenol veelvuldig voorkomt in nieuwe consumentenmatrassen. Ondanks het feit dat de andere stoffen lagen scoren dan fenol, betekent het niet dat deze stoffen geen gevaar opleveren bij gebruik hiervan in matrassen, bijvoorbeeld als een stof lager scoort maar in beduidend hogere concentraties voorkomt. Hier wordt verder op ingegaan in de conclusies en ook bij de verdere risicobeoordeling.

Tabel 5-6 Stoffen aangetoond in matrassen met bijbehorende score voor eindpunten en potentie. De score voor eindpunten is gebaseerd op de classificaties, de potentie is gebaseerd op chronische, systemische effecten op de algemene bevolking, tenzij anders aangegeven. Het totaal geeft de score voor gevaarseigenschappen aan. Hoe hoger de score, hoe gevaarlijker de stof volgens de toegepaste methodiek.

Stoffen in matrassen	**CAS-nummer**	**Score eindpunten**	**Score potentie**	**Totale score**
Fenol	108-95-2	8,5	5	13,5
Di-isobutylftalaat (DIBP)	84-69-5	3	5	8
Melamine	108-78-1	3	5	8
Tris(1-chloor-2-propyl)fosfaat (TCPP)	13674-84-5	0	6[a]	6
Trifenylfosfaat (TPHP)	115-86-6	0	5	5
Di-ethylftalaat (DEP)	84-66-2	0	5	5
Acetyltributylcitraat	77-90-7	0	5	5
Permethrin	52645-53-1	1	N.B.[b]	N.B.[c]

a: Bepaald aan de hand van de DNEL voor carcinogeniteit afgeleid in een ECHA screening rapport (ECHA, 2018).
b: Niet Bepaald - Geen waarde voor chronische, systemische effecten beschikbaar vanuit een registratiedossier in de ECHA database.
c: Niet bepaald - door missen van score potentie

5.3.2 Rebonded foam

In Tabel 5-7 zijn de resultaten weergegeven van de rangschikking naar gevaarseigenschappen van stoffen aangetoond in rebonded foam. Voor de stoffen aangetoond met XRF is geen rangschikking uitgevoerd, ondanks dat deze ook gevaren kunnen opleveren, zoals de SVHC cadmium. Hier wordt in de conclusie kort op ingegaan.

Drie stoffen vallen op omdat deze meer dan de helft (>13 punten) van het maximaal aantal punten scoren. Dit zijn dibutyltindilauraat (ZZS), TCEP (SVHC) en 4’4-MDA (SVHC). Hiervan levert dibutyltindilauraat de hoogste waarde op. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat dibutyltin is aangetoond in rebonded foam en verwacht wordt dat dit afkomstig is van dibutyltindilauraat door de toepassing in het verleden. De concentratie van dibutyltin is bepaald in 1 monster waarin 0,77 mg/kg werd gevonden. Omgerekend is dit ruimschoots onder de wettelijke limiet van 0.1% massaprocent gemeten als tin. Voor textiel is deze stof in het verleden tijdens prioritering ook geïdentificeerd als risicovolle stof (Nijkamp et al., 2015).

TCEP werd aangetroffen in bijna elk rebonded foam monster met een gemiddelde concentratie van 10,9 mg/kg en een maximum concentratie van 17,3 mg/kg. De methode die is toegepast door het laboratorium is niet geschikt is om de exacte concentraties aan TCEP te kwantificeren. Uit de metingen kan wel geconcludeerd worden dat concentraties TCEP onder de 0,1% massaprocent liggen, de wettelijke limiet vanuit REACH om ECHA te informeren over de aanwezigheid van de stof in voorwerpen.

4,4’-MDA is geanalyseerd in één monster en de concentratie van deze stof was 2,2 mg/kg. Het vermoeden bestaat dat dit een product is van het MDI in het bindmiddel dat wordt gebruikt voor de productie van rebonded foam. Ook voor deze SVHC geldt dat het onder de wettelijke limiet van 0.1% massaprocent is. Daarnaast is de concentratie onder de limiet van 5 mg/kg die wordt opgelegd door IKEA als standaard voor hun eigen producten.

Tabel 5-7 Stoffen aangetoond in rebonded foam met bijbehorende score voor eindpunten en potentie. De score voor eindpunten is gebaseerd op de classificaties bekend binnen REACH, de potentie is gebaseerd op chronische, systemische effecten op de algemene bevolking, tenzij anders aangegeven. Het totaal geeft de score voor gevaarseigenschappen aan.

Stoffen in rebonded foam	**CAS-nummer**	**Score eindpunten**	**Score potentie[a]**	**Totale score[a]**
Dibutyltindilauraat[b]	77-58-7	12,5	7	19,5
4,4' diaminodifenylmethaan (4,4'-MDA)	101-77-9	9,5	7[c]	16,5
Tris(2-chloorethyl)fosfaat (TCEP)	115-96-8	7	6[d]	13
Dibutylftalaat (DBP)	84-74-2	3	7	10
Di-isobutylftalaat (DIBP)	84-69-5	3	5	8
Octamethylcyclotetrasiloxaan D4	556-67-2	3	4	7
Trifenylfosfaat (TPHP)	115-86-6	0	5	5
Dodecamethylcyclohexasiloxaan D6	540-97-6	0	5	5
Decamethylcyclopentasiloxaan D5	541-02-6	0	4	4
2,2' diaminodifenylmethaan (2,2'-MDA)	6582-52-1	0	N.B.	N.B.
2,4' diaminodifenylmethaan (2,4'-MDA)	1208-52-2	0	N.B.	N.B.
Fenantreen	85-01-8	0	N.B.	N.B.

a: N.B. = Niet Bekend. Geen waarde voor chronische, systemische effecten gevonden.
b: Ditbutyltin is aangetoond in rebonded foam, deze stof is geprioriteerd omdat verwacht wordt dat het dibutyltin hiervan afkomstig is.
c: De potentie is gebaseerd op chronische, systemische effecten voor werknemers, het ECHA registratiedossier geeft aan dat blootstelling aan de mens niet wordt verwacht.
d: Bepaald aan de hand van de DNEL voor carcinogeniteit, afgeleid in een ECHA screening rapport (ECHA, 2018).

Bespreking resultaten rangschikking
Een viertal stoffen is aangetoond in matrassen en rebonded foam die relatief hoog scoren ten opzichte van de andere stoffen. Dit betreft fenol, dibutyltindilauraat, 4,4’-MDA en TCEP.

Voor fenol geldt dat deze stof maar één enkele keer gemeten is in een groot aantal mengmonsters van matrassen. Het is onduidelijk of deze stof afkomstig is van het schuim, afdeklaag of tijk en daarmee ook onduidelijk of deze stof in het rebonded foam eindigt. Voor een aantal fenolverbindingen (SVHC) geldt dat deze niet zijn gevonden in het rebonded foam. Zover bekend zijn er geen metingen naar specifiek fenol uitgevoerd in het rebonded foam, het kan van belang zijn dit beter in kaart te brengen om eventuele risico’s te bepalen. Wel geldt dat fenol

een vluchtige stof is; de stof kan over de levensduur van een matras uit het materiaal migreren. Mogelijk komt de stof ook vrij bij het recyclingproces door vervlokking van het schuim waardoor het oppervlak van het schuim vergroot wordt en uitdampen sneller kan verlopen.

De aanwezigheid van dibutyltindilauraat wordt vermoed op basis van de analyse van één monster waarin dibutyltin werd gevonden in een concentratie van 0,77 mg/kg in rebonded foam. In andere rebonded foam monsters is de concentratie dibutyltin niet gemeten, echter de concentraties tin zijn wel bekend (gemiddeld 267 mg tin/kg rebonded foam). Dit is onder de wettelijke grens van 0,1% massaprocent, zelf als al het tin afkomstig is van dibutyltin. Desondanks kunnen er mogelijk wel risico's optreden bij deze concentraties, hiervan is het van belang de concentraties dibutyltin(dilauraat) in rebonded foam beter in kaart te brengen.

Voor 4,4'-MDA geldt dat de stof eenmaal is aangetoond in 11 rebonded foam monsters. De verwachting is dat de stof afkomstig is van het bindmiddel dat vroeger werd toegepast bij de productie van rebonded foam, de samenstelling van het bindmiddel is inmiddels gewijzigd. Indien de stof door wijziging van het bindmiddel niet meer voorkomt, zal een risicobeoordeling voor toepassing van nieuw rebonded foam niet benodigd zijn.

Voor TCEP geldt dat het in de meeste rebonded foam monsters aangetroffen is, weliswaar <0,1% massaprocent. Aangezien deze SVHC een hoge score heeft in de gevaren rankschikking en in bijna alle monsters aanwezig is wordt deze stof meegenomen in een risicobeoordeling (zie paragraaf 5.5).

Conclusie
Voor bovenstaande stoffen (fenol, dibutyltindilauraat, 4,4'-MDA en TCEP) geldt op basis van de gevaarseigenschappen dat deze het meest prioriteit hebben om blootstelling aan consumenten te vermijden. Stoffen met een lagere score kunnen echter ook schadelijk zijn en zelfs meer risico opleveren, dit hangt ook mede af van de concentraties van stoffen in een product en de blootstelling aan de stoffen. Er moet in acht genomen worden dat in de prioritering enkel stoffen zijn meegenomen die daadwerkelijk aangetroffen zijn bij metingen. Mogelijk zijn er ook stoffen aanwezig in de materialen die niet geanalyseerd zijn. Voor de anorganische stoffen is bijvoorbeeld geen rangschikking uitgevoerd omdat het niet bekend is welke stoffen hier ten grondslag aan liggen. Met uitzondering van de ZZS dibutyltindilauraat, voor welk wel een rangschikking uitgevoerd is omdat deze stof specifiek in de literatuur genoemd werd. Voor deze stoffen geldt dat deze ook een risico op kunnen leveren, zo zijn alle cadmiumverbindingen ZZS. Deze kunnen ook hoog scoren in de rangschikking. Ook kan nieuwe kennis over de stoffen resulteren in nieuwe classificaties van stoffen binnen REACH. Deze zijn gebruikt om de score voor eindpunten te bepalen, hierdoor kunnen scores over de tijd wijzigen. Daarnaast is voor hormoonverstoring momenteel nog geen classificatie systematiek vastgesteld. Dit eindpunt is echter wel een zorg bij een aantal

stofgroepen die voorkomen in rebonded foam, zoals siloxanen en ftalaten.

5.4 Blootstellingsroutes aan chemische stoffen uit rebonded foam

In de voorgaande paragrafen is steeds onderscheid tussen polyurethaanschuim in matrassen en rebonded foam gemaakt. In deze en de volgende paragraaf wordt specifiek ingegaan op de toepassing van rebonded foam (recyclingproduct van polyurethaanschuim).

Om de risico's van chemische stoffen in kaart te brengen, zijn zowel de gevaren van deze stoffen als de blootstelling van belang. In deze paragraaf worden de blootstellingsroutes kwalitatief beschreven voor zowel de consument als het milieu.
Over de daadwerkelijke blootstelling van consumenten aan chemische stoffen uit rebonded foam zijn geen meetgegevens beschikbaar. Wel is door EUROPUR voor één stof een inschatting gemaakt, hier wordt verder op ingegaan in paragraaf 5.5.1. Voor blootstelling van het milieu aan chemische stoffen uit rebonded foam zijn geen gegevens beschikbaar. De informatie uit deze paragraaf wordt gebruikt voor de risicobeoordelingen in paragraaf 5.5.

Door migratie van stoffen uit materialen kunnen mens en milieu blootgesteld worden aan risicovolle componenten. Migratie is in grote mate afhankelijk van fysische en chemische stofeigenschappen en bewerking van de materialen. Belangrijke stofeigenschappen zijn de oplosbaarheid, dampspanning en octanol-water partitiecoëfficiënt. Stoffen die gebonden zijn in een materiaalmatrix zullen minder snel uit een materiaal migreren dan stoffen die los in het materiaal aanwezig zijn. Afhankelijk van de bewerking van materialen, zullen risico's van het vrijkomen van stoffen variëren. Bij mechanische recycling worden materialen met fysieke technieken omgezet, vaak tot kleinere delen. Matrix-gebonden stoffen zullen niet snel uit een materiaal migreren bij mechanische recycling. Bij chemische recycling kunnen deze stoffen makkelijker vrijkomen door chemische omzetting van materialen. Chemische recycling is echter een ingrijpend proces waarbij stoffen omgezet en/of vernietigd kunnen worden, sommige stoffen zullen daarom in de oorspronkelijke vorm niet meer aanwezig zijn.

De migratie van stoffen uit een materiaal kan met modellen of met metingen bepaald worden. Modellen, zoals ConsExpo, kunnen gebruikt worden om een inschatting te maken van de blootstelling van mensen aan stoffen uit een product. Voor vaste materialen, zoals rebonded foam, is het modelleren van de blootstelling echter lastig. Dit omdat er veel variabelen zijn die migratie van een stof uit het product bepalen, zoals transport van een stof in het materiaal zelf, hoe snel de stof van het oppervlak van het materiaal in de lucht getransporteerd wordt en de vluchtigheid van de stof. Daarnaast zijn er veel verschillende toepassingen voor rebonded foam met elk zijn eigen condities. Zo kan de omgevingstemperatuur van invloed zijn op de migratiesnelheid, maar bijvoorbeeld ook het gebruik van een afdekkende laag. Ook kan de toepassing van belang zijn, zo kan vocht of zweet effect hebben op de migratiesnelheid van stoffen uit een materiaal.

Bij voorkeur wordt een inschatting gemaakt van de blootstelling op basis van meetgegevens. Hiervoor zijn echter geen gegevens beschikbaar. Om toch iets te kunnen zeggen over de blootstelling van mens en milieu aan chemische stoffen uit rebonded foam, worden de blootstellingsroutes kwalitatief weergegeven voor de verschillende toepassingen. Deze zijn voor de algemene bevolking en milieu weergegeven in Tabel 5-8, voor de in kaart gebrachte toepassingen in paragraaf 3.3.

Tabel 5-8 Toepassingen van rebonded foam met verwachte blootstellingsroutes voor de algemene bevolking en milieu. De tabel maakt geen onderscheid tussen de duur van de blootstelling en de toepassing.

Toepassing	**Direct huid contact**	**Direct huid contact na langdurig gebruik[a]**	**Blootstelling door inhalatie**	**Blootstelling door orale inname**	**Migratie naar milieu**
Ondervloer tapijt	Nee	Mogelijk	Mogelijk	Nee	Nee
Isolatiemateriaal	Nee	Nee	Mogelijk	Nee	Nee
Koematrassen	Nee	Nee	Nee[b]	Nee	Nee[c]
Judo- en yogamatten	Nee	Mogelijk	Mogelijk	Nee	Nee
Ondervloer speelplaatsen en sportvelden	Nee	Mogelijk	Mogelijk	Nee	Ja

a: Door langdurig gebruik kunnen stoffen alsnog migreren naar een materiaal, bijvoorbeeld een hoes. Hierdoor kan op den duur alsnog direct huidcontact mogelijk zijn
b: Werknemers in de agrarische sector worden mogelijk wel blootgesteld via deze route. Koematrassen worden in stallen toegepast.
c: De koematrassen liggen in stallen op een (betonnen) vloer, hierdoor wordt migratie naar het milieu niet verwacht.

De meeste blootstellingsroutes zijn identiek voor de verschillende toepassingen. Bij normaal gebruik zullen bij geen van de toepassingen mensen direct huidcontact (dermaal) of blootstelling door inname via de mond (oraal) ondervinden. Dit zou mogelijk enkel het geval zijn bij het plaatsen van het materiaal, zoals bij isolatiemateriaal, al zullen hier ook vaak persoonlijke beschermingsmiddelen (handschoenen en ademhalingsbescherming) gebruikt worden. Bij koematrassen en judo- en yogamatten zit het rebonded foam volledig ingepakt in een hoes, bij de andere toepassingen zit er een 'beschermende' laag tussen het rebonded foam en de mens. Mogelijk is er voor een aantal toepassingen wel direct huidcontact na langdurig gebruik bij migratie van de stof naar de hoes en beschermende laag over de tijd. Dit geldt bijvoorbeeld voor de judo- en yogamatten, speelplaatsen en sportvelden, en tapijt, waarmee handen, voeten en andere lichaamsdelen in aanraking kunnen komen. Blootstelling door inhalatie is voor de meeste toepassingen mogelijk, al hangt dit af van onder andere de vluchtigheid van de stof en de mogelijkheid om door het rebonded foam en andere lagen (hoes, beschermende laag) heen te komen. Enkel voor koematrassen wordt blootstelling door de algemene bevolking niet verwacht, al is het mogelijk dat werknemers in de agrarische sector hier wel aan blootgesteld wordt. Daarnaast is het voor elke toepassing van belang hoelang de blootstelling duurt. Bij gebruik van rebonded foam als

ondervloer voor tapijt in woningen en kantoren kunnen mensen langdurig en aan grote hoeveelheid chemische stoffen blootgesteld worden, terwijl individuen maar kortdurend met judo- en yogamatten in aanraking komen.

De migratie van stoffen richting het milieu wordt enkel verwacht bij toepassing als ondervloer van speelplaatsen en sportvelden. Omdat het materiaal poreus en waterdoorlatend is, kunnen stoffen met het water richting de bodem lekken. Ook bij afbraak van het materiaal, als gevolg van bijvoorbeeld ouderdom, kunnen stoffen in de bodem terechtkomen. Polyurethaanschuim is niet bedoeld om af te breken, het is daarom niet te verwachten dat afbraak snel plaats vindt. Via de bodem en via het grondwater kunnen deze stoffen bijvoorbeeld ook in het oppervlaktewater eindigen.

5.5 Risicobeoordeling gebruik rebonded foam

5.5.1 Risico's voor de consument

Op basis van de blootstellingsroutes van het gebruik van rebonded foam wordt verwacht dat de toepassing als ondertapijt de grootst mogelijke blootstelling kan opleveren. Bij gebruik in woningen en kantoren kunnen consumenten mogelijk lange tijd blootgesteld worden aan het product, daarnaast kan het hier grote oppervlakten betreffen. De belangrijkste verwachte blootstellingsroute voor de meeste stoffen is inademing. Bij gebruik als ondertapijt zal er namelijk geen direct huidcontact van de mens met het rebonded foam zijn. Mogelijk migreren er wel stoffen door het tapijt heen, hierbij wordt verwacht dat (semi-)vluchtige stoffen de grootste bron van blootstelling zal opleveren.

Op basis van de gevarenrangschikking in paragraaf 5.3 zijn er vier stoffen naar voren gekomen die hoog gevaarspotentiaal hebben. Op volgorde van gevaarspotentiaal zijn deze als volgt: dibutyltindilauraat, 4,4'-MDA, TCEP en fenol. Logischerwijs volgt uit de rangschikking dat dibutyltindilauraat de meeste prioriteit heeft voor een risicobeoordeling. Omdat de stof echter niet is aangetoond maar enkel het element tin, is besloten om deze stof niet te beoordelen. Voornamelijk omdat de stof in het verleden is vervangen door andere tinverbindingen en het niet duidelijk is welk aandeel tin afkomstig is van de betreffende stof. Ook voor 4,4'-MDA is geen risicobeoordeling uitgevoerd, omdat de stof maar in één uit elf 11 analyses is aangetroffen. Omdat TCEP en fenol qua score gelijk aan elkaar waren, is gekozen om een risicobeoordeling uit te voeren voor TCEP vanwege het feit dat deze stof in een groot aantal monsters is aangetroffen. Dit in tegenstelling tot fenol welk eenmaal is aangetroffen in het Duitse onderzoek naar nieuwe matrassen.

Om de blootstelling te kwantificeren is gebruik gemaakt van een rapport wat door EUROPUR aan het RIVM ter beschikking is gesteld. Op basis van dit rapport en de beschikbare meetgegevens van rebonded foam is een risicobeoordeling uitgevoerd voor de brandvertrager TCEP. Additioneel is ook een risicobeoordeling uitgevoerd voor de brandvertrager TCPP. TCPP scoorde niet hoog in rangschikking voor gevaarseigenschappen, echter er lopen momenteel nog wel onderzoeken naar de carcinogeniteit van de stof. Omdat TCPP hedendaags als brandvertrager toegepast wordt in polyurethaanschuimen, in plaats van

in het verleden gebruikte TCEP, is ervoor gekozen ook een risicobeoordeling uit te voeren voor deze stof.

EUROPUR heeft een risicobeoordeling uitgevoerd voor de brandvertrager TCEP in een ondertapijt gemaakt van rebonded foam. Hiervoor is het ConsExpo model gebruikt, een model ontwikkeld door het RIVM waarmee de blootstelling van consumenten aan stoffen in consumentenproducten kan worden geschat en beoordeeld. Om deze berekening uit te kunnen voeren zijn gegevens nodig over onder meer het gebruik van het product, de chemische stofeigenschappen, de concentratie van de stof in het product en de mate waarin de stof door het product migreert en eruit vrij kan komen. Meer informatie over de gegevens en aannames die gebruikt zijn om de berekening uit te kunnen voeren, kunnen worden gevonden worden in Bijlage 4.

De rapportage van EUROPUR concludeert dat bij toepassing van rebonded foam als ondertapijt in een woning, er geen gezondheidsrisico's zijn wat betreft de blootstelling aan TCEP. Hierbij is gerekend met een concentratie TCEP van 20 mg/kg rebonded foam, gebaseerd op de metingen in rebonded foam (paragraaf 5.2). Het RIVM heeft deze berekening nagelopen (scenario 1) en een aantal andere scenario's verder uitgewerkt (zie Bijlage 2 voor de verdere uitwerking):

1. Blootstelling bij gebruik TCEP in ondertapijt bij concentraties van 20 mg/kg rebonded foam
2. Blootstelling bij gebruik TCEP in ondertapijt bij concentraties van 1000 mg/kg rebonded foam (o.b.v. screening van CENTEXBEL)
3. Blootstelling bij gebruik TCPP in ondertapijt bij concentraties van 7474 mg/kg rebonded foam (o.b.v. gemiddelde concentratie chloor (bij aantreffen) gemeten in rebonded foam)
4. Blootstelling bij gebruik TCPP in ondertapijt bij concentraties van 18229 mg/kg rebonded foam (o.b.v. maximale concentratie chloor gemeten in rebonded foam)

Conclusies
De resultaten tonen aan dat de blootstelling aan de brandvertragers TCEP en TCPP via rebonded foam geen risico's oplevert voor consumenten. Dit is bepaald voor een worst-case toepassing en bij worst-case concentraties (scenario 2 en scenario 4). Hierbij dient wel rekening gehouden te worden dat bij nieuwe toepassingen, dus anders dan ondertapijt, er mogelijk nog wel risico's kunnen optreden. Indien er een nieuwe toepassing wordt ontwikkeld met een hoger of ander blootstellingspotentie dan ondertapijt, dient deze analyse opnieuw uitgevoerd te worden.

Het gegeven dat blootstelling aan TCEP en TCPP geen risico's oplevert voor consumenten, leidt niet tot de conclusie dat het gebruik van rebonded foam in deze toepassing geen risico's op kan leveren. Voor dibutyltindilauraat is bijvoorbeeld geen risicobeoordeling uitgevoerd, terwijl deze stof hoger scoort qua gevaarspotentiaal dan voorgenoemde stoffen. Hiervan is de concentratie in de gerecyclede materialen echter niet bekend. Mogelijk zijn er ook stoffen niet in beeld die wel aanwezig zijn. Wel geldt dat de meeste stoffen die aangetroffen zijn, in relatief lage concentraties voorkomen.

5.5.2 Risico's voor het milieu

Eén van de toepassingen van rebonded foam is de toepassing als ondergrond voor speelplaatsen. De dikte van die toepassing kan tot 8 centimeter zijn en de dichtheid is ongeveer 180 kg/m^3.[17] Dit betekent dat bij een laag van 8 cm er 14,4 kg/m2 rebonded foam aanwezig is. Omdat deze platen waterdoorlatend zijn, is het mogelijk dat stoffen die in het rebonded foam aanwezig zijn uitlogen naar de ondergrond, bodem en het grondwater. Mogelijk eindigen de stoffen via het grondwater ook in het oppervlaktewater. Het is onbekend in welke mate de stoffen gebonden zijn in het materiaal, of uitloging daadwerkelijk optreedt en in welke mate. Er wordt wel aangegeven dat het materiaal ongevoelig is voor rotting (afbraak).

Vanuit de Wet milieubeheer geldt dat eenieder voldoende zorg voor het milieu in acht moet nemen. Dit betekent dat ervoor gezorgd moet worden dat nadelige effecten op het milieu voorkomen moeten worden en als deze toch plaatsvinden, alle maatregelen genomen worden om dit ongedaan te maken[18]. Het rebonded foam wordt bij speelplaatsen toegepast op de bodem. Vanuit de Wet bodembescherming geldt bij handelingen in en op de bodem specifiek nog de zorgplicht voor de bodem (en grondwater)[19]: ''Eenieder die op of in de bodem handelingen verricht, dient ervoor te zorgen dat door die handelingen de bodem niet wordt verontreinigd en, mocht dat toch zo zijn, alle maatregelen die redelijkerwijs kunnen worden gevergd genomen worden om dit ongedaan te 'maken'.

Vanuit het Besluit bodemkwaliteit en de Regeling bodemkwaliteit zijn eisen gesteld aan de samenstelling en emissiewaarden van bouwstoffen, grond en baggerspecie om verontreiniging van de bodem tegen te gaan. Rebonded foam valt echter niet onder de definitie van bouwstof (en grond en baggerspecie) en daarmee is het besluit en de regeling niet van toepassing. De zorgplicht geldt echter nog wel.

Om de risico's van stoffen in rebonded foam op het milieu te bepalen, is het van belang de migratie van stoffen te kennen en de verwachte concentraties in het milieu als gevolg hiervan te beoordelen. Omdat onbekend is in welke mate stoffen uit de rebonded foam kunnen komen, is een risicobeoordeling niet mogelijk. Wel kan er gekeken worden naar de beschikbaarheid van normen en risicogrenzen voor stoffen in het milieu om aan te toetsen, mochten deze gegevens beschikbaar zijn. Ook kan op basis van de gemeten frequentie van voorkomen in rebonded foam en nadelige stofeigenschappen (zoals persistentie), aangeven worden welke stoffen nadere aandacht verdienen.

Beschikbaarheid normen en risicogrenzen

Voor de in rebonded foam gemeten SVHC, ZZS en andere gevaarlijke stoffen is nagegaan of er normen of risicogrenzen zijn (zie https://rvs.rivm.nl/). Normen zijn beleidsmatig of wettelijk vastgestelde grenswaarden waarboven actie ondernomen moet worden en ongewenste effecten kunnen optreden. Risicogrenzen zijn wetenschappelijk onderbouwde concentraties waarbij een bepaald

[17] www.aslon-refoam.com/sport
[18] Artikel 1.1 van de Wet milieubeheer
[19] Artikel 13 van de Wet bodembescherming

(negatief) effect kan optreden, maar geen beleidsmatige status hebben. Risicogrenzen kunnen de basis vormen voor normen.

Qua normen is voor de bodem gekeken naar achtergrondwaarden, emissiewaarden en samenstellingswaarden. De achtergrondwaarden uit de Regeling bodemkwaliteit geven de gehalten aan van een goede bodemkwaliteit, zonder belasting door lokale verontreinigingsbronnen. Bij de concentraties onder deze norm is vrij grondverzet mogelijk. Voor de anorganische stoffen bestaan in de Regeling bodemkwaliteit emissiewaarden voor stoffen uit bouwstoffen bij toepassing op de bodem. Voor organische stoffen bestaan in deze regeling maximale samenstellingswaarden. Omdat rebonded foam niet onder definitie van een bouwstof valt kunnen emissiewaarden en samenstellingswaarden niet direct toegepast worden om te toetsen, maar ze kunnen wel gelden als een indicatie. Als laatste is voor een aantal stoffen een risicogrens voor de bodem beschikbaar: het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR-bodem). Voor de stoffen is voor oppervlaktewater gekeken naar de jaargemiddelde kwaliteitsnorm (JG-MKN) en het MTR. Voor oppervlaktewater, in tegenstelling tot de bodem, is het MTR een norm.

Normen en risicogrenzen voor gemeten SVHC en overige gevaarlijke stoffen
Van de negen SVHC geïdentificeerd in rebonded foam is voor drie stoffen (dibutylftalaat, di-isobutylftalaat en fenantreen) zowel een achtergrondwaarde beschikbaar voor de bodem als een norm (JG-MKN of MTR) voor oppervlaktewater. Voor fenantreen is daarnaast een samenstellingswaarde vastgesteld voor bouwstoffen. Voor formamide en octamethylcyclotetra-siloxaan (D4) is enkel een norm voor oppervlaktewater beschikbaar, terwijl voor de overige 4 SVHC (de siloxanen D5 en D6, de brandvertrager TCEP en 4,4'-MDA) voor zowel bodem als oppervlaktewater geen normen beschikbaar zijn. De enige SVHC geïdentificeerd in de Duitse consumentenmatrassen is di-isobutylftalaat, zoals aangegeven zijn hier bodem en oppervlaktewater normen voor.

