

# Handboek veilig 3D-printen

Voorbeeld handboek onderdeel van RVO Safety Deal Project “3D Printsafe”

RVO Safety Deal Project 3D Print safe, 2025

Fouten en onvolkomenheden voorbehouden, gebruik is op eigen verantwoordelijkheid.

## Inhoud

Introductie .....	3
3D print toepassen: verantwoordelijkheden .....	4
3D printer gebruikers .....	4
3D printer eigenaren .....	4
Toezichthouders zoals werkgevers, facilitaire diensten, supervisors .....	5
3D print processen.....	6
Gevaren en risico's.....	7
Veiligheidsmaatregelen .....	8
Voor het 3D printen.....	8
Tijdens het 3D printen .....	9
Na het 3D printen .....	9
Opslag van chemicaliën.....	9
Training.....	10
Procedures .....	10
Veiligheidsfaciliteiten.....	10
Fused deposition modeling.....	11
Gevaren en veiligheidsmaatregelen .....	11
Soorten filament .....	13
Stereolithografie (SLA).....	15
Gevaren en veiligheidsmaatregelen .....	15
Binder jetting & powder bed fusion (PBF) .....	16
Metaalpoeders .....	16
Lasers en radiatie .....	16

## Introductie

Dit handboek dient als voorbeeld handleiding voor het veilig gebruik van 3D printers. Het doel is veilig gebruik én om meer aandacht en bewustzijn te creëren voor de gezond- en veiligheidsrisico's rondom 3D-printen. Deze zijn van verschillende aard. Oorzaken zijn chemische dampen zoals organische stoffen, inhaleren van aerosolen, emissies van fijnstof, vrijkomende chemicaliën bij dampbaden of corrosieve baden, hoge temperaturen van onderdelen, ontvlammen van materialen, gevaarlijke inerte gassen, elektrische schokken, mechanische gevaren en blootstelling van de ogen aan ultraviolet licht c.q. lasers.

Het is wetenschappelijk bewezen dat 3D printers potentiële schadelijke stoffen genereren vooraf, tijdens, en na het 3D printproces. Het onjuist handelen bij 3D-printen, verkeerd opslaan van materialen, defecte werking van machines of incorrecte nabewerking van metalen onderdelen kan ernstige gevolgen hebben voor gebruikers of andere personen in de buurt van 3D-printprocessen. De emissies van 3D printers kunnen leiden tot hoofdpijn, misselijkheid, en oog-, neus-, en keelirritatie, irritatie van de luchtwegen, hart- en vaatziekten, longziekten en kanker. Gassen kunnen verstikking tot gevolg hebben. Chemicaliën die gebruikt worden kunnen leiden tot spontane ontbrandingen, brandwonden, littekens en schade aan het gezichtsvermogen zoals oogletsel veroorzaken. Ook metaalpoeders kunnen bij onjuist gebruik brand veroorzaken. Verder is er kans op elektrische schokken, beknelling van handen en vingers en geluidsrisico's.

Deze handleiding is ontwikkeld vanuit de erkenning van deze gevaren en risico's en de behoefte aan goed advies met het oog op gezondheid en veiligheid van personen betrokken of aanwezig bij 3D printprocessen.

3D-printen, ofwel 'Additive Manufacturing' (AM), is een technologie voor het creëren van driedimensionale objecten aan de hand van het stapelen van opeenvolgende lagen van materiaal. Het proces begint bij het maken van een virtueel ontwerp of computermodel aan de hand van 3D ontwerpsoftware of een 3D scanner. Deze lagen worden gecreëerd door middel van hitte die materiaal smelt en waardoor vervolgens laagjes op elkaar geplaatst worden. Wanneer het materiaal is afgekoeld en verhard, is een 3D object, '3D-print', gevormd. De meest bekende techniek is op basis van extrusie. Daarbij wordt plastic in de vorm van thermoplastisch filament (draad) door een verhitte printkop geduwd, in lagen heel nauwkeurig in een lijn neergelegd en afgekoeld. De lagen smelten daarbij op elkaar vast.

Productieprocessen en materialen kunnen erg verschillen tussen type 3D printers en applicaties. 3D printers brengen gezamenlijke gezond- en veiligheidsrisico's met zich mee maar elk type 3D printer heeft ook een unieke set aan gevaren.

