



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

**Risico's van 3D printen in  
een consumentenomgeving**  
Technieken, materialen en producten

RIVM Rapport 2016-0084  
E.D. Olthof et al.





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

## **Risico's van 3D-printen in een consumentenomgeving**

Technieken, materialen en producten

RIVM Rapport 2016-0084

## Colofon

© RIVM 2016

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

E.D. Olthof (auteur), RIVM  
H.S. Hendriks (auteur), RIVM  
B.M. van de Ven (auteur), RIVM  
A.G. Schuur (auteur), RIVM  
J.L.A. Pennings (auteur), RIVM

Contact:

Jeroen Pennings (GZB), [jeroen.pennings@rivm.nl](mailto:jeroen.pennings@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van NVWA - BuRO, in het kader van opdracht 9.1.61.

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
Nederland  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **Risico's van 3D-printen in een consumentenomgeving**

Technieken, materialen en producten

Steeds meer consumenten hebben thuis een 3D-printer staan. Ook kunnen consumenten producten laten printen bij gespecialiseerde bedrijven. Er worden vooral miniatuurfiguren en onderdelen van (technische) apparaten mee geprint, maar ook producten die in het dagelijks leven worden gebruikt, zoals telefoonhoesjes.

Het RIVM heeft in opdracht van de Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit (NVWA) onderzocht of er voor consumenten risico's kleven aan het gebruik van 3D-printers en de bijbehorende producten. Dat blijkt het geval te zijn, alleen is de omvang van het risico op basis van de beschikbare gegevens niet precies te duiden. Het risico is sterk afhankelijk van de mate waarin consumenten aan het materiaal of aan vrijgekomen stoffen worden blootgesteld.

Bij 3D-printen worden meestal plastic draden omgesmolten en in laagjes tot het gewenste product gevormd. Technische risico's, bijvoorbeeld dat consumenten zich aan het warme apparaat of plastic branden, zijn door verantwoord gebruik gemakkelijk te beperken. Daarnaast ontstaan tijdens het printen dampen en kleine deeltjes die de gebruiker in kan ademen. Goed ventileren is belangrijk om dat te beperken. Verder kunnen consumenten aan chemische stoffen worden blootgesteld bij het gebruik van de geprinte producten. Dit kan via contact met de huid, zoals bij sieraden, en mond, bijvoorbeeld bij kinderspeelgoed of drinkbekers.

Kernwoorden: 3D-printen, consument, risico's



## Synopsis

### **Risks of 3D printing in consumer environments**

Techniques , materials and products

A growing number of consumers have a 3D printer at home, or engage the services of specialized companies to print products. Frequently printed products include miniature figurines and components of technical and other equipment, as well as products used in daily life, such as phone cases.

The Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) was commissioned by the Dutch Food and Consumer Product Safety Authority (NVWA) to investigate whether the use of 3D printers and the associated products poses any risks to consumers. RIVM concluded that this is indeed the case, but that the severity of the risks involved cannot be accurately determined based on the available information. The risks depend to a large extent on consumers' exposure to specific materials or substances released during the printing process.

Three-dimensional printing – also known as additive manufacturing – usually involves melting plastic wires and forming successive layers of material to create the required product. Technical risks (e.g. consumers suffering a burn from touching the hot printer or the hot plastic) can be easily mitigated through safe and responsible use. The printing process also produces fumes and small particles that can be inhaled by consumers. Adequate ventilation is important in order to reduce this risk. In addition, consumers may be exposed to chemical substances when using the printed products. Such exposure may occur through contact with the skin (e.g. in the case of jewellery) or mouth (e.g. children's toys and drinking cups).

Keywords: 3D printing, consumers, risks





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 9**

#### **1 Inleiding 3D-printen — 11**

- 1.1 Doel van het project en afbakening — 11
- 1.2 Opbouw van het rapport — 12

#### **2 3D-printen: technieken, materialen en producten — 13**

- 2.1 Bedrijven, Fablabs en de consument — 13
- 2.2 3D-printtechnieken en 3D-printers — 13
- 2.3 Filamenten voor FDM 3D-printen — 16
- 2.4 3D-geprinte producten — 18

#### **3 Wet- en regelgeving — 19**

- 3.1 Wetgeving van toepassing op 3D-printers — 19
- 3.2 Wetgeving van toepassing op filamenten en andere stoffen en mengsels — 22
- 3.3 Wetgeving van toepassing op geproduceerde artikelen — 22

#### **4 Mogelijke gevaren van 3D-printen — 25**

- 4.1 Gebruik van 3D-printers - fysische gevaren — 25
- 4.2 Gebruik van 3D-printers en filamenten - chemische stoffen — 26
- 4.3 3D-geprinte producten — 30

#### **5 Mogelijke blootstelling bij 3D-printen — 31**

#### **6 Blootstellingsscenario's van de consument — 37**

- 6.1 Beschrijving risico's - samenvattend — 37
- 6.2 Een kind print een dinosaurus om mee te spelen — 37
- 6.3 Een volwassene print een drinkbeker — 38
- 6.4 Een volwassene draagt een geprint horloge — 39
- 6.5 Hoe kan de consument de veiligheid tijdens het 3D-printen vergroten? — 39

#### **7 Conclusies — 41**

### **Referenties — 45**

### **Bijlagen — 51**

- Bijlage A: Veiligheidswaarschuwingen Dremel 3D-printer—51
- Bijlage B: Overzicht toxiciteit, classificatie en etikettering van een aantal vrijkomende stoffen bij het smelten van plastics in 3D-printers [89]—55
- Bijlage C: Overzicht toxiciteit, classificatie en etikettering van producten/mengsels gebruikt bij het 3D-printproces [89]—59
- Bijlage D: Productcategorieën en hun Nederlandse en Europese wetgeving—64



## Samenvatting

Steeds meer consumenten hebben thuis een 3D-printer staan. Er zijn zowel kant-en-klare 3D-printers als 3D-printers die nog door de consument in elkaar gezet moeten worden, de 'do-it-yourself' 3D-printers. Ook kunnen consumenten producten printen bij zogeheten Fablabs. Het RIVM heeft een eerste inventarisatie van de mogelijke risico's van 3D-printen voor consumenten uitgevoerd. Hiervoor is gebruikt gemaakt van zowel wetenschappelijke literatuur als websites van fabrikanten en gebruikers.

Consumenten gebruiken over het algemeen printers met de printtechniek 'Fused Deposition Modelling' (FDM). Voor deze 3D-printtechniek worden thermoplastics, in de vorm van dunne polymeer kabels (filamenten) van Acrylonitril-Butadien-Styreen (ABS) en polymelkzuur (Polylactic Acid; PLA) gesmolten en laag voor laag tot een product gevormd. Gebruikerswebsites geven aan dat de producten die gemaakt worden vooral onderdelen van (technische) apparaten en miniatuurfiguren zijn. Ontwerpen van producten die veel in het dagelijks leven gebruikt zouden kunnen worden, zoals telefoonhoesjes en drinkbekers, zijn tot op heden in mindere mate te vinden, maar zijn wel in de evaluatie van mogelijke risico's worden meegenomen.

Het 3D-printen door consumenten brengt mogelijk risico's met zich mee. Dit kunnen fysische gevaren zijn, zoals zich branden aan hete onderdelen. Deze fysische gevaren zijn over het algemeen te voorkomen door verantwoord gebruik van de 3D-printer en goede gebruiksvorschriften van de fabrikant.

Daarnaast kunnen er mogelijk risico's zijn doordat de consument blootgesteld wordt aan chemische stoffen die vrijkomen bij het 3D-printen of uit de 3D-geprinte producten. Sommige van deze stoffen zijn toxisch, maar vanwege de beperkte beschikbaarheid van relevante gegevens over blootstelling valt de omvang van deze risico's niet kwantitatief te bepalen. Wel zijn de mogelijke risico's kwalitatief beschreven voor consumenten als kinderen en de gemiddelde volwassen hobbyist.

Gedurende het 3D-printen is er kans op inhalatie van de vrijgekomen stoffen als damp of in de vorm van nanodeeltjes die bij het printen ontstaan. Het vrijkomen van deze stoffen hangt af van parameters zoals het gebruikte filament, de printomstandigheden, en de grootte van het te printen object. Het is niet mogelijk om vast te stellen of inademing van de vrijgekomen stoffen tot risico's leidt. Daarom is het verstandig om consumenten te adviseren om de ruimte waar geprint wordt goed te ventileren.

Bij het gebruik van 3D-geprinte producten is er mogelijk dermale of orale blootstelling aan chemische stoffen die uit het product migreren. De aard van het product en het gebruik ervan bepalen de mate van blootstelling. Door gebrek aan (blootstellings)data, waaronder data over gebruik en migratie, is het op dit moment niet mogelijk hiervoor kwantitatieve risicobeoordelingen uit te voeren.

Op basis van het bovenstaande zijn aanbevelingen geformuleerd voor verder onderzoek.



## 1 Inleiding 3D-printen

'Additive manufacturing' ofwel 3D-printen is een verzamelnaam voor driedimensionale printprocessen waarbij producten op basis van digitale driedimensionale tekeningen laag na laag worden geprint en opgebouwd. De techniek van het 3D-printen is al meer dan 25 jaar oud, en is nog steeds in ontwikkeling. 3D-printen wordt in verschillende vakgebieden toegepast.

Het gebruik van 3D-printers stijgt niet alleen in de professionele markt (voornamelijk de technische industrie), maar ook steeds meer consumenten hebben thuis een 3D-printer staan [1]. In eerste instantie werd de technologie vooral door de technische industrie en vergevorderde hobbyisten toegepast. Zowel de 3D-printers als de software waren schaars, duur en complex. Inmiddels dalen de prijzen van 3D-printers, zijn er bouwpakketten voor 3D-printers, is er opensource software, kan de consument bestaande ontwerpen aanpassen en kunnen ontwerpen ook bij bedrijven en webshops geprint worden. Daarbij kan onder andere gedacht worden aan speelgoed voor kinderen [2]. Onlangs werd een 3D-printer aangeprezen in de nieuwsbrief van de bouwmarkt Praxis [3] en ook webshops als bol.com en coolblue.nl bieden 3D-printers aan. De Consumentenbond besteedt ook aandacht aan 3D-printers [4]. Het is voor de consument dus steeds gemakkelijker geworden om zelf aan de slag te gaan waardoor de 3D-print-markt voor consumenten in Nederland groeit [5-7].

Het 3D-printen door consumenten roept nieuwe vragen op rond (waren)wettelijke begrippen als technisch voortbrengsel, verhandelen, wat geschiedt in de sfeer van de particuliere huishouding. Verder kan de printer zelf worden beoordeeld als machine; waarbij het de vraag is of er specifieke eisen/normen moeten komen voor afscherming van bewegende delen, hete materialen, uitstoot van stoffen en/of aerosolen en dergelijke. Het is ook denkbaar dat artikelen worden geprint die risico's kunnen opleveren zoals speelgoed waar stukjes van af kunnen breken die leiden tot verstikkingsgevaar, en drinkbekers waaruit schadelijke stoffen migreren. Het filament (een dunne draad, het uitgangsmateriaal, bijv. van plastic) waarmee wordt geprint bepaalt mede de risico's van het 3D-geprinte object.

### 1.1 Doel van het project en afbakening

De Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) wil inzicht hebben in de materialen waarmee 3D-printen wordt uitgevoerd en in de risico's die deze technologie oplevert. De opdrachtvraag omvat zowel de materialen die worden toegepast in 3D-printers als in hoeverre het verwerken van deze materialen in 3D-printers fysische en chemische risico's kan opleveren (tijdens het proces dan wel via de geproduceerde artikelen). Het doel van het onderzoek is om een eerste inventarisatie uit te voeren welke 3D-printers en materialen worden toegepast en welke producten geprint worden, zowel bij gespecialiseerde bedrijven als bij consumenten thuis. Ook is onderzocht welke mogelijke fysische gevaren voor de consument aan 3D-printen verbonden zijn. Voor wat betreft

mogelijke chemische gevaren is beschreven welke verschillende chemische stoffen aanwezig zijn in filamenten of ontstaan tijdens het printen. Ook de gevaarseigenschappen van een aantal stoffen worden kort beschreven. De mogelijke risico's van het gebruik van 3D-geprinte artikelen wordt ook beschreven.

De focus ligt bij het 3D-printen van non-food producten voor en door consumenten. Aspecten die horen bij 3D-printen in de werkomgeving van gespecialiseerde bedrijven zullen dan ook alleen worden meegenomen als ze ook relevant zijn voor consumenten. 3D-printen van biomedische toepassingen en voedsel zijn in een eerder rapport geadresseerd en vallen buiten de scope van het huidige onderzoek [8].

## 1.2 Opbouw van het rapport

Het rapport is gebaseerd op informatie uit de literatuur en websites tot april 2016. In hoofdstuk 2 zijn de gebruikte technieken, materialen, 3D-printers en geprinte producten waar de consument het meest mee in aanraking komt beschreven na inventarisaties in literatuur en op websites. Gebruikte zoektermen zijn onder andere: 3D-printing, techniques, filaments. In hoofdstuk 3 wordt een overzicht gegeven van wetgeving die mogelijk betrekking heeft op 3D-printers of geprinte producten. In hoofdstuk 4 is voor de meest gebruikte 3D-printtechnieken, materialen en producten vervolgens een inventarisatie van de mogelijke gevaren van het gebruik van 3D-printers en de gevaarseigenschappen van chemische stoffen besproken. Hiervoor is wetenschappelijke literatuur en informatie op websites geraadpleegd. Gebruikte zoektermen zijn onder andere: 3D-printing, filaments, toxicity, physical hazards. Aansluitend hierop behandelt hoofdstuk 5 de blootstellingen aan deze stoffen. Tot slot zijn in hoofdstuk 6, op basis van de informatie die is verzameld tijdens de inventarisatiefase en het beschrijven van de risico's, een aantal blootstellingsscenario's geïdentificeerd en uitgewerkt.

### **Rapport van Deense Environmental Protection Agency (EPA)**

Begin 2016 is een rapport uitgekomen van de Danish Environmental Protection Agency (EPA) [7]. Het rapport beschrijft onder andere de uitkomst van een enquête-onderzoek waarbij 3D-printers op de Deense markt in kaart worden gebracht en de uitkomst van een hazard assessment van een aantal 3D-printmaterialen. De informatie uit het rapport van de Deense EPA is ook gebruikt in deze rapportage.

## 2 3D-printen: technieken, materialen en producten

### 2.1 Bedrijven, Fablabs en de consument

De 3D-printmarkt heeft verschillende spelers. Er zijn bedrijven die producten verkopen die gemaakt zijn met een 3D-printer, al dan niet waarbij de consument zelf nog het ontwerp kan aanpassen, bijvoorbeeld wat betreft kleuren en/of materialen. In Nederland bieden bedrijven als HEMA, 3DFabriek, Umake, Ridix 3D printing, Parts on demand – 3D printing & manufacturing, Printics – 3D print service, Shapeways en i.materialise deze service online aan. Ook zijn er werkplaatsen waar de consument een zelfontworpen product kan laten printen, een zogeheten Fablab (afkorting van het Engelse ‘fabrication laboratory’). Er zijn ongeveer 15 Fablabs verspreid over heel Nederland [5, 9].

De consument kan zelf ook een 3D-printer aanschaffen of zelf een 3D-printer in elkaar zetten (de ‘do-it-yourself’ printer) en daarmee zelf ontworpen producten printen of producten printen die door andere consumenten dan wel professionals zijn ontworpen. Deze ‘do-it-yourself’ 3D-printers zijn beduidend goedkoper. Om zelf een 3D-printer te maken is wel enige affiniteit met techniek vereist. Er zijn verschillende online (inter)nationale platforms en fora waar ontwerpen met elkaar gedeeld kunnen worden. De producten die nodig zijn voor het 3D-printen zijn gemakkelijk, e.g. via webshops, verkrijgbaar.

In dit rapport wordt gefocust op de 3D-printers en -materialen die het meest door de consument gebruikt worden, de producten die door de consument geprint worden en de door de consument gekochte 3D-geprinte producten (op basis van een door de fabrikant ontworpen product, een door de consument aangepast ontwerp of zelfontworpen product).

### 2.2 3D-printtechnieken en 3D-printers

Aan alle 3D-printers en 3D-printtechnieken ligt een driedimensionaal digitaal ontwerp ten grondslag. Hoe het driedimensionale product vervolgens tot stand komt en welke materialen gebruikt kunnen worden, verschilt per 3D-printer. De keuze voor een 3D-printer hangt onder andere af van de wensen van de gebruiker op het gebied van de 3D-ontwerp software, de 3D-printtechniek, de samenstelling van het filament, het budget, de snelheid van het printproces, de precisie en de grootte van de printer, het te printen object en de eenvoud in het gebruik en/of het in elkaar zetten van de 3D-printer [10].