Voor de overige tien gevaarlijke stoffen aangetroffen in rebonded foam en de Duitse consumentenmatrassen blijkt dat voor twee stoffen een achtergrondwaarde voor de bodem beschikbaar is. Dit betreft di-ethylftalaat en fenol. Daarnaast geldt voor de tinverbindingen een achtergrondwaarde voor totaal tin, dit betekent dat monobutyltin en dibutyltin hieraan getoetst kunnen worden. Voor permethrin en trifenylfosfaat zijn geen achtergrondwaarden beschikbaar, maar wel een MTR-bodem. Voor vier stoffen (de brandvertrager TCPP, acetylbutylcitraat, 2,2'-MDA en 2,4'-MDA) zijn geen normen en MTR beschikbaar. Voor vijf stoffen is een norm voor oppervlaktewater beschikbaar (trifenylfosfaat, di-ethylftalaat, fenol, permethrin en dibutyltin).

Voor de negen anorganische stoffen gemeten in rebonded foam zijn voor cadmium, tin en zink achtergrondwaarden voor bodem beschikbaar. Voor deze stoffen zijn ook emissiewaarden vastgesteld voor bouwstoffen. Emissiewaarden zijn ook vastgesteld voor chloride (chloor) en bromide (broom). Voor calcium, ijzer, strontium en zirkonium bestaan geen normen.

Bovenstaande betekent dat een deel van de stoffen niet kan worden getoetst door het ontbreken van risicogrenzen. Daar waar wel normen of risicogrenzen beschikbaar zijn is nog onbekend in welke mate de stoffen uit rebonded foam vrijkomen.

Risicovolle stoffen
Er zijn geen gegevens beschikbaar over het vrijkomen van stoffen uit het rebonded foam bij gebruik als ondergrond voor speelplaatsen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de SVHC. Stoffen worden onder andere als SVHC geïdentificeerd als ze voldoen aan de criteria persistent, bioaccumulerend en toxisch (PBT). Daarnaast kunnen stoffen ook geïdentificeerd worden als ze bijvoorbeeld voldoen aan de criteria voor zeer persistent en zeer bioaccumulerend (zPzB / vPvB). Zodra deze stoffen in het milieu komen, dan blijven ze daar voor lange tijd aanwezig met mogelijke ophoping in planten, dieren en eventueel ook de mens. De stoffen die (mogelijk) aan deze criteria voldoen zijn:

- Dibutylftalaat - wordt nog onderzocht op PBT-eigenschappen
- Octamethylcyclotetra-siloxaan (D4) – PBT en vPvB
- Decamethylcyclopenta-siloxaan (D5) - vPvB
- Dodecamethylcyclohexa-siloxaan (D6) - vPvB

Daarnaast kunnen andere stoffen ook voor lange tijd in het milieu verblijven, zo wordt bijvoorbeeld voor TCPP verwacht dat de halfwaardetijd (de tijd voordat de helft van de stof verdwenen is uit het milieu) geschat op een half jaar of langer (Government of Canada, 2020).
Als er latex wordt bijgemengd voor de productie van rebonded foam is zink een aandachtspunt omdat het, afhankelijk van de concentratie, schadelijk is voor het milieu.

Het daadwerkelijk uitlogen van stoffen is afhankelijk van de stofeigenschappen. Stoffen kunnen ook naar andere compartimenten zoals grond- en oppervlaktewater migreren. In de diverse compartimenten kunnen de stoffen een risico vormen voor het ecosysteem. Bovendien kunnen door afbraakprocessen in bodem of water metabolieten (omzettingsproducten) ontstaan. Deze metabolieten kunnen meer of minder toxisch zijn dan de oorspronkelijke stof. Stoffen die in het milieu belanden, kunnen indirect ook blootstelling van de mens opleveren.

Conclusie
Er zijn meerdere SVHC frequent aangetoond in rebonded foam. Dit betreft een aantal ftalaten (DBP en DIBP), siloxanen (D4, D5 en D6) en de brandvertrager TCEP. Van een aantal stoffen zijn normen en/of risicogrenzen beschikbaar voor het milieu. Hieraan kan getoetst worden en bepaald worden of er risico’s zijn bij toepassing van rebonded foam in speelplaatsen. Ook voor een aantal anorganische verbindingen zijn normen en/of risicogrenzen beschikbaar waaraan getoetst kan worden. Omdat er geen uitloog- of beschikbaarheidsgegevens bekend zijn, kunnen risico’s voor het milieu, bij gebruik in speelplaatsen, momenteel niet uitgesloten worden. Gezien de persistente eigenschappen van bepaalde stoffen blijven deze lang in de bodem aanwezig. Zo zijn siloxanen als SVHC geclassificeerd vanwege de PBT en vPvB eigenschappen, terwijl dibutylftalaat momenteel nog op onderzocht

wordt op PBT-eigenschappen. Van de siloxanen geldt mogelijk dat deze vrijgekomen zijn door degradatie van siliconen als gevolg van de analysemethode. Ook de eventuele aanwezigheid van SVHC die een risico vormen voor de gezondheid van mensen (mogelijk door blootstelling via het milieu) en andere genormeerde stoffen zouden goed in beeld moeten zijn.

Het aantal metingen boven de detectiegrens (meerdere keren aangetroffen), de gevaarseigenschappen van een stof voor mens of milieu en de beschikbaarheid van een risicogrens zijn gebruikt om een aantal stoffen te prioriteren. Bij het uitvoeren van een uitloogtest of beschikbaarheidstest kunnen de volgende stoffen meegenomen worden:

- Dibutylftalaat (DBP)
- Di-isobutylftalaat (DIBP)
- Octamethylcyclotetrasiloxaan (D4)
- Decamethylcyclopentasiloxaan (D5)
- Dodecamethylcyclohexa-siloxaan (D6)
- Chloorverbindingen
  - Tris(2-chloroethyl) phosphate (TCEP)
  - Tris(1-chloor-2-propyl)fosfaat (TCPP)
- Tin
  - eventueel specifieke organotinverbindingen als deze stoffen aanwezig zijn in het rebonded foam
- Zink

Op basis van de gemeten uitloging/beschikbaarheid kan nagegaan worden wat dit kan betekenen voor concentraties in de bodem (en grondwater) direct onder de toepassing. Via een worst-case beoordeling kan bepaald worden hoe concentraties zich verhouden tot de beschikbare normen voor bodem en water. Voor stoffen die uitlogen en waarvoor geen normen zijn afgeleid, kan verder bepaald worden of een normafleiding benodigd is.
Een alternatieve benadering is om vanuit voorzorgsprincipe rebonded foam niet toe te passen daar waar directe blootstelling aan water en bodem plaats kan vinden. Dit geldt bijvoorbeeld voor speelplaatsen.

6 Aanwezigheid en risico's van chemische stoffen in latex

Een matras kan als geheel gemaakt worden van natuurlatex, maar vaak wordt latexschuim gebruikt samen met andere materialen, bijvoorbeeld als topmatras in combinatie met polyurethaanschuim. Latex wordt toegepast vanwege zijn comfort verhogende eigenschappen.
Latexschuim wordt vervaardigd uit natuurlijk rubber, dat wordt gewonnen uit de 'Hevea brasiliensis' boom, of synthetisch latex, afkomstig uit aardolie, of een mix van beide. Volgens latexfabrikanten is de synthetische latex gebruikt in onder andere matrassen SBR (Styreen Butadieen Rubber).

6.1 Productie van latex

6.1.1 Productieproces

Latex kent twee productieprocessen, de Dunlop en de Talalay methode, wat leidt tot verschillende mechanische en fysische eigenschappen van het schuimmateriaal.
Het productieproces maakt gebruik van een mal die van boven en van onderen voorzien wordt van "pennen" die ervoor zorgen dat het schuim van binnenuit verwarmd wordt door middel van indirecte warmteoverdracht.

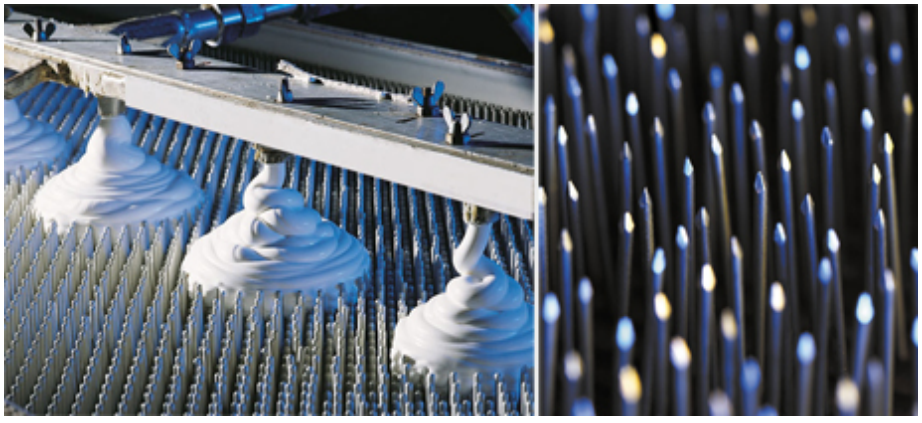


Foto van een latex productieproces (vullen van de mal met latexschuim)[20]

Het latex melk wordt tot een schuim geslagen, net als bij het maken van slagroom. De mal wordt vervolgens door middel van een grote spuit met dit latexschuim gevuld. Bij Talalay latex wordt de mal vacuümgetrokken waardoor het latexschuim zich perfect egaal verdeeld over de mal.
Hierna wordt het latexschuim, door middel van stikstof bevroren naar een temperatuur van -30°C. Hierdoor knapt de gesloten celstructuur kapot. Dit heeft tot voordeel dat het latexschuim over een open celstructuur beschikt wat weer ten goede komt aan de ventilatie van het matras.
Bij Dunlop latex gebeurt dit bevriezen niet en wordt het latexschuim in één keer tot een temperatuur van ongeveer 115°C gebracht. Tijdens dit verwarmen rijst het latexschuim tot de gewenste hoogte van de mal en vindt de vulkanisatie plaats. Het schuim wordt uit de mal gehaald en

[20] https://www.talalaylatex.nl/productieproces-talalay-latex/

grondig gewassen en gedroogd. Bij het Talalay proces vindt er tijdens het drogen nog een na-vulkanisatie stap plaats.[21]

Er zijn drie belangrijke producenten van latex voor de Nederlandse matrassenmarkt. Radium Foam (Maastricht) maakt gebruik van het Talalay proces, en Latexco (Tielt, België) en Artilat (Nijlen, België) passen het Dunlop proces toe.

6.1.2 Gebruik van chemische stoffen bij de productie van latex

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de samenstelling van latexschuim op basis van literatuuronderzoek en een geraadpleegde deskundige op dit onderwerp.

1. Hoofdbestanddelen
   Nauurlatex is afkomstig van de rubberboom Hevea Brasiliensis en is een polymeer op basis van isopreen.
   Synthetische rubber is gemaakt styreen-butadieen rubber, een polymeer opgebouwd uit monomeren styreen en 1,3-butadieen. Styreen is reproductie toxisch (schadelijk voor de voorplanting) en 1,3-butadieen is geclassificeerd als kankerverwekkend (en ZZS). Beide monomeren zijn chemisch gebonden in het polymeer. Het is mogelijk dat kleine residuen van deze stoffen aanwezig zijn en vrijkomen tijdens het gebruik maar er is weinig bekend over de mate waarin deze stoffen kunnen vrijkomen.
2. Vulkanisatiemiddel
   De hoofdcomponenten van het vulkanisatiemiddel zijn zwavelverbindingen, welke fungeren als vulkanisatieversneller en soms ook als vulkanisatie activator.
   De belangrijkste functie van de vulkanisatieversneller is het vormen van de zwavelbruggen tussen de polymeerketens, wat het schuim zijn elastische eigenschappen geeft. Veel gebruikte vulkanisatie versnellers omvatten zink-mercaptobenzothiazool (ZMBT) en/of zink diethyldithiocarbamaat (ZDEC) (Deliege and Nijdam, 1998).
   De vulkanisatie activator is zinkoxide of magnesiumoxide.
   Bij het gebruik van bepaalde groepen van vulkanisatieversnellers kunnen nitrosamines ontstaan als bijproduct van het vulkanisatieproces. Sommige van deze nitrosamines zijn kankerverwekkend en zijn toxisch bij lage concentraties. De veel gebruikte vulkanisatieversneller ZDEC kan nitrosaminevorming veroorzaken. De aanwezigheid van nitrosamines wordt toegeschreven aan het feit dat ZDEC in rubberlatex achterblijft nadat vulkanisatie eindigt. ZDEC kan tot een secundair amine gehydrolyseerd worden dat op zijn beurt reageert met stikstofoxiden (NOx) en nitrietverbindingen (-NO_2) aanwezig in de omgeving, waarbij gevaarlijke nitrosamines gevormd worden.

   Sommige nitrosamines staan op de ZZS lijst, bijvoorbeeld N-nitrosodimethylamine, N-nitrosodiethylamine en N-nitrosodi-n-butylamine.

[21] https://www.ravensberger-matrassen.nl/advies/matrassen/latexmatrassen-met-hoge-natuurlijk-rubber-gehalte-vervaardigd-met-stiftlatex.html
https://www.talalaylatex.nl/productieproces-talalay-latex/

3. Antioxidanten
   Deze stoffen worden gebruikt om degradatie van het latex te voorkomen tijdens het gebruik door hitte (thermische oxidatie), licht (foto-oxidatie) en het buigen.
   Hiervan wordt ongeveer 1-2 massa-% toegevoegd. Er zijn veel types van antioxidanten die worden gebruikt, waarvan de belangrijkste uit de chemische groep amines en fenolen (Deliege and Nijdam, 1998).
4. Dispergeermiddelen
   Dit zijn oppervlakte-actieve stoffen, die worden toegevoegd aan het latexmengsel om de scheiding van de deeltjes te verbeteren en om te voorkomen dat ze bezinken of klonteren tijdens het productieproces.
5. Verdikkingsmiddel
   Latex verdikkingsmiddelen worden toegepast om de viscositeit te verhogen en aan te passen. Hiermee kunnen de producteigenschappen van latexschuim aangepast worden.
6. Schuimmiddel of een blaasmiddel
   Verschillende types aan oppervlakte actieve stoffen (anionische, kationische of niet-ionische) kunnen als schuimmiddel gekozen worden, bijvoorbeeld kaliumoleaat (Deliege and Nijdam, 1998). Schuimmiddelen worden toegepast om schuimvorming te bevorderen bij het opkloppen van de latexmelk.
7. Geleermiddel.
   Een voorbeeld van een geleermiddel is natriumfluorosilicaat (Deliege and Nijdam, 1998). Geleermiddel wordt gebruikt bij het Dunlop proces voor het induceren van de faseverandering van een vloeibare schuim naar een vaste schuim (gel).
8. Vulstoffen
   Deze stoffen kunnen worden toegepast worden in goedkopere matrasschuimen. Klei, calciumsilicaat, magnesiumsilicaat en calciumcarbonaat zijn veelgebruikte vulstoffen (Deliege and Nijdam, 1998).
9. Brandvertragers
   Er is weinig literatuur beschikbaar over brandvertragers in latex schuim.
   Volgens een vertegenwoordiger in de sector werden in het verleden halogeenhoudende (organische verbindingen met chloor of broom) met antimoontrioxide synergie systemen toegepast in een vrije hoge dosering (tussen de 30-50%) daar waar eisen gelden voor brandwerendheid (bijvoorbeeld hotels). In het kader van het restrictiedossier van bis-(pentabromophenyl)ether (Deca-BDE) wordt latex genoemd als materiaal waar deze stof werd toegepast. Het is onbekend of andere broomhoudende brandvertragers (bijvoorbeeld HBCDD) of chloorhoudende brandvertragers (bijvoorbeeld TCEP) werden toegepast.
   De sector is intussen overgestapt op andere types brandvertragers, bijvoorbeeld geëxpandeerd grafiet.[22]

[22] Op basis van omschrijving uit productinformatie van Artilat (www.artilat.com)

6.2 Aanwezigheid en gevaren van chemische stoffen in (gerecycled) latex

6.2.1 Conclusies literatuuronderzoek

Er zijn geen onderzoeksrapporten gevonden of beschikbaar gesteld die specifiek ingaan op bijvoorbeeld de aanwezigheid en concentraties van gevaarlijke stoffen, waaronder SVHC en ZZS, in (gerecycled) latex.
Op basis van bovenstaande inventarisatie kunnen de volgende stofgroepen met gevaarlijke eigenschappen voorkomen in (gerecycled) latex:

1. SVHC bij gebruik van bepaalde broomhoudende brandvertragers
2. ZZS (en niet SVHC) door aanwezigheid van nitrosamines
3. Zinkverbindingen die toxisch kunnen zijn voor water- of bodemorganismen
4. Vluchtige organische stoffen

In deze paragraaf wordt dieper ingegaan op de aanwezigheid en gevaren van deze stofgroepen.

1. De brandvertrager DecaBDE is een POP en SVHC en is sinds maart 2019 volledig verboden[23] voor de productie van matrassen in Europa, maar wordt volgens de sector als lang niet meer gebruikt. Bovendien wordt latex voornamelijk toegepast in consumenten en recreatiematrassen. De kans dat DecaBDE en andere SVHC (bijvoorbeeld de brandvertrager HBCDD) voorkomen in latexschuim lijkt klein, maar is wel aanwezig als het gaat om matrassen van hotels omdat in deze toepassingen eisen kunnen worden gesteld op gebied van brandveiligheid.
2. In Duitsland zijn er grenswaardes voor de maximale concentratie van nitrosamines die mogen vrijkomen bij de productie van latex. In Nederland zijn er voor zover bekend geen veiligheidsnormen van toepassing op het productieproces. Er kunnen, afhankelijk van het type vulkanisatiemiddel dat wordt gebruikt, ook sporen van nitrosamines aanwezig zijn in latexschuim.
   Voor matrassen zijn er geen specifieke productnormen vastgelegd, zowel Europees als nationaal. Voor andere latexproducten, bijvoorbeeld ballonnen, zijn strenge beperkingen vastgelegd in de speelgoedrichtlijn voor wat de toelaatbare concentratie van bepaalde nitrosamines mag zijn. Sommige nitrosamines zijn ZZS.
   Er zijn vrijwillige certificeringen zoals euroLatex ECO-standaard[24] en het eco-INSTITUT-Label[25] waarin grenswaardes zijn opgenomen voor de emissies van nitrosamines. Ook is het mogelijk om bij productie gebruik te maken van vulkanisatieversnellers waarbij geen nitrosaminevorming plaatsvindt.
3. Er wordt geen blootstelling van de mens verwacht aan zink bij het gebruik van een matras. Zink is echter zeer toxisch voor bodem- en waterorganismen. Er zijn geen productnormen voor de concentratie zink in een product, er zijn wel emissienormen om de blootstelling naar het milieu te beperken. Dit is een aandachtspunt als latex wordt hergebruikt in een toepassing

[23] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0227&from=EN
[24] https://www.eurolatex.com/home2.htm
[25] https://www.eco-institut-label.de/en/die-zertifizierung/produktgruppen/matratzen-und-bettwaren/

waar bij uitloging plaats kan vinden naar de bodem, het grondwater en/of oppervlaktewater (zie paragraaf 5.5.2).

4. Vluchtige organische stoffen (VOS)
   In de product certificeringen euroLatex ECO-standaard[26] en het eco-INSTITUT-Label[27] zijn grenswaardes zijn opgenomen voor het vrijkomen (uitdampen) van vluchtige organische stoffen van (nieuwe) producten. Voor styreen en 1,3 butadieen (de monomeren van het synthetische rubber) gelden specifieke grenswaardes. Deze certificeringen worden door de sector vaak toegepast.
   Er zijn studies waaruit blijkt dat 1,3 butadieen kan vrijkomen bij verhitting van het synthetisch rubber (European Commission, 2002). Dit is een aandachtspunt bij de verwerking van matrasschuimen waaronder ook de productie van rebonded foam door de hoge temperatuur bij het productieproces (zie paragraaf 9.1).

6.2.2 Risico's bij gebruik gerecycled latex

Latex uit gerecyclede matrassen kan worden toegevoegd aan rebonded foam gemaakt van polyurethaanschuim. Ook is het mogelijk om rebonded foam van enkel latex te produceren, zonder toevoeging van polyurethaan. De toepassingen van rebonded foam zijn omschreven in paragraaf 3.3.
Er zijn ook andere recyclingmogelijkheden voor latex, namelijk devulkanisatie en pyrolyse. Deze technologieën zijn enkel nog op laboratoriumschaal getest en niet meegenomen in de scope van dit onderzoek

Er zijn geen analyse-data beschikbaar voor gevaarlijke stoffen in gerecycled latex. Bij de analyses op rebonded foam zijn geen samples onderzocht waarbij latex is toegevoegd aan het rebonded foam. Omdat het niet bekend is welke gevaarlijke stoffen (waaronder SVHC en ZZS) voorkomen en in welke concentratie(s), is er geen risicobeoordeling uitgevoerd voor gerecycled latex. Op basis van literatuuronderzoek en informatie uit de sector kunnen we het volgende concluderen:

- De kans op aanwezigheid van brandvertragers is klein, maar wel aanwezig. Voor het beoordelen van de risico's is meer informatie nodig over de aanwezigheid en concentratie van deze stoffen in gerecycled latex. Daarnaast is het van belang om na te gaan hoe vaak latex bijgemengd wordt bij de productie van rebonded foam en in welke concentratie.
- Er kunnen sporen van nitrosamines en VOS vrijkomen uit latexschuim. Dit is vooral een aandachtspunt bij verwerking maar als gerecycled latex wordt toegepast in rebonded foam kunnen consumenten mogelijk ook hieraan blootgesteld worden. Er zijn geen wettelijke grenswaardes maar in de sector wordt wel gebruikt gemaakt van vrijwillige certificeringen (voor nieuwe producten) en zodoende wordt de emissie van nitrosamines en VOS beperkt. Voor het beoordelen van de risico's zijn analyse-data nodig.

[26] https://www.eurolatex.com/home2.htm
[27] https://www.eco-institut-label.de/en/die-zertifizierung/produktgruppen/matratzen-und-bettwaren/

- Zink is een aandachtspunt bij toepassingen voor gerecycled latex met blootstelling aan het milieu, zoals bij gebruik van rebonded foam onder speelplaatsen. Zink is meegenomen in de analyses van rebonded foam (zie paragraaf 5.5.2), er is echter nog geen onderzoek gedaan naar samples van rebonded foam waarin ook latex is verwerkt. De verwachting is dat de concentratie zink zal toenemen naarmate meer latex wordt bijgemengd.

7 Aanwezigheid en risico's van chemische stoffen in textiel (matrastijk)

Matrastijken worden geproduceerd van natuurlijke vezels (bijvoorbeeld katoen, zijde, viscose) of synthetische vezels (bijvoorbeeld polyester, polypropyleen of nylon) of een mix van beide.
De meest voorkomende vezels zijn katoen en polyester en 40% van de matrastijken in Nederland zijn een blend van katoen met polyester (Alewijn, 2018).
Tijk bestaat niet enkel uit textiel, maar een samenstelling van diverse materialen:

- Textiel kan gecombineerd worden met schuim, vilt of non-woven materialen ter bevordering van het comfort;
- Stiksels, lijmen en ritsen kunnen worden gebruikt voor het combineren van de materialen:
- Voor waterdichte matrassen in de zorg kunnen coatings worden toegepast van polyurethaan, PVC of andere polymeren.[28]

In dit hoofdstuk worden het productieproces en de grondstoffen van matrastijken besproken, met de focus op textiel omdat dit qua hoeveelheid de hoofdcomponent is.

7.1 Productie van matrastijken

7.1.1 Productieproces

De productiemethode voor matrastijken bestaat uit een weefproces of breiproces:

- Een breisel is een samenhangend geheel van steken. Steken worden gemaakt door een garen in lusvorm te leggen, die lussen door elkaar te trekken en op die manier een steek te vormen. De techniek die voor matrassen wordt gebruikt is "inslagbreien", hierbij lopen de garens die de steken vormen in de breedte van het breigoed. De steken worden achtereenvolgens over de volledige breedte van het breisel gevormd. Een inslagbreisel kan dus met één garen gevormd worden.
- Weven: een weefsel is samengesteld uit twee groepen garens die met elkaar kruisen om een samenhangend geheel te vormen.

Na het weef- en breiproces worden de doeken verder verwerkt (finishing) door deze te reinigen, bleken of te behandelen om bepaalde functionele eigenschappen te realiseren zoals antibacterieel, brandvertragend of waterafstotend.
Het wassen en bleken van matrastijken zijn de meest toegepaste processen. Het verven van matrastijken komt weinig tot niet meer voor, er worden gekleurde garens gekocht voor gekleurde designs. Een opkomende techniek is de "droge finishing", waardoor waterverbruik fors gereduceerd wordt.
Naast een chemische behandeling is het ook mogelijk om bepaalde functionaliteiten te verkrijgen door speciale textielvezels toe te passen

[28] Op basis van omschrijving uit productinformatie van INCH (http://www.inch.be/nl/conseils.php)

die door de materiaalsamenstelling of fysische eigenschappen de matrastijk bijvoorbeeld brandwerend of antibacterieel kunnen maken. In tegenstelling tot veel andere textielproducten, zijn er nog verschillende productielocaties van matrastijken in de Benelux.

7.1.2 Gebruik van chemische stoffen bij de productie van matrastijken

Figuur 7-1 Simpele weergave van het productieproces van een matrastijk

Het volledige productieproces van textiel voor matrastijken kent een aantal stappen. Na het weven of breien worden doeken bewerkt, dit is de finishing stap. Wassen is het meest voorkomende proces daarnaast kan een matrastijk gebleekt worden. Ook kan er door het toevoegen van chemische stoffenextra functionele eigenschappen aan de matrastijk worden toegevoegd, zoals antimicrobiële of brandwerende eigenschappen. De meeste chemicaliën worden bij deze 'finishing' stap gebruikt

Om katoenvezel tot garens te spinnen wordt een aantal mechanische bewerkingen uitgevoerd en is het chemicaliëngebruik beperkt en niet geïnventariseerd voor onderzoek. Wat betreft de katoenproductie is het bekend dat pesticidegebruik een negatieve milieu-impact heeft. Ook kunnen pesticide-residuen in lage concentraties achterblijven op de vezel. Naast katoengarens worden ook synthetische garens (vooral polyester) gebruikt als grondstof.

In 2014 heeft het RIVM chemische stoffen in de textielsector geïnventariseerd en vervolgens gerangschikt op basis van gevaar eigenschappen (Nijkamp et al., 2015). Volgens dit onderzoek horen de meest prioritaire (toxische) stoffen (in de textielsector) tot specifieke stofgroepen zoals organotinverbindingen, kleurstoffen, brandvertragers en ftalaten (weekmakers).
In matrastijken worden geen toxische stoffen uit de stofgroep *kleurstoffen* verwacht. Matrastijken zijn bijna altijd wit/beige en worden doorgaans niet geverfd. Brandvertragers kunnen gebruikt worden in matrastijken. Ftalaten en organotinverbindingen worden naar verwachting niet gebruikt bij de finishing maar zijn mogelijk aanwezig in coatings of synthetische vezels.

De chemicaliën die gebruikt worden bij het wassen en bleken zijn niet nader geïnventariseerd omdat deze niet als prioritaire stofgroep naar voren komen uit het RIVM onderzoek en de interviews.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de stofgroepen die relevant zijn voor de productie van matrastijken en die als prioritair worden gezien als het gaat om het voorkomen van SVHC, ZZS of gevaarlijke stoffen. Omdat er geen analyses van textiel verkregen zijn in dit onderzoek, is dit gebaseerd op literatuuronderzoeken en gesprekken met de sector.

In de volgende paragraaf wordt op basis van dit overzicht dieper ingegaan op SVHC, ZZS of andere gevaarlijke stoffen die voor kunnen komen in matrastijken.

Tabel 7-1 Inventarisatie van stofgroepen en stoffen waarvan wordt verwacht dat ze (in het verleden) gebruikt zijn bij de productie van matrastijken .

Type Materiaal	Functie	Stofgroep/ stof
Synthetische vezels	Katalysatoren	Organotinverbindingen
Finish	Biociden	Zilver Triclosan
	Brandvertragers (in matrassen voor de zorg en recreatie)	Broomhoudende brandvertragers
Coatings (in matrassen voor de zorg en recreatie)	Weekmakers	Ftalaten
	Katalysatoren	Organotinverbindingen

7.2 Aanwezigheid en gevaren van chemische stoffen in (gerecyclede) matrastijken

7.2.1 Conclusies literatuuronderzoek

Biociden

Permethrin kan in matrassen toegepast worden om ongedierte, zoals huisstofmijt en bedwantsen tegen te gaan. Daarnaast is het ook mogelijk dat consumenten zelf hun matras behandelen met een middel met daarin permethrin. Er zijn ook andere middelen om bedwantsen tegen te gaan, maar permethrin is de meest voorkomende. Permethrin is in Europa geclassificeerd als acuut en chronisch toxisch voor het aquatisch leven, schadelijk voor mensen bij inademing, schadelijk voor mensen bij inslikken, en kan allergische huidreacties veroorzaken.