3D-printen wordt op allerlei manieren toegepast binnen verschillende sectoren en industrieën. Bij bedrijven, in scholen, laboratoria, innovatielabs en door consumenten. 3D-printen wordt gebruikt voor het maken van prototypes, gereedschappen en onderdelen.

## 3D print toepassen: verantwoordelijkheden

Verschillende personen zijn verantwoordelijk voor voldoende aandacht voor gezond- en veilig 3D-printen en het opvolgen van regelgeving en interne gedragscodes. Deze handleiding gaat over het proces rond 3D-printen binnen bedrijven of in leeromgevingen.

Verantwoordelijkheden of aansprakelijkheden aangaande het veilig gebruiken van 3D-prints of al dan niet commercieel produceren van 3D-prints ligt buiten de scope van deze handleiding.

Bedrijven, onderwijsorganisaties en consumenten dienen zelf kennis te nemen van de voor hen algemeen én specifiek geldende wet- en regelgeving.

### 3D printer gebruikers

3D printer gebruikers zijn verantwoordelijk voor:

- Het kennen van deze handleiding met daarin vastgelegde rol en verantwoordelijkheden.
- Het zorgen voor een gepaste training vooraf aan het gebruiken van een 3D printer.
- Het volgen van 3D printprocedures, waaronder maar niet beperkt tot: afdeling-specifieke procedures, instructies/handleidingen van fabrikanten, en het correct gebruiken van materiaal conform fabrikanten.
- Het gebruiken van juiste persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM).

### 3D printer eigenaren

3D printer eigenaren zijn verantwoordelijk voor:

- Het kennen van deze handleiding, inclusief hun rol en verantwoordelijkheden.
- Zorgen voor een degelijk oriëntatie- en afgewogen keuzeprocess voor het gebruik van 3D-printen vooraf aan de aankoop van een 3D printer en toebehoren.
- Zorgen voor correct gebruik van de printer en toebehoren enkel door personen die hiervoor getraind zijn.
- Het verzekeren van naleving van veiligheidsmaatregelen door gebruikers.
- Opvolgen van de relevante geldende wet- regelgeving.

## Toezichthouders zoals werkgevers, facilitaire diensten, supervisors

Toezichthouders zijn verantwoordelijk voor:

- Het kennen van deze handleiding inclusief hun rol en verantwoordelijkheden.
- Het minimaliseren van alle gevaren verbonden met 3D-printprocessen zoals brandgevaar, gezondheidsrisico's en milieu. Om de veiligheid van gebruikers en omgeving garanderen.
- Naleven van de verantwoordelijkheden zoals voor 3D printer eigenaren.
- Het beoordelen, goedkeuren en controleren van de correcte installatie van de 3D printer en toebehoren inclusief de facilitaire omstandigheden die hierbij horen. Waaronder aansluiting van stroom en data, afvoer- en ventilatie van vervuilde lucht en toegang tot alleen bevoegde gebruikers.
- Het verstrekken van voldoende informatie aan gebruikers over het gehele 3D-printproces.
- Het zorgen voor training voor alle 3D printer gebruikers zodat zij bekend zijn met de gevaren en risico's en weten hoe het apparaat correct wordt bediend.
- Verstrekken van persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM), procedures/protocollen, en deze handleiding.
- Overzicht en toezicht houden op alle 3D printapparatuur en materialen, documentatie van gevolgde trainingen en een lijst van geautoriseerde gebruikers.
- Inspecties zoals risk assessments (laten) uitvoeren op het gehele functioneren rond de 3D printprocessen.
- Opvolgen van de relevante geldende wet- regelgeving.

## 3D print processen

Er zijn meerdere 3D printmethodes om 3D objecten te maken. In tabel 1 hieronder staan de meest voorkomende technieken en methodes:

Type 3D printer	Details
Stereolithografie (SLA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vloeibare hars</li> <li>▪ Gebruikt een UV-laser om de hars te harden</li> </ul>
Digital Light Processing (DLP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vloeibare hars</li> <li>▪ Gebruikt licht om de hars te harden</li> </ul>
Fused Deposition Modelling (FDM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plastic filament</li> <li>▪ Filament wordt verhit en geëxtrudeerd door nozzle om lagen op de printplaat te zetten</li> </ul>
Selective Laser Sintering (SLS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poedervormige materialen (vaak nylon of polyamide)</li> <li>▪ Krachtige lasers sinteren poeder om het materiaal te binden</li> </ul>
Selective Laser Melting (SLM)/ Directed Energy Deposition (DED)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poedervormige metalen</li> <li>▪ Krachtige lasers (ver)smelten metaalpoeders samen</li> </ul>
Electronic Beam Melting (EBM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Metaalpoeder of metaaldraad</li> <li>▪ Elektronenbundels (ver)smelten metalen samen</li> </ul>
Laminated Object Manufacturing (LOM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Met lijm gecoat papier, plastic of meta-laminaten</li> <li>▪ Lagen worden achtereenvolgens aan elkaar gelijmd en met een mes of laser in vorm gesneden</li> </ul>
Multijet Printing (MJM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fotohardbare kunststofhars of gietwas</li> <li>▪ Piëzo-printkop zet kunststofhars of gietstuk wax af laag voor laag</li> </ul>
Binder Jetting	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ceramisch poeder of metaalpoeder</li> <li>▪ Vloeibare binder wordt op het poeder aangebracht om het te harden</li> </ul>
Powder Bed Fusion (PBF)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poedervormige metalen (plastic, metaal, keramiek, of metaal)</li> <li>▪ Lasers of andere energiebronnen worden gebundeld op het poeder om het te harden</li> </ul>
Sheet Lamination	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dun gelaagde materialen (papier, aluminiumfolie)</li> <li>▪ Laser of scherp voorwerp snijdt en bindt de materialen</li> </ul>

**Tabel 1.** Veelvoorkomende 3D printmethodes.

**NB:** De details in de tabel zijn onvoldoende kennis en de gebruiker moet getraind, ingelezen en voorbereid zijn op een printmethode voor gebruik.

## Gevaren en risico's

3D printen kent vele gevaren en risico's die bij de verschillende toepassingen komen kijken en waarmee rekening moet worden gehouden.

- **Emissies van chemische stoffen:**
  - Plastic filamenten produceren vluchtige organische stoffen (VOS) bij verhitting in 3D-printprocessen. Blootstelling aan VOS kan hoofdpijn, misselijkheid, en oog-, neus-, en keelirritatie veroorzaken. Organische oplosmiddelen die bij nabewerking worden gebruikt, zoals alcohol en aceton, verdampen makkelijk en vormen een gevaar bij inademing.
- **Emissies van nanodeeltjes**
  - Bij verhitting produceren filamenten inhaleerbare ultrafijne nanodeeltjes (UFPs). Ook bij het gebruik van UFP-bevattende media kunnen UFP's in de omgeving terechtkomen. Inhalatie van UFP's kan hart- en vaatziekten en longziekten veroorzaken en is kankerverwekkend.
- **Corrosieve baden**
  - Ondersteunend en excessief materiaal kan worden verwijderd door prints in een verwarmd corrosief bad te plaatsen dat natriumhydroxide of andere bijtende chemicaliën bevat. Blootstelling aan deze chemicaliën kan ernstige chemische brandwonden, littekens en schade aan het gezichtsvermogen veroorzaken.
- **Dampbaden**
  - ABS-prints kunnen worden gepolijst door ze in een gesloten vat te plaatsen gevuld met een kleine hoeveelheid aceton of een ander organisch oplosmiddel, dat verdampt en reageert met het ABS-plastic. Deze oplosmiddelen zijn meestal ontvlambaar en kunnen bij inademing symptomen veroorzaken zoals hoofdpijn, misselijkheid en irritatie van de luchtwegen.
- **Biologisch materiaal**
  - 3D printers die biologisch materiaal gebruiken, kunnen inhaleerbare aerosolen produceren die op nabijgelegen oppervlakken kunnen blijven plakken.
- **Hitte**
  - Onderdelen als UV-lampen, motoren, warmteplaten en printkoppen worden heet bij gebruik en kunnen brandwonden veroorzaken bij aanraking.
- **Ontvlambaarheid**
  - Metaalpoeders zoals aluminium, staal en titanium kunnen spontaan ontbranden onder normale omstandigheden (pyrofore stoffen). Organische oplosmiddelen zoals aceton die worden gebruikt bij het dampbaden, kunnen ontbranden wanneer ze worden blootgesteld aan een warmtebron. Chemicaliën die worden gebruikt bij het prepareren van de warmteplaat, zoals haarlak, zijn ook ontvlambaar.
- **Inert gas**

