

Elżbieta Dobrzyńska • Małgorzata Szewczyńska
• Joanna Kowalska • Dorota Kondej

Związki chemiczne i pyły

– emisja i ograniczanie zagrożeń
podczas drukowania przestrzennego 3D

Zalecenia profilaktyczne



CIOP  **PIB**

Warszawa 2022

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju – projekt nr II.PB.06, pt. „Analiza zagrożeń związanych z emisją substancji chemicznych podczas drukowania przestrzennego 3D”, a wydano w ramach zadania nr 4.SP.28, pt. „Opracowywanie i wydawanie specjalistycznych wydawnictw oraz materiałów szkoleniowych i upowszechniających wiedzę z dziedziny bezpieczeństwa, higieny pracy i ergonomii”.

Koordynator Programu:

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autorzy

dr Elżbieta Dobrzyńska, dr hab. Małgorzata Szewczyńska, dr Joanna Kowalska,

dr inż. Dorota Kondej – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy,

Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych

Projekt okładki

Jola Maj / Zdjęcie na okładce: Bigstockphoto

Opracowanie graficzne i skład

Anna Borkowska

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2022

ISBN 978-83-7373-366-4

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

tel. (22) 623 36 98, www.ciop.pl

Czym jest drukowanie przestrzenne?

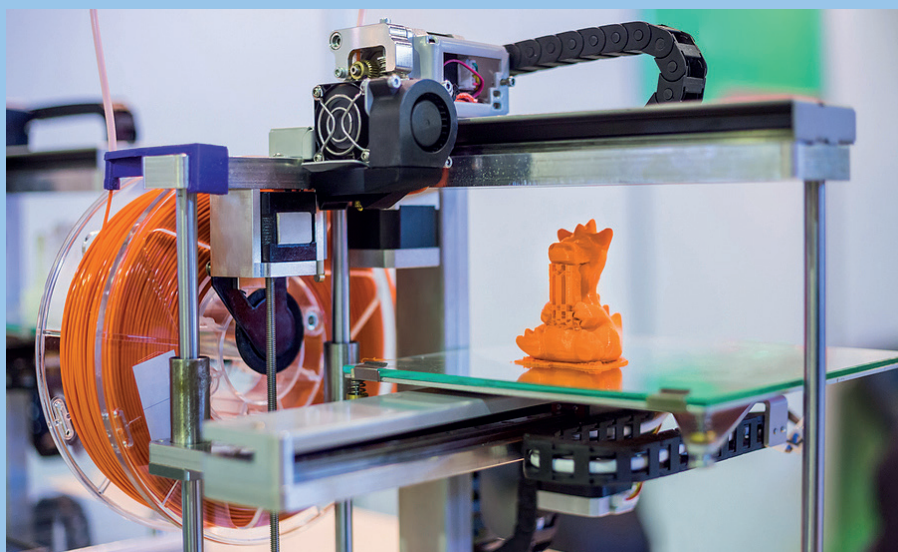
Drukowanie 3D, określane jako wytwarzanie addytywne, czy drukowanie trójwymiarowe to, wg definicji ISO/ ASTM 52900, rodzina technologii wykorzystywanych do budowy obiektów (zazwyczaj warstwa po warstwie) z komputerowego pliku projektowego.

Jest to technika wytwarzania przyrostowego (additive manufacturing – AM), którego istotą jest produkowanie trójwymiarowych obiektów stałych na podstawie oprogramowania wspomaganego komputerowo (CAD).

Zasada działania drukarek 3D zależy od technologii nakładania i utwardzania materiału,

a najbardziej rozpowszechnioną technologią przyrostową jest **FDM** (Fused Deposition Modeling), tzw. osadzanie topionego materiału.