Vanwege zijn antimicrobiële werking worden nanozilver of andere zilververbindingen frequent toegepast in matrastijken. Ook in andere textielproducten wordt nanozilver gebruikt, variërend van sokken tot en met bijvoorbeeld T-shirts. De werking van nanozilver is hierbij gebaseerd op het langzaam vrijkomen van zilverionen uit het nanozilver. Zilver is toxisch voor aquatische organismen. Om die redenen is er zorg over de risico's die met de toepassing van (nano)zilver in textiel gepaard gaan. Bovendien is er weinig bekend over het gedrag van nanozilver nadat het (bijvoorbeeld via een rioolwaterzuiveringsinstallatie, RWZI) in het milieu is terecht gekomen.[29]

Triclosan is een biocide. Deze stof is geclassificeerd (conform de CLP-verordening) als zeer toxisch voor het waterleven, en irriterend voor ogen en huid. Triclosan werd in het verleden mogelijk toegepast, maar intussen geldt een verbod voor een toepassing in textiel[30]. Triclosan staat op de lijst van potentiele ZZS.

Sinds 1 september 2013 gelden er verplichtingen in de Europese biocidenverordening voor bedrijven die "behandelde voorwerpen" op de

[29] https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/Nanozilver%20in%20textiel.pdf
[30] https://echa.europa.eu/nl/information-on-chemicals/biocidal-active-substances/-/disas/factsheet/1406/PT09

markt brengen.[31] Behandelde voorwerpen zijn artikelen of mengsels die met biociden zijn behandeld of waarin doelbewust een of meer biociden zijn verwerkt. Deze verordening stelt regels voor de toelating van biociden (producten) tot de Europese markt en voor de goedkeuring van de werkzame stoffen die in deze producten gebruikt worden. Permethrin is toegelaten conform de biocidewetgeving voor producttype 18, dat is de categorie van producten die gebruikt worden tegen geleedpotigen (bijvoorbeeld insecten). Deze toelating geldt voor Nederland en de meeste Europese landen.

Antimicrobiële middelen zoals triclosan en zilver vallen onder producttype 9 van de biocidewetgeving, namelijk producten die gebruikt worden voor de antimicrobiële behandeling van vezels of polymeren (bijvoorbeeld textiel). Triclosan en zilver zijn niet meer toegestaan. Andere zilververbindingen zijn nog wel toegestaan (bijvoorbeeld nanozilver en zilverchloride) maar zijn opgenomen in het review programma van de biocideverordening. Stoffen in het review programma worden nog beoordeeld op werkzaamheid en risico's voor mens, dier en milieu voor producten in het betreffende producttype.

Brandvertragers
Zoals eerder aangegeven worden brandvertrager niet toegepast in consumentenmatrassen, maar mogelijk wel in recreatie- en zorgmatrassen.

Er zijn verschillende methodes om brandwerend textiel te produceren:
1) Het impregneren of sprayen van het product (bijvoorbeeld met zouten);
2) Het vermengen van een brandvertrager bij smeltspinnen of in de polymeergranulaten (polyester);
3) Het toepassen van een coating aan de niet-zichtbare kant van de matrastijk met een brandvertragende formulering;
4) Het toepassen van een interliner tussen de matrastijk en het schuim. Als de interliner gemaakt wordt van speciale vezels die inherent brandvertragend zijn, hoeven er geen brandvertragers toegevoegd te worden aan de matrastijk of de matrasschuimen.

Brandvertragers kunnen in verschillende categorieën worden ingedeeld:
- Halogeenverbindingen (organische verbindingen met chloor of broom)
- Fosforgebaseerde verbindingen
- Stikstofgebaseerde verbindingen

Traditioneel werden halogeenverbindingen als brandvertragers gebruikt in textielproducten, voornamelijk broomverbindingen zals DecaBDE en HBCDD. Dikwijls werd aanvullend hierbij ook antimoontrioxide gebruikt.

Een definitief verbod op gebromeerde brandvertragers als HBCDD en DecaBDE is ingegaan in 2016 en 2019. Beide stoffen zijn vanwege hun toxiciteit en persistentie opgenomen in de POP-lijst (verdrag van Stockholm) en stonden voor het ingaan van een definitief verbod al op de autorisatielijst. In matrijstijken werd HBCDD toegepast als een back-

[31] https://echa.europa.eu/nl/information-on-chemicals/biocidal-active-substances

coating, en de waarschijnlijke HBCDD-concentratie in het eindproduct wordt geschat op 10-15% (ECHA, 2009). DecaBDE werd ook als back-coating gebruikt.

De gebromeerde brandvertragers zijn vervangen door o.a. fosfor en stikstofgebaseerde verbindingen. Als onderdeel van het Life-FLAREX project gefinancierd door de Europese Commissie is in 2018 een rapport gepubliceerd met een selectie van de meeste toegepaste brandvertragers per toepassing in de textielsector. Voor matrastijken zijn dit ammoniumpolyfosfaat en ammoniumsulfamaat (FLAREX, 2018). Voor deze alternatieve verbindingen werd als onderdeel van Life-FLAREX ook een risicobeoordeling uitgevoerd. De verbindingen zijn als geschikt alternatief voor de broomhoudende brandvertragers beoordeeld omdat risico's voor de mens (beroepsmatig en voor consumenten) en het milieu voldoende gecontroleerd zijn (FLAREX, 2020).

Zoals aangegeven kunnen ook speciale textielvezels toegepast worden aan de tijk die inherent brandvertragend zijn, deze materialen en mogelijke risico's zijn niet geïnventariseerd voor dit onderzoek. Ook zijn er mogelijkheden om de tijk op een speciale manier te weven om brandwerende eigenschappen te bekomen.

Weekmakers
In gerecyclede matrastijken kunnen ftalaten (weekmakers) aanwezig zijn. Deze kans is vooral aanwezig als gaat om (PVC-)gecoate matrastijken die vooral worden toegepast in de zorgsector en wellicht ook de recreatiesector. Voor consumentenmatrassen is de kans kleiner maar niet uitgesloten op basis van gegevens van de Duitse consumentenbond (zie paragraaf 5.2.1).

Bepaalde ftalaten zijn ingedeeld als schadelijk voor de voortplanting, en verschillende ftalaten – waaronder DEHP, DBP, BBP en DIBP – zijn op de kandidaatslijst van SVHC geplaatst. Sinds 7 juli 2020 gelden strengere regels voor bepaalde ftalaten in 'geplasticeerde' producten >0,1% conform REACH Annex XVII (Entry 51). Hieronder vallen coatings, finishes, en polymeren als polyurethaan en PVC.

Organotinverbindingen
Organotinverbindingen worden gebruikt als biocide[32], als stabilisator in PVC en als katalysator in polyester.
In de mengmonsters van de Duitse consumentenbond is geen organisch tin aangetroffen. Het is echter onduidelijk wat het aandeel textiel was in deze monsters. Er zijn geen andere metingen beschikbaar gesteld waarin de aanwezigheid van deze stof in matrastijken is onderzocht.

In de Europese Unie zijn er restricties wat betreft de aanwezigheid van organotinverbindingen in consumentenproducten (EU 2010). Tri-gesubstitueerde organotinverbindingen zijn verboden sinds 2010 in producten die in de EU worden verkocht waar de equivalente concentratie van tin hoger is dan 0,1% van het gewicht in het artikel of de onderdelen ervan. Bovendien zijn dibutyltin (DBT)-verbindingen verboden wanneer de equivalente concentratie tin in een artikel meer

[32] Biocide vermeld in EU ecolabel

dan 0,1 gewichtsprocent bedraagt met bepaalde uitzonderingen tot 2015, inclusief weefsels die zijn gecoat met PVC die DBT-verbindingen bevatten. Daarnaast zijn dioctyltin (DOT)-verbindingen sinds 2012 verboden in bepaalde artikelen waar de equivalente concentratie tin hoger is dan 0,1 gewichtsprocent, inclusief textielartikelen die bedoeld zijn om in contact te komen met de huid, handschoenen, schoeisel of delen van schoeisel bedoeld om in contact te komen met de huid, en kinderverzorgingsartikelen.

De restricties voor de verschillende organotinverbindingen zijn van toepassingen voor matrastijken. De laatste aanscherping is van 2015 met de restrictie van DBT in PVC gecoat textiel.

7.2.2 Risico's bij gebruik gerecycled textiel

Ingezameld textiel van de matrastijken wordt verwerkt tot isolatiemateriaal, poetslappen of vervezeld tot garens. De toepasbaarheid van de garens voor nieuwe producten hangt af van de mate waarin de garens goed mechanisch van elkaar te scheiden zijn. Voor matrastijken die nu bij recycling terecht komen is dit nog niet het geval. Dit komt omdat matrastijken opgebouwd zijn uit verschillende lagen van materialen (bijvoorbeeld schuim, vilt, geweven textiel) die aan elkaar zijn gestikt. Ook het gebruik van verschillende vezels (blends van katoen en polyester) bemoeilijkt de (hoogwaardige) recycling van textielvezels (Alewijn, 2018).

Als gerecycled textiel gebruikt zou worden in nieuwe matrastijken, dan is er geen direct huidcontact van de gebruiker (door toepassing van lakens). Dit levert eenzelfde gebruik op als de het originele product en daarmee gelijke blootstellingsroutes. In een nieuwe toepassing kunnen andere blootstellingsroutes ontstaan, zoals frequenter en langduriger huidcontact en blootstelling naar het milieu als de textielvezel in de nieuwe toepassing, bijvoorbeeld vaker gewassen wordt. Hierdoor kan er verhoogde blootstelling voor mens en milieu plaatsvinden aan bijvoorbeeld brandvertragers, ftalaten, organotinverbindingen en/of nanozilver als deze aanwezig zijn in matrastijken en de textielvezels worden hergebruikt, bijvoorbeeld in een T-shirt. Omdat er geen contact kon worden gelegd met een verwerker van textiel uit matrassen, is het onbekend welk percentage van de textielvezels hergebruikt wordt in toepassingen waar dit relevant is. Ook zijn er geen analyse-data beschikbaar voor gevaarlijke stoffen (waaronder SVHC en ZZS) in matrastijken die nu bij recycling terecht komen. Omdat het niet bekend is welke gevaarlijke stoffen voorkomen en in welke concentratie(s), is er geen risicobeoordeling uitgevoerd voor textiel. Op basis van literatuuronderzoek en informatie uit de sector kunnen we het volgende concluderen:

- Er worden geen brandvertragers verwacht in gerecyclede (en nieuw geproduceerde) matrastijken >0,1% afkomstig van consumentenmatrassen omdat in verschillende interviews werd aangegeven dat deze niet worden toegepast. Voor matrastijken uit de zorgsector kunnen eisen op gebied van brandwerendheid worden gesteld maar het textiel van deze producten wordt verwijderd en verbrand omdat het niet voor hergebruik geschikt is in verband met de mogelijke bacteriologische risico's. Er zijn nog andere markten voor matrassen waar wettelijke eisen zijn op

dit vlak, bijvoorbeeld in de recreatiesector. Matrastijken uit deze sector kennen een kortere gebruikscyclus dan consumentenmatrassen. Een definitief verbod op gebromeerde brandvertragers als HBCDD en DecaBDE is ingegaan in 2016 en 2019, respectievelijk. Mogelijk zijn gebromeerde brandvertragers in grote hoeveelheden gebruikt in textiel om te voldoen aan brandveiligheidseisen. Een vertegenwoordiger uit de sector geeft aan dat deze brandvertragers de afgelopen 10 jaar niet meer zijn toegepast. Er zijn echter geen onderzoeksresultaten of metingen die dit kunnen bevestigen.

- Er is ook weinig bekend over de aanwezigheid van ftalaten (weekmakers) en organotinverbindingen in matrastijken. In gerecyclede matrastijken kunnen deze stoffen aanwezig zijn. Deze kans is groter als het gaat om gecoate matrastijken die worden toegepast in de zorgsector (en niet worden hergebruikt) en recreatiesector. Voor consumentenmatrassen is de kans kleiner, maar niet uitgesloten op basis van gegevens van de Duitse consumentenbond. Consumenten kunnen oraal, via de lucht (ademlucht met ftalaat) en via de huid aan ftalaten worden blootgesteld als deze aanwezig zijn in (gerecyclede) producten.
- Er is een markt voor matrastijken met antimicrobiële eigenschappen. Triclosan is een biocide die niet meer toegepast mag worden in matrastijken, maar potentieel aanwezig kan zijn. Permethrin en zilver(verbindingen) zijn voorbeelden van stoffen die momenteel gebruikt kunnen worden om matrastijken antimicrobiële eigenschappen te geven. Puur zilver (zilverdraad) is niet meer toegestaan, nanozilver is dat bijvoorbeeld nog wel.

8 Aanwezigheid en risico's van chemische stoffen in metaal

De kern van een matras kan bestaan uit metalen veren. Het metaal wordt toegepast om stevigheid te bieden, door de vering kunnen verschillende gewichten aan mensen ondersteund worden. Een matras kan binnenvering of pocketvering bevatten. In het eerste geval zitten de veren individueel in het matras verwerkt en aan elkaar verbonden door een stalen raster, bij pocketvering zitten de veren in een textiele hoes verpakt en zijn deze aan elkaar verbonden. In paragraaf 3.2 is aangegeven dat de meeste matrassen een van beide veringen bevatten. Voor matrassen in het goedkopere segment wordt veelal binnenvering toegepast; in het duurdere segment voornamelijk pocketvering.

8.1 Productie

8.1.1 Productieproces

Om de veren te produceren, wordt staaldraad door middel van een pers in een gedraaide vorm gedrukt. Deze worden op de juiste maat afgeknipt. Door het staal daarna te verhitten wordt het metaal in de juist vorm gedrukt. De uiteinden van elke veer worden afgewerkt zodat er geen scherpe randen overblijven. De springveren worden in een raster geplaatst en met staal aan de boven- en onderkant aan elkaar vastgezet tot de grootte van een matras. Dit wordt de kern van een matras met binnenvering. De pocketveren worden verwerkt in textiel en aan elkaar gelijmd. Door een metalen strip te gebruiken aan de bovenkant en onderkant kan de pocketvering nog verstevigd worden. Het voordeel van pocketvering ten opzichte van binnenvering is dat de veren individueel van elkaar kunnen bewegen.

8.1.2 Gebruik van chemische stoffen bij de productie van metaal(veren)

Voor de productie van veren wordt staal toegepast. Er zijn verschillende staalsoorten die toegepast kunnen worden, met elk een eigen samenstelling en eigenschappen. Om roesten tegen te gaan kan roestvrijstaal (RVS) of gegalvaniseerd staal toegepast worden. De eerste is een combinatie van ijzer, chroom, nikkel en koolstof; bij de tweede wordt een stalen oppervlak bedekt met een laag zink, nikkel of chroom om dit roestbestendig te maken. Hiervan geeft Auping aan dat het gebruik van deze staalsoorten geen toegevoegde waarde heeft, omdat het gebruik van matrassen bijna tot geen roest oplevert; in sommige gevallen roest aan het oppervlak van de veren[33]. Als aanvulling hierop geeft Auping aan DIN EN 10270-1-SM staal te gebruiken, afkomstig van een leverancier die een groot deel van de matrasmarkt bedient. Dit betreft ongelegeerd verenstaaldraad dat voldoet aan de Europese standaard voor dit type staal. Dit is staal met een ijzer-koolstof legering waarbij de concentratie koolstof 0,35-1% is (Metalle Schmidt, 2021). Het staal bevat geen andere legeringselementen, zoals bijvoorbeeld nikkel en chroom die wel voorkomen in RVS staal. Het kan wel een aantal elementen bevatten die altijd aanwezig zijn (silicium en mangaan), van natura voorkomen, of door de recycling van staal voorkomen, al schrijft de standaard voor dat de concentraties van een aantal elementen beperkt dient te zijn. Zo geldt voor silicium en

[33] Persoonlijke communicatie Auping (G. Doorlag) – 29-10-2021

mangaan, respectievelijk, een concentratiegrens van 0,1-0,3% en 0,4-1,2% en geldt voor fosfor, zwavel en koper, respectievelijk, een maximale concentratie van 0,035, 0,025 en 0,20% (Metalle Schmidt, N.B.). Mangaan en silicium worden in staal toegepast om de eigenschappen, zoals sterkte, rekbaarheid en slijtvastheid, te verbeteren (Tosec, 2021). Het is niet duidelijk of bij de relatief lage concentraties, die voorgeschreven zijn door de norm, deze eigenschappen ook verbeterd worden. Wel kunnen smeermiddelen gebruikt worden bij het trekken van staal (Kanen, 1994). Deze kunnen nog aanwezig zijn op het metaal bij de productie van matrassen.

Mogelijk wordt er ook RVS en gegalvaniseerd staal toegepast in luxere matrassen. Het aandeel matrassen met deze soorten staal is onbekend. Vanuit het Europese ecolabel voor matrassen geldt wel dat springveren niet gegalvaniseerd mogen worden om aan de voorwaarden te voldoen (European Comission, 2014).

8.2 Blootstelling aan chemische stoffen uit metaal

Er wordt verwacht dat voornamelijk regulier verenstaaldraad wordt toegepast in matrassen. Dit betreft staal dat onderhevig kan zijn aan roesten. Bij normaal gebruik zou roest kunnen optreden door vocht dat in het matras trekt, bijvoorbeeld zweet. Zweet zal in de meeste gevallen niet tot diep in het matras trekken, maar door de verschillende lagen tussen de springveren en de menselijke huid geabsorbeerd worden (lakens, schuimlaag). Bij heftig zweten kan dit overigens wel gebeuren. Ook kan vocht in het matras trekken door een hoge kamerluchtvochtigheid in combinatie met een lage temperatuur. Mogelijk dat dit schimmel oplevert op het matras, het is niet te verwachten dat dit direct roest oplevert op de springveren. Zoals eerder aangegeven geeft Auping aan dat er bij sommige ingezamelde matrassen sprake is van roest op de oppervlakte van het staal, maar dat de mate van roesten beperkt. Mochten er toch, als gevolg van roest of andere processen, stoffen vrijkomen uit het staal, dan zijn de eventuele risico’s beperkt. Ongelegeerd staal bevat een beperkt aantal elementen die geen van allen een risico kunnen opleveren.

Ook voor RVS en gegalvaniseerd staal worden weinig risico’s verwacht. Deze veren zijn niet onderhevig aan roesten. Uit testen blijkt dat de concentraties metalen die uit RVS logen beperkt zijn wanneer onderhevig aan lichaamsvloeistoffen, al is hierbij niet gekeken naar zweet (Herting et al., 2007). RVS kan echter wel (bewust toegevoegd) nikkel en (vanuit grondstoffen afkomstig) kobalt bevatten. Beide metalen zijn ZZS. Nikkel is verdacht carcinogeen en is kobalt geclassificeerd als carcinogeen, verdacht mutageen en toxisch voor de voortplanting (ECHA, 2021i). Daarnaast zijn beide geclassificeerd als sensibiliserend voor de huid. Uit onderzoek blijkt dat de concentratie nikkel en kobalt die uitlogen als gevolg van zweet beperkt is (Wang et al., 2019). Hierdoor lijkt de blootstelling aan deze stoffen door huidcontact beperkt te zijn. Deze metalen zijn niet vluchtig bij kamertemperatuur waardoor blootstelling als gevolg van inhalatie bij de verwerking van matrassen niet verwacht wordt; ook orale opname wordt niet verwacht.

Er kunnen mogelijk niet metallische componenten (zoals textiel uit de pocketvering) aan het staal gehecht blijven na de matrasontmanteling. De aanwezigheid van organische contaminanten als gevolg van vervuiling zal beperkt zijn, omdat vuile en natte matrassen niet verwerkt worden in de recycling. Auping geeft aan dat bij een Cradle to Cradle (C2C) certificering door EPEA geen aandachtspunten omtrent het gebruik van chemische stoffen naar voren kwamen voor de productie van stalen veren[34]. De vervuilingen die na de ontmanteling nog aanwezig zijn worden tijdens de metaalrecycling verwijderd.

Het metaal wordt na inzameling geleverd aan de metaalverwerkingsindustrie. Dit kan direct of eventueel via een tussenhandelaar. Het is onduidelijk of (eventueel ingezameld) RVS staal, gegalvaniseerd staal en overig staal gesorteerd wordt en apart verwerkt wordt of dat het gezamenlijk omgesmolten wordt. Het staal wordt bij een temperatuur van 1.600-2.000°C omgesmolten (Regtuit, 2020). De risico's van blootstelling aan metalen tijdens de metaalrecycling (bij het omsmelten) valt buiten de scope van dit onderzoek.

8.3 Risico's bij gebruik gerecycled staal

Na het omsmelten van het staal kan het opnieuw gebruikt worden voor nieuwe toepassingen, bijvoorbeeld veren in matrassen. Het recyclingproces geeft aanleiding om geen risico's te verwachten voor nieuwe toepassingen van gerecycled staal. Eventuele microbiologische en andere organische verontreinigingen worden tijdens het recycling proces verwijderd.

[34] Persoonlijke communicatie Auping (G. Doorlag) – 29-10-2021

9 Aanwezigheid en risico's van micro-organismen

In dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de aanwezigheid en risico's van micro-organismen. De microbiologische risico's zijn enerzijds gerelateerd aan het materiaal, inclusief de toepassing, en aan het verwerkingsproces. Risico's van het materiaal kunnen worden gereduceerd door maatregelen bij de inzameling, de verwerking en de toepassingsvorm. De risico's tijdens de verwerking van de materialen hangen af van de microbiologische kwaliteit van het inkomende materiaal en het verwerkingsproces zelf. Deze aanpak van risico's is vergelijkbaar met de HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) methode, die in de voedingsindustrie wordt toegepast.
In de volgende paragrafen zal dit verder worden uitgewerkt.

9.1 Aanwezigheid van micro-organismen op matrassen

Uit de literatuur blijkt dat er een verscheidenheid aan micro-organismen aanwezig kan zijn op matrassen of het stof dat daarvan af komt (Boor et al., 2017, Kelley et al., 1992, Andrade et al., 2000). Het betreft zowel schimmels/gisten, zoals Aspergillus, Cladosporium en Penicillium soorten, als bacteriën, zoals Corynebacterium, Lactobacillus en Staphylococcus soorten. De aangetroffen micro-organismen kunnen zowel van de gebruiker van het matras zijn gekomen of aanwezig zijn geweest in de gebruiksomgeving.
Er is niet nader onderzocht met welk doel de microbiologische contaminatie van matrassen is bepaald in de geraadpleegde publicaties en hoe dit is uitgevoerd. Doordat de gebruiksomgeving en gebruikers van matrassen uiteen kunnen lopen, zal daarmee ook de aanwezige micro-organismen uiteen kunnen lopen. De lijst met micro-organismen die in de literatuur is gevonden moet daarom als een indicatie van de mogelijke micro-organismen worden beschouwd en niet als een limitatieve lijst.

9.2 Risico's van micro-organismen

9.2.1 Methode

De in de literatuur aangetroffen micro-organismen zijn onder deze omstandigheden niet erg gevaarlijk voor de mens, maar kunnen mogelijk wel aanleiding tot enige overlast geven (bijvoorbeeld huidirritatie of een milde schimmelinfectie). Bovendien moet ook gekeken worden naar de blootstellingsroute. Orale blootstelling ligt bijvoorbeeld minder voor de hand bij toepassing van gerecyclede onderdelen van matrassen.
De eerste methode om risico's te schatten is een volledige risicoschatting. Het doen van een volledige risicoschatting vereist dat alle mogelijke micro-organismen moeten worden geïnventariseerd en beoordeeld. Een dergelijke activiteit is veelomvattend en zal veel tijd en geld kosten. Vanwege de mogelijkheid dat er ook andere micro-organismen aanwezig zijn behalve de in de literatuur gevonden micro-organismen, geeft een dergelijke *uitgebreide risicoschatting* mogelijk geen volledige informatie. Ook zijn er geen eisen gevonden in normen waaraan de contaminatie van nieuwe matrassen zou moeten voldoen.

Uitgangspunt moet zijn dat de microbiologisch contaminatie zoveel mogelijk moet worden beperkt tijdens de verwerking of het gebruik. Een andere optie voor de inschatting van risico's is om de microbiologische risico's van een gerecycled eindproduct te vergelijken met een product dat uit nieuwe grondstoffen is gemaakt. Een dergelijke analyse is minder uitgebreid dan een volledige risicoanalyse en geeft inzicht in de extra risico's die er kunnen kleven aan de toepassing van gerecycled materiaal. Vanwege de mogelijkheid dat er ook andere micro-organismen aanwezig zijn behalve de in de literatuur gevonden micro-organismen, geeft een *dergelijke beperktere risicoschatting* ook geen volledige informatie. Een dergelijke risicoschatting zal vooral van belang zijn wanneer het eindproduct langdurig contact maakt met de eindgebruiker.
Als laatste mogelijkheid voor risicoschatting kan worden gekeken naar de toepassing van de gerecyclede producten in vergelijking met het geaccepteerde gebruik van producten. Wanneer wordt gekeken naar de toepassing van matrassen wordt geaccepteerd dat mensen een matras gebruiken, bijvoorbeeld in hotels of recreatiewoningen, dat al enkele jaren in gebruik is door andere mensen. Het microbiologische risico van andere toepassingen van gerecycled matrasmateriaal kan hiermee wordt vergeleken. In dit rapport zal deze aanpak verder worden uitgewerkt.

9.2.2 Randvoorwaarden voor inzameling

Om ervoor te zorgen dat de microbiologische kwaliteit van de ingezamelde matrassen acceptabel is, moeten er eisen worden gesteld aan de in te zamelen matrassen. Wanneer matrassen droog zijn, is de verwachting dat de hoeveelheid micro-organismen in de loop van de tijd zal afnemen, omdat micro-organismen alleen in een vochtige omgeving langere tijd kunnen overleven. Wanneer matrassen nat zijn is er dus meer kans dat er gedurende langere tijd groei van micro-organismen, met name schimmels, heeft kunnen plaatsvinden. Er worden daarom alleen droge schone matrassen gerecycled. Daarnaast mogen de te recyclen matrassen visueel niet sterk vervuild zijn, omdat sterke vervuiling erop kan duiden dat er ook grotere hoeveelheden verontreinigingen, met name urine en fecaliën op het matras terecht zijn gekomen. Dergelijke ontlasting kan grote hoeveelheden micro-organismen bevatten en komt er vocht in het matras terecht, wat kan leiden tot groei van micro-organismen. Momenteel worden natte en zichtbaar sterk vervuilde matrassen niet meer ingenomen bij de matrasrecycling.

9.2.3 Voorzorgsmaatregelen tijdens recyclingproces

Het is op basis van de gegevens uit de literatuur en de verschillende gebruiksomstandigheden van matrassen niet volledig in te schatten wat de mogelijke microbiologische besmetting zal zijn. Daarom dient er bij het recyclingproces met onderstaande rekening te worden gehouden. Wanneer tijdens het recyclingproces matrassen uit elkaar worden gehaald, zonder dat er eerder al maatregelen zijn genomen om de microbiologische belasting te verminderen, zoals desinfectie, bestaat de kans dat er micro-organismen in de omgeving terecht komen. Dat betekent dat de medewerkers die daar werkzaam zijn adequate persoonlijke beschermingsmiddelen moeten dragen, zoals adembeschermingsmaskers. Door deze maatregelen, die zowel zijn gericht op het voorkomen van het inademen van stof als in de lucht

aanwezige micro-organismen, kan dat risico sterk worden verminderd. De noodzaak van het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen wordt ondersteund door microbiologische metingen die gedaan zijn in de hal van een Nederlands recyclingbedrijf van matrassen. Op één locatie in de hal werd de grenswaarde voor de groep van gisten en schimmels overschreden, hoewel de overschrijding beperkt was.
Ook tijdens verdere verwerking van het schuim en textiel dat uit de matrassen afkomstig is, moet worden gekeken of persoonlijke beschermingsmiddelen nodig zijn of dat andere maatregelen kunnen worden genomen, zoals in de volgende paragrafen en hoofdstuk 10 staat beschreven.