- 3D-printers gebruiken soms inerte gassen zoals stikstof of argon om een onbrandbare lucht in de printkamer te creëren. Sommige aerosole jetprinters gebruiken een inert gas als onderdeel van het druppelvorming- en afzettingsproces. Als inert gas in de omgeving terecht komt, verdringt het zuurstof en kan verstikkingsgevaar opleveren.
- **Elektrische schokken**
  - Onbeschermde elektrische onderdelen en beschadigde netsnoeren kunnen leiden tot een elektrische schok.
- **Mechanische gevaren**
  - Handen en vingers kunnen bekneld raken door (bewegende) printeronderdelen. CNC-nabewerking van metalen onderdelen brengt mechanische en geluidsrisico's met zich mee.
- **Ultraviolet licht/lasers**
  - Blootstelling van de ogen aan UV-lampen die in SLA-printers worden gebruikt, kan tijdelijk of permanent het gezichtsvermogen beschadigen. Printers voor Directed Energy Deposition en Powder Bed Fusion maken vaak gebruik van krachtige lasers die blijvend oogletsel kunnen veroorzaken door direct of gereflecteerd licht.

## Veiligheidsmaatregelen

### Voor het 3D printen

- Voor het gebruiken van een 3D printer, zorg dat je voldoende goed bekend bent met het veilig gebruiken van desbetreffende 3D printer, randapparatuur, software en materialen.
- Let op de waarschuwingspictogrammen, weet wat ze betekenen en handel conform deze.
- Controleer de omgeving en plaatsing van de printer en randapparatuur:
  - Niet in de buurt van brandbare stoffen zoals gordijnen, stof, kleding, meubels?
  - Op afstand van muren, hoeken, warmtebronnen en retourventilatiesystemen?
  - Op een stevige en stabiele ondergrond?
  - Is de apparatuur in goede, schone en stofvrije staat?
- Bestudeer vooraf veiligheidsinstructiekaarten en procedures voor materialen die je gebruikt bij de 3D printer. De moeten in fysieke of elektronische vorm aanwezig zijn.
- Volg altijd instructies van de fabrikant en verantwoordelijke medewerker als het gaat om materiaal, set-up en installatie.
- Zorg ervoor dat de printer in een goed-geventileerde ruimte gebruikt waar een vast afzuigstelsel aanwezig is. Het aantal luchtverversingen per uur hangt af van de lokale situatie en dient in een risk assessment vastgesteld te worden. Een indicatie is 4 tot 6 verversingen per uur. Indien een vast afzuigstelsel ontbreekt of onvoldoende capaciteit heeft, moet gewerkt worden met een mobiele kast met afzuiging en filtering in HEPA-filter én voldoende groot actief koolstoffilter.

- Houd een brandblusser in de buurt op een overzichtelijke plek. Bij sommige metaalpoeders is een speciale brandblusser nodig. Weet waar de brandblusser zich bevindt evenals een oogspoelstation.
- Geef de aanwezigheid van de gevaren aan via bewegwijzering en borden/stickers.
- Houd lang en los haar vast en uit het gezicht. Houd losse kleding afzijdig van de 3D printer.

### Tijdens het 3D printen

- Volg altijd instructies van de fabrikant en verantwoordelijke medewerker als het gaat om materiaal, set-up en gebruik.
- Houd de voortgang van de print in de gaten middels cameratoezicht.
- Omzeil nooit veiligheidscontroles en schakel geen vergrendelingen uit zodra het printproces is gestart.
- Houd eten en drinken uit de buurt van de printer.
- Houd ontvlambare vloeistoffen uit de buurt van de 3D printers.
- Draag aanbevolen persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's).