In een Deens enquête-onderzoek zijn Deense retailers die 3D-printers verkopen, bibliotheken en bedrijven die producten voor consumenten printen en geprinte producten verkopen onder andere gevraagd naar welke 3D-printer zij gebruiken en welke verkocht worden. Het blijkt dat de meest verkochte 3D-printers onder consumenten gebruik maken van de 3D-printtechniek Fused Deposition Modelling (FDM) [7]. De meeste Fablabs in Nederland hebben de Ultimaker, een 3D-printer die de FDM-techniek gebruikt [9]. 3D-Hubs, een wereldwijd online 3D-printing service platform, en een aantal andere websites die de meest verkochte

printers geïnventariseerd hebben, kwamen ook tot de conclusie dat FDM het meest gebruikt wordt (zie ook Tabel 1). De focus zal in de rest van het rapport daarom liggen op FDM en de materialen die het meest gebruikt worden door consumenten bij deze 3D-printtechniek.

Tabel 1: Overzicht van een inventarisatie door verschillende websites van meest verkochte 3D-printers [11-14]

Naam van printer	Printtechniek	Filament	3D primeur [12]	All about 3D printing [13]	The Cheat Sheet [14]	3D Hub s [11]				
						Enthusiaste	Plug 'n' play	Budget	Do-it-yourself	Hars
Afinia H480	FDM	ABS, PLA		5						
B9Creator	SLA	Hars			10					2
Beethefirst	FDM	PLA			4		3			
CEL Robox	FDM	PLA, ABS, HIPS, PET		4			2			
Craftbot	FDM	PLA, ABS, HIPS	x					1		
DeltaWASP	FDM	ABS, PLA, PET, hout		9		3				
FlashForge Creater Pro	FDM	ABS, PLA, PVA		8	2					
Form 1+	SLA	Hars	x		9					1
Kossel	FDM	PLA		7						
LulzBot TAZ 5	FDM	ABS, PLA, HIPS, PVA, metaal, hout				2				
Makergear M2	FDM	ABS, PLA			1	1				
Mendel 90	FDM	ABS, PLA, PET			6				3	
PowerSpec 3D Pro	FDM	ABS, PLA, PVA		1						
Printrbot Metal Plus	FDM	ABS, PLA		10						
Printrbot Simpel Metal	FDM	ABS, PLA, PET			7			2		
Prusa Steel	FDM	ABS, PLA, HIPS, hout, metaal, nylon		2					2	
Rostock MAX	FDM	ABS, PLA	x		5				1	
Sharebot KIWI	FDM	PLA			8					
Stratasys Mojo	FDM	ABS	x							
Ultimaker 2	FDM	ABS, PLA, PET	x							
UP Mini	FDM	ABS, PLA	x					3		
Velleman K8400	FDM	ABS, PLA		3						
Zortrax M200	FDM	ABS, HIPS, ULTRAT	x	6	3		1			

FDM = Fused Deposition Modeling, SLA = Stereolithografie, ABS = Acrylonitril butadien styreen, PLA = polymelkzuur (Polylactic acid), PVA = Polyvinylalcohol, HIPS = High Impact Polystyreen, PET = Polyethyleen tereftalaat

Bij FDM wordt het filament in de printer richting de spuitkop geleid waar het verwarmd wordt en uit de spuitkop wordt geperst. Door middel van een beweegbare spuitkop of een beweegbaar platform wordt het



gesmolten filament laag voor laag op de gewenste plaats aangebracht. Het filament dat over het algemeen gebruikt wordt bij deze techniek is een thermoplastic. Het voordeel van de FDM-techniek is dat de 3D-printers en materialen goedkoop zijn, en er veel verschillende 3D-printers op de markt zijn die deze techniek gebruiken en dat de printers en de thermoplastics – vergeleken met andere 3D-printtechnieken – relatief goedkoop zijn.

Naast kant-en-klare 3D-printers zijn er ook 'do-it-yourself' 3D-printers, dit zijn 3D-printers die de consument nog zelf in elkaar moet zetten. De meest aan consumenten verkochte 'do-it-yourself' printers gebruiken ook de FDM-techniek (zie Tabel 1: 3D-Hubs Do-it-yourself).

### **3D-printer voor kinderen**

Voor kinderen is ook een FDM 3D-printer ontwikkeld: de ThingMaker 3D-printer van Mattel. Deze is online te bestellen op amazon.com en komt naar verwachting op 15 oktober 2016 op de Amerikaanse markt [15]. Het is nog onbekend of de ThingMaker dan ook in Nederland beschikbaar is. USA Today meldt dat volgens Mattel de doelgroep kinderen ouder dan dertien jaar is wat betreft het bedienen van de ThingMaker en dat de objecten die geprint worden veilig zouden moeten zijn voor kinderen van drie jaar en ouder [16]. Er zijn beveiligingen ingebouwd die voorkomen dat kinderen zichzelf kunnen bezeren of verwonden tijdens het printproces. Veiligheidsmaatregelen die genoemd worden zijn: het automatisch op slot gaan van de deur, het terugtrekken van de printkop en een geïntegreerd filamentsysteem [15-17].

### **3D-pennen**

Naast 3D-printers zijn er ook 3D-pennen op de markt. Met een 3D-pen kunnen driedimensionale objecten vrij in de lucht getekend worden, doordat, net als bij 3D-printen, een filament van ABS of PLA gesmolten uit de kop komt en afkoelt in de lucht. Enkele voorbeelden van 3D-pennen zijn: 3Doodler, Lix3D-pen, de CoLiDo 3D-pen en de CreoPop. De 3Doodler en de CoLiDo 3D-pen zijn al op de Nederlandse markt, de Lix3D-pen en de CreoPop komen waarschijnlijk binnenkort op de Nederlandse markt [18]. De CoLiDo 3D-pen heeft extra veiligheidsmaatregelen: de printkop trekt automatisch in als men klaar is of langer dan vijf minuten de 3D-pen niet heeft gebruikt. Tijdens het 3D-tekenen zijn er echter geen veiligheidsmaatregelen. De CreoPop maakt, in tegenstelling tot de andere 3D-pennen, geen gebruik van plastic, maar van speciale inkt. De inkt, bestaande uit diverse fotopolymere, wordt zonder verhitting uit de pen geperst. Door middel van speciale LED-dioden aan het uiteinde van de pen stolt de inkt direct.

### **Andere 3D-printtechnieken**

Er zijn ook andere 3D-printtechnieken dan FDM [19-21] zoals Stereolithografie, Selective Laser Sintering, Color Jet Printing en Multi Jet Printing (zie Tabel 2). Deze worden echter (nog) niet of nauwelijks door de consument gebruikt. Redenen hiervoor kunnen onder andere zijn dat de 3D-printers, het onderhoud en de materialen duurder zijn. Voordelen ten opzichte van FDM kunnen de precisie waarmee geprint kan worden en het gebruik van andere materialen zijn. Elke 3D-printtechniek heeft net een andere manier van een object laagje

voor laagje opbouwen. De laagjes kunnen door bijvoorbeeld lasers, door een vloeibaar bindmiddel of door UV-lampen uitgehard worden.

Tabel 2: Andere 3D-printtechnieken

Printtechniek	Beschrijving
<b>Stereolithografie (SLA)</b>	Bij SLA verhardt een laserstraal laag voor laag de oppervlakte van een vloeibare kunststof (kunsthars). Waar de laserstraal de vloeistof raakt, treedt de verharding op. Wanneer een laag is afgewerkt, zakt het platform waar het object op staat een fractie van een millimeter dieper in het bassin. Het driedimensionale object wordt gevormd door de ultradunne laagjes bovenop elkaar te verharderen.
<b>Selective Laser Sintering (SLS)</b>	SLS is een techniek waarbij laagsgewijs kunststof objecten worden opgebouwd door het versmelten van een thermoplastisch (of metaal) poeder. Een laagje poeder wordt telkens op een ander laagje poeder gelegd. Na elke laag wordt de poeder door een laser plaatselijk gesmolten (gesinterd), waardoor het hard wordt en zich mengt met de andere lagen poeder. Dit wordt herhaald totdat een heel object in 3D is ontstaan.
<b>Color Jet Printing (CJP)</b>	Bij CJP wordt gebruik gemaakt van poedermateriaal, net als bij de SLS-techniek. De poederdeeltjes worden alleen niet aan elkaar versmolten door een laser, maar aan elkaar verlijmd met een bindmiddel.
<b>Multi Jet Printing (MJP)</b>	MJP is een techniek waarbij laag voor laag minuscule druppeltjes vloeibaar polymeer materiaal op een platform wordt gespoten. Elke laag wordt door UV-licht uitgehard direct nadat het is neergelegd. Hierdoor hecht het aan andere lagen en wordt het meteen hard.

### 2.3 Filamenten voor FDM 3D-printen

De 'inkt' (filament) van de 3D-printer is een grondstof die bewerkt wordt door de 3D-printer om het object te vormen. Afhankelijk van de 3D-printtechniek is er verschil in het soort filament dat de printer gebruikt. Zo kan het zijn dat er gebruik wordt gemaakt van een vloeibaar materiaal, een poedermateriaal of juist hard kunststof dat tijdens het proces wordt gesmolten. De verschillende filamenten van verschillende fabrikanten zijn op veel websites online te bestellen. Voor de meest gebruikte 3D-printtechniek (FDM) worden vooral filamenten van thermoplastics gebruikt in de vorm van dunne polymeer kabels (diameter 1-3 mm) van Acrylonitril-Butadien-Styreen (ABS) en Polylactic Acid (PLA), ook wel polymelkzuur. Op basis van een studie in Denemarken wordt geconcludeerd dat er over het algemeen er meer PLA dan ABS wordt verkocht [7].

### Meest gebruikte filamenten voor FDM 3D-printen: ABS en PLA

ABS en PLA zijn thermoplastics die het meest gekocht worden door de consument (zie Tabel 3 voor een aantal algemene gegevens). PLA is een polymeer en wordt gemaakt uit melkzuur. Melkzuur wordt geproduceerd door suikers of zetmeel te fermenteren. Deze suikers worden gewonnen uit landbouwgewassen zoals maïs. ABS is een polymeer op oliebasis, bestaande uit acrylonitril (een synthetisch monomeer verkregen uit ammoniak en propyleen), butadien (een koolwaterstof die vrijkomt bij het kraken van aardolie), en styreen (gemaakt door dehydrogenering van ethylbenzeen).

ABS heeft een hogere printtemperatuur dan PLA. Bij het gebruik van ABS voor 3D-printen moet het printbed (plateau waarop 3D-geprinte object laag voor laag wordt opgebouwd) verwarmd worden, terwijl bij PLA geen verwarmd printbed nodig is [22-24].

Aan ABS en PLA worden additieven zoals kleurstoffen toegevoegd. Ook worden additieven toegevoegd ter verbetering van mechanische en thermische eigenschappen, maar ook UV-stabilisatoren, antioxidanten, antistatische middelen en antislipmiddelen. Het type en de hoeveelheid additieven verschilt per fabrikant [7, 25].

### Andere filamenten

Er zijn ook nog andere filamenten die gebruikt kunnen worden voor het 3D-printen (zie tabel 1). Voorbeelden van andere filamenten zijn Polyvinylalcohol (PVA), High Impact Polystyreen (HIPS), Polyethyleen tereftalaat (PET), ULTRAT, Polytetrafluoretheen (PTFE) en samengestelde mengsels met bijvoorbeeld metaal en hout. Verder gebruiken de stereolithografie (SLA) 3D-printers een hars als uitgangsmateriaal (zie Tabel 1). Echter, aangezien deze andere filamenten in veel mindere mate gebruikt worden door de consument, zal de inventarisatie van de risico's zich vooral richten op ABS en PLA.

Tabel 3: ABS en PLA [22-24]

<b>Algemene gegevens</b>		
Stofnaam	Poly(acrylonitrile-co-butadiene-co-styrene)	Polymelkzuur (polylactic acid)
Grondstof	Acrylonitril butadien styreen	(DL)-lactic acid
Bron	Op oliebasis	Plantaardige oorsprong
<b>Polymeer eigenschappen</b>		
Afkorting polymeer	ABS	PLA
CAS-nummer polymeer	9003-56-9	26100-51-6
IUPAC naam grondstof	Buta-1,3-diene; prop-2-enenitrile; styrene	2-hydroxypropanoic acid
Molecuulformule polymeer	$(C_8H_8 \cdot C_4H_6 \cdot C_3H_3N)_n$	$(C_3H_4O_3)_n$

<b>Technische eigenschappen</b>		
Biologische afbreekbaarheid	Niet biologisch afbreekbaar	Biologisch afbreekbaar binnen 6 tot 24 maanden
Print-temperatuur	210-250°C	180-230°C
Printbed	Verwarmd: 50-100°C	Niet verwarmd

### **Bewerken van 3D-geprint product**

Naast de filamenten kunnen er chemische stoffen worden gebruikt gedurende het printproces, bijvoorbeeld ter fixatie, of na het printproces ter verfraaiing van het 3D-geprinte eindproduct. Een mechanische bewerking van het 3D-geprinte product, bijvoorbeeld door middel van slijpen, wordt ook gebruikt voor het verwijderen van oneffenheden of het gladder maken van het oppervlak van het 3D-geprinte product [7, 26].

## **2.4 3D-geprinte producten**

Er zijn verschillende online databases waarin gebruikers van 3D-printers hun ontwerpen delen. Voorbeelden van websites zijn: Thingiverse.com, Designsharemake.com, Cults3d.com, Youimagine.com, Instructables.com, Shapeways.com en Sketchfab.com. Daarnaast zijn er bedrijven die producten op aanvraag printen, waaronder speelgoed.

De meeste ontwerpen die online staan zijn onderdelen van 3D-printers, technische onderdelen zoals schroeven en kleine onderdelen van apparaten. Verder staan er veel ontwerpen van kunstvoorwerpen, miniatuurfiguren, waaronder veel fantasy-figuren online. Ontwerpen van producten die veel in het dagelijks leven gebruikt zouden kunnen worden zijn tot op heden in mindere mate te vinden, maar moeten wel in de evaluatie van mogelijke risico's worden meegenomen. Dit betreft onder andere sieraden, horloges, telefoonhoesjes en schoenen [27], maar ook voorwerpen voor in huis zoals stoelen, lampen, kaarshouders of bloempotten. Ontwerpen van voorwerpen die in aanraking kunnen komen met voedsel, zoals koekjesuitstekers, servies of vormpjes voor chocolade, zijn ook terug te vinden. Tot slot staan er ook ontwerpen van speelgoed voor kinderen op deze ontwerpwebsites. Hierbij kan gedacht worden aan een bordspel, bouwblokjes, miniatuurfiguren en -voertuigen. De Deense EPA en Robo3D hebben vergelijkbare resultaten gepubliceerd [5, 7, 10].

### 3 Wet- en regelgeving

Als het 3D-geprinte product op de markt gebracht wordt, gelden hier dezelfde regels en technische eisen voor als voor elk ander industrieel geproduceerd object. Een andere kwestie is wie wettelijk verantwoordelijk is voor 3D-geprinte producten: de fabrikant van de 3D-printer, de ontwerper van de 3D-printer, het bedrijf dat de 3D-printer verkoopt of de consument die de 3D-printer gebruikt. Volgens een evaluatie van de interne-marktwetgeving door Centre for Strategy & Evaluation Services (CSES) [28] is de fabrikant van de printer hardware verantwoordelijk voor de 3D-printer, en de gebruiker van de 3D-printer is verantwoordelijk voor de veiligheid van de producten die 3D-geprint worden. In Nederland geldt de Warenwet, waarbij de eisen niet van toepassing zijn op zelfgemaakte voorwerpen maar wel op voorwerpen geleverd door derden. Dit wil zeggen dat als een consument een product voor zichzelf print, dit niet onder de Warenwet valt. Zodra de consument het product echter verkoopt, wordt de consument binnen het kader van de Warenwet beschouwd als producent. [28, 29].

Verschillende wet- en regelgevingen zijn van toepassing op 3D-printers en de gebruikte filamenten, waaronder de Warenwet. Een levensmiddel of product mag de gezondheid of veiligheid van de consument niet in gevaar brengen. In de Warenwet staan algemene regels over volksgezondheid, veiligheid van producten, eerlijkheid van handel en goede voorlichting. 3D-printers, filamenten en geprinte artikelen geleverd door derden vallen ook onder de Warenwet (zie Warenwet artikel 1.1).

#### 3.1 Wetgeving van toepassing op 3D-printers

Een overzicht van de wetgeving voor productcategorieën die van toepassing (kunnen) zijn op 3D-printers is weergegeven in Bijlage D. In de Nederlandse Warenwetbesluiten en -regelingen is de wetgeving van de Europese Unie (EU) (in de vorm van Verordeningen en Richtlijnen) waar nodig verwerkt, maar daarnaast bevatten ze (voor voedselcontactmaterialen) ook bepalingen voor zaken die niet op EU-niveau geregeld zijn.