9.2.4 Risicoreductiestappen tijdens het recyclingsproces

Net als bij de inzameling is het tijdens de recycling en opslag van materialen van belang dat dit droog gebeurt, omdat daardoor het aantal micro-organismen zal afnemen, omdat bijna alle micro-organismen vocht nodig hebben om te overleven.
Voor het verminderen van het aantal micro-organismen kan er bovendien voor worden gekozen om hiervoor processtappen in te bouwen. Dat kunnen reinigingsstappen zijn of (chemisch) desinfectiestappen. Wanneer chemicaliën worden gebruikt bij deze stappen, dient het risico dat ontstaat door resten van chemicaliën te worden afgewogen tegen het microbiologische risico.
Het hangt af van het gekozen proces en de materialen of dergelijke reductiestappen mogelijk zijn. Bij de productie van rebonded foam wordt stoom gebruikt bij temperaturen van meer dan 60 °C, soms wel tot 140 °C, waardoor het microbiologische risico sterk afneemt. Veel micro-organismen worden geïnactiveerd door blootstelling aan vochtige hitte van meer dan 60 °C. De effectiviteit hangt af van het gekozen proces. Bij een blootstelling van 15 minuten aan verzadigde stoom (100 °C), of gelijkwaardige procescondities, is sprake van volledige desinfectie van het materiaal[35]. Wanneer materiaal, ook anders dan rebonded foam, volledig is gedesinfecteerd en het uitgangsmateriaal afkomstig is van visueel schone en droge matrassen, hoeft er geen rekening meer te worden gehouden met het microbiologische risico. Het is effectiever om een dergelijke stap uit te voeren wanneer het matras is verkleind, omdat de vochtige hitte dan alle delen van het materiaal binnen korte tijd kan bereiken. Het is wel van belang dat het materiaal na de behandeling met vochtige hitte wordt gedroogd, zodat het materiaal niet opnieuw besmet kan raken en er (geen) gunstige omstandigheden voor de groei van micro-organismen ontstaan.
Wanneer er minder lang of bij lagere temperaturen blootstelling aan stoom plaatsvindt, dan zal de microbiologische inactivatie mogelijk beperkt zijn. Gezien het vaak beperkte risico, zie ook de volgende paragraaf, zal dit vaak ook voldoende reductie van micro-organismen opleveren.

9.2.5 Risico's van micro-organismen bij de gebruik van gerecyclede materialen

Bij het inschatten van het risico van de toepassing van gerecyclede onderdelen van matrassen moet worden gekeken of er contact kan zijn tussen het materiaal en de gebruiker en ook de contactduur speelt een rol.

[35] Richtlijn decontaminatie apparatuur ziekenhuisafval. https://wetten.overheid.nl/BWBR0022549/2007-10-01

Het is de verwachting dat bij de toepassing van de metalen onderdelen van matrassen geen rekening hoeft te worden gehouden met microbiologische risico, omdat metalen delen omgesmolten zullen worden, waarbij het microbiologische risico wordt geëlimineerd.
Voor de verdere toepassing van *textiel* geldt dat tijdens het verwerkingsproces het textiel zal worden gereinigd, waarmee het microbiologische risico grotendeels of geheel zal worden weggenomen, zeker wanneer de temperatuur tijdens het wasproces 60 °C bereikt. Bij de verdere toepassing van textiel hoeft daarom geen rekening te worden gehouden met beperkingen m.b.t. eventueel microbiologische risico's.
Voor de toepassing van rebonded foam als *stalmatrassen of judomatten* geldt dat het matrasmateriaal omhuld zal zijn door een laag ander materiaal, dat een barrière vormt tegen mogelijk nog in het matrasmateriaal aanwezige micro-organismen. Er is daarom geen microbiologisch risico voor de gebruiker.
Een ander type toepassing is de toepassing als *isolatiemateriaal*, waarbij een relatief kortdurende blootstelling aan resterende micro-organismen kan optreden. Wanneer het isolatiemateriaal is aangebracht, het materiaal niet meer wordt aangeraakt en is afgedekt, zal er geen risico meer zijn. Vanuit microbiologisch oogpunt lijkt het niet nodig om bij deze toepassing persoonlijke beschermingsmiddelen toe te passen.
Wanneer het beperkte risico bij deze toepassing wordt afgezet tegen het geaccepteerde gebruik van matrassen in hotels en recreatiewoningen, is het risico bij een dergelijke toepassing acceptabel.
Wanneer het matrasmateriaal een andere toepassing krijgt dan hierboven genoemd, dan dient er te worden gekeken of er mogelijk een risico is voor de gebruiker en welke maatregelen nodig zijn om een veilige toepassing te kunnen garanderen, rekening houdend met de mogelijke reductiestappen tijdens het productieproces.

Post-market surveillance
De fabrikant van het eindproduct zou over een systeem moeten beschikken om signalen dat er problemen zijn bij de toepassing van het eindproduct te verzamelen, deze signalen te analyseren en hierop eventueel maatregelen te nemen. Deze signalen zullen vaak bestaan uit klachten van de gebruikers van het product. Ook signalen uit andere bronnen, bijvoorbeeld literatuur, presentaties en gesprekken met distributeurs en gebruikers, zou de fabrikant mee moeten nemen in een dergelijk systeem.

9.3 Conclusie micro-organismen

Droge inzameling en opslag is belangrijk om microbiologische risico's te beperken. Ook zouden geen visueel sterk vervuilde matrassen moeten worden verwerkt. Deze eisen worden tegenwoordig al gesteld.
Bij verwerking is het van belang maatregelen te treffen die gericht zijn op het voorkomen van het inademen van in de lucht aanwezige micro-organismen, bijvoorbeeld door het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen.
Wanneer tijdens de productie een wasstap wordt toegepast of stoom wordt gebruikt bij temperaturen van meer dan 60 °C, zal het microbiologische risico sterk afnemen of kan er zelfs sprake zijn van volledige desinfectie.

Bij volledige desinfectie hoeft er verder geen rekening meer te worden gehouden met het microbiologische risico van het eindproduct. Ook wanneer er geen volledige desinfectie heeft plaatsgevonden, zal bij toepassingen waarbij er geen langdurig contact met de gebruiker plaats vindt, het microbiologische risico acceptabel zijn.

10 Veiligheid bij verwerking van matrassen (stof, VOS)

In deze paragraaf wordt beperkt ingegaan op de risico's voor werknemers bij recyclingbedrijven. Er zijn twee rapporten ter beschikking gesteld door twee verschillende recyclebedrijven.

10.1 Inventarisatie van gevaar en blootstelling

Medewerkers van matras recyclingbedrijven kunnen bij het uitvoeren van hun werkzaamheden potentieel worden blootgesteld aan gevaarlijke stoffen. Taken waarbij stoffen mogelijk kunnen vrijkomen zijn het opensnijden en strippen/ontleden van matrassen, het verwijderen van veren, het sorteren van materialen en het opruimen van restproduct. Door twee matras recyclingbedrijven zijn rapporten aangeleverd met meetresultaten aan fijn stof, vluchtige organische stoffen (VOS) en microbiologische agentia.

Uit de metingen van beide bedrijven blijkt dat blootstelling aan (fijn) stof kan optreden. Daarbij zijn in de bedrijven verschillende stoffracties gemeten. De meting in het ene bedrijf is uitgevoerd met een real-time monitor waarbij de concentraties PM10 en PM2,5 op verschillende werkplekken gedurende een aantal uur zijn bemeten. Deze resultaten kunnen worden beschouwd als indicatieve meting, maar gelden niet als vervanging van metingen van inhaleerbaar stof gedurende de 8-urige werkdag conform NEN-EN 689:2018+C1:2019. De meetstrategie is onvoldoende onderbouwd en er zijn te weinig metingen uitgevoerd om te kunnen concluderen of de blootstelling aan inhaleerbaar stof voldoende beheerst is voor alle medewerkers.

In het tweede bedrijf zijn vier stationaire metingen naar totaal stof uitgevoerd. Deze metingen zijn uitgevoerd met als doel te bepalen waar (lokale) afzuiging in het bedrijf aangebracht kan worden (niet om de blootstelling van medewerkers te bepalen). Twee metingen zijn uitgevoerd op worst-case plaatsen, bijvoorbeeld in de uitblaas van de cycloonscheider. Daar zijn hoge concentraties totaal stof gemeten, tot 125 mg/m^3. Een vertaling van deze stationaire (worst-case) metingen naar blootstelling van medewerkers is niet mogelijk, omdat niet duidelijk is in hoeverre de gemeten concentraties representatief zijn voor de concentratie die de medewerkers tijdens hun taken kunnen inademen.

Naast stofmetingen is er in het eerste bedrijf ook één meting uitgevoerd naar formaldehyde (ZZS) en één meting naar TVOC (totaal vluchtige organische oplosmiddelen). Er is onvoldoende onderbouwd waarom juist voor deze stoffen is gekozen. De monstername en analyse zijn niet conform de wijze waarop arbeidshygiënische metingen uitgevoerd dienen te worden.[36] Gehanteerde normen ontbreken en analyserapporten zijn niet opgenomen. Ook hier betreft het slechts één

[36] Op de website van de Inspectie SZW staat waar de metingen aan moeten voldoen. Dat is de NEN-689 of de leidraad van de BOHS/NVvA: https://www.inspectieszw.nl/onderwerpen/zelfinspectie-werken-met-gevaarlijke-stoffen-beoordelen

meting, waardoor geen conclusie kan worden getrokken of de blootstelling voldoende beheerst is.
In de hal van datzelfde recyclingbedrijf zijn ook microbiologische metingen gedaan. Op één locatie in de hal werd de grenswaarde voor de groep van gisten en schimmels overschreden, hoewel de overschrijding beperkt was.

10.2 Risico's

Algemeen geldt dat de werkgever verantwoordelijk is voor het inventariseren en evalueren van de risico's van mogelijke blootstelling aan gevaarlijke stoffen. Welke stoffen op de werkvloer kunnen vrijkomen kan worden bepaald door een inventarisatie van de gehanteerde producten, de processen en werkplekomstandigheden. Gezien de in de rapporten beschikbare meetgegevens en de visuele observaties van de auteurs tijdens de metingen is blootstelling aan inhaleerbaar stof daarbij zeer aannemelijk. In hoeverre deze blootstelling een risico kan vormen dient door de bedrijven nader onderzocht te worden volgens de geldende arbeidshygiënische meetstrategieën. Of blootstelling aan andere stoffen te verwachten is dient vanuit de inventarisatie nader onderbouwd te worden. De resultaten uit dit onderzoek kunnen hiervoor gebruikt worden. Bijvoorbeeld de informatie uit paragraaf 6.2 over de emissie van vluchtige organische stoffen bij (verhitting van) latex en hoofdstuk 9 over micro-organismen. Op basis van verder onderzoek kan worden bepaald of aanvullende (technische) beheersmaatregelen of persoonlijke beschermingsmiddelen tijdens het werk nodig zijn.

11 Discussie

Scope onderzoek
Dit onderzoek richt zich op de knelpunten en risico's van gevaarlijke stoffen (en micro-organismen) in de verwerking en recycling van matrassen. De productie van matrassen valt niet binnen de scope van het onderzoek.
Door middel van interviews zijn de toepassingen van gerecyclede materialen in kaart gebracht. Er is geen onderzoek gedaan naar de verwerking van deze gerecyclede producten na deze eerste nieuwe toepassing.

In dit onderzoek is alleen gekeken naar de vier grootste stromen (polyurethaan, latex, textiel en metaal). Veel matrassen die nu bij recycling terecht komen zijn echter nog niet zo ontworpen dat deze materialen makkelijk van elkaar te scheiden zijn. Een pocketverenmatras bijvoorbeeld bestaat uit verschillen lagen die verbonden zijn door lijmverbindingen en stiksels. Het gewichtsaandeel aan lijm is zeer beperkt, desondanks kunnen lijmen, afhankelijk van het type, ook risico's met zich meebrengen. Oplosmiddelhoudende lijmen kunnen vluchtige organische stoffen (VOS) uitstoten. Welke lijmen zijn toegepast in de matrassen en of er nog stoffen vrijkomen uit de lijm(resten) bij de recycling (bijvoorbeeld door verhitting) is onduidelijk. Dit kan echter nog wel een aandachtspunt zijn, voornamelijk voor werknemers werkzaam bij de ontmanteling.

Dit onderzoek richt zich op de risico's van directe blootstelling aan gevaarlijke stoffen in de verwerking en recycling van matrassen. De diffuse verspreiding van stoffen naar het milieu valt bijvoorbeeld buiten de scope van dit onderzoek.
Stoffen kunnen migreren uit producten, geadsorbeerd worden door aerosolen en over lange afstanden getransporteerd worden. Dat blijkt uit het feit dat de brandvertragers TCEP en TCPP zijn aangetroffen in de Arctische gebieden. Ook ftalaten komen wijdverspreid voor in het milieu. Het doel van de EU Chemical Strategy (European Comission, 2020) is om een zogenoemde non-toxic environment te realiseren. Bij de verdere uitwerking van deze strategie zal er meer aandacht zijn voor lange termijn effecten van chemicaliën op ecosystemen, en daarom dus ook op het gebruik van dergelijke stoffen in producten.

Onzekerheden en beperkingen meetgegevens
In dit rapport is gebruik gemaakt van literatuur en meetgegevens vanuit de sector om te achterhalen welke chemische stoffen en micro-organismen (kunnen of zouden kunnen) worden aangetroffen in nieuwe en gebruikte matrassen, matrasmaterialen of (een aantal) gerecyclede producten uit afgedankte matrasmaterialen. Ondanks dat een breed aantal stakeholders uit de matrasketen is benaderd, zijn beperkt meetgegevens verkregen. Voor polyurethaan en rebonded foam (het gerecyclede product uit polyurethaan van afgedankte matrassen), zijn wel meetgegevens verstrekt. Hiermee kon een vergelijking gemaakt worden tussen de gevaarlijke stoffen die vanuit de literatuur kunnen

worden verwacht en het daadwerkelijk voorkomen van deze stoffen in de materialen.

Voor latex en textiel geldt dat er op basis van de literatuur mogelijk ook gevaarlijke stoffen worden verwacht. Omdat in dit onderzoek geen meetgegevens zijn verkregen, kan voor deze materialen geen uitspraak worden gedaan over het daadwerkelijke voorkomen en de eventuele risico's. Met name in de textielsector is de wetgeving de afgelopen jaren voor verschillende stofgroepen aangescherpt, het voorkomen van gevaarlijke stoffen kan verschillen naar gelang de "leeftijd" van de matrassen.
Voor latex geldt dat dit in sommige gevallen wordt bijgemengd om rebonded foam te maken. Dit was niet het geval voor de samples en metingen die zijn aangeleverd door de industrie.

Het RIVM heeft zelf geen analyses uitgevoerd en is bij geen van de verstrekte metingen betrokken geweest. Het is niet altijd duidelijk hoe meetresultaten tot stand zijn gekomen. Bijvoorbeeld hoe mengmonsters tot stand zijn gekomen of waarom bepaalde stoffen wel of juist niet zijn geanalyseerd. Dit kan leiden tot een onvolledig beeld van stoffen die voorkomen in matrassen en de gerecyclede materialen. Op basis van literatuur en informatie vanuit de sector (bijvoorbeeld inzicht in productieprocessen) is door het RIVM zo goed mogelijk bepaald welke stoffen mogelijk voorkomen en waar nog weinig informatie over beschikbaar is en aanvullend onderzoek wenselijk is.

Het is van belang te beseffen dat sommige stoffen door chemische reacties tijdens het productieproces of de recycling niet meer voorkomen in de oorspronkelijke staat en daarmee niet direct aangetoond kunnen worden. Tijdens het recyclingproces kunnen mogelijk nieuwe chemische verbindingen ontstaan, bijvoorbeeld door verhitting of andere behandelstappen. Ook is het mogelijk dat stoffen in matrassen terecht kunnen komen tijdens het gebruik, doordat consumenten, bijvoorbeeld reinigingsmiddelen of insecticiden gebruiken. Idealiter zou de sector zelf zorg moeten dragen voor een zo volledig mogelijk beeld. Hiervoor is samenwerking nodig tussen verwerkers, producenten van matrassen en de leveranciers van de materialen.

Toekomst matrasrecycling
Er lopen onderzoeken om te bepalen of chemische recycling van de matrasmaterialen mogelijk is, bijvoorbeeld het pyrolyseonderzoek van CBM. Voor polyurethaanschuim geldt dat de chemische recycling door middel van glycolyse, al in een verder stadium is. Retourmatras wil op korte termijn een faciliteit bouwen om polyol terug te winnen uit polyurethaanschuim. Deze stof kan vervolgens weer als grondstof dienen voor nieuwe matrassen. Dit is een stap richting hoogwaardigere recycling en circulariteit van matrassen. Nieuwe manieren van recycling leveren mogelijk andere risico's op dan de huidige recyclingtechnieken, zowel in het recyclingproces als in het nieuwe product, bijvoorbeeld door de productie van afbraakproducten, het makkelijker vrijkomen van stoffen of andere blootstellingsroutes door nieuwe toepassingen. Dit laatste geldt ook voor nieuwe toepassingen na mechanische recycling. Deze risico's zijn in dit onderzoek niet in kaart gebracht.

Toekomst matrasproductie
Productinnovatie is een continu proces om de eigenschappen van een bestaand product te verbeteren of een nieuw product te ontwikkelen. In de transitie naar een veilige CE is het wenselijk zo min mogelijk gebruik te maken van gevaarlijke stoffen ((Beekman M. , 2020); zie ook boven). Zo zijn er ontwikkelingen bij producenten om te voldoen aan vrijwillige ecolabels zoals de Öko-Tex-standaard of de Cradle to Cradle® certificering, waarbij er eisen zijn voor stoffen die verder gaan dan wettelijke normen.
Ook de productie van matrassen ontwikkelt zich op dat vlak. Zo is er sinds kort een circulair matras gemaakt van polyester[37]. Bij het gebruik van nieuwe materialen of stoffen dient, los van het feit dat het product veilig moet zijn bij gebruik, bepaald te worden wat de mogelijke risico's zijn na einde van de levensduur. Dit geldt ook voor de materialen en stoffen die momenteel gebruikt worden.
Om de veiligheid van producten uit recycling goed te kunnen beoordelen is kennis over de samenstelling van materialen nodig. Er is echter nog geen systeem geïmplementeerd om deze informatie door te spelen in de keten en toegankelijk te maken voor verwerkers.

Door nieuwe inzichten kan blijken dat stoffen waarvan momenteel de effecten op mens en milieu nog niet volledig in kaart zijn gebracht, alsnog gevaren met zich meebrengen.
In dit onderzoek is de informatie meegenomen die momenteel beschikbaar is. Op basis van voortschrijdend inzicht zullen nieuwe afwegingen gemaakt moeten worden. Dit geldt, bijvoorbeeld, voor de brandvertrager TCPP waarvoor nog onderzoek naar de kankerverwekkendheid loopt.

Systeemperspectief in zicht houden
Het RIVM heeft in dit rapport gekeken naar de mogelijke knelpunten in de recycling van matrassen door de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen en micro-organismen. Het is belangrijk dat de bevindingen in dit rapport ook worden beschouwd in de grotere context van de transitie naar een circulaire economie. Daarbij kunnen mogelijke afwentelingen of conflicterende (beleids)doelen in kaart worden gebracht. Denk bijvoorbeeld aan andere milieueffecten, zoals CO_2 uitstoot bij verbranding van matrassen. Een ander voorbeeld is het gebruik van brandvertragers die in sommige landen van de EU noodzakelijk zijn om aan de eisen voor brandveiligheid voor matrassen te voldoen. Voor Nederland zijn er geen brandveiligheidseisen voor matrassen in de consumentenmarkt. Wel kunnen bijvoorbeeld aan matrassen voor gevangenissen, hotels, schepen en ziekenhuizen door afnemers eisen aan de brandveiligheid worden gesteld. Bij de ontwikkeling en toepassing van standaarden voor brandveiligheid, moet ook het mogelijke risico voor mens en milieu bij het gebruik van brandvertrager worden meegewogen. Deze bredere context valt buiten de scope van dit rapport.

[37] https://www.auping.com/nl/matrassen/circulaire-matrassen

12 Conclusies en aanbevelingen

12.1 Conclusies

Het onderzoek (in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) richt zich op twee vraagstukken:

1. Welke knelpunten en risico's, voor mens en milieu, kunnen zich voordoen door de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen en micro-organismen bij het recyclen van matrassen, zowel tijdens de verwerking van ingezamelde matrassen als in de verschillende toepassingen van gerecyclede materialen?
2. Welke ontwerpcriteria zijn van belang voor een toekomstig veilig en circulair matras?

Deze rapportage behandelt het eerste vraagstuk. De bevindingen over het tweede vraagstuk worden in de loop van 2021 gepubliceerd.

Het onderzoek richt zich op de vier grootste materiaalstromen die worden gescheiden: polyurethaanschuim, latexschuim, textiel en metaal.

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van beschikbare gegevens in de literatuur en informatie die verzameld is in gesprekken met stakeholders actief in de matrasketen. Er blijken weinig meetgegevens beschikbaar te zijn over de aanwezigheid van gevaarlijke chemische stoffen en microbiologische verontreinigingen in de (gerecyclede) materialen. Van polyurethaanschuim (en de gerecyclede producten op basis daarvan) zijn, in verhouding tot latex, textiel en metaal, meer onderzoeksresultaten beschikbaar gesteld. Om deze reden worden deze uitgebreider besproken in het rapport.

Voor de beschikbare meetresultaten geldt dat er geen sprake is van overschrijdingen van wettelijke grenswaardes, zoals op genomen in de product- en afvalwetgeving. Ook al voldoen producten aan wettelijke normen, dan kan nader onderzoek en/of een risicobeoordeling alsnog nodig zijn om de risico's voor mens en milieu te kunnen bepalen. De reden hiervoor is dat wettelijke normen niet altijd rekening houden met de toepassing en de mate van blootstelling, en omdat niet voor alle stoffen in gerecyclede materialen wettelijke normen zijn vastgesteld. De belangrijkste conclusies worden hier, per materiaalstroom, samengevat.

Polyurethaanschuim (inclusief de gerecyclede toepassing rebonded foam)
Aanwezigheid van gevaarlijke stoffen in PU matrassen en rebonded foam
Uit de meetresultaten in rebonded foam blijkt dat een aantal SVHC in lage concentraties (<0,1 massaprocent) voorkomen (ftalaten, siloxanen en de brandvertrager TCEP). Naar SVHC is het ook het meeste onderzoek gedaan, er is niet specifiek onderzoek gedaan naar ZZS. De brandvertrager TCPP (pZZS) komt wel in hogere concentraties (>0.1 massaprocent) voor in het rebonded foam. Dit is een stof waar momenteel onderzoek naar loopt om de carcinogeniteit nader te bepalen.

Wat betreft de aanwezigheid van tin is de gebruikte analysemethode in de aan ons verstrekte rapportage niet geschikt om vast te stellen om welke verbinding het specifiek gaat. Mogelijk is het gehalte aan tin nog deels afkomstig van organotinverbindingen die in het verleden zijn toegepast. In het Nederlandse beleid zijn organotinverbindingen geclassificeerd als ZZS, daarnaast is het gebruik vanuit Europa beperkt middels restricties.
Voor het inschatten van risico's van stoffen is naast de concentratie, de mate van toxiciteit (gevaareigenschappen) belangrijk. Uit een rangschikking van weinig naar veel gevaar(eigenschappen) blijkt dat naast de eerder genoemde stoffen (ftalaten, siloxanen, brandvertrager TCEP en organotin), ook fenol en 4,4'-MDA hoog scoren. Voor deze stoffen geldt echter dat deze eenmalig zijn aangetroffen, maar, zoals eerder genoemd, is het aantal meetgegevens beperkt.

Risico's van aangetroffen gevaarlijke stoffen
Voor de brandvertragers TCEP en TCPP is een risicoanalyse uitgevoerd. Er is voor TCEP gekozen omdat deze stof in veel monsters voorkomt en op basis van de gevarenrangschikking hoog scoort. Omdat TCPP hedendaags als brandvertrager toegepast wordt in polyurethaanschuimen, in plaats van in het verleden gebruikte TCEP, is ervoor gekozen ook een risicobeoordeling uit te voeren voor deze stof. Hierbij is gekeken naar de, verwachte, meest risicovolle toepassing van het recyclede materiaal (ondertapijt) waarvoor met een worst-case benadering modelmatig de blootstelling aan de mens is bepaald. Deze modelstudie laat zien dat gebruik van rebonded foam als ondertapijt geen gezondheidsrisico's oplevert voor de mens. Indien er een nieuwe toepassing wordt ontwikkeld met een hoger of ander blootstellingspotentieel dan ondertapijt, dient deze analyse opnieuw uitgevoerd te worden.

Voor andere gevaarlijke stoffen (fenol, dibutyltindilauraat, 4,4'-MDA) is geen risicobeoordeling uitgevoerd. Deze stoffen scoren hoog qua gevaarseigenschappen maar de beschikbare onderzoeksresultaten geven een onvolledig beeld over de concentratie en/of de kans op aanwezigheid van de stoffen om de risico's te kunnen bepalen.
Er moet ook in acht genomen worden dat in de prioritering enkel stoffen zijn meegenomen die daadwerkelijk zijn aangetroffen bij metingen.

Eén van de toepassingen van rebonded foam is de toepassing als ondergrond voor speelplaatsen. Omdat deze platen waterdoorlatend zijn, is een aandachtpunt dat stoffen die in het rebonded foam aanwezig zijn mogelijk uitlogen naar de bodem en het grondwater.

Latexschuim
Er zijn geen onderzoeksrapporten gevonden of beschikbaar gesteld die specifiek ingaan op de aanwezigheid en concentratie van gevaarlijke stoffen in (gerecycled) latex.
Op basis van beschikbare literatuur kunnen de volgende gevaarlijke stofgroepen voorkomen in (gerecycled) latex:

- broomhoudende brandvertragers (met name in matrassen afkomstig van de recreatiesector en zorgsector);
- nitrosamines (waarvan sommige ZZS zijn);

- zinkverbindingen die bij lage concentraties toxisch kunnen zijn voor organismen in de bodem en in oppervlaktewater.

Door het gebrek aan meetgegevens is er geen risicobeoordeling uitgevoerd voor latex.

Textiel
Er zijn geen onderzoeksrapporten gevonden of beschikbaar gesteld die specifiek ingaan op de aanwezigheid en concentratie van gevaarlijke stoffen in textiel (matrastijken).
Op basis van literatuur kunnen de volgende gevaarlijke chemische stofgroepen voorkomen in (gerecycled) textiel:

- brandvertragers (met name in matrastijken afkomstig van de recreatiesector en zorgsector);
- ftalaten (weekmakers) (met name in matrastijken afkomstig van de recreatiesector en zorgsector);
- organotinverbindingen;
- stoffen toegepast vanwege antimicrobiële eigenschappen. (bijvoorbeeld permethrin en zilver).

Afhankelijk van een nieuwe toepassing van gerecycled(e) textiel(vezels) kunnen andere blootstellingsroutes voor mens en milieu ontstaan. Mogelijk vindt hierdoor blootstelling plaats aan de hierboven genoemde stoffen.
Omdat onduidelijk is in welke toepassing textielvezels hergebruikt worden en onderzoeksgegevens over aanwezigheid van de stoffen in matrastijken ontbreken, is in deze rapportage geen risicobeoordeling uitgevoerd voor textiel.

Metaal
Voor metalen worden geen risico’s verwacht in nieuwe toepassingen. Eventuele (organische) vervuiling zal tijdens het recyclingproces vernietigd worden. De potentiële risico’s voor mens en milieu tijdens het omsmelten (metaalrecycling) zijn niet in kaart gebracht in dit onderzoek.

Micro-organismen
Uit de literatuur blijkt dat er een verscheidenheid aan micro-organismen aanwezig kan zijn op matrassen of het stof dat daarvan af komt. De aangetroffen micro-organismen zijn onder deze omstandigheden weinig gevaarlijk voor de mens, maar kunnen mogelijk wel aanleiding tot enige overlast geven (bijvoorbeeld huidirritatie of een milde schimmelinfectie). Het is op basis van de gegevens uit de literatuur en de verschillende gebruiksomstandigheden van matrassen niet volledig in te schatten wat de mogelijke microbiologische besmetting zal zijn. Door de aard van de verwerkingsprocessen (o.a. het stomen van het schuim en het wassen van textiel) en de toepassingen van de gerecyclede producten zijn de risico’s beperkt.
Om ervoor te zorgen dat de microbiologische kwaliteit van de ingezamelde matrassen acceptabel is, kunnen er eisen worden gesteld (en dat wordt al gedaan door sector) aan de in te zamelen matrassen (alleen droge matrassen en geen visueel sterk vervuilde matrassen).

Binnenklimaat recyclingbedrijven
Door twee matras recyclingbedrijven zijn rapporten aangeleverd met meetresultaten voor fijn stof, vluchtige organische stoffen (VOS) en microbiologische agentia.
Gezien de in de rapporten beschikbare meetgegevens tijdens de metingen is blootstelling aan inhaleerbaar stof aannemelijk. Aan de hand van de geleverde rapporten is het niet mogelijk voor het RIVM om te bepalen of blootstellingslimieten voor (fijn) stof in alle recyclingbedrijven worden nagekomen.