### Na het 3D printen

- Zodra de 3D printer is gestopt laat de nozzle, printplaat en print circa 10 minuten afkoelen waarbij ook de verontreinigde lucht is afgezogen.
- Haal daarna de print uit de printer met indien nodig ook de glasplaat.
- Draag persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) bij het verwijderen van de print, bij eventuele nabewerking en bij schoonmaak.
- Maak de printer schoon conform instructies van de fabrikant. Reinig oppervlakken en behuizing van de 3D printer met een vochtige doek, geen luchtpistool. Houd de machine schoon en onderhouden. Ruim afval, restjes en stof op en gooi ze weg in overeenstemming met wet- en regelgeving en voorschriften.
- Volg de afvalverwerkingsprocedures voor chemicaliën en gevaarlijke stoffen.
- Was de handen als je klaar bent. Kom voordien niet aan je gezicht.

### Opslag van chemicaliën

Chemicaliën moeten veilig worden weggezet in een toegewezen kast die gelabeld is. Bewaar ontvlambare stoffen zoals 'resin polymeren', alcohol, en aceton niet in een koelkast of vriezer, dit tot een explosie kan leiden. Onderzoek vooraf of twee verschillende chemicaliën in dezelfde kast of op dezelfde plek kunnen worden bewaard. Voorzie elke verpakking en elke opslagkast van etiketten die de gevaren van de betreffende chemicaliën omschrijven.

## Training

Iedereen die een 3D printer gaat gebruiken moeten een training volgen. Dit wordt gedocumenteerd ter controle. Deze trainingen kunnen specifiek zijn voor verschillende 3D printmethodes. Trainingen kunnen bijvoorbeeld zijn voor:

- Algemene training op desbetreffende 3D printmethode
- Chemische veiligheid, hygiëne en gevaarlijk afval
- Locatie specifieke training met bijvoorbeeld de laboratorium manager
- Laserveiligheid bij 3D printmethodes die een laser gebruiken

## Procedures

Veilige bedieningsprocedures moeten voor alle 3D printers worden geschreven. Overige procedures moeten, onder andere, ook worden geschreven:

- Verwijderen van een print
- Oplossen van PLA-steunmateriaal (alkaline bad of waterbad)
- Verwijderen van supportmateriaal (tang)
- Weggoien van afval
- Schoonmaak (printer)

## Veiligheidsfaciliteiten

Specifiek noodapparatuur moet meegenomen worden in het schrijven van veilige bedieningsprocedures en bevatten de identificatie van een ruimte/locatie en instructies voor apparatuur. Denk hierbij aan de locatie van noodapparatuur zoals spoelfaciliteiten, brandblussers, en morsen/lekkage.

### • Spoelfaciliteiten

Een nooddouche en een oogspoelstation moeten beschikbaar zijn in ruimtes waar er met 3D printers wordt gewerkt en waarin er wordt nabewerkt met alkaline baden of baden met andere bijtende stoffen. De locatie van deze spoelfaciliteiten moet voldoen aan wet- en regelgeving. Ingebouwde oogspoelstations moeten wekelijks worden getest. Er kan ook een draagbaar oogspoelstation worden aangeschaft, deze hoeft niet wekelijks te worden getest.

### • Brandblussers

Brandblussers moeten beschikbaar zijn in ruimtes waar 3D printers staan. De brandblusser moet specifiek zijn voor verschillende materialen en voor gevaren die dreigen. Bij

metaalpoeders, bijvoorbeeld, is een reguliere brandblusser niet voldoende en moet een klasse D brandblusser beschikbaar zijn.

- **Morsen**

Een procedure voor morsen of lekkage moet zijn vastgesteld en een 'spillkit', ofwel chemische lekkagekit, moet zijn voorbereid in het geval dat een chemische (gevaarlijke) stof lekt of morst/'spilt'. In dat soort gevallen moet tevens altijd het gebouwbeheer en de Arbo- en milieudienst worden geïnformeerd. Zij stellen met deskundigen vast welke stappen verder ondernomen moeten worden.

- **Zuurstofdetectie**

Bij gebruik van zuurstofverdrijvende gassen zoals stikstof of argon tijdens het printproces is het aan te raden om een zuurstofdetectie te voorzien. Deze kan een persoonlijke detectie of via een vaste installatie. Voor deze laatste is die zeker aan te raden in het geval dat de printer in een kleine ruimte geplaatst is.

## Fused deposition modeling

Er zijn meerdere soorten 3D printtechnieken beschikbaar. De extrusie techniek wordt het meeste gebruikt. Deze staat bekend onder de namen Fused deposition Modeling of Fused Filament Fabrication (FFF).