De algemene normen waaraan aan producten en machines als 3D-printers dienen te voldoen zijn onder andere vastgelegd in de Warenwetregeling en -besluit machines (nationale implementatie van Richtlijn 2006/42/EG) [30-32] en Besluit en Regeling elektromagnetische compatibiliteit 2007 (nationale implementatie van Richtlijn 2004/108/EG) [33-35] (zie ook Tabel 4).

Overige richtlijnen waar 3D-printers onder vallen:

- WEEE-richtlijn 2012/19/EU betreffende afgedankte elektrische en elektronische apparatuur (AEEA, ook wel Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE) genoemd) [36].

- RoHS-richtlijn 2011/65/EU (Restriction of Hazardous Substances) betreffende beperking van het gebruik van bepaalde gevaarlijke stoffen in elektrische en elektronische apparatuur gaat over het verminderen van lood, kwik, cadmium, chroom VI, polygebromeerde bifenylen en polygebromeerde difenylethers in de elektronische industrie [37].

Normen voor 3D-printers zijn nog volop in ontwikkeling; de International Organisation for Standardization (ISO) heeft in 2011 het 'Technical Committee 261 Additive Manufacturing' [38] opgericht. In Nederland is de normcommissie '341107 Additive Manufacturing/3D printing' actief die de ISO-commissie voorziet van Nederlands advies [39]. De ISO-commissie heeft zich ten doel gesteld de terminologie, hardware, software, testprocedures en kwaliteitsparameters te normaliseren.

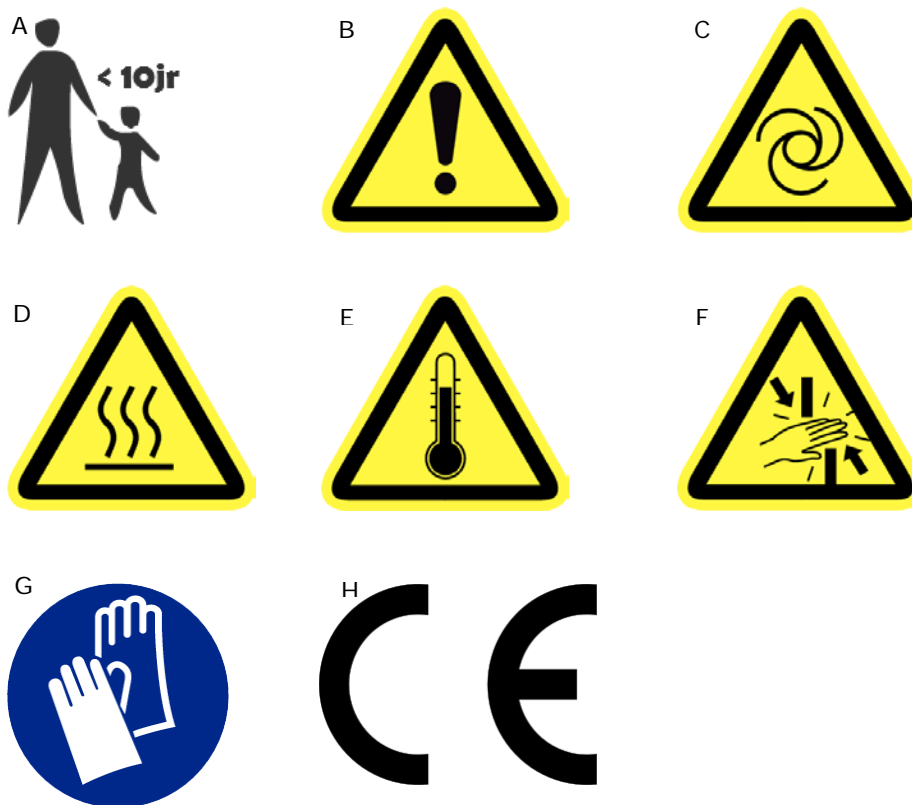
Tot nu toe zijn er twee ISO-normen: de standaardterminologie voor printers [40] en het standaard bestandsformaat voor de informatieoverdracht tussen ontwerpprogramma's en 3D-printers [41]. De Nederlandse Norm (NEN) begeleidt en stimuleert de ontwikkeling van normen, afspraken die marktpartijen vrijwillig met elkaar maken over de kwaliteit en veiligheid van producten, diensten en processen. Deze geharmoniseerde normen zijn normen die specifiek zijn ontwikkeld om fabrikanten te helpen te voldoen aan de essentiële veiligheids- en gezondheidseisen en controle hierop mogelijk te maken. Wetteksten verwijzen dan ook naar een NEN-norm. Ook zijn er normen op Europese schaal (NEN-EN) of wereldschaal (ISO). Daarnaast ontwikkelt de International Electrotechnical Commission (IEC) algemene internationale normen specifiek gericht op elektrische componenten en apparatuur.

Tabel 4: Productcategorieën normeringen

Product-categorie	Normering	Titel
Veiligheid van machines	NEN-EN-ISO 12100:2010 [42]	Veiligheid van machines - Algemene ontwerpbeginsselen - Risicobeoordeling en risicoreductie
	NEN-EN-IEC 60204 [43]	Elektrische veiligheid van machines
	NEN-EN-IEC 60950-1:2006 [44]	Apparatuur voor informatietechniek - Veiligheid - Deel 1: Algemene eisen
Radiostoring	NEN-EN 55022:2011 [45]	Gegevensverwerkende apparatuur - Radiostoringskenmerken - Grenswaarden en meetmethode
Immunititeit straling	NEN-EN 55024:2010 [46]	Gegevensverwerkende apparatuur - Immunitetskenmerken - Grenswaarden en meetmethoden
Elektro-magnetische compatibiliteit	NEN-EN-IEC 61000-4 [47]	Elektromagnetische compatibiliteit (EMC)
Laserproducten	NEN-EN-IEC 60825 [48]	Veiligheid van laserproducten

De NEN-EN-ISO 7010 [49] beschrijft veiligheidssymbolen met het oog op preventie van ongevallen, brandbeveiliging en informatie over gezondheidsrisico's. Voor 3D-printers worden waarschuwingen of waarschuwingspictogrammen als minimumleeftijd, 'algemeen gevaar', 'automatisch startend', 'heet oppervlak', 'temperatuur', 'beknelling' en 'handschoenen verplicht' gebruikt (zie Figuur 1).

Een CE-markering (Conformité Européenne [50]) geeft aan dat een product voldoet aan de Europese regelgeving en is een wettelijk verplichte aanduiding op onder andere elektrische apparaten en speelgoed. Met het aanbrengen van een CE-markering geeft de fabrikant aan dat het product aan alle Europese regels voldoet op bijvoorbeeld het gebied van kwaliteit, milieu en veiligheid.



*Figuur 1. Waarschuwingssymbolen die toegepast worden op 3D-printers voor fysieke gevaren: minimumleeftijd (A), algemeen gevaar (B), automatisch startend (C), heet oppervlak (D), temperatuur (E), bekknelling (F), handschoenen verplicht (G), logo CE-markering (H).*

### 3.2 **Wetgeving van toepassing op filamenten en andere stoffen en mengsels**

De Europese voorschriften voor indeling (Classification), etikettering (Labelling) en verpakking (Packaging) van chemische stoffen en mengsels zijn vastgelegd in de CLP-verordening 1272/2008/EG [51]. De CLP-verordening verplicht producenten, importeurs en downstreamgebruikers om stoffen en mengsels in te delen conform de CLP-criteria en deze overeenkomstig te etiketteren. Ook zijn er eisen aan de verpakking en een verplichting tot melding van de indeling van geproduceerde en geïmporteerde gevaarlijke stoffen aan ECHA. Daarnaast is er voor gevaarlijke mengsels een verplichting om informatie te melden aan het NVIC (Warenwetbesluit Deponering Informatie Preparaten).

Daarnaast is de REACH-verordening (2006/1907) van toepassing op de filamenten en andere stoffen en mengsels gebruikt bij het 3D-printen. Afhankelijk van het aantal ton per jaar dat van een stof wordt geproduceerd of geïmporteerd zijn er informatieverplichtingen zoals registratie. Daarnaast zijn er mogelijk verplichtingen vanuit de bestaande restricties in Annex XVII van REACH en vanuit de autorisatie- en notificatieverplichtingen voor bepaalde stoffen. Mogelijk relevante voorbeelden hiervan zijn het verbod op het leveren van mengsels met CMR-stoffen zoals bepaalde ftalaten aan consumenten boven een bepaalde concentratie en het verbod op het gebruik van bepaalde organotin-verbindingen.

Er bestaan specifieke regels voor bepaalde grondstoffen die bij de productie mogen worden gebruikt, als de grondstof gebruikt gaat worden voor een product dat in contact komt met voedsel. Filamenten die bij de 3D-printer worden geleverd, zouden dus aan deze regels moeten voldoen, tenzij in de bijsluiting vermeld is dat deze niet gebruikt mogen worden om voorwerpen te printen die in contact met voedsel komen. Alleen de vermelding van het plastic type (ABS, PLA, PET) is niet voldoende om te kunnen oordelen of het plastic geschikt is als voedselcontactmateriaal. Zo is PLA een verzamelnaam voor kunststoffen die uit polymeren van melkzuur bestaan, maar sommige PLA's zijn wél, en sommige PLA's zijn niet geschikt voor contact met voedsel. Dit hangt af van de verdere samenstelling van het polymeer, zoals welke kleurstoffen en welke additieven er nog in zitten, en of het gemaakt is onder de juiste procescondities. Plastic dat voldoet aan de wettelijke eisen voor FCM-plastic, wordt 'food-grade' plastic genoemd. Dat zijn plastics die dus deugdelijk geproduceerd zijn, die alleen toegelaten monomeren en additieven bevatten, en waar bijvoorbeeld ook alleen kleurstoffen in gebruikt zijn die niet in schadelijke hoeveelheden kunnen migreren.

### 3.3 **Wetgeving van toepassing op geproduceerde artikelen**

'De Warenwet is in zijn algemeen niet van toepassing ten aanzien van hetgeen geschiedt in de sfeer van de particuliere huishouding' (artikel 2). Dit houdt in dat tenzij specifiek vermeld de Warenwet niet van toepassing is op in een huishouden gemaakte waren. Door consumenten thuis 3D-geprinte objecten vallen niet onder de Warenwet, maar door derden gemaakte voorwerpen wel.



Om de veiligheid van voedselcontactmaterialen (FCM) te waarborgen, worden er wettelijke eisen gesteld aan voedselverpakkingen en gebruiksartikelen die op de markt worden gebracht voor gebruik in contact met voedsel. Deze wettelijke eisen zijn opgenomen in de levensmiddelen kunststofcontact verordening (10/2011) [29]. Er wordt aangenomen dat het verwarmen van filamenten totdat ze smelten, geen invloed heeft op de kwalificatie 'food grade', zolang de temperatuur tenminste niet onnodig hoog is. Food-grade plastic wordt namelijk normaal ook nog gesmolten om het plastic in de juiste vorm te krijgen.



## 4 Mogelijke gevaren van 3D-printen

De meeste 3D-printers zijn open of kunnen tijdens het printen geopend worden. Het 3D-printen door de consument zelf brengt dan ook verschillende risico's met zich mee. De risico's van de printers die zelf in elkaar gezet zijn door de consument, de 'do-it-yourself' 3D-printers, zijn groter dan van 'kant-en-klare' 3D-printers. Dit komt onder andere door het feit dat voor 'do-it-yourself' 3D-printers het lastiger is te controleren en te garanderen dat ze aan veiligheidseisen voldoen. Het is echter buiten de scope van dit rapport om in te gaan op alle risico's en gevaren van het assembleren van elektrische apparaten door consumenten. Wel worden de risico's van de 3D-printtechniek, de risico's van de materialen voor het 3D-printen en de risico's van de geprinte 3D-producten beschreven.

Er worden diverse waarschuwingspictogrammen toegepast op 3D-printers om gebruikers te waarschuwen voor de genoemde fysische risico's. Dit is verder beschreven in Figuur 1 van hoofdstuk 3. Wet- en regelgeving. In de handleiding van 3D-printers worden veiligheids-waarschuwingen vermeld op het gebied van veiligheid van de werkplek, elektrische veiligheid, persoonlijke veiligheid en het gebruik en onderhoud van de 3D-printer. In Bijlage A staat een voorbeeld van veiligheidswaarschuwingen van een 3D-printer van Dremel [52].

Bij 3D-printen zijn er zowel fysische als chemische gevaren. Van de door de consument meest gebruikte 3D-printtechniek, FDM, en meest gebruikte materialen (ABS en PLA) worden de gevaren in dit hoofdstuk beschreven.

### 4.1 Gebruik van 3D-printers - fysische gevaren

Fysische gevaren zijn de gevaren die direct betrekking hebben op het apparaat. Hierbij kan gedacht worden aan de gevaren van het gebruik van het apparaat zelf en van gereedschap dat gedurende het 3D-printen wordt gebruikt. Maar ook gevaren die verbonden zijn aan het bewegen van onderdelen in het apparaat en de hoge temperaturen die bereikt worden gedurende het 3D-printproces. De gevaren die hierbij komen kijken worden hieronder beschreven. In het algemeen zullen deze echter niet optreden bij verantwoord gebruik.

#### **Scherpe onderdelen**

Om het geprinte voorwerp van het printbed te verwijderen en beide schoon te maken worden scherpe mesjes, tangen en schrapers gebruikt waar de gebruiker zich snel aan kan bezeren. Ook kunnen delen van het geprinte object scherpe randen bevatten.

#### **Elektrisch apparaat**

Zoals bij elk elektrisch apparaat is er altijd het gevaar op het krijgen van een elektrische schok of het spontaan ontstaan van brand, zowel in de 3D-printer zelf als bij de aansluiting in het stopcontact. De voltage in de onderdelen van de 3D-printer lopen in principe niet verder op dan 12 tot 24 V en zullen alleen een kleine, over het algemeen veilige schok geven.

Wel blijven er altijd gevaren kleven aan het aan- en afsluiten van de stekker op een stopcontact en de isolatie van de elektrische bedrading.

### **Bewegende delen**

FDM 3D-printers werken met een beweegbare printkop die over een X-, Y- en Z-as beweegt. De printkop van de 3D-printer kan onverwachts gaan bewegen als de gewenste temperatuur bereikt is. Door het bewegen in drie verschillende richtingen is er bij niet-gesloten/niet-afgeschermd systemen van 3D-printers het gevaar op klem zitten van vingers. De motoren in 3D-printers die deze bewegingen aanvoeren zijn niet krachtig genoeg om ernstig letsel toe te brengen.

### **Hoge temperaturen**

Gedurende het printproces worden – afhankelijk van het type filament – temperaturen tussen 120°C en 260°C bereikt en kan de temperatuur van de printkop zelfs verder oplopen tot 300°C. Naast dat de printkop en het printbed wordt ook het zojuist geprinte voorwerp erg heet.

Hierbij is er een gevaar op verbranding. Bij het gebruik van ABS is een warm printbed noodzakelijk, terwijl dit bij PLA niet het geval is. Door de hogere printtemperatuur (zie Tabel 2 in paragraaf 2.3) is de kans op verbranding groter bij ABS [53].

Zoals bij ieder elektrisch apparaat is er een kans op het ontstaan van brand, wat bij 3D-printers, vooral de niet-gesloten/niet-afgeschermd systemen, vergroot wordt door de aanwezige warmte-elementen. Door de hoge temperaturen die bereikt kunnen worden bestaat er een kans dat materialen met een ontbrandingstemperatuur tot ca. 300°C in de buurt van de 3D-printer vlam vatten.

## **4.2 Gebruik van 3D-printers en filamenten - chemische stoffen**

Bij chemische gevaren gaat het om gevaren die optreden door blootstelling aan chemische stoffen. In het geval van 3D-printen gaat het hierbij om de toxiciteit van de gebruikte materialen voor het 3D-printen, de chemische stoffen die vrijkomen bij het verhitten van deze materialen, en de chemische stoffen die uit het 3D-geprinte product kunnen migreren.

### **Toxiciteit van PLA en ABS**

PLA wordt veel als verpakkingsmateriaal voor voeding gebruikt, zoals bakjes voor aardbeien of gesneden fruit, en beoordeeld als 'Generally Recognized as Safe' (GRAS) [24, 54]. Lactic acid is als monomeer volgens verordening EU 10/2011 toegestaan als food contact material. [29] Een REACH registratienummer is niet beschikbaar voor deze stof omdat een polymeer is uitgezonderd voor registratie. Het monomeer, L-lactide is wel geregistreerd onder REACH. In Bijlage B is de toxiciteit, classificatie en etikettering van lactide (de stof waaruit PLA ontstaat) opgenomen. In een veiligheidsinformatieblad van een PLA-filament staat dat het geen gevaarlijke stof of mengsel is overeenkomstig de CLP-verordening (EG) Nr. 1272/2008, en dat het niet toxisch is [55], wel kan inademing van de stoffen die vrijkomen bij verwarmen van PLA de luchtwegen mogelijk irriteren [56]. Methylmethacrylaat komt vrij bij PLA. Toxiciteitsgegevens en classificatie van deze stof zijn weergegeven in Bijlage B.