12.2 Aanbevelingen

Uit het onderzoek blijkt dat er op sommige punten meer onderzoek nodig is om de risico's van de recycling van matrassen beter in kaart te brengen. De voornaamste aanbevelingen – die hieronder verder toegelicht worden - aan de sector zijn:

1. Doe (aanvullend) onderzoek naar de aanwezigheid en risico's van gevaarlijke stoffen in relatie tot recycling;
2. Breng de blootstelling aan (fijn) stof van werknemers bij de matrasontmanteling beter in kaart; en maak gebruik van dit onderzoek om te inventariseren of werknemers blootgesteld kunnen worden aan andere gevaarlijke stoffen;
3. Breng de gehele keten in beeld en zet in op meer transparantie en samenwerking in keten;
4. Anticipeer op risico's door het toepassen van Safe-by-Design principes bij het ontwerp van nieuw matrassen om daarmee een hoogwaardige circulaire matrasketen te faciliteren.

Ad 1 (Aanvullend) onderzoek naar de aanwezigheid en risico's van gevaarlijke stoffen in relatie tot recycling.

Doel is om meer volledig zicht te krijgen op de aanwezigheid van gevaarlijke chemische stoffen in de vier verschillende materiaalstromen, en op basis daarvan te bepalen of een risicobeoordeling nodig is.

Polyurethaanschuim
Aanvullingen op reeds uitgevoerd onderzoek

a) *Aanwezigheid en risico's van organotinverbindingen in rebonded foam bepalen:*
Door in kaart te brengen in welke vorm en concentraties organotinverbindingen voorkomen, kan bepaald worden of een verdere risicoanalyse nodig is. Hierbij wordt geadviseerd om, net als voor de brandvertragers TCEP en TCPP, een inschatting te maken van de blootstelling. Een risicobeoordeling kan vervolgens gebaseerd worden op een worst-case benadering, zoals toegepast is voor TCPP.
b) *Aanwezigheid (en mogelijke risico's) bepalen van stoffen met een hoge gevarenscore in rebonded foam:*
Voor een aantal stoffen geldt dat deze hoog scoren qua gevaareigenschappen, maar slechts een enkele keer zijn aangetroffen. Aanbeveling is om de mogelijke aanwezigheid van deze stoffen nader te onderzoeken. Dit geldt, bijvoorbeeld voor 4,4'-MDA en fenol.

c) *Onderzoek naar uitloging van chemische stoffen uit rebonded foam:*
Nagaan of gevaarlijke stoffen uitlogen uit rebonded foam wanneer dit wordt toegepast onder speelplaatsen. In eerste instantie kan een uitlogingstest worden uitgevoerd om te bepalen of en hoeveel van deze stoffen migreren tijdens de gebruiksfase. Vervolgens kan afhankelijk van de stoffen en de eigenschappen een inschatting gemaakt worden van de blootstelling. Daarnaast is de aanbeveling aan de fabrikanten van rebonded foam om afnemers hierover te informeren.

Textiel
In (gerecycled) textiel kunnen bepaalde stofgroepen voorkomen die schadelijk zijn voor mens en/of milieu. Geadviseerd wordt om de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen te meten in matrastijken. Hierdoor kan bepaald worden of en welke gevaarlijke stoffen aanwezig zijn en in welke concentraties. Hierbij zou in eerste instantie gekeken kunnen worden naar consumentenmatrassen en recreatiematrassen, de hoezen van zorgmatrassen hoeven niet meegenomen te worden zolang deze niet worden gerecycled.

Latex
In (gerecycled) latex kunnen bepaalde stofgroepen voorkomen die schadelijk zijn voor mens en/of milieu. Geadviseerd wordt om:
- de aanwezigheid van broom- en chloorhoudende brandvertragers te onderzoeken, met de focus op hotelmatrassen;
- te onderzoeken of de stofgroep nitrosamines gevormd kunnen worden tijdens de productie van rebonded foam en of deze verbindingen aanwezig zijn in rebonded foam;
- de risico’s van zink mee te nemen in het onderzoek naar uitloging van chemische stoffen uit rebonded foam (zie boven).

Ad 2. Blootstelling van werknemers bij de matrasontmanteling beter in kaart te brengen.
Geadviseerd wordt om de daadwerkelijke blootstelling van werknemers aan (fijn) stof beter in kaart te brengen. Op basis van aanvullend onderzoek kan dan bepaald worden of (extra) voorzorgsmaatregelen nodig zijn. Additioneel kunnen op basis van dit onderzoek bepaald worden welke andere gevaarlijke stoffen meegenomen kunnen worden bij nader onderzoek. Denk bijvoorbeeld aan vluchtige organische stoffen (bijvoorbeeld 1,3-butadieen); hiervan zijn ook beperkt gegevens beschikbaar en voor de blootstelling aan werknemers bestaan wettelijke grenswaarden.

Ad 3. Inzetten op transparantie en samenwerking in keten.
Transparantie in de keten draagt bij aan het vroegtijdig identificeren van gevaarlijke stoffen in matrassen die risico’s kunnen opleveren voor de recycling en/of het gebruik van gerecycled materiaal. Hierdoor kan er door de actoren in de keten geanticipeerd worden om deze risico’s te minimaliseren, bijvoorbeeld door te zoeken naar alternatieven. Andersom kunnen beperkingen voor de recycling en

afzet van de gerecyclede materialen een aanzet zijn voor producenten om wijzigingen in de samenstelling van matrassen door te voeren.

Ad 4. Anticiperen op risico's door toepassen van Safe-by-Design principes bij het ontwerp van nieuw matrassen.

Veranderende inzichten op gebied van veiligheid van chemische stoffen kunnen leiden tot aanpassingen in wetgeving. Door hierop te anticiperen, kunnen toekomstige beperkingen in de matrasrecycling voorkomen worden. Daarnaast kan het gebruik van minder (of zelfs geen) gevaarlijke stoffen bijdragen aan een meer hoogwaardige recycling en meer algemeen een veilige leefomgeving. Zo is het aan te bevelen onderzoek te doen naar het gebruik van veilige, alternatieve stoffen in matrassen en de toepassing ervan te stimuleren. Dit geldt in ieder geval voor stoffen waarvan het gebruik momenteel ter discussie staat, zoals stoffen geclassificeerd als (potentieel) ZZS (bijvoorbeeld nitrosamines, TCPP) en stoffen die verdacht worden risicovol te zijn voor mens en/of milieu (bijvoorbeeld nanozilver). Het RIVM zal later dit jaar in een aparte publicatie dieper ingaan op het toepassen van Safe-by-Design principes voor matrassen.

De auteurs willen de begeleidingscommissie, de geïnterviewden en toetsers bedanken voor hun waardevolle bijdrage.

13 Referenties

Abdel-Shafy H.I., Mansour M.S. (2016). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation. Egyptian journal of petroleum 25 (1): 107-123.

Alewijn T. (2018). Mattress Ticking Waste. Creating Circular Products (Graduation thesis). Delft University of Technology.

Andrade D.D., Angerami E.L., Padovani CR. (2000). A bacteriological study of hospital beds before and after disinfection with phenolic disinfectant. Revista Panamericana de Salud Pública 7: 179-184.

Auping B.V. (2020). Vertrouwelijk rapport.

Auping B.V. (2021). Meestgestelde vragen over bedden, boxsprings, spiraalbodems, matrassen en toppers. https://www.auping.com/nl/meestgestelde-vragen-over-bedden-boxsprings-spiraalbodems-matrassen-en-toppers#:~:text=Auping%20adviseert%20om%20een%20matras,deze%20niet%20meer%20prettig%20ligt. Geraadpleegd: 17-03, 2021.

Babich M.A. (2010). Review of exposure and toxicity data for phthalate substitutes. US Consumer Product Safety Commission.

Beekman M., Bakker J.C., Bodar C.W.M., van Leeuwen L.C., Waaijers-van der Loop S.L., Zijp M.C., Verhoeven J.K. RIVM. (2020). Omgaan met Zeer Zorgwekkende Stoffen in een Circulaire Economie. RIVM-briefrapport 2019-0186.

Blackley D.C. (1997) Polymer Latices: Science and Technology Volume 3: Applications of Latices. Springer Science & Business Media.

Boer Group Recycling Solutions B.V. (2021). Materiaalhergebruik. https://boergroup-recyclingsolutions.com/nl/textiel-recycling/materiaalhergebruik/. Geraadpleegd: 02-02, 2021.

Boor B.E., Spilak M.P., Laverge J., Novoselac A., Xu Y. (2017). Human exposure to indoor air pollutants in sleep microenvironments: A literature review. Building and Environment 125: 528-555.

Brereton G., Emanuel JR. R.M., Loman R., Pennington K., Ryan T., et al. (2019). Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry - Polyurethanes.

BZK. Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2012a). Afdeling 7.1 Voorkomen van brandgevaar en ontwikkeling van brand, nieuwbouw en bestaande bouw. https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012_nvt/artikelsgewijs/hfd7/afd7-1. Geraadpleegd: 20-01, 2021.

BZK. Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2012b). Bouwbesluit 2012. Identification nr. BWBR0030461.

CBS. Centraal Bureau voor de Statistiek (2020). Aantal bewoners van verzorgings- en verpleeghuizen (2019). https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2020/13/aantal-bewoners-van-verzorgings-en-verpleeghuizen-2019. Geraadpleegd: 04-01, 2021.

Christensen F., Nilsson N.H., Jeppesen C.N., Clausen A.J. (2014). Survey of certain isocyanates (MDI and TDI). Cancer 1: 1.

Cooper E.M., Kroeger G., Davis K., Clark C.R., Ferguson P.L., Stapleton H.M. (2016). Results from screening polyurethane foam based consumer products for flame retardant chemicals: assessing impacts on the change in the furniture flammability standards. Environmental science & technology 50 (19): 10653-10660.

de Kort P. (2020). PU Legacy Substance Screening – Cover Note. 9 pp.

Dekbed Discounter. (2018). Explosieve groei van online verkoop bedden en matrassen. https://www.emerce.nl/wire/explosieve-groei-online-verkoop-bedden-matrassen. Geraadpleegd: 13-03, 2021.

Deliege E., Nijdam D. (1998). European ECOlabel Bed Mattresses. LCA and criteria proposals final report for the EC. Report number: R3535924. W05/EJD.

Doggett S.L., Miller D.M., Lee C-Y. (2018). Advances in the biology and management of modern bed bugs. John Wiley & Sons.

ECHA. European Chemicals Agency. (2009). Priotirisation and Annex XIV background information. Hexabromocyclododecane and all major diastereoisomers identified.

ECHA. European Chemicals Agency. (2010). Background document for Diisobutyl phthalate (DIBP). 6 pp.

ECHA. European Chemicals Agency. (2012). Cadmium And Cadmium Compounds In Plastics - Upcoming Request From The Commission For ECHA To Prepare An Annex XV Dossier: Status And Preliminary Implications 13 pp. https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/cadmium_in_plastics_prep_report_en.pdf/a8aa17dd-0c43-4f66-b3c5-bef1fb85fad6.

ECHA. European Chemicals Agency. (2016a). Annex XV Restriction Report - Proposal For A Restriction - Substance Names: Four Phthalates (DEHP, BBP, DBP, DIBP). 88 pp. https://echa.europa.eu/documents/10162/2700f4f2-579a-1fbe-2c23-311706a3e958.

ECHA. European Chemicals Agency. (2016b). Annexes to the Annex XV Restriction Report - Four Phtalates. 422.

ECHA. European Chemicals Agency. (2018). Screening Report An Assessment Of Whether The Use Of TCEP, TCPP And TDCP In Articles Should Be Restricted. Annankatu 18, P.O. Box 400, Fi-00121 Helsinki: 68 pp. https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/screening_report_tcep_tcpp_td-cp_en.pdf/e0960aa7-f703-499c-24ff-fba627060698.

ECHA. European Chemicals Agency. (2019). Registry of restriction intentions until outcome. https://echa.europa.eu/nl/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e1829a30b8. Geraadpleegd: 12-01, 2021.

ECHA. European Chemicals Agency. (2021a). ANNEX XVII TO REACH – Conditions of restriction - Entrey 20 - Organostannic compounds. https://echa.europa.eu/documents/10162/7bd363a8-da41-460f-838d-3326b3fb7bd4.

ECHA. European Chemicals Agency. (2021b). ANNEX XVII TO REACH – Conditions of restriction - Entry 23 - Cadmium. https://echa.europa.eu/documents/10162/3bfef8a3-8c97-4d85-ae0b-ac6827de49a9.

ECHA. European Chemicals Agency. (2021c). ANNEX XVII TO REACH – Conditions of restriction - Entry 43 - Azocolourants and Azodyes.

ECHA. European Chemicals Agency. (2021d). ANNEX XVII TO REACH – Conditions of restriction - Entry 51 - The following phthalates (or other CAS and EC numbers covering the substance): (a) Bis (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP), (b) Dibutyl phthalate (DBP), (c) Benzyl butyl phthalate (BBP) and (d) Diisobutyl phthalate (DIBP).
ECHA. European Chemicals Agency. (2021e). ANNEX XVII TO REACH – Conditions of restriction - Entry 70 - Octamethylcyclotetrasiloxane (D4) and Decamethylcyclopentasiloxane (D5).
ECHA. European Chemicals Agency. (2021f). Kandidaatslijst van zeer zorgwekkende stoffen voor autorisatie. https://echa.europa.eu/nl/candidate-list-table. Geraadpleegd: 12-01, 2021.
ECHA. European Chemicals Agency. (2021g). Stoffen waarvan is voorgesteld deze als POP aan te wijzen. https://echa.europa.eu/nl/list-of-substances-proposed-as-pops. Geraadpleegd: 13-03, 2021.
ECHA. European Chemicals Agency. (2021h). Substance Infocard - 4,4'-methylenediphenyl diisocyanate. https://echa.europa.eu/nl/substance-information/-/substanceinfo/100.002.697. Geraadpleegd: 27-01, 2021.
ECHA. European Chemicals Agency. (2021i). Substance Infocard - Nickel. https://echa.europa.eu/nl/substance-information/-/substanceinfo/100.028.283. Geraadpleegd: 13-03, 2021.
ECHA. European Chemicals Agency. (2021j). Substance Infocard - o-(p-isocyanatobenzyl)phenyl isocyanate. https://echa.europa.eu/nl/substance-information/-/substanceinfo/100.025.031.
ECHA. European Chemicals Agency. (2021k). Substance Infocard - Tris(2-chloroethyl) phosphate. https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.003.744. Geraadpleegd: 13-01, 2021.
ECHA. European Chemicals Agency. (2021l). Summary of Classification and Labelling - 4,4'-diaminodiphenylmethane. https://echa.europa.eu/nl/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/20502.
ECHA. European Chemicals Agency. (2021m). Summary of Classification and Labelling - dibutyltin dilaurate. https://echa.europa.eu/nl/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/58627.
Eling B. (2001). Process for preparing rigid and flexible polyurethane foams. United States Patent.
EU Regulation. (2004). VERORDENING (EG) Nr. 850/2004 - betreffende persistente organische verontreinigende stoffen en tot wijziging van Richtlijn 79/117/EEG.
EU Regulation. (2006). Verordening (EG) nr 1907/2006.
EU Regulation. (2018). VERORDENING (EU) 2018/2005 VAN DE COMMISSIE van 17 december 2018 tot wijziging van bijlage XVII bij Verordening (EG) nr. 1907/2006 van het Europees Parlement en de Raad inzake de registratie en beoordeling van en de autorisatie en beperkingen ten aanzien van chemische stoffen (Reach) wat betreft bis(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP), dibutylftalaat (DBP), benzylbutylftalaat (bbp) en diisobutylftalaat (DIBP).

EU Regulation. (2019). REGULATION (EU) 2019/1021 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 20 June 2019 on persistent organic pollutants Official Journal of the European Union L 169/45: 33.
EUROFER. (2020). Verslag Interview EUROFER - Regtuit, H. In: Faber M.
European Comission. (2000). European Union Risk Assessment Report - diphenyl, pentabrom deriv., European Chemicals Bureau.
European Comission. (2014). COMMISSION DECISION of 23 June 2014 establishing the ecological criteria for the award of the EU Ecolabel for bed mattresses (2014/391/EU). Official Journal of the European Union L 184/18: 31.
European Comission. (2020). Chemicals Strategy for Sustainability. Towards a Toxic-Free Environment.
European Commission. (2000). 4,4´- METHYLENEDIANILINE (MDA) - Summary Risk Assessment Report 21 pp. https://echa.europa.eu/documents/10162/84f1091d-2a47-47fa-a094-075de9bef78d.
European Commission. (2001). Directive 2001/95/EC of the European Parliament and of the Council of 3 December 2001 on general product safety. Official J Eur Union 11: 4-17.
European Commission. (2002). European Union Risk Assessment Report 1,3-BUTADIENE. European Chemicals Bureau.
European Union. (2008). Tris (2-chloro-1-methylethyl) Phosphate (TCPP) SUMMARY RISK ASSESSMENT REPORT. European Communities Luxembourg.
EUROPUR. (2016). FLEXIBLE POLYURETHANE FOAM IN MATTRESSES AND FURNITURE - AN OVERVIEW OF POSSIBLE END OF LIFE SOLUTIONS. 20 pp.
EUROPUR. (2020a). PU Legacy Substance Screening – Cover Note. 9 pp.
EUROPUR. (2020b). Verslag Interview EUROPUR - de Kort, P. In: Faber M (Ed.).
FIRA, BFC. Furniture Industry Research Association BFC. (2010). Fire safety of furniture and furnishings in the contract and non-domestic sectors - A Guide to the UK requirements. 48 pp.
FLAREX. (2018). Deliverable A1 - Report of fabrics and flame retardant selection.
FLAREX. (2020). Mitigation of environmental impact caused by Flame Retardant textile finishing chemicals. www.life-flarex.eu.
Government of Canada. (2020). Updated draft screening assessment-Certain organic flame retardants substance grouping - 2-Propanol, 1-chloro-, phosphate (3:1) (TCPP) Chemical Abstracts Service Registry Number 13674-84-5. 2-Propanol, 1,3-dichloro-, phosphate (3:1) (TDCPP) Chemical Abstracts Service Registry Number 13674-87-8. Health MotEatMo: 141 pp.
Guillaume E., de Feijter R., van Gelderen L. (2020). An overview and experimental analysis of furniture fire safety regulations in Europe. Fire and Materials.
Hagen R. (2017). Fire safety of upholstered furniture
and mattresses in the domestic area. Federation of the European Union Fire Officer Associations.

Hasan S.M., Easley A.D., Monroe M.B.B., Maitland D.J. (2016). Development of siloxane-based amphiphiles as cell stabilizers for porous shape memory polymer systems. Journal of colloid and interface science 478: 334-343.
Herting G., Wallinder I.O., Leygraf C. (2007). Metal release from various grades of stainless steel exposed to synthetic body fluids. Corrosion Science 49 (1): 103-111.
Hotel Contract Beds. (2020). Regulations Source 5/Crib 5 Source 7/Crib 7 Bunk Bed Regulations. https://www.hotelcontractbeds.co.uk/knowledge/regulations. Geraadpleegd: 12-01, 2021.
IenW. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2019a). F.11 bijlage 11; Achtergronden bij het beleid voor ZZS. 16 pp.
IenW. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2019b). Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2019-2023. 83 pp.
Ikea B.V. (2020). Verslag interview IKEA B.V. - Pater, A. - 13 Augustus 2020. In: Faber M.
Ikea B.V. (2013). Matrassen - Gratis 25 jaar Garantie - Garantiedocument. 8 pp.
Jinhui L., Yuan C., Wenjing X. (2017). Polybrominated diphenyl ethers in articles: a review of its applications and legislation. Environmental Science and Pollution Research 24 (5): 4312-4321.
Jones S.C., Bryant J.L., Harrison S.A. (2013). Behavioral responses of the bed bug to permethrin-impregnated ActiveGuard™ fabric. Insects 4 (2): 230-240.
Kanen R.J.G. (1994). Smeermiddelen bij het omvormen . (TU Eindhoven. Fac. Werktuigbouwkunde, Vakgroep WPA : rapporten). Technische Universiteit Eindhoven.: 67.
Kelley J., Allsopp D., Hawksworth D.L. (1992). Sudden infant death syndrome (SIDS) and the toxic gas hypothesis: microbiological studies of cot mattresses. Hum Exp Toxicol 11 (5): 347-355.
Kuryla W.C. (1965). Dipolar solvents in polyurethane foams. J Appl Polymer Sci 9 (3): 1019-1040.
Maag J., COWI. (2010) Identification and assessment of alternatives to selected phthalates. Danish Environmental Protection Agency.
Malanga M.T., King S.W., Frycek G.J., Masy J-P., Fregni S. (2018). Autocatalytic polyol useful for polyurethane foam manufacture. Google Patents.
Metalle Schmidt. (2021). Hard Drawn Steel - Catalogue - Chemical Composition.
Morgan, A.B., & Wilkie, C.A. (Eds.). (2014). Non-Halogenated Flame Retardant Handbook (pp. 50-55). USA: Scrivener Publishing.
MRE B.V. Matras Recycling Europe B.V. (2020). Interview Matras Recycling Europe i.k.v. project Risicobeoordeling Recycling van Matrassen (8 juli 2020). In: Faber M.
Narinx M. (2016). Op weg naar een circulaire matrasketen.
Nationwide Contract Beds. (2020). What is Crib 5? https://nationwidecontractbeds.co.uk/pages/what-is-crib-5. Geraadpleegd: 12-01, 2020.
Nijkamp M., Maslankiewics L., Delmaar J., Muller J. (2015). Hazardous substances in textile products.

Partners in Chemicals. (2017). Stop yellowing of PU. https://www.partinchem.com/blog/omnistab-pu-as/. Geraadpleegd: 12-01, 2021.
Poliuretanos. (2021a). Fillers. https://www.poliuretanos.net/Ingles/Chapter2/25Fillers.htm. Geraadpleegd: 16-01, 2021.
Poliuretanos. (2021b). Surfactants. https://www.poliuretanos.net/Ingles/Chapter2/24Surfactants.htm. Geraadpleegd: 25-01, 2021.
Retourmatras B.V. (2020). Interview Retourmatras i.k.v. project Risicobeoordeling Recycling van Matrassen (13 Augustus 2020). In: Faber M, Janssen N .
Retourmatras B.V. (2020). Persoonlijke communicatie bedrijfsbezoek - Fioole, N. - 10-9-2020. In: Faber M.
Retourmatras B.V. (2021). Production of bonded foam. https://www.retourmatras.nl/bonded-foam/?lang=en. Geraadpleegd: 02-02-2021, 2021.
RIVM. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2020). Zeer Zorgwekkende Stoffen: kleurstoffen inclusief azokleurstoffen. https://rvszoeksysteem.rivm.nl/ZZSlijst/ZZSgroep/ZZS_kleurstoffen_inclusief_azokleurstoffen. Geraadpleegd: 16-01, 2021.
RIVM, IenW. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2021). Safe-by-Design (webpage). www.safe-by-design-nl.nl. Geraadpleegd: 13-05, 2021.
RO. Rijksoverheid. (2020). Activiteitenregeling milieubeheer, artikel 3.115. https://wetten.overheid.nl/BWBR0022830/2020-04-10. Geraadpleegd: 15-02, 2021.
RWS. Rijkswaterstaat. (2018). Handreiking Risicoanalyse ZZS in afvalstoffen. Nr. Versie 1.0 (nov 2018). 32 pp.
RWS, IenW. Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2019) B.14 Zeer zorgwekkende stoffen. versie eerste wijziging ed.
SCCNFP. Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food Products. (2002). Opinion Of The Scientific Committee On Cosmetic Products And Non-Food Products Intended For Consumers Concerning Diethyl Phthalate. 35 pp.
Tosec. (2021). Invloed van legeringselementen op staal. https://www.tosec.nl/wiki/invloed-legeringselementen-staal/. Geraadpleegd: 15-02, 2021.
U.S. EPA. United States Environmental Protection Agency. (2015). Flame Retardants Used in Flexible Polyurethane Foam: An Alternatives Assessment Update.
Udumbasseri C. (2018). Manufacturing Polyurethane Foams. 25 pp. https://www.slideshare.net/ChandranUdumbasseri1/manufacturing-pu-foam-119062668.
Usman M., Adeosun S., Osifeso G. (2012). Optimum calcium carbonate filler concentration for flexible polyurethane foam composite. Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering 11 (3): 311-320.
van Driel J. (2018). De Matrasketen - Cijfers, drempels en kansen voor circulaire matrassen. Utrecht Sustainability Institute.

Verbruggen E., Rila J., Traas T., Posthuma-Doodeman C., Posthumus R. (2006). Environmental Risk Limits for several phosphate esters, with possible application as flame retardant. RIVM rapport 601501024.

VWS. Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. (2018). Warenwet. Identification nr. BWBR0001969. https://wetten.overheid.nl/BWBR0001969/2018-11-17.

VWS. Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. (2020). Warenwetbesluit algemene productveiligheid. Identification nr. BWBR0006158. https://wetten.overheid.nl/BWBR0006158/2020-06-09.

Wang X., Herting G., Wei Z., Wallinder I.O., Hedberg Y. (2019). Bioaccessibility of nickel and cobalt in powders and massive forms of stainless steel, nickel-or cobalt-based alloys, and nickel and cobalt metals in artificial sweat. Regul Toxicol Pharmacol 106: 15-26.

WHO. World Health Organization. (1991). Triphenyl phosphate. ISBN: 924157111X

Woutersen M., Smit K., ter Burg W., Bokkers B., Schuur G. (2016). Prioritisation tool for chemical substances in consumer products - RIVM rapport 2015-0194.

Woutersen M., Wijnhoven S., Affourdit F. (2019). Selection and ranking of chemical substances and consumer products based on a consumer product database. To be used in the NVWA analysis on the supply chain of consumer products - RIVM Letter report 2019-0124. 42 pp.

Wypych G. (2004). Plasticizers use and selection for specific polymers. Handbook of plasticizers 1.

Zhang X., Macosko C., Davis H., Nikolov A., Wasan D. (1999). Role of silicone surfactant in flexible polyurethane foam. Journal of Colloid and Interface Science 215 (2): 270-279.

Bijlage 1 bij hoofdstuk 4 wetgeving

REACH-verordening – aanvullende informatie
Een lidstaat of ECHA (op verzoek van de Europese Commissie) kan een voorstel indienen om een stof te identificeren als SVHC (Substance of Very High Concern). Een stof voldoet bijvoorbeeld aan de criteria als deze kankerverwekkend, mutageen of giftig voor de voortplanting (CMR) is. Voor meer informatie over de criteria en de procedure tot het identificeren van SVHC, zie de website van ECHA[38].
Wanneer een stof als SVHC is aangemerkt, wordt deze in principe en op termijn opgenomen in de autorisatielijst (Bijlage XIV).
Bij plaatsing op de kandidaatslijst gelden voor een leverancier van de stof direct belangrijke verplichtingen, waaronder vermelding aan ECHA bij gebruik van deze stof in hoeveelheden boven 1 ton per jaar en in concentraties boven 0,1% massaprocent in voorwerpen of "complex objects" (zoals matrassen). Ook dient er informatie te worden verstrekt over veilig gebruik en een veiligheidsinformatieblad. ECHA is verplicht eens per twee jaar een aanbeveling te doen over welke stoffen op de autorisatielijst moeten worden gezet op basis van vastgestelde prioriseringscriteria, inclusief mogelijkheden voor autorisatie of vrijstelling hiervan, aan de Europese Commissie. Het REACH Comité besluit uiteindelijk of de stoffen op de autorisatielijst (Bijlage XIV) worden geplaatst.

Het tweede spoor voor het reguleren van stoffen is restrictie. Lidstaten of ECHA (op verzoek van de Europese Commissie) kunnen daartoe een restrictievoorstel schrijven en indienen bij ECHA. Het Comité risicobeoordeling (RAC) en Comité sociaaleconomische analyse (SEAC), bestaande uit experts genomineerd door lidstaten, beoordelen het voorstel en schrijven een opinie. Op basis van deze opinie, publieke consultaties hierop en na afstemming en akkoord van de lidstaten beslist de Europese Commissie over opname van de stof in bijlage XVII, de lijst met stoffen welke beperkt vervaardigd, in de handel gebracht en/of gebruikt mogen worden (EU Regulation, 2006).

Onder REACH kan een product zijn:
- „stof": een chemisch element en de verbindingen ervan, zoals zij voorkomen in natuurlijke toestand of bij de vervaardiging ontstaan, met inbegrip van alle additieven die nodig zijn voor het behoud van de stabiliteit ervan en alle onzuiverheden ten gevolge van het toegepaste procedé, doch met uitzondering van elk oplosmiddel dat kan worden afgescheiden zonder dat de stabiliteit van de stof wordt aangetast of de samenstelling ervan wordt gewijzigd;
- „mengsel": een mengsel of oplossing bestaande uit twee of meer stoffen;
- „voorwerp": een object waaraan tijdens de productie een speciale vorm, oppervlak of patroon wordt gegeven waardoor zijn functie in hogere mate wordt bepaald dan door de chemische samenstelling;

[38] https://echa.europa.eu/nl/substances-of-very-high-concern-identification-explained

Restricties kunnen worden geplaatst op het gebruik van een stof, maar ook op de aanwezigheid van een stof in voorwerpen. Dergelijke restricties zijn doorgaans ontworpen om een specifiek risico voor mens en/of milieu te beperken. Derhalve zijn ze vaak specifiek gericht op het inperken van een bepaald gebruik.