FFF gebruikt een thermoplastisch filament als grondstof. Dit wordt door een verhitte nozzle/printkop geduwd, gesmolten en in laagjes op elkaar geplaatst. Deze smelten aan elkaar vast. Zo wordt een object opgebouwd volgens een specifiek ontwerp.

## Gevaren en veiligheidsmaatregelen

- **Vluchtige organische stoffen (VOS) en nanodeeltjes (UFP)**

Wanneer plastic filament verwarmd wordt komen er inhaleerbare vluchtige organische stoffen (VOS) en nanodeeltjes (UFP) vrij. Daarom worden alle FDM-gebruikers geadviseerd om een afscherming en sluitbare kast te gebruiken met speciale HEPA-filters of actieve koolstoffilters. Deze kasten kunnen de luchtkwaliteit aanzienlijk verbeteren en het inademingsgevaar van plastic UFP's en VOS's verminderen.

- **Ontvlambare chemicaliën**

Organische stoffen zoals ethanol, isopropyl alcohol en aceton die gebruikt worden bij de preparatie van de printplaat kunnen vlamvatten wanneer deze warm worden. Wanneer er wordt schoongemaakt met ontvlambare stoffen, gebruik een natte doek in plaats van een

spray. Aerosolen die blijven hangen kunnen later brandgevaar vormen. Bewaar ontvlambare stoffen dan ook uit de buurt van warmtebronnen.

- **Scherpe objecten**

Gebruik van scherpe objecten als mesjes of schartjes bij het verwijderen van steunen of restanten kunnen sneeën en verwondingen veroorzaken. Wees voorzichtig bij het gebruiken van scherpe objecten en houd een EHBO-kit in de buurt.

- **Elektriciteit**

3D printers werken op elektriciteit. Montage en onderhoud van 3D printers kan gevaren met elektriciteit en schokgevaar veroorzaken. Mogelijk blootliggende onderdelen waar stroom doorheen loopt kan letsel veroorzaken wanneer de gebruiker hiermee in contact komt.

- **Hitte**

FDM-printers hebben verhitte componenten zoals een nozzle (printkop) en een verwarmde printplaat. Blijf uit de buurt van deze componenten wanneer de printer aanstaat en laat ze afkoelen (ca. 10 min) zodra de printer uitstaat voordat verder gehandeld wordt.

- **Naberwerkingsbaden**

Support materiaal kan van prints verwijderd worden aan de hand van baden. Deze baden kunnen water of alkaline (bijtende) stoffen bevatten. Al deze stoffen (inclusief water) moeten naderhand verwijderd en behandeld worden als 'gevaarlijk (chemisch) afval' conform Milieu Gezondheid & Veiligheid.

Speciale veiligheidsmaatregelen moeten worden gevolgd wanneer er wordt gewerkt met dit soort alkaline baden. De chemicaliën die gebruikt worden in deze baden kunnen chemische brandwonden en permanente blindheid veroorzaken. De volgende persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's) moeten ten alle tijden worden gedragen bij het gebruiken van alkaline baden:

- Lange broek
- Dichte schoenen
- Laboratoriumjas
- Nitrilhandschoenen die over de mouwen van de laboratoriumjas gedragen worden
- Veiligheidsbril
- Schort, bestendig tegen chemische stoffen

Zorg ervoor dat de PBM's in goede staat verkeren en functioneel zijn, controleer dit regelmatig. Een werkend oogwasstation moet in dezelfde ruimte aanwezig zijn, deze moet makkelijk bereikbaar zijn.

Gebruik niet je handen (ook niet met handschoenen) om objecten in het bad te doen of ze eruit te halen, gebruik hiervoor instrumenten zoals tangen. Enkel wanneer de vloeistof in het

bad stilstaat en niet spettert mag er een object in het bad worden gestopt of uit het bad worden gehaald, mits alle PBM's worden gedragen.

Gebruik het bad nooit alleen. Wanneer de ogen worden blootgesteld aan de stoffen moet het oogwasstation gelijk worden gebruikt terwijl de andere persoon 112 belt. Bij blootstelling aan de huid moet de huid 15 minuten onder lauw water worden gespoeld terwijl de andere persoon 112 belt.