ABS is op oliebasis en ook een polymeer. ABS is daarom niet geregistreerd onder REACH. Acrylonitrile, butadieen en styreen zijn wel geregistreerd onder REACH. Volgens informatie in de Classification and Labellings Inventory (website van de European Chemicals Agency, ECHA) is ABS schadelijk bij inslikken, veroorzaakt het huidirritatie en ernstige oogirritatie en kan het de luchtwegen irriteren (zelf-indeling) [57]. Een tweetal dierstudies laat zien dat de decompositieproducten bij het verwarmen van ABS (tot 150-300°C, relevante temperaturen bij 3D-printen) inderdaad toxisch zijn voor zowel ratten (nabootsing industriële condities, effecten op longen, lever, nieren en hersenen) [58] als muizen (luchtwegirritatie) [59]. Deze studies hebben geen NOEL beschreven. Decompositieproducten van ABS zijn acrylonitril, butadieen en styreen, waar in box 1, 2 en 3 meer informatie over wordt gegeven [60-62]. Ook in Bijlage B is een overzicht opgenomen van de toxiciteit, classificatie en etikettering van deze drie stoffen. Acrylonitrile, butadieen en styreen zijn als monomeer volgens verordening EU 10/2011 toegestaan als food contact material [29].

Bijlage B geeft daarnaast een overzicht van een aantal bekende mogelijk vrijkomende stoffen bij het 3D-printen en hun bijbehorende toxiciteitsgegevens en classificatie [60-62]. Hierbij worden ook stoffen beschreven die vrijkomen bij andere 3D-printmaterialen dan ABS en PLA. Zo komt er bij HIPS-filamenten styreen vrij (in de range van 10 tot 100 µg/min), en komt er caprolactam vrij bij het verhitten van nylon, van imitatie hout- en steenfilamenten (in de range van 2 tot 180 µg/min). Naast vluchtige organische koolwaterstoffen (VOK's), komen ook in zeer lage hoeveelheid polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) als fluoranteen en pyreen vrij.

PTFE is een filament dat niet vaak gebruikt wordt, aangezien het in de eerder beschreven inventarisatie van gebruikte filamenten in de consumentenomgeving (paragraaf 2.3) niet genoemd wordt. Het filament is wel online verkrijgbaar, en vormt mogelijk een risico vanwege de dampen die vrijkomen bij verhitting. Blootstelling aan de dampen van PTFE met een temperatuur  $\geq 350^\circ\text{C}$  kan teflon-koorts veroorzaken (ook wel PTFE-toxicose of polymeer-rookkoorts genoemd) [63]. Er zijn geen duidelijke bronnen gevonden die de printtemperatuur van een PTFE-filament voor het 3D-printen beschrijven.

**Box 1: Acrylonitril (CAS nr. 107-13-1, EC nr. 203-466-5)**

Acrylonitril is een vluchtige stof die bij kamertemperatuur vloeibaar is en een kookpunt van 77°C heeft. Het heeft een scherpe geur en is licht ontvlambaar. De toxiciteit van acrylonitril wordt in verschillende dossiers uitgebreid beschreven en zal hier summier behandeld worden (zie bijvoorbeeld EU RAR 2004 [64]).

Acrylonitril wordt snel geabsorbeerd en over het lichaam verdeeld na orale, dermale of inhalatoire blootstelling. De halfwaardetijd in bloed van ratten is ongeveer 1 uur en uitscheiding gebeurt voornamelijk via urine. Acrylonitril kan gemetaboliseerd worden tot cyanide.

Na acute blootstelling veroorzaakt acrylonitril irritatie aan ogen, luchtwegen en huid. Een belangrijk doelorgaan van acrylonitril is het zenuwstelsel, neurotoxische effecten worden veroorzaakt door acrylonitril zelf maar mogelijk ook door gevormd cyanide. Bij (herhaalde) humane blootstelling aan  $\geq 11 \text{ mg/m}^3$  acrylonitril worden vooral neuropathologische effecten als hoofdpijn, vermoeidheid, misselijkheid, neusbloedingen, slapeloosheid, veranderingen in leverfunctie e.d. gerapporteerd.

Indirecte blootstelling aan acrylonitril via andere bronnen kan plaatsvinden via textiel, vloerbedekking, voedselverpakkingen, e.d.

Volgens de CLP criteria is acrylonitril onder andere geclassificeerd als humaan carcinogeen (carcinogeen 1B).

De No Observed Adverse Effect Level (NOAEL) voor (herhaalde) orale of dermale blootstelling bij consumenten is 0.25 mg/kg/dag [64].

**Box 2: 1,3-butadien (CAS nr. 106-99-0, EC nr. 203-450-8)**

Bij kamertemperatuur is 1,3-butadien een kleurloos, zeer licht ontvlambaar gas met een milde geur. De toxiciteit van 1,3-butadien wordt uitgebreid beschreven in verschillende dossiers en zal hier summier behandeld worden (zie bijvoorbeeld EU RAR 2002 [65]).

Aangezien 1,3-butadien bij kamertemperatuur een gas is, vindt blootstelling voornamelijk plaats via de luchtwegen. Na absorptie via de longen wordt het gemetaboliseerd en na een halfwaardetijd van een aantal uren tot dagen via urine en adem weer uitgescheiden.

Bij hoge concentraties is 1,3-butadien irriterend voor ogen, neus en mond. Er is weinig bekend over de toxiciteit van 1,3-butadien bij mensen. Herhaalde blootstelling bij proefdieren laten grote verschillen tussen muizen en ratten zien, muizen blijken bijzonder gevoelig voor 1,3-butadien te zijn en ontwikkelen al snel onder andere tumoren. Bij andere dieren is de toxiciteit laag. Uit humane epidemiologische studies blijkt een verband tussen blootstelling aan 1,3-butadien en leukemie. Volgens de CLP criteria wordt 1,3-butadien dan ook onder andere geclassificeerd als mutageen en carcinogeen (mutageen 1B, carcinogeen 1A, zie ook Bijlage B).

1,3-butadien komt vrij uit sigarettenrook en benzine, maar blootstelling vindt ook plaats door emissie uit producten in huis waarin polymeren zijn verwerkt, voedselverpakkingen en kauwgom.

Betrouwbare grenswaarden voor inhalatoire en orale blootstelling zijn niet beschikbaar.

**Box 3: Styreen (CAS nr. 100-42-5, EC nr. 202-851-5)**

Styreen is een vluchtige stof die bij kamertemperatuur vloeibaar is en een kookpunt van 145°C heeft. Door de scherpe geur wordt styreen al bij lage concentraties opgemerkt. De toxiciteit van styreen wordt in verschillende dossiers uitgebreid beschreven en zal hier summier behandeld worden (zie bijvoorbeeld EU RAR 2008 [66, 67]).

De belangrijkste blootstellingsroute is het inhaleren van styreendamp. Eenmaal in het lichaam wordt styreen opgenomen en verdeeld over het lichaam. Styreen wordt samen met metabolieten via urine al vrij snel weer uitgescheiden (halfwaardetijd 0,6-13 uur).

Inhalatoire blootstelling aan styreen veroorzaakt een matige acute toxiciteit bestaande uit irritatie van de ogen en neusslijmvliezen en effecten op het centraal zenuwstelsel zoals de nervus cochlearis (gehoorzenuw) waardoor ototoxiciteit (toxiciteit aan de gehoororganen) kan ontstaan. Uit studies in mensen en proefdieren blijkt dat het risico op het ontwikkelen van gehoorverlies mogelijk groter is bij mensen dan bij ratten. Een No Observed Adverse Effect Concentration (NOAEC, de laagst gemeten concentratie waarbij geen schadelijke effecten zijn waargenomen) van 1300-2600 mg/m<sup>3</sup> is voor gehoorverlies vastgesteld [68]. Uit epidemiologische studies blijkt ook dat blootstelling aan styreen resulteert in veranderingen in het onderscheiden van kleuren.

In het EU Risk Assessment Report [67] voor styreen blijkt dat er niet voldoende bewijs is voor styreen-geïnduceerde mutagene of carcinogene effecten bij de mens. Voor mogelijke effecten op de ontwikkeling van (ongeboren) kinderen (reproductietoxiciteit) is een NOAEC van 650 mg/m<sup>3</sup> (~120 mg/kg bw) vastgesteld in de RAR (CLP-classificatie Repr. 2).

De WHO heeft een orale toelaatbare dagelijkse inname (TDI) vastgesteld op 7,7 µg/kg lichaamsgewicht per dag [69], gebaseerd op een orale NOAEL van 7,7 mg/kg lg uit een dierstudie. In de RAR zijn andere studies gebruikt om de laagste NOAEL te bepalen, nl. een dierstudie met een orale NOAEL van 150 mg/kg bw/d, en een humane studie met een (interne) NOAEL van 32,6 mg/kg lg/d; er worden geen voorstellen voor toepasselijke veiligheidsmarges gedaan.

Blootstelling aan styreen vindt plaats via voedsel, lucht en water door emissie uit bijvoorbeeld vloerkleden, voedselverpakkingen, kauwgom en (passief) roken.

**Additieven in de filamenten**

Plastic filamenten bestaan niet alleen uit de polymeerketens die gemaakt zijn uit de stoffen waar het type plastic naar vernoemd is, maar ze bevatten ook additieven (zoals weekmakers, antioxidanten en stabilisatoren), kleurstoffen, stoffen die nodig zijn om de polymerisatiereactie goed te laten verlopen, en/of reactieproducten daarvan. Het verschilt per fabrikant en per kleur welke additieven zijn toegevoegd. Deze additieven kunnen mogelijk ook gevaren met zich meebrengen. Gezien de brede range aan additieven valt het onderzoeken van de eigenschappen van deze stoffen en hun stabiliteit tijdens het 3D-printproces buiten de scope van dit inventariserende onderzoek.

### **Andere chemische stoffen**

Afgezien van de filamenten worden ook chemische stoffen gebruikt voor andere doeleinden. Zo kan haarlak of DimaFix op het printbed gebruikt worden voor fixatie van het printobject. Aceton, methylethylketon (MEK), tetrahydrofuran en soda kunnen worden gebruikt bij het schoonmaken van het printbed. Chemische stoffen kunnen ook gebruikt worden voor verfraaiing van het 3D-geprinte eindproduct. Aceton, methylethylketon (MEK) en tetrahydrofuran kunnen worden gebruikt voor het glad maken van een geprint ABS-object. Verder kan het geprinte object nog geleverd worden met bijvoorbeeld spuitverf. De gevaren van bovenstaande chemische stoffen zijn in Bijlage C verder uitgewerkt [70-75].

### **4.3 3D-geprinte producten**

Er kunnen microbiële risico's ontstaan als 3D-geprinte producten in contact komen met voedsel, en voedselresten achterblijven in de ruwe oppervlakten van het 3D-geprinte product. 3D-geprinte producten die consumenten zelf maken zijn verder mogelijk niet veilig genoeg waarvoor ze gebruikt worden, bijvoorbeeld technische onderdelen van apparaten [76].

Kinderen vormen een doelgroep die extra aandacht verdient. Naast de toxische risico's (de afgifte van schadelijke stoffen als het speelgoed bijvoorbeeld in de mond wordt gestopt), kan een onderdeel afbreken van een 3D-geprint object waardoor een kind zou kunnen stikken, zich zou kunnen bezeren aan scherpe randen of waarbij een onderdeel bij inslikken kan blijven zitten in het maag-darmstelsel [77].



## 5 Mogelijke blootstelling bij 3D-printen

Bij het verhitten van onder andere ABS- en PLA-filamenten kunnen (vluchtige) stoffen vrijkomen, in dampvorm alsook in de vorm van kleine deeltjes (vaak kleiner dan 100 nm, ultrafijne partikels (UFP's)) vrij [78, 79]. UFP's kleiner dan 100 nm worden ook wel nanodeeltjes genoemd. Zowel bij het printen van PLA als bij het 3D-printen van ABS had de meerderheid van de deeltjes die vrijkwamen een deeltjesgrootte van kleiner dan 100 nm [62].

Een aantal studies heeft gekeken naar de hoeveelheid (schadelijke) deeltjes die vrijkomen bij het gebruik van FDM 3D-printers. Bij het 3D-printen met een PLA-filament komen  $4.27 \times 10^8 - 2 \times 10^{10}$  deeltjes/minuut vrij [62, 80-82]. In Tabel 5 worden blootstellingslimieten voor PLA-filamenten die door verschillende instituten zijn opgesteld beschreven [56]. Bij het 3D-printen met een ABS-filament komen  $2.4 \times 10^8 - 2 \times 10^{11}$  deeltjes/minuut vrij [62, 80-82]. Ook zijn er deeltjes van een aantal andere filamenten gemeten. Zo komen er bij het 3D-printen van HIPS ( $4 \times 10^9$  deeltjes/minuut), nylon ( $2 \times 10^8$  deeltjes/minuut) en hout ( $8 \times 10^7$  deeltjes/minuut) deeltjes vrij [82].

Tabel 5: Blootstellingslimieten PLA-filament [56]

Instituten	PLA-filament (Cas-nr. 9051-89-2)
American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 mg/m<sup>3</sup> tijd gewogen gemiddelde inhaleerbare deeltjes</li> <li>• 3 mg/m<sup>3</sup> tijd gewogen gemiddelde inhaleerbare deeltjes</li> </ul>
Occupational Safety and Health Administration (OSHA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 mg/m<sup>3</sup> tijd gewogen gemiddelde stof in totaal</li> <li>• 5 mg/m<sup>3</sup> tijd gewogen gemiddelde inhaleerbare fractie</li> </ul>

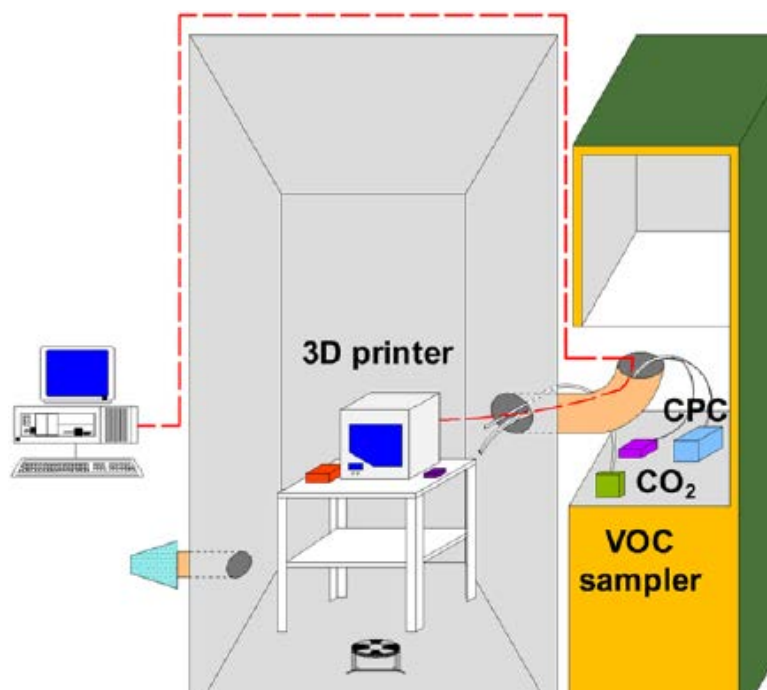
Van nanodeeltjes is bekend dat ze via de luchtwegen, huid en het maag-darmstelsel soms al in minder dan een minuut in de bloedsomloop terecht kunnen komen [71, 83-85]. Vanuit de bloedsomloop kunnen nanodeeltjes naar verschillende organen diffunderen. Nanodeeltjes worden het meest teruggevonden in de lever en de milt, de plaatsen waar ook de 'filtering' van toxische stoffen in het lichaam plaatsvinden.

Een belangrijke factor bij de mogelijke blootstelling aan chemische stoffen tijdens het 3D-printen blijken de omstandigheden waaronder geprint wordt. Het onderzoek van Steinle en collega's [81] laat zien dat 3D-printen gedurende 165 minuten in een grote, goed geventileerde ruimte de concentraties UFP's en VOK's niet significant verhoogt, terwijl deze wel direct detecteerbaar waren in een kleine, niet-geventileerde ruimte met UFA-concentraties toenemend tot 2000 deeltjes/m<sup>3</sup>. In deze studie werd bij het printen met PLA in een kleine niet-geventileerde ruimte een piekconcentratie van 21 21 µg methylmethacrylaat/m<sup>3</sup> gemeten en was deze chemische stof 20 uur na het printen nog steeds te meten.