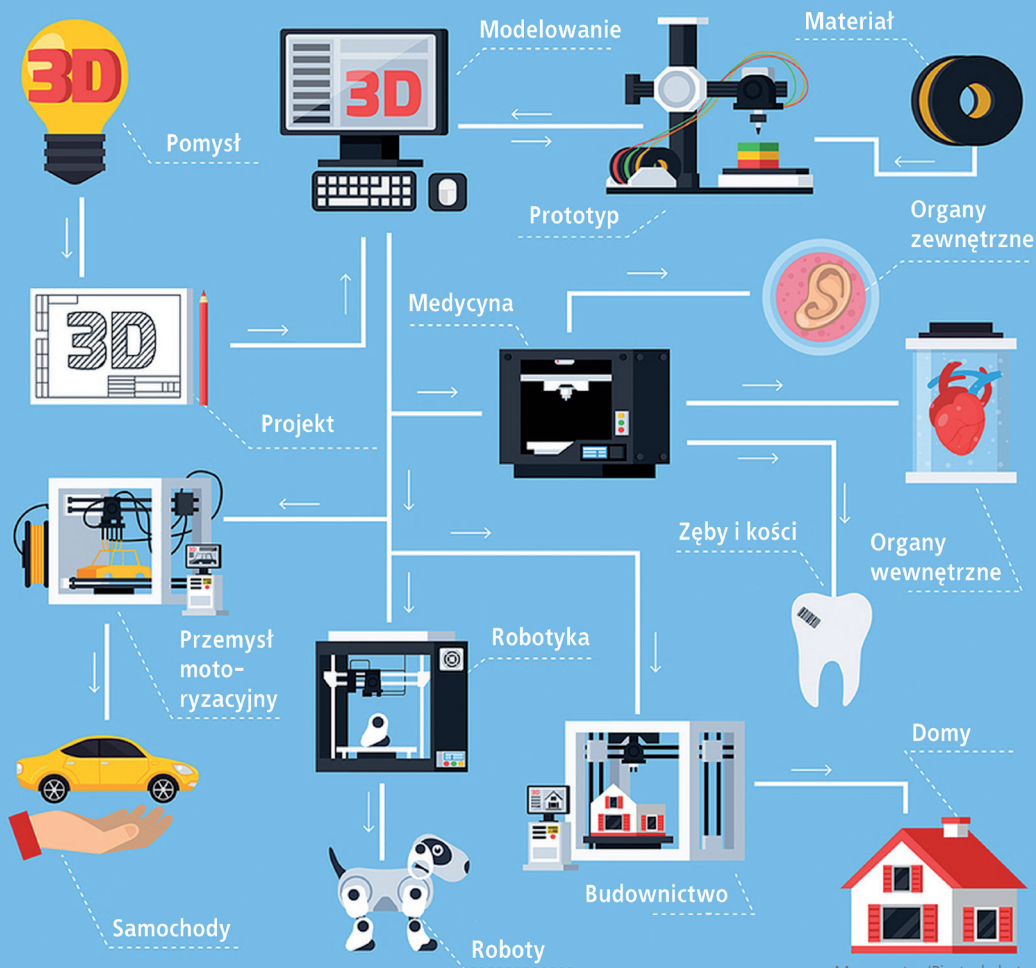
W tej technologii наносzony materiał (zwykle termoplastyczne tworzywo sztuczne) przeciskany jest przez dyszę, ogrzaną do temperatury jego topnienia, a następnie rozprowadzany warstwa po warstwie według obrysu modelu 3D zapisanego w pliku. Popularne materiały używane w tej technologii to głównie: kopolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy (ABS), poli(kwas mlekowy) (PLA), czy nylon.



Gdzie wykorzystuje się technologię druku 3D?

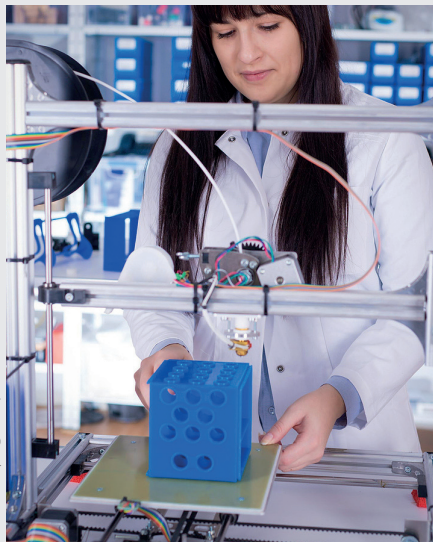
Możliwości zastosowania są obecnie niemal nieograniczone. Drukarki 3D są wykorzystywane coraz częściej w domach, biurach i przemyśle. Stosowane są praktycznie w każdej dziedzinie produkcji od tworzenia modeli koncepcyjnych, aż po wytwarzanie wysokowytrzymałych części na potrzeby lotnictwa, czy transportu.