Afvalwetgeving -aanvullende informatie

Europees beleid

De Europese Commissie mag secundaire regelgeving aannemen om de criteria voor einde-afvalfase (zie paragraaf 4.3) te voorzien van uitwerkingscriteria voor specifieke afvalstromen. Dergelijke specifieke criteria bestaan voor metaalschroot (Verordening 333/2011), maar niet voor de andere afvalstromen die vrijkomen uit matrassen.

In de afwezigheid van dergelijke EU secundaire regelgeving, mogen lidstaten zelf dergelijke uitwerkingscriteria aannemen (artikel 6.3; Kaderrichtlijn afvalstoffen). Voor zowel polyurethaanschuim, latex, en textiel zijn dergelijke beslissingen niet genomen.

In de afwezigheid van dergelijke nationale secundaire regelgeving, mag een lidstaat per geval (case-by-case) besluiten of iets einde-afvalfase heeft bereikt (artikel 6.4; Kaderrichtlijn afvalstoffen). Voor zover bij RIVM bekend zijn dergelijke beslissingen niet genomen voor de producten van Nederlandse Matrasrecyclers.

In de afwezigheid van een case-by-case beslissing, is het aan de natuurlijke persoon of rechtspersoon om zorg te dragen dat de 4 basale criteria worden gehonoreerd voor het materiaal een product wordt verklaard.

Samengevat is het aan recyclers zelf om vast te stellen of hun product voldoet aan de 4 criteria van de kaderrichtlijn afvalstoffen. Voor de uitwerking van het criterium 6.1.d van de kaderrichtlijn afvalstoffen is er een Nederlands beleidskader zoals hieronder besproken (risicobeoordeling LAP3).

Nationaal beleid voor afvalstoffen met ZZS (LAP 3)

Een onderscheid wordt gemaakt tussen:
- afvalstoffen met ZZS waarvoor in REACH en de POP-verordening rechtstreeks werkende bepalingen zijn opgenomen;
- overige afvalstoffen met ZZS waarvoor moet worden vastgesteld of bij de beoogde toepassing geen sprake is van onaanvaardbare blootstelling van mens en milieu aan ZZS.

Stoffen met wettelijke bepalingen

De voorschriften van de POP-verordening en REACH zijn rechtstreeks werkend.
Voor afvalstoffen die ZZS bevatten die genoemd zijn in bijlage IV van de POP-verordening is gereguleerd welke verwerking is toegestaan. Om die reden is het formuleren van aanvullend beleid niet aan de orde.

De REACH-verordening is in paragraaf 4.1 al besproken. Hier is aangegeven dat de toepassing van stoffen beperkt kan worden in de Europese Economische Ruimte (EER) als ze op de lijst met

autorisatieplichtige stoffen of restrictielijst staan. Afvalstoffen vallen echter niet binnen het werkveld van REACH.
Het op de markt plaatsen van een stof of mengsel met een stof die op de autorisatielijst (bijlage XIV) staat die is vervaardigd uit afval is enkel mogelijk indien daar een autorisatie voor is verleend en aan de eisen van de autorisatie wordt voldaan (IenW, 2019a). Hiervoor hoeft geen risicoanalyse onder de kaderrichtlijn afvalstoffen uitgevoerd te worden, aangezien dit al meegewogen is in de toewijzing van de autorisatieaanvraag.
Het verbod op het in de handel brengen en gebruik van stoffen (en stoffen in mengsels) die op de autorisatielijst van REACH staan en mengsels geldt niet voor afvalstoffen die zijn verwerkt tot 'voorwerpen'. Daartoe dient voor de bijlage XIV stof in de te maken voorwerpen, een risicoanalyse te worden uitgevoerd zoals beschreven in paragraaf B.14.4.3 van het LAP 3 voor het vergunnen van de productie van de voorwerpen.

Voor de stoffen op Bijlage XVII (restrictielijst) gelden de in REACH opgenomen voorschriften. Verwerking van een afvalstof die een bijlage XVII stof bevat is hiermee aan beperkingen onderhevig. Wel kan het zo zijn dat het onduidelijk is of het gebruik onder restrictie beperkt is, bijvoorbeeld door de terminologie, hiervoor is het alsnog van belang om te beoordelen of een risicoanalyse nodig is.

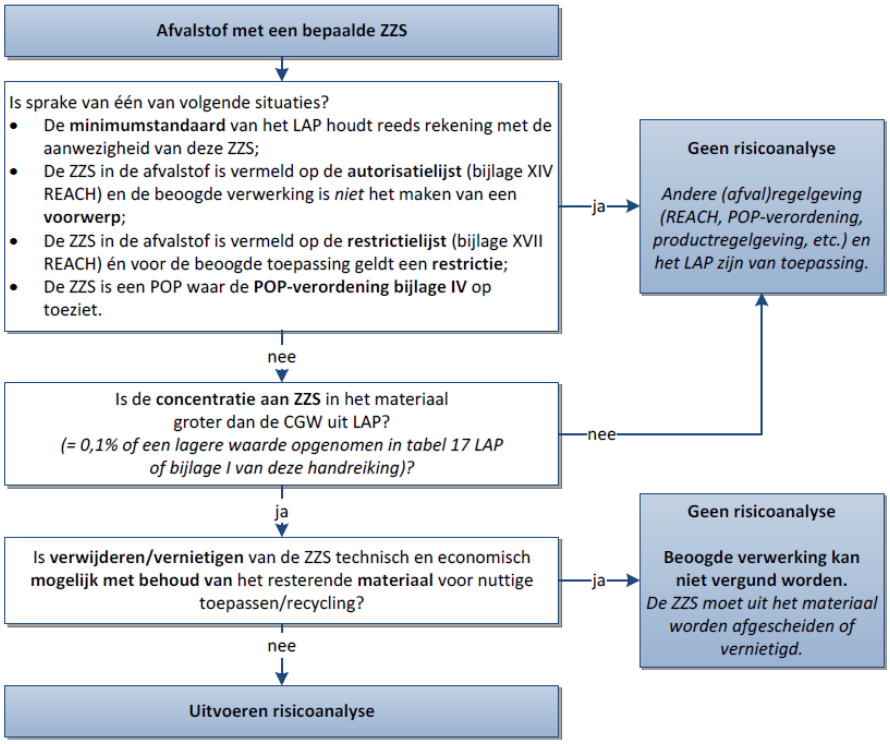
Voor stoffen die louter zijn aangemerkt als SVHC die zich in afval bevinden is er geen wettelijke beperking voor het op de markt brengen van deze stoffen *an sich*, in een mengsel of in voorwerpen onder REACH. Voor het toestaan van verwerking gericht op een toepassing van een afvalstof met een stof van de kandidatenlijst is een analyse conform de beleidslijn ZZS volgens paragraaf B.14.4.3 nodig. Ook is er een informatieplicht naar klanten en ECHA indien aanwezig boven de 0.1%.

POP-verordening
De POP-verordening heeft als doel de gezondheid van mens en milieu te beschermen tegen persistente organische verbindingen (POP's) (EU Regulation, 2019). POP's zijn ZZS. De verordening verbiedt de vervaardiging, het in de handel brengen en gebruik van POP's. Bijlage I van de verordening omvat de lijst met stoffen, diens concentratie limieten (Unintentional Trace Contaminant limits; UTC limits), en daarnaast specifieke vrijstellingen voor gebruik in producten. Bijlage IV geeft de grenswaardes aan van POP's in afval (Low POP Content Limits; LPCL); boven deze grenswaardes wordt het afval als POP-afval geclassificeerd. Indien dit het geval is, dienen de POP's vernietigd of onomkeerbaar worden omgezet conform gespecificeerde technieken (bijlage V).

Beoordeling noodzaak risicoanalyse ZZS
Binnen LAP3 is een methodiek ontwikkeld om te beoordelen of een risicoanalyse benodigd is voor de verwerking van een afvalstof met ZZS. De schematische weergave is weergegeven in figuur 1.

Allereerst wordt getoetst aan eerdergenoemde wetgevende kaders (minimumstandaard LAP3, REACH-verordening en POP-verordening) of deze uitsluitsel geven over de mogelijkheid voor verder gebruik van de

afvalstof. Als dit het geval is, dan is er geen risicoanalyse onder LAP3 benodigd. Indien dit niet het geval is, dan kan vervolgens bepaald worden of de concentraties aan ZZS binnen de concentratiegrenswaarden van het LAP vallen. In principe dient een risicoanalyse uitgevoerd te worden als de concentratie aan ZZS 0,1% massaprocent of hoger is (RWS and IenW, 2019). Daarnaast zijn voor aantal ZZS stof-specifieke concentratiegrenswaarden vastgelegd welke afwijken van 0,1% massaprocent, deze stoffen zijn vastgelegd in bijlage F.11 van het LAP3 (RWS, 2018). Indien individuele ZZS de concentratiegrenswaarden niet overschrijden, dan hoeft er ook geen risicoanalyse uitgevoerd te worden.
Indien dit wel het geval is, dan kan verwijdering van ZZS uit het materiaal uitsluitsel geven. Als verwijdering/vernietiging technisch en economisch mogelijk is en het materiaal zijn waarde behoudt voor verdere toepassing, dan dient de ZZS uit het materiaal te worden verwijderd/vernietigd. Indien verwijdering van ZZS niet mogelijk is, dan is een verdere risicoanalyse benodigd.



Figuur 1 Schematische weergave om te bepalen of een risicoanalyse benodigd is om een materiaal opnieuw toe te passen. Schema afkomstig uit (RWS and IenW, 2019).

Risicoanalyse ZZS
Deze risicoanalyse is per definitie van toepassing op de volgende afvalstoffen (RWS and IenW, 2019):

- afvalstoffen die stoffen op de kandidaatslijst van REACH bevatten;
- afvalstoffen die zogenaamde 'overige ZZS' bevatten, zoals stoffen van de Kaderrichtlijn Water of de OSPAR lijst;

- afvalstoffen die ZZS bevatten die voorkomen op de restrictielijst van REACH, maar worden toegepast op een wijze waarop de restricties niet toezien;
- afvalstoffen die stoffen op de autorisatielijst van REACH bevatten en waarvan beoogd wordt voorwerpen te maken.

Deze stoffen voldoen aan de voorwaarden voor ZZS maar zijn verder nog niet gereguleerd voor wat betreft het op de markt brengen, de toepassing of de verwerking als afvalstof (RWS, 2018). Dit toont aan dat de potentiele risico's van ZZS mogelijk niet altijd gewaarborgd worden binnen productregelgeving.

Over de daadwerkelijke methodiek van de risicoanalyse vanuit LAP3 wordt verder niet in detail gegaan. Deze is specifiek gericht op ZZS terwijl dit rapport naar gevaarlijke stoffen en ZZS kijkt en dus breder. Wel kan het van belang zijn om de toetsingscriteria voor de risicobeoordeling in het achterhoofd te houden bij het uitvoeren van een risicoanalyse voor een stof waarvan de risico's nog niet bepaald zijn. Deze zijn als volgt:

- -Bestaan er samenstellingsgrenswaarden en wordt hieraan voldaan? *Oftewel kan de concentratie aan ZZS beoordeeld worden aan de hand van een bestaande grenswaarde waar de samenstelling aan dient te voldoen.*
- -Is er onaanvaardbare blootstelling tijdens het gebruik? *Oftewel wat is de blootstelling tijdens het gebruik van een materiaal of product en is deze aanvaardbaar.*
- -Is er onaanvaardbare blootstelling bij einde-levensfase en daarna? *Oftewel wat is de blootstelling voor mens en milieu bij afdanking van een materiaal of product, de verwerking in de afvalfase en een volgend gebruik en is deze aanvaardbaar.*
- Blijft de ZZS in beeld? *Oftewel is er een mogelijkheid om ZZS in een later stadium alsnog te verwijderen of te vernietigen.*

Wetgeving rondom brandvertragers -aanvullende informatie
In sommige omringende Europese landen zijn er wel eisen gesteld aan brandveiligheid. In het Verenigd Koninkrijk bijvoorbeeld dienen gestoffeerde meubels, meubels en andere gestoffeerde producten te voldoen aan de 'The Furniture and Furnishings (Fire) (Safety) Regulations 1988'. Matrassen specifiek dienen te voldoen aan BS 7177: 2008, dit is een brandveiligheidsnorm. Middels testmethodes, waarbij het materiaal volgens vastgelegde protocollen op brandbaarheid wordt getest, wordt bepaald of er voldaan wordt aan de norm. Dit betreft een drietal testen:

1) EN 597-1: 2015 – brandbaarheid door een smeulende sigaret (source 1)
2) EN 597-2: 2015 – brandbaarheid door een equivalent van een lucifervlam (source 2) en
3) BS 6807: 2006, ook wel Crib 5 en Crib 7 test genoemd (source 5 en source 7) (FIRA and BFC, 2010).

In het Verenigd Koninkrijk dient het schuim in consumentenmatrassen te voldoen aan de Crib 5 test volgens de standaard BS 5852:Part 2 (Hagen, 2017).

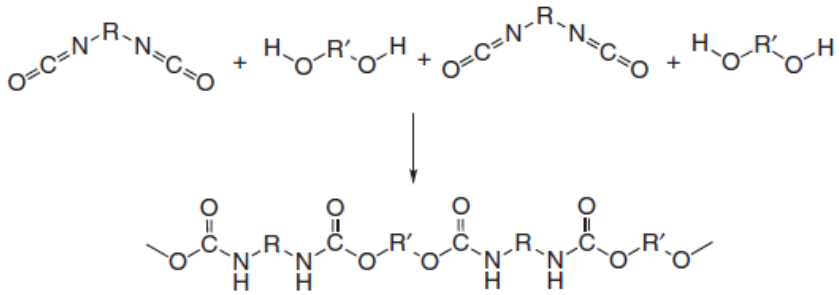
Alle niet-huishoudelijke (commerciële) matrassen dienen alle voorgenoemde testen succesvol te doorstaan om gebruikt te mogen worden (Nationwide Contract Beds, 2020).
Afhankelijk van de sector verschilt de Crib test; matrassen voor onder andere hotels, ziekenhuizen en vakantieparken zijn wettelijk verplicht te voldoen aan een Crib 5 standaard (gemiddeld gevarenrisico) terwijl matrassen voor olieplatformen, penitentiaire inrichtingen en psychiatrische instellingen dienen te voldoen aan een Crib 7 standaard (hoog gevarenrisico) (Hotel Contract Beds, 2020, FIRA and BFC, 2010). De brandveiligheidseisen voor Crib 7 zijn hoger dan Crib 5. Alle individuele onderdelen, waaronder de tijk en kern, dienen de testen te doorstaan om toegepast te mogen worden.
Naast het Verenigd Koninkrijk dienen matrassen die op de markt gebracht worden in Noorwegen de test met de smeulende sigaret (EN 597-1) te doorstaan (Guillaume et al., 2020). In Frankrijk gelden onder meer eisen voor matrassen in de zorgsector (EN 597-1) en gevangenissen (EN 597-1 en EN 597-2) terwijl Italië eigen brandveiligheidseisen stelt aan de vullingen van matrassen gebruikt in de publieke sector. In Ierland zijn er juist brandveiligheidseisen voor consumentenmatrassen (eigen testmethode) terwijl in onder meer Denemarken, Duitsland en België er geen eisen zijn qua brandveiligheid (Guillaume et al., 2020).

Ondanks dat er in Nederland geen eisen zijn voor brandveiligheid, kunnen organisaties alsnog eisen hieraan stellen middels inkoopbeleid. Uit gesprekken met diverse instanties (o.a. Academisch Medisch Centrum en Instituut Fysieke Veiligheid) blijkt dat in ziekenhuizen en zorginstellingen een Crib 5 standaard geëist wordt en voor psychiatrische instellingen Crib 7. Uit de gesprekken met de verschillende instanties blijkt hier echter niet altijd consensus over te zijn. Het is onduidelijk of brandveiligheid wordt geëist voor alle zorgmatrassen. Brandveiligheidseisen gelden mogelijk ook voor recreatiematrassen; hiervoor is beperkt informatie beschikbaar. Wel zijn er brandvertragers aangetroffen in hotelmatrassen (zie paragraaf 5.2). Stoffen en materialen die toegepast worden om de matrassen brandveilig te maken kunnen uiteindelijk ook in de recycling terecht komen, hiermee dient rekening te worden gehouden indien deze stoffen risico’s opleveren voor werknemers in de recycling of voor mens en milieu wanneer deze eindigen in gerecyclede producten.

Bijlage 2 bij hoofdstuk 5 Aanwezigheid en risico's van chemische stoffen in polyurethaanschuim en het recyclingproduct

5.1 productie van polyurethaanschuim

Polyurethaanschuimen kunnen worden onderverdeeld in harde en zachte (flexibele) schuimen. Harde schuimen zijn rigide en worden toegepast in bijvoorbeeld isolatiemateriaal. Zachte schuimen zijn elastisch en worden toegepast in onder meer autozittingen, kussens en matrassen. De primaire grondstoffen voor polyurethaanschuim zijn polyolen en diisocyanaten. Bij de productie van schuim reageren de diisocyanaten met reactieve hydroxyl groepen van polyolen waarna deze middels urethaan (carbamaat) verbindingen gebonden zijn (Brereton et al., 2019). Dit proces vormt de basis voor de productie van polyurethaan en hier komt ook de naam vandaan (Figuur 1).
De diisocyanaten kunnen ook reageren met amines en water waarna ureumverbindingen ontstaan. Bij de reactie met water ontstaat koolstofdioxide, welk fungeert als blaasmiddel tijdens de productie van het schuim. Doordat zowel de urethaan- als ureumverbindingen nog reactieve groepen bevatten, kan cross-linking plaats vinden met overgebleven diisocyanaten. De hoeveelheid cross-linking bepaalt uiteindelijk de flexibiliteit van een schuim, op basis van de samenstelling aan polyolen en diisocyanaten kan dit aangepast worden.



Figuur 1 De productie van polyurethaan waarbij (di)isocyanaten en polyolen met elkaar reageren (Brereton et al., 2019).

De polyolen en diisocyanaten worden gemengd in een zogenaamde 'mixing head'. Aan dit mengsel worden additieven toegevoegd om het productieproces te laten verlopen, te versnellen of specifieke materiaaleigenschappen te creëren. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld antioxidanten, blaasmiddelen, katalysatoren, kleurstoffen en vulmiddelen maar ook water en koolstofdioxide. Na menging wordt het mengsel op een lopende band gegoten waarna het rijst tot schuim. De transformatie van vloeistof tot schuim is het gevolg van de chemische reactie van zowel de polyolen als water met de diisocyanaten. De eerste leidt tot polymerisatie en daarmee vorming van het materiaal terwijl de tweede leidt tot de productie van koolstofdioxide, dit fungeert als blaasmiddel en zorgt voor het rijzen. Hierna vindt er een uithardingsstap plaats, afhankelijk van de

samenstelling kan de uithardingstemperatuur verschillen. Als laatste stap worden de schuimen gekoeld en op maat gesneden.

Afhankelijk van de toepassing en de productiemethode kan de samenstelling van het vloeibare mengsel en het polyurethaan verschillen. Ook binnen het segment matrassen kan de samenstelling verschillen, bijvoorbeeld op basis van de gewenste producteigenschappen (denk aan onder andere stevigheid, vochtregulatie, en levensduur) maar ook op basis van de toepassing (consumentenmatras, recreatiematras, zorgmatras). Dit betekent dat het gebruik van stoffen ook kan variëren. Het gebruik van deze stoffen wordt hieronder besproken.

Hoofdbestanddelen
Zoals eerder benoemd zijn de hoofdbestanddelen van polyurethaanschuim diisocyanaten, polyolen en water. Deze stoffen reageren met elkaar en komen in het uitgeharde product niet of nauwelijks meer voor als residu. Het TDI dat toegepast wordt bestaat uit een mengsel van 2 isomeren, 2,4-tolueendi-isocyanaat (CAS nr: 584-84-9) en 2,6-tolueendi-isocyanaat (CAS nr: 91-08-7). In de literatuur betreft dit vaak een mengsel van het 2,4 en 2,6-isomeer in de verhouding van respectievelijk 80:20, ook wel TDI 80:20 genoemd (Deliege and Nijdam, 1998, Udumbasseri, 2018). Het mengsel is commercieel echter ook verkrijgbaar als TDI 65:35 (2,4-isomeer:2,6-isomeer), al wordt dit laatste veelal gebruikt voor technische schuimen. Dit mengsel, en eventueel andere verhoudingen, kunnen ook gebruikt worden voor de productie van polyurethaan. Circa 80% van het TDI wordt in Europa en Scandinavië toegepast voor de productie van polyurethaan (Christensen et al., 2014).

Naast TDI kan ook MDI toegepast worden in flexibele schuimen. Geschat wordt dat 10% van het MDI toegepast wordt in flexibel schuim bestemd voor bijvoorbeeld meubels en matrassen (Christensen et al., 2014). Het is niet bekend welk isomeer voornamelijk toegepast en in welke vorm (als monomeer, polymeer of een mengsel van beide). Commercieel wordt 4,4'-difenylmethaandi-isocyanaat (CAS nr: 101-68-8) voornamelijk toegepast, dit isomeer wordt voor 100.000 ton of meer per jaar geïmporteerd of geproduceerd in de EER (ECHA, 2021h). Ook 2,4'-difenylmethaandi-isocyanaat (CAS nr: 5873-54-1) kan worden toegepast, al is de import en productie in de EER minder (tussen 10.000 en 100.000 ton per jaar) (ECHA, 2021j).

Diverse polyolen kunnen worden toegepast in polyurethaan. Polyolen kenmerken zich als stoffen met minstens twee alcoholgroepen. De meest gebruikte polyolen bestaan uit meerdere ester of ether verbindingen, respectievelijk de polyester of polyether polyolen; voornamelijk de laatste worden toegepast voor de productie van flexibele schuimen (Auping B.V., 2020). Voor de productie van deze polyolen wordt vaak propyleenoxide en ethyleenoxide chemisch gebonden aan een ‘startermolecuul’ (Brereton et al., 2019). Dit kunnen diverse moleculen zijn zoals bijvoorbeeld ethyleenglycol, glycerol en sorbitol (Auping B.V., 2020, Brereton et al., 2019).

Katalysatoren
Katalysatoren worden voornamelijk toegepast om het productieproces te versnellen en de polyolen en diisocyanaten uit te laten harden tot een schuim. Brereton et al. (2019) onderscheidt 3 soorten katalysatoren: 1) lewis basen, 2) lewis zuren en 3) insertion katalysatoren. De lewis basen bestaan voornamelijk uit (tertiaire) amines.

Er bestaan reactieve en niet reactieve tertiaire amines. Reactieve tertiaire amines bevatten een hydroxyl (-OH) of amino (-NH_2) groep waardoor ze meeregeren en vervolgens niet meer als stof aanwezig in het schuim. Niet reactieve tertiaire amines blijven in het schuim achter als stof.

Tertiaire amines die gebruikt kunnen worden voor polyurethaanschuim zijn onder andere tri-ethyleendiamine (TEDA/DABCO - CAS nr: 280-57-9), dimethylethanolamine (DMEA – CAS nr: 108-01-0),Bis(2-dimethylaminoethyl)ether (BDMAEE - Cas nr: 3033-62-3) en Iminobis(N,N-dimethylpropylamine) (Cas nr: 6711-48-4) (Brereton et al., 2019, Auping B.V., 2020). EUROPUR geeft aan dat een combinatie van TEDA/DABCO en BDMAEE momenteel het meest gebruikt wordt voor schuim dat wordt geleverd aan de comfort sector (inclusief matrassen)[39]. Daarnaast geeft EUROPUR aan dat het gebruik van DMEA over het laatste decenium sterk is afgenomen terwijl Iminobis(N,N-dimethylpropylamine) wordt toegepast in schuimen voor niche toepassingen. Het vroegere en/of huidig gebruik van DMEA en TEDA wordt verder bevestigd door Deliege and Nijdam (1998) en Udumbasseri (2018).

De lewis zuren genoemd in Brereton et al. (2019) betreft allen organotinverbindingen. Dibutyltindilauraat (CAS nr: 77-58-7) werd in het verleden veelvoudig toegepast maar is sinds 2009 volledig uitgefaseerd door de sector (EUROPUR, 2016). Vanuit REACH (Annex XVII) geldt sinds 2012 een beperking op het gebruik van dibutylverbindingen in artikelen, de concentratie mag niet hoger zijn dan 0,1% massaprocent aan tin (ECHA, 2021a). Het gebruik van een aantal andere organotinverbindingen is met deze restrictie ook beperkt. Een organotinverbinding waarvan het gebruik niet beperkt is, is dimethyltin dichloride (CAS nr: 753-73-1) (Brereton et al., 2019), al wordt aangegeven door EUROPUR dat deze niet toegepast wordt bij de productie van flexibele schuimen[39].
Een veel gebruikte hedendaagse tinverbinding is stannous octate (Cas nr: 301-10-0) (Deliege and Nijdam, 1998, de Kort, 2020). Dit betreft geen organotinverbinding. Voor sommige schuimen worden daarnaast zinkverbindingen toegepast als secundaire katalysator[39]. Brereton et al. (2019) benoemt de zinkverbindingen niet maar geeft wel aan dat er verschillende soorten organotin-verbindingen (oxides, sulfides, thiolaten) toegepast kunnen worden in polyurethaan, dit betreft de laatste groep katalysatoren (insertion catalysts).Welke verbindingen dit betreft en of deze ook in flexibel schuim worden toegepast, is onduidelijk.

[39] Persoonlijke communicatie EUROPUR (P. de Kort) - 2021

Blaasmiddelen
Blaasmiddelen worden toegepast om de structuur van het schuim te vormen tijdens het productieproces. Door de blaasmiddelen ontstaat de typische schuimstructuur met de relatieve lage dichtheid ten opzichte van de oorspronkelijke vloeistof. Tijdens de productie van polyurethaanschuim wordt koolstofdioxide gevormd door de reactie van water met diisocyanaten, dit koolstofdioxide fungeert als blaasmiddel (Brereton et al., 2019). Het gebruik van koolstofdioxide als blaasmiddel wordt bevestigd door EUROPUR (EUROPUR, 2020b). Voor de productie van zachte schuimen met een zeer lage dichtheid kan extra koolstofdioxide toegevoegd worden (EUROPUR, 2020b). Stoffen als dichloormethaan (CAS nr: 75-09-2), trichloorfluormethaan (CAS nr: 75-69-4) en aceton (CAS nr: 67-64-1) kunnen ook toegepast worden als blaasmiddel voor de productie van schuimen met een zeer lage dichtheid (Udumbasseri, 2018, Brereton et al., 2019).Deze stoffen vormen een grotere belasting voor het milieu dan water, zo is trichloorfluormethaan bijvoorbeeld bekend als een stof die de ozonlaag afbreekt. Het gebruik van deze stof wordt hedendaags niet meer toegepast als blaasmiddel vanwege internationale afspraken vastgelegd in het Montreal Protocol. Het gebruik van dichloormethaan is echter niet beperkt vanuit dit verdrag. Volgens EUROPUR worden dergelijke blaasmiddelen niet meer gebruikt in Nederlandse productielocaties van schuim en wordt in Europa dichloormethaan als blaasmiddel in een steeds geringer aantal productielocaties gebruikt[40]. Ook wordt aangevuld dat aceton bij de Europese productie niet toegestaan is vanwege explosiegevaar.

Stabilisatoren
Stabilisatoren kunnen meerdere functies in de productie van polyurethaan hebben, waaronder het verlagen van de oppervlaktespanning (oppervlakte-actieve stof), het emulsiferen (mengen) van moeilijk oplosbare stoffen (emulgator), het voorkomen van oxidatie van het schuim (antioxidant) en het stabiliseren van schuim tijdens het rijzen (Poliuretanos, 2021b). In het verre verleden werden verscheidene organische verbindingen gedoseerd als oppervlakte-actieve stof (Poliuretanos, 2021b). In de jaren 50 van de vorige eeuw werden echter polyxilosanen (siliconen) ontwikkeld, dit heeft geleid tot substitutie van de organische verbindingen (Hasan et al., 2016). Siliconen worden hedendaags nog steeds toegepast in polyurethaan (Zhang et al., 1999, Brereton et al., 2019). Volgens Poliuretanos (2021b) worden voornamelijk copolymeren bestaande uit het silicoon polydimethylsiloxaan (PDMS – CAS nr: 63148-62-9) en polyethyleen (CAS nr: 9002-88-4) toegepast als oppervlakte-actieve stof in flexibele schuimen.
EUROPUR geeft aan dat antioxidanten meestal al aanwezig zijn in het polyol mengsel dat toegepast wordt[40]. Als antioxidant kunnen difenylamine (CAS nr: 122-39-4) en derivaten worden toegepast in polyurethaanschuim voor matrassen (Deliege and Nijdam, 1998). Brereton et al. (2019) benoemt daarnaast nog vele andere stofgroepen die kunnen dienen als antioxidant in flexibele schuimen, het is niet duidelijk of deze ook voorkomen in matrassen. Dit geldt ook voor UV-stabilisatoren en stabilisatoren tegen hydrolyse, deze stoffen beschermen het schuim tegen degradatie als gevolg van respectievelijk

[40] Persoonlijke communicatie EUROPUR (P. de Kort) - 2021

UV licht en hydrolyse. Het is niet de verwachting dat UV-stabilisatoren worden toegepast in schuim bedoeld voor matrassen, voornamelijk omdat matrassen niet continue onderhevig zijn aan direct UV licht. Mogelijk worden wel stabilisatoren tegen hydrolyse toegepast wanneer polyester gebaseerd polyol wordt gebruikt; polyester polyurethaan kan hydrolyseren als gevolg van de opname van water, bijvoorbeeld als zweet in het polyurethaanschuim trekt. Deze duurdere polyesther polyolen worden normaliter niet gebruikt voor de productie van matrasschuim. Het schuim in matrassen wordt gemaakt van polyether polyolen, deze hebben een hoge hydrolytische stabiliteit (Brereton et al., 2019). Het gebruik van deze stoffen zal daarom beperkt zijn.