### Blootstelling bij het gebruik van 3D-printers en materialen voor 3D-printers – experimentele opstelling

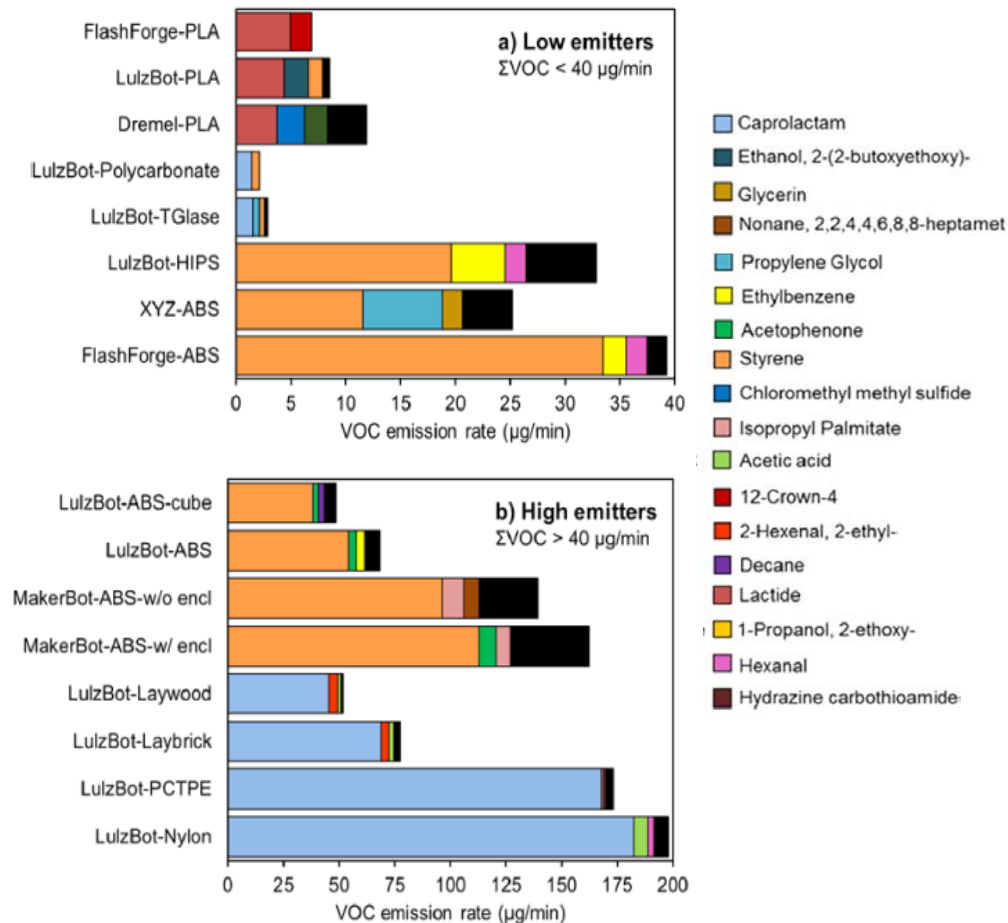
De studie van Azimi et al. (2016) is interessant aangezien het een realistisch scenario nabootst van een hobbyist die thuis een 3D-printer gebruikt. De studie meet het vrijkomen van deeltjes en vluchtige organische stoffen bij het 3D-printen met verschillende 3D-printers en verschillende filamenten (waaronder ook ABS en PLA) in een experimentele opstelling.

Azimi et al. gebruikten een experimentele opstelling bestaande uit een afgesloten ruimte van 45 m<sup>3</sup> met één 3D-printer (Figuur 2) [82]. Er werd een voorwerp van 10 × 10 × 1 cm geprint in een tijdsbestek van 2,5 tot 4 uur, afhankelijk van de 3D-printer en het gebruikte filament. Voor het printen, tijdens het printen en tot drie uur na het printen werden de emissie van vluchtige organische stoffen en deeltjes met een afmeting van 10 nm tot 1 µm in de lucht gemeten.



Figuur 2: Experimentele opstelling blootstellingsscenario: werkruimte van 45 m<sup>3</sup> met één 3D-printer die 2,5 tot 4 uur een 10 × 10 × 1 cm object print [82].

Het merendeel van de gemeten deeltjes was kleiner dan 116 nm. De emissie bleek afhankelijk te zijn van de gebruikte 3D-printer en het gebruikte filament. De combinatie van 3D-printer met een filament werd ingedeeld als een combinatie waarbij meer (Figuur 3a) of minder (Figuur 3b) emissie dan 40 µg/min was. Vervolgens is in kaart gebracht welke stoffen hierbij vrijkwamen (Figuur 3) [82].



Figuur 3: Vrijkomen van gemeten stoffen uitgedrukt in µg per min voor combinaties van 3D-printers met een filament waarbij a) minder of b) meer dan 40 µg per minuut vrijkwam [82].

Er was een lagere emissie bij 3D-printers in combinatie met PLA dan bij 3D-printers in combinatie met ABS. Er zijn combinaties van 3D-printers met filament waarbij emissies tot ongeveer 177 µg/min caprolactam (LulzBot-nylon, zie Figuur 3b, Tabel 5) en tot ongeveer 112 µg/min styreen (MakerBot-ABS-w/ encl, zie Figuur 3b, Tabel 5) gemeten zijn [82].

Voor Tabel 6 is in Figuur 3 gekeken wat de hoogste gemeten emissie van een vluchtige organische stof was en bij welke combinatie van 3D-printer en filament dit was. Vervolgens is de Occupational Exposure Limit (OEL) voor Nederland, gepubliceerd door de Sociaal-Economische Raad (SER), hier naast gezet [82, 86]. Om deze emissie te kunnen vergelijken met de OEL is uitgerekend wat de blootstelling zou zijn in een niet-geventileerde ruimte (worst-case scenario) van 45 m<sup>3</sup>, waarbij gedurende vier uur geprint wordt. Deze blootstelling is ook in Tabel 6 weergegeven. De berekende blootstelling in het (hierboven) geschetste blootstellingsscenario is voor de meeste vluchtige organische stoffen ruim onder de OEL. Alleen de berekende blootstelling aan caprolactam komt in de buurt van de OEL in een niet-geventileerde ruimte. Ondanks het feit dat de blootstellingsduur van consumenten waarschijnlijk korter is dan van werknemers, wordt ventileren tijdens 3D-printen aangeraden.

Tabel 6: De hoogste emissie van een aantal vluchtige organische stoffen die gemeten zijn bij een 3D-printer met filament (zie ook Figuur 3), omgerekend naar de blootstelling in een niet-geventileerde ruimte (worst-case scenario) van 45 m<sup>3</sup> gedurende vier uur printen, en vergeleken met Occupational Exposure Limit (OEL) van dezelfde chemische stof [82, 86]

Vluchtige organische stof (Cas-nr.)	3D-printer (filament)	Hoogste emissie (µg/min)	Blootstelling in 45 m <sup>3</sup> tijdens 4 uur printen (mg/m <sup>3</sup> )	Occupational Exposure Limit (OEL)
Caprolactam (105-60-2)	LulzBot (nylon)	177	0,94	1 mg/m <sup>3</sup> - Tijd gewogen gemiddelde over 8 uur
Styreen (100-42-5)	MakerBot (ABS-w/encl)	112	0,60	107 mg/m <sup>3</sup> - Tijd gewogen gemiddelde over 8 uur
Isopropylpamitaat (142-91-6)	MakerBot (ABS-w/o encl)	12	0,064	25,85 mg/m <sup>3</sup> - Inhalatie, systemische effecten, langdurige blootstelling
Acetofenon (98-86-2)	MakerBot (ABS-w/encl)	12	0,064	49 mg/m <sup>3</sup> - Tijd gewogen gemiddelde over 8 uur
Propyleen-glycol (57-55-6)	XYZ (ABS)	6	0,032	10 mg/m <sup>3</sup> - Inhalatie, lokale effecten, langdurige blootstelling
				168 mg/m <sup>3</sup> - Inhalatie, systemische effecten, langdurige blootstelling
Ethyl-benzeen (100-41-4)	LulzBot (HIPS)	5	0,027	215 mg/m <sup>3</sup> - Tijd gewogen gemiddelde over 8 uur

### Migratie chemische stoffen

Twee studies hebben verschillende voedselcontactsimulaties uitgevoerd om de migratie van PLA naar voedsel te onderzoeken. Hierbij is uitgegaan van een worst-case scenario: een half tot vierentwintig uur blootstelling bij 26 en 43°C [54], en 10 tot 180 dagen bij 40, 60 en 90°C [87]. Potentiële stoffen die konden migreren bij blootstelling aan PLA waren melkzuur, lactide (cyclisch dimeer van melkzuur, dat als start-monomeer gebruikt wordt) en 'lactoyl-lactic acid' (lineair dimeer van melkzuur). Er was sprake van weinig migratie. Geconcludeerd werd dat het gebruik van het type PLA in de onderzochte huishoudartikelen en voedselcontactmaterialen veilig is en als 'Generally Recognized as Safe' (GRAS) werd beoordeeld [54]. Deze studies zijn echter alleen uitgevoerd met pure PLA polymeren [88]. Niet alle PLA's zijn geschikt voor contact met voedsel, dit hangt af van de verdere samenstelling zoals welke kleurstoffen en welke additieven erbij zitten en of het geproduceerd is onder juiste condities. Plastic dat voldoet aan de wettelijke eisen voor voedselcontactmaterialen, wordt 'food-grade' plastic genoemd. Omdat de migratie van stoffen ook weer afhangt van de temperatuur, de

oppervlakte/contact ratio, de contactduur en het type voedsel (zuur, zout, waterig, vet) waarmee het in contact is, is zelfs 'food-grade' plastic niet in iedere situatie gegarandeerd veilig; vooral bij warm en/of zuur voedsel kan er een hogere migratie optreden. Er is geen onderzoek bekend naar de geschiktheid van 3D-geprinte artikelen geproduceerd met PLA-filament als voedselcontactmateriaal.

Een studie van Abe et al. beschrijft dat ABS ook wordt gebruikt in sommige keukenmaterialen in Japan. Van 10 keukenmaterialen die te verkrijgen zijn in Japan werd de migratie van 14 vluchtige stoffen naar 20% ethanol (als voedselsimulatietest) gemeten. Bij 8 van de 10 keukenmaterialen van ABS migreerde 6 tot 76 ng/cm<sup>2</sup> styreen naar 20% ethanol. Ze concluderen dat migratie naar voedsel waarschijnlijk lager zal zijn. Dus is niet duidelijk of deze mate van blootstelling tot risico's leidt. Er is geen onderzoek bekend naar de geschiktheid van 3D-geprinte artikelen geproduceerd met ABS-filament als voedselcontactmateriaal.

#### **Verdere chemische stoffen**

Bij gebruik van producten die voor fixatie of verfraaiing van het 3D-geprinte product worden gebruikt, zoals haarlak en DimaFix, worden aerosolen (een mengsel van stofdeeltjes en/of vloeistofdruppels in een gas) gevormd. Blootstelling via inhalatie is dan ook te verwachten bij deze producten. Mogelijke blootstelling aan deze producten is in dit rapport niet verder in kaart gebracht.

#### **Conclusie**

Gedurende het gehele printproces kan men blootgesteld worden aan verschillende chemische stoffen. Het vrijkomen van stoffen als damp of in de vorm van kleine deeltjes tijdens het printen hangt af van verschillende parameters: de keuze van het filament (met het daarin aanwezige monomeer, additieven en kleurstoffen), de oppervlakte van het te printen object, de dikte van het filament, de temperatuur waarbij het polymeer gesmolten wordt, de temperatuur van het printbed en hoe snel het filament na het printen weer afkoelt. Daarnaast zal de blootstelling afhangen van de ventilatie, de grootte van de ruimte en de blootstellingsduur. Aangezien hobbyisten thuis niet altijd een 3D-printer in een (mechanisch) geventileerde ruimte hebben staan, lopen ze het risico om blootgesteld te worden aan vrijkomende chemische stoffen/dampen. Daarnaast kan blootstelling plaatsvinden aan andere chemische stoffen die gebruikt kunnen worden voor en na het printen zoals een fixatiemiddel of spuitverf.



## 6 Blootstellingsscenario's van de consument

### 6.1 Beschrijving risico's - samenvattend

Uit de voorgaande hoofdstukken blijkt dat de kans op blootstelling aan chemische stoffen tijdens het werken met een 3D-printer aannemelijk is. De consument zou dit kunnen waarnemen als irritatie aan ogen en luchtwegen. Ook blijkt uit het voorgaande dat meer onderzoek nodig is naar welke chemische stoffen vrijkomen en hoeveel bij het gebruik van 3D-printers door consumenten.

Naast de mogelijke blootstelling aan chemische stoffen zijn er ook fysische gevaren tijdens het printen. Deze variëren van scherp gereedschap en risico's die komen kijken bij het werken met een elektrisch apparaat tot hoge temperaturen en bewegende delen in de printer. Tot op heden is er geen (wetenschappelijk) onderzoek gedaan naar fysische gevaren bij het werken met een 3D-printer. Zoals eerder beschreven kunnen geprinte objecten bewerkt worden om bijvoorbeeld het oppervlak glad te maken of een kleur te geven. Hierbij is een kans op blootstelling aan chemische stoffen. Er is geen informatie beschikbaar over mogelijke blootstelling gedurende dit afwerkproces. Bij het gebruik van een (zelf)geprint object zijn er mogelijk ook chemische en fysische risico's, zoals migratie van chemische stoffen uit het object en het afbreken van (kleine) stukjes van het object.

Door gebrek aan (blootstellings)data is het op dit moment niet mogelijk (volledige) kwantitatieve risicobeoordelingen uit te voeren. Aan de hand van een aantal scenario's zullen hieronder de risico's kwalitatief beschreven worden voor kinderen en de gemiddelde volwassen hobbyist met daaruit voortvloeiend aanbevelingen voor vervolgonderzoek (aangeduid met →).

### 6.2 Een kind print een dinosaurus om mee te spelen

Met de opkomst van een 3D-printer voor kinderen (de ThingMaker van Mattel) en het al op de markt zijn van de 3D-pen is het zeer waarschijnlijk dat kinderen (al dan niet onder toezicht van een volwassene) zelf voorwerpen (gaan) maken. De ThingMaker lijkt een gesloten systeem te zijn. De precieze specificaties en de gebruiksaanwijzing van de ThingMaker zijn opgevraagd, maar niet vrijgegeven. Het is daarom lastig om uitspraken te doen over veiligheid van deze 3D-printer speciaal voor kinderen ten opzichte van een kant-en-klare 3D-printer (voor volwassenen).

- Het wordt aanbevolen om een veiligheidsbeoordeling van dit product uit te (laten) voeren voor de marktintroductie.

De eerder beschreven fysische en chemische risico's tijdens het printproces (bijvoorbeeld een vinger branden aan de hete printkop of knoeien met aceton voor het glad maken van het geprinte object (dermale blootstelling)), zijn misschien wel het grootst bij kinderen doordat ze zelf nog niet de gevaren en risico's van handelingen en chemische stoffen in kunnen schatten. Vanzelfsprekend worden kinderen ook blootgesteld aan vrijkomende dampen en deeltjes tijdens het

printen (inhalatoire blootstelling). Of er grotere risico's voor kinderen zijn dan voor volwassenen is nu nog niet duidelijk.

- Het wordt aanbevolen nader onderzoek te doen of de minimumleeftijden die worden aangegeven in handleidingen goed ingeschat zijn.
- Het wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar het vrijkomen van chemische stoffen tijdens het printen (inhalatoir, zowel bij het werken met PLA als ABS) en tijdens het afwerken van geprinte objecten (inhalatoir en dermaal). Hierbij kan ook gekeken worden naar de risico's van additieven die toegevoegd zijn aan de filamenten, zoals kleurstoffen. Daarbij kan ook verder ingegaan worden op een risicoanalyse speciaal voor kinderen.

Na het printen zullen kinderen met het voorwerp, in dit voorbeeld een dinosaurus, gaan spelen en vindt er dermaal contact plaats waarbij wellicht chemische stoffen uit de dinosaurus naar de huid kunnen migreren. Afhankelijk van de leeftijd van het kind kan er blootstelling plaatsvinden via oraal contact (sabbelen op de dinosaurus). Het is te verwachten dat blootstelling aan chemische stoffen die uit de dinosaurus migreren na oraal contact hoger is dan via dermaal contact. De mate van blootstelling wordt bepaald door blootstellingsparameters zoals het type filament dat gebruikt is om de dinosaurus te printen, de migratie van de stof uit dit plastic, de duur van het huidcontact met de dinosaurus en het contactoppervlak.

- Het wordt aanbevolen het migratiegedrag (voor zowel dermaal als oraal contact) van chemische stoffen uit geprinte objecten van verschillende filamenten (zowel PLA als ABS) in kaart te brengen en te kwantificeren.