Bijtende (corrosieve) poeders of vloeistoffen moeten in een speciale opslagkast worden bewaard met de etiketten 'Chemische opslag' en 'Corrosief materiaal' aan de buitenkant van de kast.

Gooi het alkaline mengsel nooit weg in de afvoer maar volgens wetgeving en regels. Wanneer een nieuw bad gemaakt wordt moet eerst water worden toegevoegd en daarna langzaam de bijtende poeder of vloeistof.

## Soorten filament

Verschillende filamenten hebben verschillende temperaturen nodig om correct gesmolten te worden en correct af te koelen. Het filament bepaalt daarom de temperatuur van de nozzle en de printplaat, waarop het object geprint wordt. Volg de instructies van de filamentfabrikant om het correct en veilig te gebruiken. Bij de diverse filamenten zijn verschillende maatregelen en voorzieningen noodzakelijk om veilig te werken.

We vermelden derhalve een aantal veelvoorkomende filamenten hierna in tabel 2:

Filament	Nozzle Temp. (°C)	Plaat Temp. (°C)	Beschrijving	Maatregelen en voorzieningen
Alle filamenten			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vast of mobiel afvoer- en ventiltiesysteem voor afvoer van schadelijke dampen direct boven 3D-printer en randapparatuur</li> </ul>
Polyactic acid (PLA) (Polymelkzuur)	180-230	20-60	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vaak gemaakt van maïzetmeel of suikerriet</li> <li>▪ Geurloos, trekt weinig krom</li> <li>▪ Breed scala aan kleuren</li> <li>▪ Biologisch afbreekbaar en machinaal composteerbaar</li> <li>▪ Veel kleuren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vereist maatregelen en voorzieningen afgestemd op de specifieke gevaren van apparatuur, materialen, ruimte, gebruikers en soort gebruik</li> </ul>

VERSIE maart 2025

Polyvinyl Alcohol (PVA)	180-230	45	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wateroplosbaar</li> <li>▪ Weinig flexibel</li> </ul>	Vereist maatregelen en voorzieningen afgestemd op de specifieke gevaren van apparatuur, materialen, ruimte, gebruikers en soort gebruik
High-Impact Polystyreen (HIPS)	210-250	50-60	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vergelijkbaar met ABS maar trekt minder krom</li> <li>▪ Oplosbaar in limoneen</li> <li>▪ Buigbaar zodra afgekoeld</li> </ul>	Vereist maatregelen en voorzieningen afgestemd op de specifieke gevaren van apparatuur, materialen, ruimte, gebruikers en soort gebruik
Acrylonitril Betadine Styreen (ABS)	210-250	80-120	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Niet-biologisch afbreekbaar.</li> <li>▪ Taaier dan PLA</li> <li>▪ Slijtvast</li> <li>▪ Nabewerking met aceton voor een glanzende afwerking</li> <li>▪ Groot scala aan kleuren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gebruik afsluitbare kast</li> <li>▪ Vereist maatregelen en voorzieningen afgestemd op de specifieke gevaren van apparatuur, materialen, ruimte, gebruikers en soort gebruik</li> </ul>
Polyethyleen Terephthalate (PET) of Polyethyleen Terephthalate Glycol (PETG)	230-255	55-70	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vaak gemaakt van PET en co-polymeren</li> <li>▪ Hanteerbaarheid van PLA en durabiliteit ABS</li> <li>▪ Trekt weinig krom</li> <li>▪ Recyclebaar</li> </ul>	Vereist maatregelen en voorzieningen afgestemd op de specifieke gevaren van apparatuur, materialen, ruimte, gebruikers en soort gebruik
Nylon polyamide	235-270	60-80	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sterk, licht, flexibel en durabel</li> <li>▪ Minder bros dan PLA of ABS</li> <li>▪ Extreem gevoelig voor vocht</li> </ul>	Vereist maatregelen en voorzieningen afgestemd op de specifieke gevaren van apparatuur, materialen, ruimte, gebruikers en soort gebruik
Polycarbonaat (PC)	270-310	90-105	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sterk, schokbestendig en hittebestendig</li> <li>▪ Licht buigbaar zodra afgekoeld</li> </ul>	Vereist maatregelen en voorzieningen afgestemd op de specifieke gevaren van apparatuur, materialen, ruimte, gebruikers en soort gebruik

**Tabel 2.** Veelvoorkomende filamenten.

**NB:** De maatregelen en beschrijvingen beschreven in de tabel hiervoor zijn samenvattingen en in voorkomende gevallen onvolledig. De gebruiker moet getraind, ingelezen en voorbereid zijn op een filament voor gebruik.