Kleurstoffen
Kleurstoffen worden toegepast voor esthetische redenen. Polyurethaanschuim komt in allerlei kleuren voor maar de meeste ingezamelde schuimen van matrassen zijn wit tot geel gekleurd. Het gele schuim kan initieel zowel geel gekleurd zijn als wit en verkleurd over de tijd (Partners in Chemicals, 2017). Een stof die voor een witte kleur kan zorgen is titaniumdioxide (Brereton et al., 2019). Titaniumdioxide (CAS nr: 13463-67-7) wordt ook in andere consumentenproducten toegepast als kleurstof, zoals in voedingsmiddelen en verf. Er zijn ook andere anorganische stoffen, zoals ijzeroxide en chroomoxides, en organische stoffen, zoals azokleurstoffen, dioxazines en carbon black, die toegepast kunnen worden als kleurstof (Brereton et al., 2019). Of deze daadwerkelijk toegepast worden bij de productie van matrasschuimen is niet aannemelijk, vooral omdat de kleuren van deze stoffen afwijken van de reguliere kleur van schuimen uit ontmantelde matrassen. Daarnaast is het gebruik van azokleurstoffen discutabel aangezien sommige azokleurstoffen aangemerkt zijn als SVHC binnen REACH (RIVM, 2020). EUROPUR geeft aan dat dioxazines zover bekend niet toegepast worden bij de productie van flexibel schuim[41].

Vulmiddelen
Vulmiddelen worden toegepast om de hardheid van een matras te verhogen. Dit kan bevorderlijk zijn voor de product eigenschappen. Zowel organische als anorganische stoffen kunnen toegevoegd worden. Volgens EUROPUR wordt enkel calciumcarbonaat (CAS nr: 471-34-1) als vulmiddel gebruikt in matrasschuimen (EUROPUR, 2020b). Dit vanwege de hogere kosten van het gebruik van andere stoffen. In de literatuur worden onder meer bariumsulfaat (CAS nr: 7727-43-7), kaoliniet (CAS nr: 207-439-9) en aluminium silicaten als alternatieve vulmiddelen genoemd (Usman et al., 2012, Poliuretanos, 2021a). Het gebruik van organische stoffen betreft voornamelijk stoffen die ook brandvertragend werken (Poliuretanos, 2021a), deze hebben een additionele functie en worden hieronder verder benoemd.

Oplosmiddelen
Oplosmiddelen worden toegepast om vaste additieven op te laten lossen of in dispersie te brengen, dit geldt onder meer voor kleurstoffen. Bij voorkeur worden door de sector echter vloeibare additieven toegepast (EUROPUR, 2020b). Indien nodig worden als oplosmiddel doorgaans

[41] Persoonlijke communicatie EUROPUR (P. de Kort) - 2021

alcoholen gebruikt, zoals propyleen glycol en ethyleen glycol (CAS nr: 57-55-6) (EUROPUR, 2020b).

Brandvertragers
Dit type stoffen wordt toegepast om te voorkomen dat een materiaal vlam vat of om het proces van vlam vatten te vertragen. Deze stoffen worden gebruikt in polyurethaan dat dient te voldoen aan brandveiligheidseisen, dit kunnen zowel wettelijke als eisen vanuit de afnemer zijn. Er zijn twee type brandvertragers 1) additieve brandvertragers en 2) reactieve brandvertragers. Additieve brandvertragers worden, zoals de naam weergeeft, toegevoegd als additief en zijn als zodanig aanwezig in het materiaal. Reactieve brandvertragerzijn daarentegen covalent (chemisch) gebonden aan het materiaal en zijn dus niet meer als stof te vinden in het materiaal. Het gebruik van additieve brandvertragers heeft als voordeel dat het toevoegen gemakkelijker is tijdens het proces aangezien chemische binding geen vereiste is, het nadeel is wel dat deze brandvertragers tot op zekere hoogte zouden kunnen migreren uit het materiaal.

Brandvertragers kunnen op basis van de chemische samenstelling verder worden onderverdeeld. Veel hedendaags gebruikte brandvertragers zijn gechlorineerde, stikstofhoudende en fosforhoudende brandvertragers Daarnaast zijn gebromeerde brandvertragers ook in het verleden gebruikt.
Ook minerale (anorganische) brandvertragers kunnen gebruikt worden in polyurethaan applicaties, dit betreft bijvoorbeeld aluminiumhydroxide (CAS nr: 21645-51-2) en magnesiumhydroxide (CAS nr: 1309-42-8) (Brereton et al., 2019), al wordt door EUROPUR aangevuld dat deze niet gebruikt worden in flexibel schuim vanwege de hoge concentraties die benodigd zijn en de bijbehorende nadelige effecten op de fysisch/mechanische eigenschappen[42].

In matrasschuimen bestemd voor het Verenigd Koninkrijk wordt doorgaans het gechlorineerde fosfaatester TCPP (CAS nr: 13674-84-5) in combinatie met het stikstofhoudende melamine (CAS nr:108-78-1) toegepast, in hoge concentraties van circa 10-20% massaprocent (U.S. EPA, 2015, Morgan and Wilkie, 2014, EUROPUR, 2020b). Het gebruik van TCPP (Tris(1-chloor-2-propyl)fosfaat) in polyurethaanschuim wordt in de toekomst mogelijk beperkt. Voor TCPP loopt er nog onderzoek of de stof kankerverwekkend is. Hier wordt verder op ingegaan in de bijlage behorende bij paragraaf 5.2 (bespreking meetresultaten).

De mogelijke beperking geldt ook voor andere gechlorineerde fosfaatesters TCEP (Tris(2-chloorethyl)fosfaat) en TDCP (Tris(1,3-dichloor-2-propyl)fosfaat). TCEP (CAS nr: 115-96-8) is geclassificeerd als verdacht carcinogeen en als SVHC vanwege de mogelijke effecten op de menselijke voortplanting. Voor het gebruik van TCEP in de EER is autorisatie vereist, volgens ECHA wordt TCEP echter niet geproduceerd in de EER of ernaartoe geïmporteerd (ECHA, 2021k). Daarnaast is er geen autorisatie aangevraagd. TCEP is in het verleden wel toegepast als brandvertrager in polyurethaanschuimen bestemd voor de Europese

[42] Persoonlijke communicatie EUROPUR (P. de Kort) - 2021

Unie, hedendaags komt de stof enkel nog voor in geïmporteerde artikelen of als vervuiling in andere toegepaste brandvertragers (ECHA, 2018). Voor de Europese markt neemt het gebruik van TCEP sinds de jaren 80 al af door het gebruik van alternatieve brandvertragers (Verbruggen et al., 2006).

TDCP (CAS nr: 13674-87-8) is duurder dan TCPP en wordt voornamelijk in polyurethaanschuim voor de automotive sector gebruikt (ECHA, 2018, Verbruggen et al., 2006).

Naast voorgenoemde brandvertragers zijn er ook andere fosfaathoudende verbindingen die in polyurethaan schuimen kunnen worden toegepast zoals bijvoorbeeld trifenylfosfaat (TPHP, CAS nr: 115-86-6) (Cooper et al., 2016, U.S. EPA, 2015).

In het verleden werden ook broomhoudende brandvertragers toegepast. Dit betrof het gebruik van pentaBDE in flexibel polyurethaanschuim, onder meer bestemd voor matrassen (European Comission, 2000). PentaBDE is een polygebromineerd diphenyl-ether (PBDE) en het gebruik is sinds 2004 verboden onder het verdrag van Stockholm(EU Regulation, 2004). Op basis van de literatuur zijn er geen indicaties dat andere PBDEs, of andere gebromineerde brandvertragers , zoals polygebromeerde bifenylen (CAS nr: 59536-65-1), zijn gebruikt in flexibel polyurethaanschuim (Jinhui et al., 2017).
EUROPUR (2020) geeft met betrekking tot PBDEs in schuim aan dat louter PentaBDE (CAS nr: 32534-81-9) in verleden gebruikt werd in schuimen, maar dan vooral in de Verenigde Staten[43]. In Europa zijn voor een korte periode in de jaren 90 reactieve gebromineerde brandvertragers gebruikt door de leden van EUROPUR maar geen PentaBDE.

Weekmakers
Dit type stoffen kan worden toegepast om de viscositeit van additieven te verlagen of additieven op te lossen. Dit vergemakkelijkt de verwerking van het mengsel. Daarnaast is in het verleden gebruik gemaakt van weekmakers om de hardheid van schuim te verlagen. Onder meer ftalaten en benzoaten kunnen toegepast worden als weekmaker (Poliuretanos, 2021a). Het gebruik van een aantal ftalaten in polyurethaanschuimen en andere producten is door wetgeving al deel beperkt. EUROPUR geeft daarnaast aan dat het gebruik van weekmakers zeer beperkt is door gebruik van alternatieve oplosmiddelen en aanpassingen in de samenstellingen en het productieproces[43].
Voor ftalaten geldt sinds 2005 vanuit de REACH-verordening een beperking (0,1% massaprocent) op het gebruik van een drietal stoffen in speelgoed- en kinderverzorgingsartikelen, dit omvat bis(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP), dibutylftalaat (DBP) en benzylbutylftalaat (BBP) (ECHA, 2021d). Voor een drietal andere ftalaten geldt deze beperking enkel voor speelgoed- en kinderverzorgingsartikelen welke door kinderen in de mond gestopt kunnen worden, dit betreft diisononylftalaat (DINP, CAS nr: 28553-12-0), diisodecylftalaat (DIDP, CAS nr: 26761-40-0) en di-n-octylftlaat (DNOP, CAS nr: 117-84-0).

[43] Persoonlijke communicatie EUROPUR (P. de Kort) - 2021

Sinds juli 2020 is de het gebruik van DEHP (Cas nr: 117-81-7), DBP (CAS nr: 84-74-2), BBP (CAS nr: 84-74-2) en DIBP (di-isobutylftalaat, CAS nr: 84-69-5) verder beperkt; deze stoffen mogen niet voorkomen in concentraties groter of gelijk aan 0,1% massaprocent in weekgemaakte materialen in voorwerpen (EU Regulation, 2018). Uitzonderingen gelden voor een aantal voorwerpen, hier vallen matrassen niet onder. Ook staan een aantal andere ftalaten op de REACH kandidaatslijst van SVHC voor autorisatie (ECHA, 2021f). Het gebruik van deze stoffen in concentraties hoger dan 0,1% massaprocent is toegelaten, er geldt echter wel een meldingsplicht aan ECHA en daarnaast dienen afnemers te worden geïnformeerd over de aanwezigheid en veilig gebruik van het voorwerp.

5.2 Aanwezigheid en gevaren van chemische stoffen in polyurethaanschuim en gerecyclede producten

5.2.1. Polyurethaanschuim

Onderzoek 1 – Stiftung Warentest

De meeste stoffen zijn eenmalig aangetroffen boven de detectiegrens van de meetapparatuur. Deze worden hier kort benoemd:

- Acetyltributylcitraat kan als weekmaker toegepast worden in consumentenproducten en wordt gezien als veilig alternatief voor ftalaten (Babich, 2010, Wypych, 2004).
- Di-ethylftalaat (DEP) wordt voornamelijk gebruikt als oplosmiddel in consumentenproducten (SCCNFP, 2002). Er is geen informatie gevonden over het gebruik van DEP in matrassen.
- Di-isobutylftalaat (DIBP) kan worden toegepast als weekmaker. Het gebruik van DIBP kan op basis van informatie uit de literatuur niet gelinkt worden aan polyurethaanschuim (ECHA, 2010, Maag and COWI., 2009), al is het wel aangetroffen in rebonded foam (zie paragraaf 5.2.2). Daarnaast kan DIBP ook worden toegepast ter substitutie van dibutylftalaat (DBP) door soortgelijke stofeigenschappen, DBP heeft ook een groot aantal toepassingen. Het gebruik van DIBP is beperkt vanuit REACH; vanaf juli 2020 mag de concentratie in weekgemaakte producten niet hoger zijn dan 0,1% massaprocent (ECHA, 2021d).
- Fenol is vooral bekend vanwege de desinfecterende eigenschappen. Daarnaast wordt fenol ook toegepast om brandvertragers te synthetiseren, zo is het de bouwstof voor onder andere de brandvertrager TPHP (WHO, 1991). Daarnaast kan TPHP degraderen wat kan leiden tot fenol emissies.
- Trifenylfosfaat (TPHP) is een brandvertrager en kan worden toegepast in polyurethaan schuim (U.S. EPA, 2015).

Op DIBP na zijn geen van vijf voorgenoemde stoffen in een concentratie boven 0,1% massaprocent aangetroffen. Het feit dat deze stoffen eenmalig en in lage concentraties zijn aangetroffen lijkt te duiden dat de stoffen in hedendaagse consumentenmatrassen in uitzonderlijke gevallen aanwezig zijn. Voor DIBP geldt dat de restrictie rekening houdt met het gebruik.

Permethrin en Tris(1-chloor-2-propyl)fosfaat (TCPP) zijn daarentegen vaker aangetroffen. Permethrin is een insecticide en wordt naar verwachting voornamelijk gebruikt in de tijken (zie hoofdstuk 7 over textiel). Geïmpregneerde tijken met permethrin zijn beschikbaar voor verkoop maar zijn controversieel door de toename van resistentie van insecten (Doggett et al., 2018, Jones et al., 2013). Mogelijk worden sommige matrassen ook geïmpregneerd om de aanwezigheid van insecten in de matrassen tijdens het vervoer te voorkomen. Dit zal voornamelijk het geval zijn bij matrassen die geïmporteerd worden uit het buitenland. De zeer lage concentraties aan permethrin die gevonden zijn lijken niet aan te tonen dat permethrin in substantiële concentraties (>0,1 % massaprocent) aanwezig is in matrassen.

TCPP is een gechloreerde brandvertrager die in polyurethaanschuim toegepast kan worden. TCPP wordt in zachte schuimen (waaronder matrassen) toegepast in concentraties tussen 2,5-14% met een gemiddelde concentratie van 8-10% massaprocent (European Union,

2008). Hierbij vult EUROPUR aan dat circa 8-10% massaprocent toegepast wordt in matrassen wanneer voldaan moet worden aan brandveiligheidseisen van het Verenigd Koninkrijk en Ierland; voor continentaal Europa zijn de brandveiligheidseisen beperkt tot matrassen die in de zorg- en recreatiesector gebruikt worden en zijn deze eisen minder strikt waardoor lagere concentraties gebruikt worden. In twee matrassen (van hetzelfde type) werd een concentratie hoger dan 0,1% massaprocent gemeten, dit waren concentraties van 2500 mg/kg (0,25% massaprocent) en 3900 mg/kg (0,39% massaprocent). Bij deze matrassen werd vermeld dat de producent brandvertragers gebruikt omdat brandvertragende eigenschappen gewenst zijn bij gebruik in hotels en ziekenhuizen, dit betreft daarom naar verwachting geen matrassen voor consumentengebruik. In de andere matrasmonsters waar TCPP werd aantroffen betrof het concentraties rond de detectiegrens van de meetmethode. Het gebruik van TCPP als brandvertrager in deze matrasmonsters wordt daarom niet reëel geschat. Daar TCPP in het gros van de geteste consumentenmatrassen niet is aangetoond, wordt het gebruik in consumentenmatrassen voor de Duitse markt uitgesloten. Omdat zowel Duitsland als Nederland geen wetgeving en eisen heeft voor brandveiligheid van consumentenmatrassen, en EUROPUR aangegeven heeft dat brandvertragers niet worden toegepast in polyurethaanschuim voor consumentenmatrassen voor de Nederlandse markt, wordt er verwacht dat TCPP, op spoorvervuiling na, ook niet voorkomt in consumentenmatrassen voor de Nederlandse markt. Incidenteel kunnen brandvertragers wel in hogere concentraties aanwezig in consumentenmatrassen bij aanschaf van matrassen uit landen met strengere wetgeving (bijvoorbeeld het Verenigd Koninkrijk). Mogelijk komt TCPP wel frequent voor in matrassen bestemd voor andere doeleinden, zoals recreatiematrassen en zorgmatrassen.

Momenteel wordt de schadelijkheid van TCPP nader bestudeerd. In 2018 is door ECHA een screening report uitgebracht om voor de brandvertrager TCEP te bepalen of het gebruik in voorwerpen zou moeten worden verboden. Dit om de risico’s voor mens en milieu af te dekken indien dit niet voldoende het geval was. Gezien de soortgelijke mogelijke gebruiken en gelijkenissen in chemische structuur is toen besloten een screening rapport op te stellen voor de brandvertrager TCEP, TCPP, en TDCP (ECHA, 2018). Uit de studie kwam naar voren dat TCPP mogelijk kankerverwekkend is en dat er risico’s voor kinderen zijn door blootstelling aan alle drie de stoffen via polyurethaanschuim in kinderartikelen en meubels. Hierop volgend is een restrictievoorstel voorbereid voor het op de markt brengen van kinderartikelen en gestoffeerd meubilair met polyurethaanschuim met daarin de drie gechloreerde brandvertragers. De restrictie gold ook voor onder andere kindermatrassen en mogelijk matrassen voor volwassen (ECHA, 2019). In 2019 zou het voorstel voor een restrictie ingediend worden, echter de aanvraag is (tijdelijk) ingetrokken omdat er nog onderzoeken lopen naar de carcinogeniteit van TCPP. De US National Toxicology Program (NTP) heeft studies uitgevoerd om de carcinogeniteit van TCPP te bepalen. De ruwe data is momenteel beschikbaar, echter het rapport met daarin de conclusies is nog niet vrijgegeven. De resultaten van het rapport zullen in grote mate bepalen of er verdere regelgeving komt voor het gebruik van TCPP.

5.2.1. Rebonded foam

Onderzoek 1 - Europur

GC-MS metingen

Zowel fenantreen als formamide komen enkel in één van de tien monsters voor. Fenantreen is een polycyclische aromatische koolstof (PAK) welke in zeer lage concentraties is gemeten (2,5 mg/kg). De aanwezigheid van deze stof kan niet direct gerelateerd worden aan de productie van het rebonded foam. Fenantreen wordt onder meer toegepast in de productie van harsen en pesticiden (Abdel-Shafy and Mansour, 2016). EUROPUR geeft aan dat fenantreen, net als andere polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) gevonden kan worden in het pigment carbon black, echter het gebruik van deze kleurstof in matrasschuimen is zeer beperkt. Ook vervuiling tijdens de levensduur kan de aanwezigheid verklaren, zo kan de stof zich bevinden in sigarettenrook. Langere tijd geleden is formamide ook aangeduid als oplosmiddel met een katalytische werking voor de productie van polyurethaan (Kuryla, 1965), echter de stof wordt in hedendaagse literatuur over de productie van polyurethaan niet besproken (Brereton et al., 2019). Het feit dat deze stoffen eenmalig zijn aangetroffen in rebonded foam en in lage concentraties lijkt te duiden dat de stoffen in rebonded foam niet tot nauwelijks voorkomen.

De siloxanen D4, D5 en D6 zijn in lage concentraties gemeten, echter deze stoffen worden in een groot deel van de monsters wel aangetroffen. Indien aangetroffen werden de stoffen in elk monster in concentraties van <5 mg/kg gevonden. In het rebonded foam komen ze naar verwachting voor door het gebruik van siliconen als oppervlakte-actieve stof in polyurethaanschuim. Mogelijk komen de siloxanen vrij door verhitting tijdens de productie (stomen) van het rebonded foam of als gevolg van de meetmethode waarbij het materiaal voor 30 minuten wordt verhit tot een temperatuur van 120 °C. Voor D4 en D5 geldt momenteel enkel een beperkt gebruik voor zogenaamde cosmetische producten die kunnen worden afgewassen, deze producten komen slechts kortdurend in aanraking met de huid (ECHA, 2021e). Het gebruik hiervan in andere toepassingen is nog wel toegestaan, wel geldt hiervoor de informatieplicht bij gebruik in concentraties ≥0,1% massaprocent. Er wordt momenteel ook gewerkt aan een voorstel voor D4 om deze te includeren in het verdrag van Stockholm (ECHA, 2021g).

Zoals eerder aangegeven wordt TCEP niet meer toegepast in polyurethaanschuim maar is het nog wel aanwezig als gevolg van het gebruik in het verleden. Het feit dat TCEP in 80% van de monsters is aangetroffen geeft wel aan dat deze stof regelmatig in rebonded foam voorkomt. Omdat brandvertragers in hoge concentraties worden toegevoegd aan schuimen, is het aannemelijk dat er een menging heeft plaatsgevonden van brandvertragend en niet-brandvertragend schuim.

Ook de ftalaten, DBP en DIBP, zullen op basis van de analyses vaak gevonden worden in rebonded foam, al zijn relatief lage concentraties gemeten. Deze stoffen zouden kunnen zijn gebruikt tijdens de productie, echter is het ook mogelijk dat deze pas gedurende de levensfase van het matras in het product zijn gekomen. Deze stoffen werden als weekmakers in hoge concentraties gebruikt in PVC (gemiddeld 30%) en worden aangetroffen in de lucht van binnenruimtes (ECHA, 2016a,

ECHA, 2016b). Dit kan het gevolg zijn van het gebruik van consumentenproducten met PVC zoals vinyl vloeren. Het is aannemelijk dat dergelijke semi-vluchtige stoffen worden geabsorbeerd door andere oppervlakten waaronder flexibel polyurethaanschuim.
Ook voor deze stofgroep is geen aanvullend onderzoek gedaan omdat men op basis van de resultaten het voorkomen boven de 1000 mg/kg kan uitsluiten. Zoals aangegeven in de aanvullende informatie op paragraaf 5.1 mogen deze weekmakers niet in artikelen voorkomen in concentraties ≥0,1% massaprocent.

Met de GC-MS en LC-MS metingen is de aanwezigheid van zowel niet-vluchtige, semi-vluchtige als vluchtige organische stoffen bepaald. In totaal 93 vluchtige en semi-vluchtige organische stoffen zijn gescreend met GC-MS en 27 met LC-MS (ten tijde van 16-01-2020) van de in totaal 211 SVHC (ten tijde van 02-01-2021). In totaal 8 stoffen zijn daadwerkelijk aangetoond. Dit betekent dat een groot deel van de organische SVHC niet zijn aangetroffen, waaronder meerdere ftalaten en polycyclische aromatische koolstofverbindingen (PAKs). Dit betekent echter ook dat een deel van de (anorganische) SVHC niet gemeten zijn.

XRF-metingen
De metalen cadmium, tantaal en zirkonium zijn in een beperkt aantal monsters aangetroffen en in relatief lage concentraties. Het is hierdoor niet te verwachten dat stoffen die deze elementen bevatten veel voorkomen in afgedankt polyurethaanschuim van matrassen. Voor cadmium geldt vanuit REACH een verbod voor het gebruik in plastics, waaronder polyurethaan. In de verordening is vastgelegd dat voorwerpen gemaakt van plastics niet meer dan 0,01% massaprocent (100 mg/kg) cadmium mogen bevatten (ECHA, 2021b). Cadmium is daarnaast geclassificeerd als SVHC vanwege de bezwaarlijke stofeigenschappen. Cadmium is gevonden in één van de duplo metingen van een rebonded foam monster en zit onder de grens van de REACH-beperking, de aanwezigheid is echter wel opmerkelijk. ECHA heeft via de industrieën geïdentificeerd dat cadmiumverbindingen voornamelijk toegepast worden in plastics als pigment, het gebruik als stabilisator is voor PVC ook mogelijk, maar beperkt (ECHA, 2012). Ook hiervoor geldt dat cadmium niet mag worden toegepast in polyurethaan, daarnaast zijn de functionaliteiten van cadmium-pigmenten (bijvoorbeeld weersbestendigheid en hittebestendigheid) niet doelmatig voor matrassen en zullen deze niet toegepast zijn in matrasschuimen.

De andere elementen komen vaker voor. Hierbij vallen vooral de hoge concentraties calcium en chloor op. Het calcium kan afkomstig zijn van calciumcarbonaat, welke gebruikt wordt als vulmiddel in polyurethaanschuimen. Calciumcarbonaat is niet schadelijk en een veel toegepaste stof in onder meer bouwmaterialen en landbouw. De concentraties chloor worden niet verklaard door de aanwezigheid van de brandvertrager TCEP, deze is vele malen lager. Het chloor is mogelijk (deels) aanwezig door het gebruik van de brandvertrager TCPP in polyurethaanschuimen met specifieke eisen qua brandveiligheid. TCPP is echter niet meegenomen in de GC-MS metingen omdat TCPP geen SVHC is.

Het broom kan afkomstig zijn van gebromeerde brandvertragers die in het verleden gebruikt zijn, zoals PBDE's. Er geldt een vrijstelling voor de aanwezigheid van PBDE's opgenomen in de POP-verordening in voorwerpen en mengsels. Als onopzettelijke sporenverontreiniging mag in totaal 500 mg/kg van deze PBDE's in mengsels of voorwerpen voorkomen (EU Regulation, 2004). De gemeten concentraties in rebonded foam geven geen aanleiding dat de vrijstelling overschreden wordt.

Het gebruik van strontrium- en zinkverbindingen wordt niet specifiek genoemd in de literatuur over polyurethaanschuimproductie (Brereton et al., 2019). Mogelijk zijn deze elementen aanwezig als spoorelement door het gebruik bij de productie van andere bestanddelen, hierover is echter geen informatie beschikbaar. In een aantal patenten wordt strontium wel genoemd als katalysator voor de productie van polyol en polyurethaanschuim (Malanga et al., 2018, Eling, 2001). Opvallend is dat de stof in de meeste monsters is aangetroffen, echter wel in lage concentraties. De resultaten lijken aan te tonen dat strontium niet in hoge concentraties aanwezig is. De gemiddelde concentratie aan gemeten zink is vergeleken met strontium wel hoog. Dit komt voornamelijk door de uitschieter (7162 mg/kg), zonder deze uitschieter is de gemiddelde concentratie 39 mg/kg. Zoals aangegeven in de aanvulling op paragraaf 5.1 is het zink mogelijk afkomstig uit het polyurethaanschuim vanwege het gebruik als katalysator. Ook kan het zink afkomstig zijn van latexmatrassen welke zijn gemengd met polyurethaanschuimen bij de productie van rebonded foam. In latex (zie hoofdstuk 6) worden zinkverbindingen, zoals zinkoxide, zink-2-mercaptobenzothiazool (ZMBT) en zinkdiethyldithiocarbamaat (ZDEC), toegepast als vulkanisatiemiddel (Blackley, 1997). Door EUROPUR is echter aangegeven dat er geen latex bijgemengd is in de geanalyseerde rebonded foam monsters.

IJzer en tin zijn aangetoond in alle rebonded foam monsters. IJzer is mogelijk afkomstig van kleurstoffen gebruikt bij de rebonded foam productie. Dit is vaak in de vorm van ijzeroxide. Ook kan het ijzer afkomstig zijn van veren die verwijderd worden of van roestende veren in de matrassen, al zal roesten bij normaal gebruik beperkt zijn. Het aangetroffen tin zal afkomstig zijn van katalysatoren toegepast bij de productie van polyurethaanschuim. Dit kunnen de hedendaagse gebruikte tinverbindingen zijn, zoals stannous octoate, maar ook (organo-)tinverbindingen die in het verleden zijn toegepast, zoals dibutyltindilauraat. Zoals eerder aangegeven is het gebruik van dibutlverbindingen vanuit REACH beperkt (0,1% gewichtsprocent) vanwege de mogelijk nadelige effecten van het gebruik van de stoffen. De concentratielimiet die is opgenomen in deze beperking wordt echter niet overschreden. Daarnaast zijn organotinverbindingen ook als ZZS geclassificeerd vanwege de plaatsing op de OSPAR lijst van stoffen voor prioritaire actie.