Kinderen hebben vanwege hun gedrag ook andere mogelijkheden om blootgesteld te worden aan chemische stoffen, bijvoorbeeld door het 'hand-mond gedrag' (resultierend in een vergroot risico op orale blootstelling), maar ook door spelen op de grond waardoor ze huisstof waarin vele chemische stoffen voorkomen binnenkrijgen (zowel orale als inhalatoire blootstelling).

- Het wordt aanbevolen om na verder onderzoek uiteindelijke risicoanalyses toe te spitsen op (kwetsbare) jonge kinderen.

Afgezien van de chemische risico's bestaat er ook een kans dat een stuk van de dinosaurus af zal breken waar een kind vervolgens in zou kunnen stikken. Als dit stuk hard is kan het blijven steken in de maag of darm, en mogelijk de darm perforeren.

- Het wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar mogelijkheden voor het bijvoorbeeld inbouwen van waarschuwingen in ontwerpprogramma's indien een ontworpen object makkelijk afbreekbare uiteinden heeft of het formaat heeft waardoor er inslikingsgevaar is voor kinderen onder de drie jaar.

### 6.3 Een volwassene print een drinkbeker

Tijdens het printen zijn er de beschreven mogelijke fysische en chemische risico's. Hierboven wordt aangegeven dat meer onderzoek nodig is naar het vrijkomen van chemische stoffen tijdens het



printproces. De mate van blootstelling hangt af van vele factoren als type filament, smeltemperatuur, ventilatie en printduur.

- Het wordt aanbevolen om nader onderzoek te doen naar de aard en hoeveelheid van de chemische stoffen die vrijkomen tijdens het printproces en vervolgens een risicobeoordeling voor de consument op te stellen. Op basis van de resultaten in dit onderzoek kan gericht geadviseerd worden over de chemische risico's bij gebruik van een 3D-printer, het ventileren van een ruimte en/of het plaatsen van afzuiginstallaties met filters.
- Het wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar fysieke gevaren tijdens het werken met een 3D-printer. Op basis van de resultaten van dit onderzoek kan worden beoordeeld of er afdoende waarschuwingen in de handleidingen en/of op het apparaat staan aangegeven.

Met een 3D-printer kunnen ook bekertjes en servies geprint worden. De mate van blootstelling aan een chemische stof uit het product (bijvoorbeeld een drinkbeker) via de huid zijn ook hierbij afhankelijk van het type plastic, de duur van het contact en het contactoppervlak. Bij een beker zal er directer contact plaatsvinden door blootstelling aan de binnenkant van de lip en daarnaast kan er orale blootstelling plaatsvinden bij migratie van stoffen in het voedsel. Daarnaast kunnen in de ruwe oppervlakken van een drinkbeker voedselresten achterblijven wat microbiële risico's kan opleveren.

- Het wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar het migratiegedrag van chemische stoffen uit geprinte objecten en of geprinte objecten van verschillende soorten filamenten veilig zijn bij het gebruik als voedselcontactmateriaal.

#### **6.4 Een volwassene draagt een geprint horloge**

Veelal zal er slechts kortdurend contact (acute blootstelling) plaatsvinden met een geprint object. Er zijn echter ook te printen objecten zoals sieraden, telefoonhoesjes en horloges waarbij langdurig contact (chronische blootstelling) zal plaatsvinden. Afhankelijk van het soort artikel zal de blootstellingsparameterduur verschillen. Een geïrriteerde huid, wondjes of zweet verhogen wellicht de mogelijke opname en daarmee interne blootstelling aan chemische stoffen uit bijvoorbeeld een horloge.

- Het wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar het migratiegedrag van chemische stoffen uit geprinte objecten van verschillende filamenten waaraan chronische dermale blootstelling plaatsvindt.

#### **6.5 Hoe kan de consument de veiligheid tijdens het 3D-printen vergroten?**

Op basis van de in dit rapport beschreven mogelijke fysieke risico's en risico's van een mogelijke blootstelling aan chemische stoffen kan een lijst opgesteld worden met adviezen voor de consument die de veiligheid rondom 3D-printen kan vergroten. Hierbij kan gedacht worden aan de volgende adviezen:

- De printer gebruiken in een geventileerde ruimte.
- De printer op een veilige plaats zonder brandbare voorwerpen in de buurt (filamenten, hout, verf, oplosmiddelen, etc.) neerzetten.

Aanwezigheid van rookmelder en brandblussers zijn aan te raden.

- Voor alle elektra in en om de printer geaarde en gecertificeerde materialen gebruiken.
- Alleen gecertificeerde producten aanschaffen (bijvoorbeeld met een CE-markering).
- Geef de voorkeur aan een kant-en-klare 3D-printer ten opzichte van een 'do-it-yourself' 3D-printer.
- Tijdens het printproces bij de printer blijven, of regelmatig het apparaat in de gaten houden.
- Voor printers met een gesloten behuizing komen mogelijk actieve koolstof- en/of High Efficiency Particulate Arrestance (HEPA) filters op de markt om vrijkomende dampen op te vangen. Het is aan te raden deze filters te gebruiken waar mogelijk.
- Het is aan te raden persoonlijke beschermingsmiddelen zoals handschoenen en een filterend mondkapje te gebruiken wanneer gewerkt wordt met chemische stoffen.
- Draag geen losse kleding en bind het haar op tijdens het printen.
- Naleven van de waarschuwingspictogrammen.
- Het is aan te raden om kinderen alleen onder continu toezicht met 3D-printers te laten werken.

## 7 Conclusies

Dit inventariserende onderzoek toont aan dat er mogelijk risico's kleven aan het gebruik van 3D-printers in een consumentenomgeving. Fysische risico's zijn te beheersen door de 3D-printer verantwoord te gebruiken. Chemische risico's tijdens het printen hebben voornamelijk te maken met nanodeeltjes en vluchtige stoffen die vrij kunnen komen. Goed ventileren is daarom erg belangrijk. De chemische risico's van het geprinte product wordt bepaald door het type en de mate van blootstelling die bij gebruik te verwachten valt. Een goede inschatting van de omvang van deze risico's zijn echter nog niet mogelijk op basis van de verzamelde gegevens. Een kwantitatieve risicoschatting voor de in deze studie beschreven scenario's is niet mogelijk gezien de beperkte beschikbaarheid van relevante gegevens. Hiervoor is vervolgonderzoek noodzakelijk. Er zijn aanbevelingen geformuleerd voor eventuele vervolgstappen met onderzoek.



## Dankbetuiging

Hierbij willen we de reviewers Henk Aarts, Andre Muller, Janine Ezendam en Joke Herremans bedanken voor hun input en kritisch commentaar.



## Referenties

1. nu.nl. *Volgend jaar half miljoen 3D-printers verscheept*. 2015; Available from: <http://www.nu.nl/tech/4135715/volgend-jaar-half-miljoen-3D-printers-verscheept.html>.
2. designsharemaker.com. Available from: <http://www.designsharemake.com/design/digger>.
3. Praxis, *Nieuwsbrief*. 2016.
4. Consumentenbond. *3D-printer*. 2016 [19 april]; Available from: <http://www.consumentenbond.nl/printer/extra/3D-printer/>.
5. Kemps, D. and F. Schrijvers. *Zie ginds komt de printer. 2013 scharnierjaar voor 3D printen in de consumentenmarkt*. 2013; Available from: <http://www.slideshare.net/kemps28/abn-amro-rapport-zie-ginds-komt-de-printer-dec-2014>.
6. Sher, D. *Motherboard shows consumer 3D printing hype is dead. Now, real growth can continue, 3D printing Industry*. 2015; Available from: <http://3dprintingindustry.com/2015/09/08/motherboard-shows-consumer-3D-printing-hype-dead-real-growth-can-begin/>.
7. Fischer, C.H., et al. *Kortlægning samt fare- og ressourcevurdering af 3D-printere og 3D-printede artikler - Kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter nr. 144, 2016 - Miljø-og Fodevareministeriet Miljostyrelsen*. 2016; Available from: <http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2016/feb/kortlaegning-samt-fare-og-ressourcevurdering-af-3D-printere-og-3D-printede-artikler/>.
8. van Zijverden, M., P.C.E. van Kesteren, and S. Deleu, *3D-printing, een nieuwe dimensie voor de 3V's: Over 3D-printing, innovatie en alternatieven voor dierproeven* 2014.
9. Fablab.nl. *FabLabs in de Benelux*. Available from: <http://fablab.nl/fablabs-in-de-benelux/>.
10. Robo3D. 2014; Available from: <https://leopoly.com/2014/11/20/3D-printing-consumer-survey/>.
11. 3DHubs.com.
12. 3Dprimeur.nl.
13. all3dp.com.
14. cheatsheet.com.
15. amazon.com.
16. Today, U.
17. dutchcowboys.nl. Available from: [www.dutchcowboys.nl/technology/thingmaker-van-mattel-een-3D-printer-voor-al-jouw-speelgoed](http://www.dutchcowboys.nl/technology/thingmaker-van-mattel-een-3D-printer-voor-al-jouw-speelgoed).
18. numrush.nl.
19. ground3d.nl. Available from: <http://www.ground3d.nl/over-3D-printen/3D-printers/3D-print-technieken/>.
20. llowlab.nl. Available from: <https://www.llowlab.nl/3D-printing/technieken/>.
21. 3dindustryexpo.com.
22. all3dp.com. Available from: <https://all3dp.com/best-3D-printer-filament-types-pla-abs-pet-exotic-wood-metal/>.
23. filamentworld.nl. Available from: <http://www.filamentworld.nl>.

24. Harmsen, P. and H. Bos, *Communicatie Biobased Economy - Overzicht informatiefolders BO-12.05-002-002*. 2011.
25. Sherman and Manolis, *Enhancing biopolymers: additives are needed for toughness, heat resistance & processability*. 2008.
26. Quigley, E., *A FEW WAYS TO STRENGTHEN 3D PRINTED PARTS*. 2014.
27. NOS, *Bussemaker draag schoenen uit 3D-printer*. 2015.
28. CSES, E.c.-. *Evaluation of the Internal Market Legislation for Industrial Products - Final report Ref. Ares(2014)264536 - 04/02/2014*. 2014.
29. EU, *Verordening (EU) Nr. 10/2011 - betreffende materialen en voorwerpen van kunststof, bestemd om met levensmiddelen in contact te komen*. 2011.
30. EU, *Richtlijn 2006/42/EG*. 2006.
31. Warenwet, *Warenwetbesluit machines*. 1992.
32. Warenwet, *Warenwetregeling machines*. 2015.
33. Besluit, *Besluit elektromagnetische compatibiliteit 2007*. 2006.
34. EU, *Richtlijn 2004/108/EG*. 2004.
35. Regeling, *Regeling elektromagnetische compatibiliteit 2007*. 2007.
36. EU, *Richtlijn 2012/19/EU*. 2012.
37. EU, *Richtlijn 2011/65/EU*. 2011.
38. ISO. *ISO/TC 261 Additive manufacturing 2016* [cited 2016; Available from: [http://www.iso.org/iso/home/standards\\_development/list\\_of\\_iso\\_technical\\_committees/iso\\_technical\\_committee.htm?commid=629086](http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=629086)].
39. NEN. *Normcommissie voor 3D-printen*. 2013 31-05-2013; Available from: <https://www.nen.nl/NEN-Shop/ICTnieuwsberichten/Normcommissie-voor-3Dprinten.htm>
40. ISO. *ISO/ASTM 52921:2013 Standard terminology for additive manufacturing -- Coordinate systems and test methodologies 2016*; Available from: [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=62794&commid=629086](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=62794&commid=629086).
41. ISO. *ISO/ASTM 52915:2013 Standard specification for additive manufacturing file format (AMF) Version 1.1 2016*; Available from: [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=61944&commid=629086](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=61944&commid=629086).
42. ISO, *NEN-EN-ISO 12100:2010*. 2010.
43. NEN, *Elektrische veiligheid van machines NEN-EN-IEC 60204-1 verklaard*. 2008.
44. NEN, *Apparatuur voor informatietechniek - Veiligheid - Deel 1: Algemene eisen*. 2006.
45. NEN, *Gegevensverwerkende apparatuur - Radiostoringskenmerken - Grenswaarden en meetmethoden*. 2011.
46. NEN, *Gegevensverwerkende apparatuur - Immunitetskenmerken - Grenswaarden en meetmethoden*. 2010.
47. NEN, *Reeks Elektromagnetische compatibiliteit (EMC)*. 2011.
48. NEN, *Reeks Veiligheid van laserproducten*. 2014.
49. ISO, *Grafische symbolen - Veiligheidskleuren en -tekens - Geregistreerde veiligheidstekens 2012*.
50. EU, *Besluit 93/465/EEG*. 1993.
51. EU, *Verordening (EG) Nr. 1272/2008*. 2008.



52. Dremel, *Dremel 3D20*, in *Vertaling van de originele gebruiksaanwijzing*. 2015.
53. CubeX, *CubeX 3D printer User guide*. 2013.
54. Conn, R.E., et al., *Safety assessment of polylactide (PLA) for use as a food-contact polymer*. *Food Chem Toxicol*, 1995. **33**(4): p. 273-83.
55. sigmaaldrich.com, *Veiligheidsinformatieblad - PLA 3D printing filament, black, 1.75 mm*. (Versie 5.0 Herzieningsdatum 11.08.2015.).
56. makerbot.com, *Safety data sheet - PLA 3D Printer Filament/ MakerBot PLA*. (Issue date: 2015-08-26.).
57. ECHA, *Substance information - Poly(acrylonitrile-co-butadiene-co-styrene)*.
58. Zitting, A. and H. Savolainen, *Effects of single and repeated exposures to thermo-oxidative degradation products of poly(acrylonitrile-butadiene-styrene) (ABS) on rat lung, liver, kidney, and brain*. *Archives of Toxicology*, 1980. **46**(3): p. 295-304.
59. Schaper, M.M., R.D. Thompson, and K.A. Detwiler-Okabayashi, *Respiratory responses of mice exposed to thermal decomposition products from polymers heated at and above workplace processing temperatures*. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1994. **55**(10): p. 924-34.
60. Forrest, M.J., et al., *Emissions from processing thermoplastics*. *The Annals of Occupational Hygiene*, 1995. **39**(1): p. 35-53.
61. Rutkowski, J.V. and B.C. Levin, *Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymers (ABS): Pyrolysis and combustion products and their toxicity – a review of the literature*. *Fire and Materials*, 1986. **10**(3-4): p. 93-105.
62. Kim, Y., et al., *Emissions of Nanoparticles and Gaseous Material from 3D Printer Operation*. *Environmental Science & Technology*, 2015. **49**(20): p. 12044-12053.
63. Lee, C., et al., *Fatal acute pulmonary oedema after inhalation of fumes from polytetrafluoroethylene (PTFE)*. *European Respiratory Journal*, 1997. **10**(6): p. 1408-1411.
64. RAR, *European Union Risk Assessment Report Acrylonitrile*. 2004, European Union.
65. RAR, *European Union Risk Assessment Report 1,3-butadiene*. 2002.
66. EPA, *Survey of styrene*, in *Part of the LOUS review*. 2014, Danish Environmental Protection Agency.
67. RAR, *Risk Assessment Report on styrene (Cas No. 100-42-6) Human Health Part*. 2008, European Commission.
68. CLH, *CLH report - Proposal for Harmonised Classification and Labelling - Based on Regulation (EC) No 1272/2008 (CLP Regulation), Annex VI, Part 2 - Substance Name: Styrene*. 2011.
69. WHO, *Guidelines for Drinking-water Quality*. 2011.
70. Cheng, S.-F., et al., *Olfactory loss in poly (acrylonitrile-butadiene-styrene) plastic injection-moulding workers*. *Occupational Medicine*, 2004. **54**(7): p. 469-474.
71. Nel, A., et al., *Toxic potential of materials at the nanolevel*. *Science*, 2006. **311**(5761): p. 622-7.
72. Muller, J., et al., *Respiratory toxicity of multi-wall carbon nanotubes*. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 2005. **207**(3): p. 221-231.