## Fotopolymerisatie: Stereolithografie, Digital Light Processing (SLA, DLP)

### Gevaren en veiligheidsmaatregelen

- **Ontvlambare resins**

Resins die gebruikt worden bij SLA printers zijn ontvlambaar. Ze moeten daarom uit de buurt van warmtebronnen worden bewaard, in een brandveilige opslagkast. Draag nitrilhandschoenen bij het gebruik van resins.

- **Scherpe objecten**

Gebruik van scherpe objecten als mesjes of schartjes bij het verwijderen van steunen of restanten kunnen sneeën en verwondingen veroorzaken. Wees voorzichtig bij het gebruiken van scherpe objecten en houd een EHBO-kit in de buurt.

- **Ultraviolet (UV) licht**

SLA-printers gebruiken UV-lasers, lampen, of andere UV-lichtbronnen die oogbeschadiging kunnen veroorzaken. Vergrendelingen op de printer moeten nooit worden omzeild en UV-blokkerende schermen/kasten moeten altijd gesloten blijven tijdens printprocessen. Wanneer de schermen/kasten verwijderd moeten worden voor onderhoud moet altijd een UV-blokkerende bril worden gedragen.

- **Elektriciteit**

3D printers werken op elektriciteit. Montage en onderhoud van 3D printers kan gevaren met elektriciteit en schokgevaar veroorzaken. Mogelijk blootliggende onderdelen waar stroom doorheen loopt kan letsel veroorzaken wanneer de gebruiker hiermee in contact komt. Bediening van een SLA-printer moet worden gedaan op een plek waar zo min mogelijk mensen aanwezig zijn die in directe zichtlijn kunnen komen om potentiële blootstelling te mitigeren.

- **Nabewerking**

Nitrilhandschoenen moeten worden gedragen wanneer er wordt gewerkt met prints die nog niet uitgehard zijn en die harsresten bevatten. Vaak worden UV-ovens gebruikt om prints uit te harden, hiervan moet het gebouwbeheer op de hoogte zijn. Baden met organische stoffen die worden gebruikt bij nabewerking moeten uit de buurt van warmtebronnen worden gehouden. Gebruikt afval moet volgens wet- en regelgeving worden weggegooid.

## Binder jetting & powder bed fusion (PBF)

Binder jetting en PBF zijn doorgaans gevaarlijker dan FDM en SLA. Het opvolgen van wet- en regelgeving evenals instructies van de fabrikant is essentieel.

## Metaalpoeders

Alle metaalpoeders, ongeacht compositie of deeltjesgrootte, moeten als gevaarlijk worden behandeld, inclusief legeringen en mengsels die niet-metalen bevatten. Metaalpoeders moeten met uiterste voorzichtigheid en veiligheid worden gebruikt. Blootstelling kan chronische ziektes veroorzaken, en onvoorzichtigheid of onjuist handelen kan tot explosies of brand leiden. De volgende veiligheidsmaatregelen moeten worden gevolgd voor beide het gebruiken als het produceren van metaalpoeders:

- Minimaliseer kans op morsen en lekkage en uitstoot van (fijn)stof in de lucht
- Houd een klasse D brandblusser binnen bereik
- Gebruik alleen speciale stofzuigers die voor metaalpoeders zijn ontworpen. Reguliere stofzuigers kunnen vlamvatten of exploderen
- Laat de machine nooit onbeheerd achter

De volgende persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's) moeten worden gedragen wanneer metaalpoeder wordt gebruikt:

- Lange broek
- Dichte schoenen
- Laboratoriumjas
- Nitril-, butyl-, of neopreenhandschoenen over de mouwen van de laboratoriumjas
- Veiligheidsbril of volgelaatsmasker
- Halfgelaats- of volgelaatsstofmaskers met P100 filters

## Lasers en radiatie

Energetische (licht)bronnen zoals lasers en elektronenbundels kunnen groot letsel veroorzaken. Volg de maatregelen die genomen moeten worden volgens wet- en regelgeving.