Onderzoek 2 - Ikea
Drie isomeren van diaminodifenylmethaan (MDA) zijn aangetoond in het rebonded foam (2,2'-MDA, 2,4'-MDA en 4,4'-MDA). Zowel puur 4,4'-MDA als een mengsel van de 3 isomeren wordt gebruikt om MDI (methyleendifenyldi-isocyanaat) te synthetiseren welk als grondstof

dient voor de productie van polyurethaan (European Commission, 2000). Ook kan MDA afkomstig zijn van het bindmiddel wat gebruikt wordt voor de productie van rebonded foam (Ikea B.V, 2020). 4,4'-MDA is binnen REACH geclassificeerd als SVHC vanwege de bezwaarlijke stofeigenschappen. De stof is onder andere geclassificeerd als carcinogeen, mutageen en schadelijk voor organen (ECHA, 2021l). Voor de andere isomeren is binnen REACH geen informatie beschikbaar over de toxiciteit, mogelijk is dit gelijk aan 4,4'-MDA. Ikea heeft eigen concentratiegrenswaardes voor producten om aan te voldoen. De concentratie 2,4'-MDA overschrijdt deze interne grenswaarde, om deze reden heeft Ikea in overleg met de rebonded foam producent (Retourmatras) besloten een alternatief bindmiddel te gebruiken (Ikea B.V, 2020). De tien monsters van EUROPUR zijn ook geanalyseerd op de aanwezigheid van 4,4'-MDA, hier is de stof niet aangetroffen.

De brandvertragers TPHP en TCEP zijn naast dit monster ook aangetoond in respectievelijk de matrasmonsters geanalyseerd door de Duitse consumentenbond en de rebonded foam monsters geanalyseerd door EUROPUR. De concentratie TPHP is in dezelfde orde als het matrasmonster terwijl de concentratie TCEP soortgelijk is als de gemiddelde concentratie TCEP in de andere rebonded foam monsters. Dit toont aan dat beide stoffen ook op basis van dit monster niet verwacht worden in concentraties >0,1%. Monobutyltin en dibutyltin zijn naar verwachting afkomstig van de katalysatoren die toegepast worden in polyurethaanschuim. Beide zijn organotinverbindingen en daarmee ZZS vanwege opname in de OSPAR lijst voor prioritaire soorten. Voor monobutyltin is er vanuit literatuur niet direct een stof welk gerelateerd wordt aan de productie van polyurethaan. Mogelijk is monobutyltin het afbraakproduct van de analysemethode. Voor dibutyltin is dit anders, dibutyltindilauraat is een bekende katalysator voor de polyurethaanproductie. Deze stof is geclassificeerd als verdacht mutageen, schadelijk voor organen en toxisch voor de voortplanting (ECHA, 2021m). Zoals eerder aangegeven is het gebruik van deze tinverbinding door de sector al uitgefaseerd (EUROPUR, 2016, Ikea B.V, 2020). In 2012 is het gebruik van organotinverbindingen beperkt middels de REACH-verordening. Dibutylverbindingen mogen tot 0,1% massaprocent in mengsels en voorwerpen toegepast worden (ECHA, 2021a), de gemeten waarden blijven daar dus ver onder.

5.5 Risicobeoordeling gebruik rebonded foam

5.5.1. Risico's voor de consument

De uitgevoerde scenario's zijn:

1. Blootstelling bij gebruik TCEP in ondertapijt bij concentraties van 20 mg/kg
2. Blootstelling bij gebruik TCEP in ondertapijt bij concentraties van 1000 mg/kg (o.b.v. screening van CENTEXBEL)
3. Blootstelling bij gebruik TCPP in ondertapijt bij concentraties van 7474 mg/kg (o.b.v. gemiddelde concentratie chloor (bij aantreffen) gemeten in rebonded foam)
4. Blootstelling bij gebruik TCPP in ondertapijt bij concentraties van 18229 mg/kg (o.b.v. maximale concentratie chloor gemeten in rebonded foam)

Het eerste scenario is gelijk aan het scenario van EUROPUR. Het tweede scenario is gebaseerd op een hogere concentratie TCEP in rebonded foam. Van de screeningmethode, die is toegepast door het laboratorium om onder meer TCEP te kwantificeren in rebonded foam, is bekend dat deze niet geschikt is om de exacte concentraties aan stoffen te kwantificeren. Echter de analyseresultaten van de screeningmethode (niet bijgevoegd in dit rapport) tonen aan dat de concentratie TCEP in de rebonded foam monsters niet hoger was dan 1000 mg/kg. Deze waarde is toegepast als een worst-case concentratie.

Uit de XRF-metingen van EUROPUR blijkt verder dat chloor bij aantreffen in een gemiddelde concentratie van 2479 mg/kg gevonden werd en een maximale concentratie van 5919 mg/kg is aangetroffen. Hierbij is aangegeven dat ervanuit gegaan kan worden dat al het chloor afkomstig is van TCPP. Omdat het momenteel nog onduidelijk is of de stof carcinogeen is of niet en er daarmee mogelijk risico's zijn verbonden aan de blootstelling aan deze stof, is de blootstelling bepaald. Hiervoor zijn de concentraties chloor omgerekend naar concentraties TCPP. In het derde scenario is bepaald of er risico's zijn bij blootstelling aan TCPP op basis van de gemiddeld aangetroffen concentraties chloor. Als vierde scenario is bepaald of blootstelling aan TCPP op basis van de maximaal aangetroffen concentratie chloor risico's oplevert.

De hoeveelheid TCEP en TCPP waaraan gebruikers kunnen worden blootgesteld via inademing is getoetst aan de veilige drempelwaardes (DNEL – Derived No Effect Limit concentrations) voor de stoffen. De meest strenge drempelwaardes zijn afgeleid uit het screening rapport van ECHA en zijn als volgt (ECHA, 2018):

- TCEP: 11 µg/kg lichaamsgewicht/dag (DNEL op basis van carcinogeniteit)
- TCPP: 35 µg/kg lichaamsgewicht/dag (DNEL op basis van carcinogeniteit)

Bij langdurige (chronische) blootstelling aan concentraties TCEP lager dan bovenstaande blootstellingswaardes zijn risico's voldoende beheerst. Voortplantingstoxiciteit als eindpunt levert een hogere, en daarmee minder strenge, DNEL op. Daarom is de DNEL voor carcinogeniteit aangehouden in dit rapport. De risico's van een stof wordt bepaald aan de hand van de risicoquotiënt (RQ). De RQ wordt als volgt berekend:

$$Risicoquotient = \frac{Blootstellingswaarde\ \ (\mu g/kg\ lichaamsgewicht\ per\ dag)}{DNEL\ (\mu g/kg\ lichaamsgewicht\ per\ dag\ )}$$

Een RQ≥1 geeft aan dat er risico's zijn door de blootstelling aan een stof. Bij een RQ<1 geldt dat er in principe geen risico is bij blootstelling aan een stof. Hierbij dient wel rekening gehouden te worden dat de blootstelling aan meerdere stoffen met een soortgelijk toxisch effect met een RQ<1 opgeteld kan leiden tot een RQ≥1, in dat geval kunnen er ook risico's optreden door blootstelling aan meerdere stoffen (mengseltoxiciteit). Dit is het geval voor TCEP en TCPP (carcinogeniteit). Alle scenario's zijn uitgewerkt voor een continue blootstelling aan de stoffen (24 uur per dag)

De resultaten zijn als volgt:
Scenario 1 – TCEP in ondertapijt in concentraties van 20 mg/kg
Uit de modelstudie komt naar voren dat de blootstelling aan TCEP circa 0,0013 µg/kg lichaamsgewicht per dag bedraagt. Dit levert een RQ op van 0,00012. Hieruit blijkt dat er geen risico's optreden voor de consument bij blootstelling aan TCEP.

Scenario 2 – TCEP in ondertapijt in concentraties van 1000 mg/kg
Uit de modelstudie komt naar voren dat de blootstelling aan TCEP bij deze concentraties circa 0,064 µg/kg lichaamsgewicht per dag bedraagt. Dit levert een RQ op van 0,0058. Ook hieruit blijkt dat er geen risico's optreden bij continue blootstelling aan TCEP uit ondertapijt.

Scenario 3 – TCPP in ondertapijt in concentraties van 7474 mg/kg
Uit de modelstudie komt naar voren dat de blootstelling aan TCPP circa 0,56 µg/kg lichaamsgewicht per dag bedraagt. Dit levert een RQ op van 0,016. De RQ is ver beneden de 1, wat inhoudt dat er geen risico's optreden voor consumenten bij blootstelling.

Scenario 4 – TCPP in ondertapijt in concentraties van 18229 mg/kg
Uit de modelstudie komt naar voren dat de blootstelling aan TCPP circa 1,4 µg/kg lichaamsgewicht per dag bedraagt. Dit levert een RQ op van 0,04. Bij blootstelling aan deze concentraties TCPP worden ook geen risico's verwacht.

Ook door gecombineerde blootstelling aan TCEP en TCPP blijft de RQ onder de 1. Ook hier worden geen risico's voor verwacht.

Discussie
De modelsimulaties laten zien dat er geen risico's optreden. Hierbij geldt wel dat de daadwerkelijke blootstelling aan de stoffen in het echt anders kan zijn. Dit omdat modellen niet altijd de werkelijkheid kunnen nabootsen. Zo kunnen gebruikte gegevens te conservatief zijn maar ook het tegenovergestelde. Middels een gevoeligheidsanalyse kan gekeken worden wat het effect is van het wijzigen van modelparameters op de blootstelling. Denk bijvoorbeeld aan een wijziging in de blootstellingsduur, kamergrootte, verversingssnelheid van de lucht (ventilatie) en de partitie coëfficiënt (snelheid van uitdampen). Voor de eerste drie geldt dat er al een conservatieve benadering gekozen is. Aanpassing zal voornamelijk resulteren in lagere risicoquotiënten. Voor

de uitdamping geldt dat deze geschat is op basis van relatief weinig data. Mogelijk dat de stoffen sneller uitdampen, wat zal resulteren in een hogere blootstelling. Het is niet duidelijk of dit zal resulteren in een RQ>1. Wel geldt dat het model uitgaat van een volwassen persoon. Ondanks dat de resultaten worden uitgedrukt in een eenheid die onafhankelijk is van lichaamsgewicht, doet het model wel een aanname voor de ademhalingsfrequentie. Deze verschilt tussen bijvoorbeeld kinderen en volwassen, het wordt niet verwacht dat dit leidt tot een RQ>1.

Voor TCPP geldt dat hogere concentraties kunnen worden gevonden in matrassen met brandvertragers. Gelijke concentraties TCPP in rebonded foam als in matrassen zal ook niet leiden tot risico's. Bij bijvoorbeeld 10 massaprocent (100.000 mg/kg) TCPP in het rebonded foam is de RQ 0,22. Door vervlokking van het polyurethaanschuim en menging met andere matrassen (zonder brandvertragers) zullen deze concentraties echter niet homogeen voorkomen in het rebonded foam.

Het is ook mogelijk dat er blootstelling plaats vindt door meerdere toepassingen tegelijk. Bijvoorbeeld als gevolg van toepassing als ondertapijt en geluidsisolatie in een ruimte. Op basis van de toepassingen zal dit beperkt voorkomen, daarnaast wordt op basis van de huidige risico quotiënten niet verwacht dat de RQ hoger wordt dan 1.

Als laatste geldt dat niet voor alle gevaarlijke stoffen een risicoanalyse is uitgevoerd. De aanwezigheid en concentraties van andere SVHC geeft niet direct aanleiding dat hiervoor risico's zijn te verwachten, ook op basis van de prioriteringstool voor de gevaarseigenschappen. Twee stoffen scoren hoger dan TCEP in de prioriteringstool: 4,4'-MDA en dibutyltin dilauraat. De aanwezigheid van de SVHC 4,4'-MDA is mogelijk gelinkt aan het gebruik van bindmiddel bij de productie van rebonded foam. Op basis van de meetresultaten heeft een van de stakeholders de samenstelling van dit bindmiddel aangepast, nieuwe meetgegevens kunnen in dat geval aantonen dat de stof niet meer aanwezig is in nieuw geproduceerd rebonded foam. In de monsters van EUROPUR kwam 4,4'-MDA overigens niet voor.
Dibutyltin is aangetoond in één rebonded foam monster en in andere monsters is enkel tin aangetoond omdat de aanwezigheid van dibutyltin niet is onderzocht. Als de tinverbindingen (deels) afkomstig zijn van dibutyltindilauraat door het gebruik in het verleden, dan levert dit mogelijk risico's op. Het tin kan echter ook afkomstig zijn van tinkatalysatoren die hedendaags toegepast worden. Door het gebrek aan gegevens is er voor voorgenoemde stoffen geen risicobeoordeling uitgevoerd. Om te bepalen of een risicobeoordeling doelmatig is, dienen er meer gegevens beschikbaar te komen over de concentraties van deze stoffen in rebonded foam.

Bijlage 3 Methode prioriteringstool

Woutersen et al. (2016) scoort de gevaarseigenschappen op basis van een score voor de ernst van het effect en voor de potentie van de stof. Een stof kan voor beide maximaal 10 punten scoren, wat het totaal op 20 brengt. Hoe hoger de score, hoe gevaarlijker de stof. In tabel 1 is het scoringsysteem weergegeven. In totaal 5 eindpunten worden meegenomen in dit systeem, gebaseerd op de classificatie van de stoffen. De eindpunten hebben op basis van de ernst van het effect een score gekregen, waarbij de scores van de verschillende eindpunten worden opgeteld. De potentie is bepaald aan de hand van de laagste DNEL (Derived No Effect Level) of DMEL (Derived Minimal Effect Level), gebaseerd op chronische, systemische effecten op de algemene bevolking.

Tabel 1 Scoringssysteem voor prioritering van de gevaarseigenschappen (Woutersen et al., 2016).

Eindpunt	**Score**	**Potentie DN/MEL (mg/kg lichaamsgewicht*dag)**	**Score**
Carcinogeen	4	DN/MEL ≤ 10^{-5}	10
Mutageen	4	10^{-5} < DN/MEL ≤ 10^{-4}	9
Carcinogeen en Mutageen	4[a]	10^{-4} < DN/MEL ≤ 10^{-3}	8
Voortplantingstoxiciteit	3	0.001 < DN/MEL ≤ 0.01	7
Sensibilisatie van de luchtwegen	2	0.01 < DN/MEL ≤ 0.1	6
Huidsensibilisering	1	0.1 < DN/MEL ≤ 1	5
		1 < DN/MEL ≤ 10	4
		10 < DN/MEL ≤ 100	3
		100 < DN/MEL ≤ 1000	2
		DN/MEL > 1000	1
Maximaal	10	Maximaal	10

a: Indien een stof zowel carcinogeen als mutageen is, dan scoort de stof in totaal 4 voor beide.

In 2019 is een rapport uitgebracht waarbij het scoringssysteem is uitgebreid met een aantal eindpunten en gewijzigde scores voor de eindpunten (Woutersen et al., 2019). Hierbij worden 9 eindpunten meegenomen en kan een stof in totaal 32 punten scoren. De maximale score is zo hoog omdat de scores voor de eindpunten zijn verdubbeld ten opzichte van het rapport uit 2015, dit onder andere omdat de potentie score niet meegenomen is (Woutersen et al., 2019).

De scoringsmethodiek in dit rapport is gebaseerd op Woutersen et al. (2016) en uitgebreid met de eindpunten uit Woutersen et al. (2019). De scores voor de eindpunten worden gehalveerd ten opzichte van het rapport uit 2019 waardoor een stof maximaal 16 punten kan behalen. In combinatie met de score voor potentie kan een stof maximaal 26 punten krijgen. In Tabel 2 is een overzicht weergegeven van het systeem toegepast in dit rapport. Een verschil met de eindpunten uit Woutersen et al. (2019) is dat hormoonverstorend (endocrine disruptor) niet is

meegenomen. Dit komt omdat de gevaarseigenschappen van stoffen in dit rapport bepaald worden aan de hand van de classificatie en labelling van de stof in de Europese Unie en er voor hormoonverstoring momenteel nog geen classificatie systematiek vastgesteld is.

Tabel 2 Aangepast scoringssysteem voor prioritering van de gevaarseigenschappen. Een score wordt toegekend voor het totaal aan eindpunten, op basis van de classificaties, en de potentie, op basis van meeste strenge waarde voor de Derived No Effect Level (DNEL) of indien nodig de Derived Minimal Effect Level (DMEL).

Eindpunt	**Gevaren-aanduidingen (GHS)**	**Score**	**Potentie DN/MEL (mg/kg lichaamsgewicht/dag)**	**Score**
Carcinogeen	H350, H351	4	DN/MEL ≤ 10^{-5}	10
Mutageen	H340, H341	4	10^{-5} < DN/MEL ≤ 10^{-4}	9
Carcinogeen en Mutageen		4[a]	10^{-4} < DN/MEL ≤ 10^{-3}	8
Voortplantingstoxiciteit	H360, H361	3	0.001 < DN/MEL ≤ 0.01	7
Toxiciteit bij herhaalde toediening	H372, H373	2,5	0.01 < DN/MEL ≤ 0.1	6
Toxiciteit bij eenmalige toediening	H370, H371, H335, H336	2	0.1 < DN/MEL ≤ 1	5
Huidcorrosie	H314	2	1 < DN/MEL ≤ 10	4
Sensibilisatie van de luchtwegen	H334	1,5	10 < DN/MEL ≤ 100	3
Huidsensibilisering	H317	1	100 < DN/MEL ≤ 1000	2
			DN/MEL > 1000	1
Maximaal		16	Maximaal	10

a: Indien een stof zowel carcinogeen als mutageen is, dan scoort de stof in totaal 4 voor beide.

De benodigde informatie om de stoffen te prioriteren wordt gehaald uit de registratiedossiers van stoffen binnen REACH. Voor bepaling van de potentie worden chronische, systemische effecten op de algemene bevolking gebruikt. Hierbij wordt de laagst gevonden DNEL/DMEL (mg/kg lichaamsgewicht/dag) toegekend aan een stof. Om de blootstelling via inhalatie (mg/m3) om te rekenen naar de eenheid mg/kg lichaamsgewicht/dag wordt uitgegaan van een dagelijks respiratievolume van 20m3 per dag voor een gemiddelde volwassen en 70 kg aan lichaamsgewicht, zoals beschreven door ECHA (ECHA, 2012b). Indien de gegevens voor de algemene bevolking niet beschikbaar zijn, dan worden chronische, systemische effecten voor werknemers gebruikt. Dit geldt bijvoorbeeld voor 4,4' diaminodifenylmethaan (Cas-nr 101-77-9) Dit wordt dan aangegeven bij de desbetreffende stof in de tekst. Indien beschikbaar wordt ook additionele informatie over de chronische, systemische effecten van de ECHA-website (https://echa.europa.eu/nl/home) gehaald, zoals restrictievoorstellen of stofbeoordelingen. Dit geldt bijvoorbeeld voor TCEP en TCPP, de laagst gevonden DNEL voor systemische, chronische effecten zijn gevonden in een screening rapport (ECHA, 2018).

De eindpunten worden bepaald aan de hand van de classificaties bekend binnen REACH. Alleen geharmoniseerde classificaties en classificaties door de registranten in een REACH-registratiedossier zijn gebruikt voor

het afleiden van de scores. Classificaties in het classificatie en labelling notificatie portaal van ECHA zijn niet meegenomen. Indien een stof één of meerdere classificaties heeft binnen een eindpunt, bijvoorbeeld H370 en H335, dan krijgt de stof de maximale score, ongeacht welke eindpunt(en) het betreft. Ook wordt er geen onderscheid gemaakt tussen subcategorieën binnen classificaties (1A, 1B, 2).

Bijlage 4 Gegevens uitvoering Consexpo

Consexpo is gebruikt om de blootstelling aan de mens als gevolg van de toepassing van rebonded foam te bepalen voor twee stoffen: de brandvertragers TCEP en TCPP. Onderstaand kunnen de gegevens worden gevonden die zijn toegepast om de blootstelling te bepalen. Omdat de voertaal van het model Engels is, is de informatie aangaande de uitvoering van het model ook in het Engels weergegeven. De bijlage is grotendeels gebaseerd op "ANNEX 1: Risk Assessment of TCEP in Carpet Underlay derived from Recycling Activities" uit het document "PU Legacy Substance Screening – Cover Note" verkregen door EUROPUR omdat de ingevoerde parameters grotendeels gelijk zijn. Enkele aanpassingen zijn aangebracht waar nodig voor de scenario's gemodelleerd door het RIVM.

Assessment Settings
The assessment is performed in ConsExpo Web[44]. The assessment settings can be found in table 1. Note that various weight fractions were assessed. For more information on selection of the weight fractions, see section 5.5.1. of the report.

Table 1 Assessment settings ConsExpo Web for Carpet Underlay

Name	**Carpet Underlay**	**Carpet Underlay**
Substance		
Name	TCPP	TCEP
CAS Number	13674-84-5	115-96-8
Molecular weight	327.57 g/mol	285.48 g/mol
K_{ow}		
Product		
Name	Carpet Underlay	Carpet Underlay
Weight fraction	7474 mg/kg, 18229 mg/kg	20 mg/kg, 1000 mg/kg
Population		
Name	ConsExpo fact sheet adult	ConsExpo fact sheet adult
Body weight	68.8 kg	68.8 kg

Scenario parameters
The ConsExpo Model for Emission from Solid Materials is selected resulting in the need to fill the parameters discussed below.

Product surface area, Product thickness, Product density, and room volume
A typical carpet underlay is around 6 mm thick and has a density in the order of magnitude of 100 – 200 kg/m³. In order to be conservative and have a high room loading a product thickness of 6 mm in combination with a product density of 250 kg/m³ is used.

The General Fact Sheet – General default parameters for estimating consumer exposure contains an overview of the floor surface areas and

[44] https://www.consexpoweb.nl/

volume of Dutch homes (see the table below). The lowest volume to surface area is observed in the smallest bedroom 3. In order to be conservative, the corresponding surface area (8.5 m²) and volume (21 m³) are used in the model.

Table 2 Floor surface area and volume of rooms in Dutch homes[45]

	Surface area (M^2)		Volume (m^3)	
Space[a]	**a.m.**	**s.d.**	**a.m.**	**s.d.**
living room	28	8.4	74	23
kitchen (incl. open kitchen)	8.5	3.6	22	9.6
bedroom 1	14	4.0	35	11.2
bedroom 2	11	3.0	28	8.3
bedroom 3	8.5	2.8	21	7.6
attic	23	15.8		

[a] *Space; a.m. is arithmetic mean and s.d. is standard deviation*

Diffusion coefficient

The diffusion coefficient of a substance within a polymeric material can be estimated by using the Brandsch model[46]. The model was developed for food contact modelling. Its applicability domain is defined by the molecular mass and temperature.

$$D_p = D_0 e^{A_p - 0.135 M_A^{\frac{2}{3}} + 0.003 M_A - \frac{10454}{T}}$$

$$Ap = A' \quad p - \tau/T$$

Conductance of polymer factors for polyurethane have not yet been derived. However, Schwoppe et al. classified polyurethane in the same category as LDPE which is typically seen as a worst-case polymer in terms of diffusivity[47].

Table 3 Conductance of polymer factors.

Polymer	$A' \quad P$	$A' \quad P95$	τ
LDPE	10	11.7	0
HDPE	10	13.2	1577
PP	9.4	12.4	1577
PET	2.2	6.35	1577
PEN	-0.34	3.7	1577
PS	-2.8	-0.7	0
HIPS	-2.7	0.1	0
PA (6,6)	-1.54	1.9	0

It is possible within this model to select a polymer conductance factor that would deliver a 95-percentile value for the diffusion coefficient, meaning that the diffusion coefficient would be, in 95% of the cases, greater than

[45] Te Biesebeek, J. D., Nijkamp, M. M., Bokkers, B. G. H., & Wijnhoven, S. W. P. (2014). General Fact Sheet: General default parameters for estimating consumer exposure-Updated version 2014. RIVM rapport 090013003.

[46] Brandsch, J., Mercea, P., Rüter, M., Tosa, V., & Piringer, O. (2002). Migration modelling as a tool for quality assurance of food packaging. Food Additives & Contaminants, 19(S1), 29-41.

[47] Schwope, A. D., Lyman, W. J., & Reid, R. C. (1989). Methods for assessing exposure to chemical substances. Methodology for Estimating the Migration of Additives and Impurities from Polymeric Materials (EPA 560/5-85-015), 11.

the actual diffusion coefficient for this combination of substance and polymer matrix.

The parameter values used to calculate the diffusion coefficient for TCPP are summarized below.
D_0 = 10^4
A_{p95} = 11.7
M_A = 327,57 g/mol
T = 303,15 K (30 °C)
τ = 0

This results in a diffusion coefficient of 5.54E-9 cm²/s for TCPP, which equals 5.54E-13 m²/s. For TCEP an equal diffusion coefficient was chosen as reported by the Annex, which is 3.79E-12 m^2/s.

Product/air partition coefficient
In guidance on the ConsExpo model for Emission of chemical substances from solid matrixes[48] it is stated that a typical rage for Semi-Volatile Organic Compounds (SVOC) is between 1E6 – 1E8. This is based on observed measurement results taken from literature.
The report also explores the relation between vapour pressure (VP) and the partition coefficient. The graph based on the measurement reports was recreated and a regression line was calculated to allow for an estimation of the Product/air partition coefficient (see the figure below).

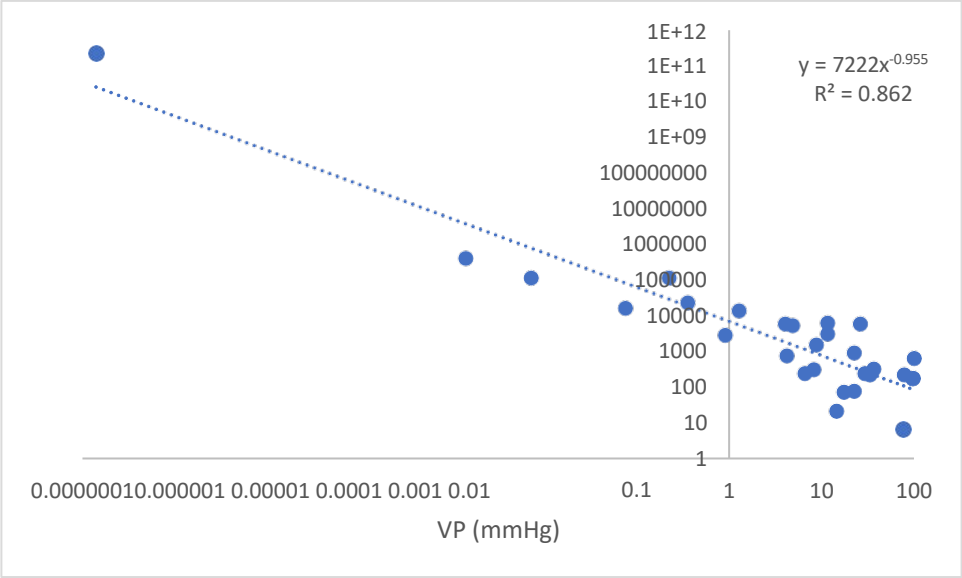


Figure 1 Relation between the Vapour Pressure and Product-Air Partition Coefficient.

According to a EU risk assessment report the vapour pressure of TCPP is 0.00114 Pa (= 8.55E-6 mmHg), which translates to a partition coefficient of 4.11E8 (European Union, 2008). For TCEP the partition

[48] Delmaar, J. E. (2010). Emission of chemical substances from solid matrices: A method for consumer exposure assessment. RIVM Report 320104011/2010.

coefficient used was equal to the value reported by the Annex, which was derived from an EU risk assessment as well[49].

Ventilation rate
A conservative ventilation rate of 0.4 ACH is selected following review of table 8 of the general factsheet[50].

Inhalation rate
ConsExpo allows for calculation of inhalation rates based on body weight and the exercise level (sleep, rest, light exercise, or heavy exercise). With the default body weight of 68.8 kg and a resting "exercise level" level the rate of 0.554 m^3/h was calculated within ConsExpo.

Exposure duration
One scenario for exposure durations was calculated. A conservative scenario with an exposure duration of 24 hours per day was chosen, representing a person who lives completely at home in a house entirely foreseen of carpet underlay.

Exposure start is set to 24 hours as the simulation shows that around this time a steady state is achieved.

Mass transfer coefficient
The U.S. EPA has developed an equation to estimate the mass transfer coefficient for Semi-Volatile Organic Compounds (SVOC).

$$h = 46.8 \times \frac{3.3}{(2.5 + MW^{1/3})^2}$$

With a molecular weight of 328 g/mol, TCPP's mass transfer coefficient becomes 1.75 m/h. For TCEP this equals 1.92 m/h, based on a molecular weight of 285.48 g/mol.

[49] EU, "European Union Risk Assessment Report. Tris (2chloroethyl) phosphate) (TCEP)," EuropeanUnion, Ed., ed. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2009
[50] Te Biesebeek, J. D., Nijkamp, M. M., Bokkers, B. G. H., & Wijnhoven, S. W. P. (2014). General Fact Sheet: General default parameters for estimating consumer exposure-Updated version 2014. RIVM rapport 090013003.

RIVM
De zorg voor morgen begint vandaag