73. Shvedova, A.A., et al., *Sequential exposure to carbon nanotubes and bacteria enhances pulmonary inflammation and infectivity*. Am J Respir Cell Mol Biol, 2008. **38**(5): p. 579-90.
74. Shvedova, A.A., et al., *Inhalation vs. aspiration of single-walled carbon nanotubes in C57BL/6 mice: inflammation, fibrosis, oxidative stress, and mutagenesis*. Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol, 2008. **295**(4): p. L552-65.
75. Diez, U., et al., *Effects of indoor painting and smoking on airway symptoms in atopy risk children in the first year of life results of the LARS-study1*. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2000. **203**(1): p. 23-28.
76. NOS, *Zet geen foto van je sleutels op sociale media*. 2015.
77. NRC, *Stenen beeldje als nieuwe schoolfoto*. 2016.
78. Contos, D.A., et al., *Sampling and Analysis of Volatile Organic Compounds Evolved During Thermal Processing of Acrylonitrile Butadiene Styrene Composite Resins*. Journal of the Air & Waste Management Association, 1995. **45**(9): p. 686-694.
79. Unwin, J., et al., *Airborne Emissions of Carcinogens and Respiratory Sensitizers during Thermal Processing of Plastics*. Annals of Occupational Hygiene, 2013. **57**(3): p. 399-406.
80. Stephens, B., et al., *Ultrafine particle emissions from desktop 3D printers*. Atmospheric Environment, 2013. **79**: p. 334-339.
81. Steinle, P., *Characterization of emissions from a desktop 3D printer and indoor air measurements in office settings*. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2016. **13**(2): p. 121-132.
82. Azimi, P., et al., *Emissions of Ultrafine Particles and Volatile Organic Compounds from Commercially Available Desktop Three-Dimensional Printers with Multiple Filaments*. Environmental Science & Technology, 2016.
83. Oberdörster, G., et al., *Translocation of Inhaled Ultrafine Particles to the Brain*. Inhalation Toxicology, 2004. **16**(6-7): p. 437-445.
84. Nemmar, A., et al., *Ultrafine Particles Affect Experimental Thrombosis in an In Vivo Hamster Model*. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 2002. **166**(7): p. 998-1004.
85. Akerman, M.E., et al., *Nanocrystal targeting in vivo*. Proc Natl Acad Sci U S A, 2002. **99**(20): p. 12617-21.
86. (SER), S.E.R., *Database Occupational Exposure Limits (OEL)*.
87. Mutsuga, M., Y. Kawamura, and K. Tanamoto, *Migration of lactic acid, lactide and oligomers from polylactide food-contact materials*. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess, 2008. **25**(10): p. 1283-90.
88. Jamshidian, M., et al., *Poly-lactac acid: Production, applications, nanocomposites, and release studies*. Comprehensive reviews in food science and food safety, 2010. **9**.
89. ECHA. *Substance information*. 2016; Available from: <http://echa.europa.eu/nl/information-on-chemicals>.
90. TIGI, *MSDS TIGI Bed Head Spoil Me Defrizzer & Smoothing Hairspray - ROW*. 2016.
91. DIMAFIX, *MSDS Dimafix*. 2015.
92. MOTIP, *MSDS MOTIP CARAT LAK Diverse kleuren*. 2015.
93. Warenwet, *Warenwetbesluit algemene chemische produktveiligheid*. 1994.

94. EU, *Verordening (EG) Nr. 1907/2006*. 2006.
95. EU, *Richtlijn 2011/65/EU - the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment Text with EEA relevance*. 2011.
96. EU. *New Legislative framework*. Available from: [http://ec.europa.eu/growth/single-market/goods/new-legislative-framework/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/growth/single-market/goods/new-legislative-framework/index_en.htm).
97. Warenwet, *Warenwetbesluit algemene produktveiligheid*. 1993.
98. EU, *Richtlijn 2001/95/EG*. 2001.
99. Warenwet, *Warenwetregeling aanwijzing normen elektrotechnische produkten*. 2005.
100. Warenwet, *Warenwetregeling aanwijzing algemene veiligheidsnormen*. 2014.
101. EU, *Richtlijn 2014/30/EU*. 2014.
102. Warenwet, *Warenwetbesluit elektrotechnische produkten*. 1992.
103. Warenwet, *Warenwetregeling elektronische productnotificatie*. 2009.
104. EU, *Richtlijn 2006/95/EG*. 2006.
105. EU, *Richtlijn 2014/35/EU*. 2014.
106. Warenwet, *Warenwetbesluit persoonlijke beschermingsmiddelen*. 1992.
107. Warenwet, *Warenwetregeling persoonlijke beschermingsmiddelen*. 2015.
108. EU, *Richtlijn 89/686/EEG*. 1989.
109. EU, *Richtlijn 2009/48/EG*. 2009.
110. Warenwet, *Warenwetbesluit verpakkingen en gebruiksartikelen*. 2005.
111. Warenwet, *Warenwetregeling verpakkingen en gebruiksartikelen*. 2014.
112. EU, *Verordening (EG) Nr. 1935/2004*. 2004.
113. EU, *Verordening (EG) Nr. 2026/2006*. 2006.
114. EU. *Verordening (EG) Nr. 1895/2005*. 2005; Available from: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R1895&from=EN>.
115. Wet, *Wet milieubeheer*. 1979.



## Bijlagen

### **Bijlage A: Veiligheidswaarschuwingen Dremel 3D-printer**

#### Veiligheid van de werkplek

- a. Houd uw werkomgeving schoon en goed verlicht. Een rommelige of onverlichte werkomgeving kan tot ongevallen leiden.
- b. Gebruik de Dremel 3D20 niet in een omgeving waarin zich brandbare vloeistoffen of gassen, of brandbaar stof bevinden. De Dremel 3D20 genereert hoge temperaturen waardoor stof of dampen kunnen ontvlammen.
- c. Berg de 3D20 buiten het bereik van kinderen en andere onervaren personen op wanneer het apparaat niet in gebruik is. Gebruik door onervaren personen kan letsel tot gevolg hebben.

#### Elektrische veiligheid

- a. Gebruik de Dremel 3D20 uitsluitend in combinatie met een geaard stopcontact. Breng geen aanpassingen aan de stekker van de Dremel 3D20 aan. Onjuiste aarding en aangepaste stekkers verhogen het risico op elektrische schokken.
- b. Gebruik de Dremel 3D20 niet in een vochtige of natte omgeving. Stel de Dremel 3D20 niet bloot aan regen. De aanwezigheid van vocht verhoogt het risico op elektrische schokken.
- c. Gebruik de kabel niet voor een verkeerd doel. Trek nooit aan de kabel om de stekker van de Dremel 3D20 uit het stopcontact te trekken. Houd de kabel uit de buurt van hitte, olie, scherpe randen en bewegende delen. Beschadigde of in de war geraakte kabels vergroten het risico op een elektrische schok.
- d. Gebruik dit product niet tijdens onweer. Er is een gering risico dat de bliksem tot stroompieken leidt met elektrische schokken tot gevolg.
- e. Trek in geval van nood de stekker van de Dremel 3D20 uit het stopcontact.

#### Persoonlijke veiligheid

- a. Wees alert, let goed op wat u doet en ga verstandig te werk bij het gebruik van de Dremel 3D20. Gebruik de Dremel 3D20 niet wanneer u moe of onder invloed van drugs, alcohol of medicijnen bent. Eén moment van onoplettendheid bij het gebruik van de Dremel 3D20 kan al tot ernstige verwondingen leiden.
- b. Draag persoonlijke beschermende uitrusting. Het gebruik van beschermende uitrusting, zoals hittebestendige handschoenen en veiligheidsbrillen, verlaagt het risico op persoonlijk letsel.
- c. Draag geschikte kleding. Draag geen wijde kleding of sieraden. Houd haren, kleding en handschoenen uit de buurt van bewegende delen. Wijde kleding, sieraden of lang haar kunnen door draaiende delen worden gegrepen.

### Gebruik en onderhoud van de Dremel 3D20

- a. Controleer vóór gebruik of de bewegende delen van de Dremel 3D20 correct functioneren en niet vastklemmen, en dat onderdelen niet zodanig gebroken of beschadigd zijn dat de werking van de Dremel 3D20 nadelig wordt beïnvloed. Wanneer u vermoedt dat de Dremel 3D20 beschadigd is, laat u het apparaat vóór gebruik repareren door een erkend Dremelservicecentrum. Het gebruik van een beschadigde Dremel 3D20 kan de kwaliteit van objecten nadelig beïnvloeden. Daarnaast kan er verdere schade aan het apparaat, materiële schade en persoonlijk letsel optreden.
- b. Raak de extruder spuitmond van de Dremel 3D20 niet aan tijdens het gebruik, of voordat de spuitmond is afgekoeld tot een temperatuur van hoogstens 60°C (140°F). Aanraking van de extruder spuitmond tijdens of na gebruik, voordat de spuitmond is afgekoeld, kan persoonlijk letsel opleveren.
- c. Installeer de Dremel 3D20 in een goed geventileerde ruimte. Zorg dat er zich minstens 20 cm vrije ruimte rondom de Dremel 3D20 bevindt. De Dremel 3D20 smelt plastic tijdens het bouwen. Smeltend plastic veroorzaakt geuren die mogelijk irritatie aan de ogen en luchtwegen veroorzaken. Wanneer u de Dremel 3D20 dicht bij andere voorwerpen zet, wordt de ventilatie nadelig beïnvloed.
- d. Steek tijdens gebruik nooit uw hand in de Dremel 3D20. Wanneer u de bewegende delen van de Dremel 3D20 aanraakt tijdens gebruik, kan dit een object van inferieure kwaliteit tot gevolg hebben, en leiden tot schade aan het apparaat of persoonlijk letsel.
- e. Laat de Dremel 3D20 niet onbeheerd achter tijdens gebruik. Het gebruik van de Dremel 3D20 door personen die niet bekend zijn met deze waarschuwingen of instructies, kan tot schade aan het apparaat, materiële schade en persoonlijk letsel leiden.
- f. Gebruik uitsluitend DREMEL PLA-printmateriaal. Het gebruik van printmateriaal (vanaf nu filament genoemd) dat niet is goedgekeurd door Dremel, kan tot schade aan het apparaat en materiële schade leiden.
- g. Zorg ervoor dat kleine objecten die op de Dremel 3D20 zijn gemaakt, buiten het bereik van jonge kinderen blijven. Kleine objecten kunnen verstikkingsgevaar opleveren bij jonge kinderen.
- h. U mag geen illegale of ongepaste objecten maken met de Dremel 3D20.
- i. Gebruik de Dremel 3D20 niet voor het maken van objecten die bedoeld zijn voor gebruik in combinatie met kaarsen, vloeibare brandstoffen en andere warmtebronnen. Plastic kan smelten wanneer het wordt blootgesteld aan vuur of andere warmtebronnen. Het gebruik van dergelijke objecten die met de Dremel 3D20 zijn gemaakt, kan brand, materiële schade en persoonlijk letsel tot gevolg hebben.
- j. Gebruik de Dremel 3D20 niet voor het maken van objecten die bedoeld zijn voor het verwerken van voedsel of drank, waaronder ook voorbereiding, decoratie, opslag en consumptie vallen. Het gebruik van dergelijke objecten die met de Dremel 3D20 zijn gemaakt, kan ziekte en persoonlijk letsel tot gevolg hebben.

- k. Gebruik de Dremel 3D20 niet voor het maken van objecten die bedoeld zijn voor gebruik in combinatie met elektrische componenten of behuizingen van elektrische componenten. PLA-plastic is niet geschikt voor elektrische toepassingen. Het gebruik van dergelijke objecten die met de Dremel 3D20 zijn gemaakt, kan materiële schade en persoonlijk letsel tot gevolg hebben.
- l. Stop plastic voorwerpen niet in of in de buurt van uw mond. PLA-plastic is niet geschikt voor het bereiden van voedsel of dranken, noch als keukengerei. Het gebruik van dergelijke objecten die met de Dremel 3D20 zijn gemaakt, kan ziekte en persoonlijk letsel tot gevolg hebben.
- m. Gebruik de Dremel 3D20 niet voor het maken van objecten die bedoeld zijn voor de opslag van chemische stoffen. PLA-plastic is niet geschikt voor de opslag van chemische stoffen. Het gebruik van dergelijke objecten die met de Dremel 3D20 zijn gemaakt, kan materiële schade en persoonlijk letsel tot gevolg hebben.
- n. Breng geen aanpassingen aan de Dremel 3D20 aan en wijzig de fabrieksinstellingen niet. Aanpassingen leiden mogelijk tot schade aan het apparaat, materiële schade en persoonlijk letsel.
- o. Stel de Dremel 3D20 niet bloot aan temperaturen boven 70°C (158°F). In dat geval kan de Dremel 3D20 schade oplopen. De Dremel 3D20 is bedoeld voor gebruik in omgevingen met temperaturen tussen 16-29°C (60-85°F).
- p. Tijdens gebruik dient u de Dremel 3D20 en de extruder niet te verplaatsen of aan te stoten. Dit kan een onjuiste bouwbewerking tot gevolg hebben.
- q. U dient de kleur van het filament of de spoel niet te vervangen tijdens een bouwbewerking. Wanneer u dat doet wordt de bouwbewerking geannuleerd en raakt de extruder mogelijk beschadigd.
- r. Verwijder het filament niet totdat de melding op de touchscreen verschijnt dat u dit veilig kunt doen. Wanneer u dat wel doet raakt de extruder mogelijk beschadigd.
- s. Ga voorzichtig te werk bij het verwijderen van materiaalafval om zo de extruderspuitmond niet te beschadigen. De Dremel 3D20 functioneert niet goed wanneer de extruderspuitmond is beschadigd; deze zal dan moeten worden vervangen.
- t. Controleer vóór iedere bouwbewerking of het printbed is afgedekt met de door Dremel aangegeven printbedtape. Het gebruik van verkeerde printbedtape leidt mogelijk tot schade aan het apparaat of een object van inferieure kwaliteit.
- u. Let op de positie van uw lichaam wanneer u handgereedschap gebruikt om objecten van het printbed te verwijderen. Een verkeerde positie van uw lichaam kan tot persoonlijk letsel leiden wanneer het gereedschap uitschiet bij het verwijderen van een object van het printbed.
- v. Voorkom krassen van het printbed bij het verwijderen van objecten. Krassen in het printbed leiden tot inferieure kwaliteit van de objecten.
- w. Dremel is niet verantwoordelijk voor de structurele integriteit of het gebruik van objecten die met de Dremel 3D20 zijn gemaakt. Het gebruik van modellen die door onervaren ontwerpers zijn gemaakt, kan materiële schade en persoonlijk letsel tot gevolg hebben.

### Onderhoud

- a. Ontkoppel de Dremel 3D20 altijd van de netvoeding voordat u onderhoud op het apparaat uitvoert. Indien u dit niet doet, kan persoonlijk letsel of schade aan het apparaat ontstaan.
- b. Laat het onderhoud van uw Dremel 3D20 alleen uitvoeren door een door Dremel erkend servicecentrum, en uitsluitend met vervangende onderdelen van Dremel. Dit garandeert de juiste en veilige werking van de Dremel 3D20.
- c. Gebruik uitsluitend door Dremel goedgekeurde materialen en componenten. De garantie vervalt mogelijk wanneer u objectmaterialen en 3D-objecten gebruikt die niet door Dremel zijn goedgekeurd; hetzelfde geldt wanneer u niet-Dremel-componenten gebruikt.



**Bijlage B: Overzicht toxiciteit, classificatie en etikettering van een aantal vrijkomende stoffen bij het smelten van plastics in 3D-printers [89]**


Vrijgekomen stof CAS-nummer(s) EC-nummer	Fysische toestand van de stof	Gevarenklasse en gevarencategorie	Gevarenaanduiding
<b>Acrylonitril</b> 107-13-1 203-466-5	Bij 20°C: heldere, kleurloze vloeistof met een scherpe geur Dampspanning: 133.3 hPa (bij 23.6°C)	<i>Geharmoniseerde CLP-classificatie</i> Ontvl. Vlst. 2 Ooglet. 1 Huidirrit. 2 Sens. Huid 1 STOT eenm. 3 Acute tox. 3  Kank. 1B  <i>Zelfclassificatie</i> Voortpl. 2  Kank. 2 Acute tox. 2	H225: Licht ontvlambare vloeistof en damp H318: Veroorzaakt ernstig oogletsel H315: Veroorzaakt huidirritatie H317: Kan een allergische huidreactie veroorzaken H335: Kan irritatie van de luchtwegen veroorzaken H301: Giftig bij inslikken H311: Giftig bij contact met de huid H331: Giftig bij inademing H350: Kan kanker veroorzaken  H361: Kan mogelijk de vruchtbaarheid of het ongeboren kind schaden H351: Verdacht van het veroorzaken van kanker H300: Dodelijk bij inslikken H310: Dodelijk bij contact met de huid H330: Dodelijk bij inademing
<b>1,3-butadieen</b> 106-99-0 203-450-8	Bij 20°C: kleurloos gas met een milde geur Dampspanning: 255 kPa (bij 21.9°C)	<i>Geharmoniseerde CLP-classificatie</i> Kank. 1A Muta. 1B Ontvl. Gas 1  <i>Zelfclassificatie</i> Gas onder druk	H350: Kan kanker veroorzaken H340: Kan genetische schade veroorzaken H220: Zeer licht ontvlambaar gas  H280: Bevat gas onder druk; kan ontploffen bij verwarming


Vrijgekomen stof CAS-nummer(s) EC-nummer	Fysische toestand van de stof	Gevarenklasse en gevarencategorie	Gevarenaanduiding
<b>Caprolactam</b> 105-60-2 203-313-2	Bij 20°C: vaste, witte stof Dampspanning: 1hPa (bij 90°C)	Voortpl. 2	H361: Kan mogelijk de vruchtbaarheid of het ongeboren kind schaden
		Muta. 1A STOT eenm. 3 <i>Geharmoniseerde CLP-classificatie</i> Oogirrit. 2 Huidirrit. 2 Acute tox. 4  STOT eenm. 3  <i>Zelfclassificatie</i> STOT eenm. 3 Acute tox. 3  Acute tox. 4  STOT eenm. 1 STOT herh. 1 <i>Geharmoniseerde CLP-classificatie</i> -	H340: Kan genetische schade veroorzaken H336: Kan slaperigheid of duizeligheid veroorzaken  H319: Veroorzaakt ernstige oogirritatie H315: Veroorzaakt huidirritatie H302: Schadelijk bij inslikken H332: Schadelijk bij inademing H335: Kan irritatie van de luchtwegen veroorzaken  H370: Veroorzaakt schade aan organen H301: Giftig bij inslikken H331: Giftig bij inademing H312: Schadelijk bij contact met de huid H331: Giftig bij inademing H370: Veroorzaakt schade aan organen H372: Veroorzaakt schade aan organen
<b>Lactide</b> 4511-42-6 224-832-0 [(S,S)-Lactide]; 25038- 75-9 [(R,R)-Lactide]; 13076-19-2 [(R,S)- Lactide = meso-Lactide]; 26680-10-4 [mix van drie isomeren]; 95-96-5 [mix van drie isomeren]	Bij 20°C: vaste, witte stof Dampspanning: 0.311 Pa (bij 25°C)	-	
		<i>Zelfclassificatie</i> Oogirrit. 2 Huidcorr. 1B Huidirrit. 2 STOT eenm. 3	H319: Veroorzaakt ernstig oogletsel H314: Veroorzaakt ernstige brandwonden H315: Veroorzaakt huidirritatie H335: Kan irritatie van de luchtwegen veroorzaken



Vrijgekomen stof CAS-nummer(s) EC-nummer	Fysische toestand van de stof	Gevarenklasse en gevarencategorie	Gevarenaanduiding
<b>Methyl-methacrylaat (MMA)</b> 80-62-6 201-297-1	Bij 20°C: heldere, kleurloze vloeistof Dampspanning: 37.2 hPa (bij 20°C)	<i>Geharmoniseerde CLP-classificatie</i> Ontvl. Vlst. 2 Huidirrit. 2 Sens. Huid 1 STOT eenm. 3  <i>Zelfclassificatie</i> STOT eenm. 3 STOT herh. 1 Oogirrit. 2 Voortpl. 2  Sens. luchtw. 1	H225: Licht ontvlambare vloeistof en damp H315: Veroorzaakt huidirritatie H317: Kan een allergische huidreactie veroorzaken H335: Kan irritatie van de luchtwegen veroorzaken  H370: Veroorzaakt schade aan organen H372: Veroorzaakt schade aan organen H319: Veroorzaakt ernstige oogirritatie H361: Kan mogelijk de vruchtbaarheid of het ongeboren kind schaden H334: Kan bij inademing allergie- of astmasymptomen of ademhalingsmoeilijkheden veroorzaken
<b>Styreen</b> 100-42-5	Bij 20°C: kleurloze tot geelachtige vloeistof Dampspanning: 8.53 hPa (bij 25°C)	<i>Geharmoniseerde CLP-classificatie</i> Huidirrit. 2 Ontvl. Vlst. 3 Oogirrit. 2 Acute tox. 4 Asp. Tox. 1  STOT herh. 1 Voortpl. 2  <i>Zelfclassificatie</i> Kank. 2 STOT herh. 2  Acute tox. 3	H315: Veroorzaakt huidirritatie H226: Ontvlambare vloeistof en damp H319: Veroorzaakt ernstig oogletsel H332: Schadelijk bij inademing H304: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt H372: Veroorzaakt schade aan organen H361: Kan mogelijk de vruchtbaarheid of het ongeboren kind schaden  H351: Verdacht van het veroorzaken van kanker H373: Kan schade aan organen veroorzaken bij langdurige of herhaalde blootstelling H331: Giftig bij inademing




<b>Vrijgekomen stof CAS-nummer(s) <i>EC-nummer</i></b>	<b>Fysische toestand van de stof</b>	<b>Gevarenklasse en gevaencategorie</b>	<b>Gevarenaanduiding</b>
		Voortpl. 1B	H360: Kan de vruchtbaarheid of het ongeboren kind schaden
		STOT eenm. 1	H370: Veroorzaakt schade aan organen

### Bijlage C: Overzicht toxiciteit, classificatie en etikettering van producten/mengsels gebruikt bij het 3D-printproces [89]


<b>Stof Componenten/CAS- nummers</b>	<b>Eigenschappen</b>	<b>Waarschuwingen en mogelijke veiligheidsmaatregelen</b>
<b>Haarlak</b> (uit de MSDS van een willekeurig merk haarlak [90]) Dimethylether (115-10-6), 1H-Imidazolium, 1-ethenyl-3-methyl-, chloride, polymer met 1-ethenyl-2-pyrrolidinone (95144-24-4), Quaternary ammonium compounds, coco alkyltrimethyl, methyl sulfates (68002-60-8)	Aerosol	 <p>Gevaar</p> <p>H220: Zeer licht ontvlambaar gas.            H222: Zeer licht ontvlambare aerosol.            H229: Houder onder druk: kan openbarsten bij verhitting.            H280: Bevat gas onder druk; kan ontploffen bij verwarming.            H302: Schadelijk bij inslikken.            H315: Veroorzaakt huidirritatie.            H318: Veroorzaakt ernstig oogletsel.            H319: Veroorzaakt ernstige oogirritatie.            H400: Zeer giftig voor in het water levende organismen.            H410: Zeer giftig voor in het water levende organismen, met langdurige gevolgen.            H412: Schadelijk voor in het water levende organismen, met langdurige gevolgen.</p> <p>P210: Verwijderd houden van warmte/vonken/open vuur/hete oppervlakken en andere ontstekingsbronnen. - Niet roken.            P251: Ook na gebruik niet doorboren of verbranden.            P264: Na het werken met dit product ... grondig wassen.            P273: Voorkom lozing in het milieu.            P280: Beschermende handschoenen/beschermende kleding/oogbescherming/gelaatsbescherming dragen.            P305: Bij contact met de ogen: onmiddellijk zachtjes afspoelen met water.            P351: Voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten.</p>

<b>Stof Componenten/CAS- nummers</b>	<b>Eigenschappen</b>	<b>Waarschuwingen en mogelijke veiligheidsmaatregelen</b>
<b>DimaFix</b> [91]Dimethylether (115-10-6), ethanol (64.17-5) en isopropanol (67-63-0)	Aerosol	<p>P338: Contactlenzen verwijderen, indien mogelijk. Blijven spoelen.  P337: Bij aanhoudende oogirritatie.  P313: Een arts raadplegen.  P410: Tegen zonlicht beschermen.  P412: Niet blootstellen aan temperaturen boven 50°C/122°F.</p>  <p>Gevaar</p> <p>H222: Zeer licht ontvlambare aerosol.  H229: Houder onder druk: kan openbarsten bij verhitting.  H319: Veroorzaakt ernstige oogirritatie.  P101: Bij het inwinnen van medisch advies, de verpakking of het etiket ter beschikking houden.  P102: Buiten het bereik van kinderen houden.  P103: Alvorens te gebruiken, het etiket lezen.  P210: Verwijderd houden van warmte/vonken/open vuur/hete oppervlakken en andere ontstekingsbronnen. – Niet roken.  P211: Niet in een open vuur of op andere ontstekingsbronnen spuiten.  P251: Ook na gebruik niet doorboren of verbranden.  P271-P260d: Alleen buiten of in een goed geventileerde ruimte gebruiken. Stof/rook/gas/nevel/damp/spuitnevel niet inademen.  P305+P352+P338: BIJ CONTACT MET DE OGEN: voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten; contactlenzen verwijderen, indien mogelijk; blijven spoelen.  P337 + P313: Bij aanhoudende oogirritatie: een arts raadplegen.  P410 + P412: Tegen zonlicht beschermen. Niet blootstellen aan temperaturen boven 50°C/122°F.  P501a: Inhoud/verpakking afvoeren naar...</p>

<b>Stof Componenten/CAS- nummers</b>	<b>Eigenschappen</b>	<b>Waarschuwingen en mogelijke veiligheidsmaatregelen</b>
<b>Spuitverf met oplosmiddelen</b> (uit de MSDS van een willekeurig merk spuitlak [92]) Aceton (67-64-1), diemethylether (115-10-6), n-butylacetaat (123-86-4), propaan (74-98-6), 2-methoxy-1-ethylethylacetaat (108-65-6), butaan (106-97-8), isobutaan (75-28-5), nitrocellulose (9004-70-0), butaan-1-ol (71-36-3), 2-propanol (67-63-0)	Aerosol	 <p>Gevaar</p> <p>H222-229: Zeer licht ontvlambare aerosol. Houder onder druk: kan open barsten bij verhitting.</p> <p>H319: Veroorzaakt ernstige oogirritatie.</p> <p>H336: Kan slaperigheid of duizeligheid veroorzaken.</p> <p>P102: Buiten het bereik van kinderen houden.</p> <p>P260: Spuitnevel niet inademen.</p> <p>P210: Verwijderd houden van warmte, hete oppervlakken, vonken, open vuur en andere ontstekingsbronnen. Niet roken.</p> <p>P251: Ook na gebruik niet doorboren of verbranden.</p> <p>P211: Niet in een open vuur of op andere ontstekingsbronnen spuiten.</p> <p>P410+P412: Tegen zonlicht beschermen. Niet blootstellen aan temperaturen boven 50°C.</p> <p>P501: De inhoud en de verpakking verwerken volgens de plaatselijke voorschriften.</p>
<b>Aceton</b> 67-64-1	Vluchtige en brandbare vloeistof	 <p>Gevaar</p> <p>H225: Licht ontvlambare vloeistof en damp.</p> <p>H319: Veroorzaakt ernstige oogirritatie.</p> <p>H336: Kan slaperigheid of duizeligheid veroorzaken.</p> <p>P210: Verwijderd houden van warmte/vonken/open vuur/hete oppervlakken en andere ontstekingsbronnen - niet roken.</p> <p>P261: Inademing van stof/rook/gas/nevel/damp/</p>

<b>Stof Componenten/CAS- nummers</b>	<b>Eigenschappen</b>	<b>Waarschuwingen en mogelijke veiligheidsmaatregelen</b>
<b><u>Methylethylketon (MEK)</u></b> Butanon (78-93-3)	Vaste stof, oplosbaar in water	<p>sputnevel vermijden. P305+P351+P338: BIJ CONTACT MET DE OGEN: voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten; contactlenzen verwijderen, indien mogelijk; blijven spoelen.</p> <p> </p> <p>Gevaar H225: Licht ontvlambare vloeistof en damp. H319: Veroorzaakt ernstige oogirritatie. H336: Kan slaperigheid of duizeligheid veroorzaken. P210: Verwijderd houden van warmte/vonken/open vuur/hete oppervlakken en andere ontstekingsbronnen - niet roken. P261: Inademing van stof/rook/gas/nevel/damp/sputnevel vermijden. P305+P351+P338: BIJ CONTACT MET DE OGEN: voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten; contactlenzen verwijderen, indien mogelijk; blijven spoelen.</p>
<b><u>Soda</u></b> Natriumbicarbonaat (497-19-8)	Vaste stof, oplosbaar in water	<p></p> <p>Waarschuwing H319: Veroorzaakt ernstige oogirritatie. P305+P351+P338: BIJ CONTACT MET DE OGEN: voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten; contactlenzen verwijderen, indien mogelijk; blijven spoelen.</p>



<b>Stof Componenten/CAS- nummers</b>	<b>Eigenschappen</b>	<b>Waarschuwingen en mogelijke veiligheidsmaatregelen</b>
<b><u>Tetrahydrofuran</u></b> 109-99-9	Kleurloze vloeistof met een ether- achtige geur	 <p>Gevaar</p> <p>H225: Licht ontvlambare vloeistof en damp.</p> <p>H302: Schadelijk bij inslikken.</p> <p>H319: Veroorzaakt ernstige oogirritatie.</p> <p>H335: Kan irritatie van de luchtwegen veroorzaken.</p> <p>H351: Verdacht van het veroorzaken van kanker.</p> <p>P210: Verwijderd houden van warmte/vonken/open vuur/hete oppervlakken en andere ontstekingsbronnen - niet roken.</p> <p>P233: In goed gesloten verpakking bewaren.</p> <p>P280: Beschermende handschoenen/beschermende kleding/oogbescherming/gelaatsbescherming dragen.</p> <p>P370+P378: In geval van brand: blussen met chemicaliën, CO<sub>2</sub>, waterdamp of alcohol resistent schuim.</p>

**Bijlage D: Productcategorieën en hun Nederlandse en Europese wetgeving**

<b>Productcategorie</b>	<b>Nederlandse wetgeving</b>	<b>Europese wetgeving</b>
Algemene chemische productveiligheid elektrotechnische producten	Warenwetbesluit algemene chemische produktveiligheid [93]	Verordening EG 1907/2006 [94] Richtlijn 2011/65/EU [95, 96]
Algemene productveiligheid	Warenwetbesluit algemene productveiligheid [97]	Richtlijn 2001/95/EG [98] (inzake algemene productveiligheid: General Product Safety Directive (GPSD))
Aanwijzing normen elektrotechnische producten	Warenwetregeling aanwijzing normen elektrotechnische produkten [99]	Zie voor een overzicht van internationale normen [99]
Aanwijzing algemene veiligheidsnormen	Warenwetregeling aanwijzing algemene veiligheidsnormen [100]	Richtlijn 2001/95/EG [98] (inzake algemene productveiligheid)
Elektromagnetische compatibiliteit	Besluit elektromagnetische compatibiliteit 2007 [33] Regeling elektromagnetische compatibiliteit 2007 [35]	Richtlijn 2004/108/EG [34] (betreffende de onderlinge aanpassing van de wetgevingen van de lidstaten inzake elektromagnetische compatibiliteit) Richtlijn 2014/30/EU [101] (betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake elektromagnetische compatibiliteit)
Elektrotechnische product(en) (notificatie)	Warenwetbesluit elektrotechnische produkten [102] Warenwetregeling elektronische productnotificatie [103]	Richtlijn 2006/95/EG [104] (betreffende de onderlinge aanpassing van de wettelijke voorschriften der lidstaten inzake elektrisch materiaal bestemd voor gebruik binnen bepaalde spanningsgrenzen) Richtlijn 2014/35/EU [105] (betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de

<b>Productcategorie</b>	<b>Nederlandse wetgeving</b>	<b>Europese wetgeving</b>
		lidstaten inzake het op de markt aanbieden van elektrisch materiaal bestemd voor gebruik binnen bepaalde spanningsgrenzen)
Machines	Warenwetbesluit machines [31] Warenwetregeling machines [32]	Richtlijn 2006/42/EG [30] (betreffende machines)
Persoonlijke beschermingsmiddelen	Warenwetbesluit persoonlijke beschermingsmiddelen [106] Warenwetregeling persoonlijke beschermingsmiddelen [107]	Richtlijn 89/686/EEG [108] (inzake de onderlinge aanpassing van de wetgevingen der Lid-Staten betreffende persoonlijke beschermingsmiddelen)
Speelgoed	Warenwetbesluit speelgoed 2011	Richtlijn 2009/48/EG [109] (betreffende de veiligheid van speelgoed)
Voedselcontactmaterialen	Warenwetbesluit verpakkingen en gebruiksartikelen [110] Warenwetregeling verpakkingen en gebruiksartikelen [111]	Verordening EG 1935/2004 [112] (inzake materialen en voorwerpen bestemd om met levensmiddelen in contact te komen) Verordening EG 2023/2006 [113] (betreffende goede fabricagemethoden voor materialen en voorwerpen bestemd om met levensmiddelen in contact te komen) Verordening EU 10/2011 [29] (betreffende materialen en voorwerpen van kunststof, bestemd om met levensmiddelen in contact te komen) Verordening EG 1895/2005 [114] (inzake de beperking van het gebruik van bepaalde epoxyderivaten in materialen en voorwerpen bestemd om met levensmiddelen in aanraking te komen)

<b>Productcategorie</b>	<b>Nederlandse wetgeving</b>	<b>Europese wetgeving</b>
Indeling, etikettering en verpakking van stoffen en mengsels	Wet milieubeheer [115]	Verordening EG 1272/2008 [51] (betreffende de indeling, etikettering en verpakking van stoffen en mengsels)



**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*