SCHEMAT BLOKOWY DRUKOWANIA 3D



Operator drukarki 3D

to wykwalifikowana osoba, posiadająca umiejętności techniczne i twórcze w zakresie wytwarzania addytywnego. Ma wiedzę na temat obsługi sprzętu, specyfikacji i możliwości używanych do druku materiałów, projektowania i modelowania 3D. Korzysta z oprogramowania wspomaganego komputerowo do opracowywania projektów, które mają być drukowane w 3D jako gotowe modele.



Wladimir.B./Bigstockphoto

Czy drukowanie w tej technologii jest bezpieczne?

Potencjalne zagrożenia dla operatora/użytkownika drukarki związane są nie tylko z zastosowanymi procesami i technologiami, ale i specyficznym środowiskiem pracy, w którym odbywa się drukowanie.

W technologii FDM potencjalne zagrożenia mogą być powodowane przez:

- gorące powierzchnie i ruchome części maszyny drukującej,
- substancje chemiczne stosowane przed, po i podczas procesu drukowania,
- lotne związki organiczne, drobne (*fine particles*, FP) i ultra-drobne (*ultrafine particles*, UFP) cząstki stałe emitowane do powietrza podczas procesu drukowania 3D.

Niektóre łatwopalne lub palne materiały mogą stwarzać ryzyko pożaru lub wybuchu!

Substancje chemiczne stosowane podczas obróbki materiału i po zakończeniu procesu drukowania (*post processing*), np. takie rozpuszczalniki, jak aceton, stwarzają ryzyko ich przedostawania się do organizmu człowieka przez układ oddechowy, skórę lub układ pokarmowy. Podczas procesu drukowania do powietrza również mogą być uwalniane związki chemiczne stwarzające zagrożenie dla operatorów.

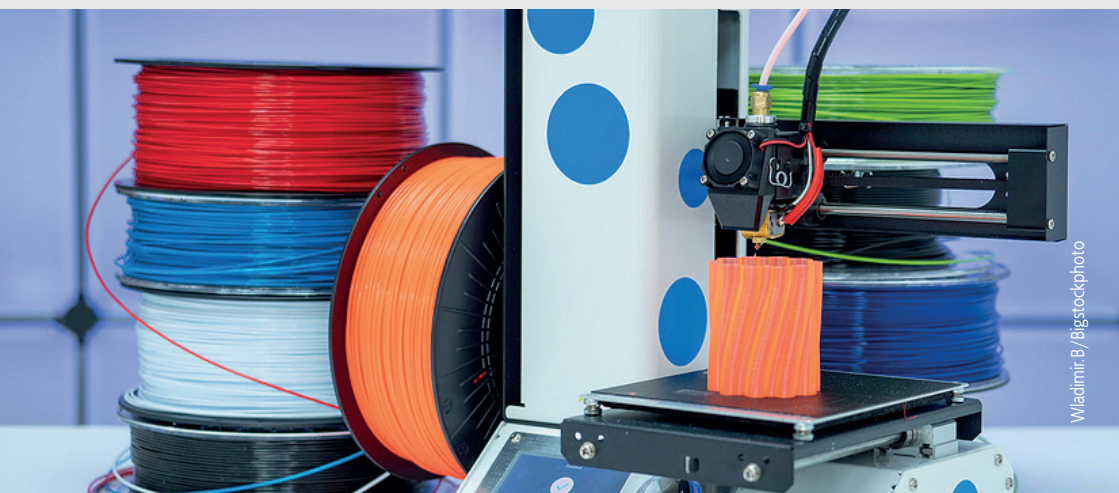
Skąd ta emisja?

Źródłem emisji substancji chemicznych i cząstek stałych mogą być:

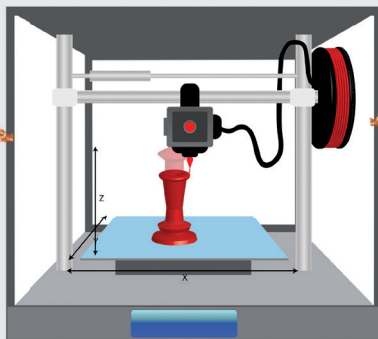
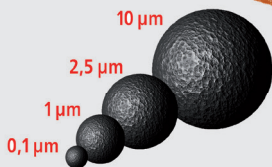
- materiały wykorzystywane do drukowania, takie jak tworzywa termoplastyczne, polimery,
- produkty rozkładu termicznego tych materiałów i dodatków, poprawiających właściwości fizykochemiczne filamentów (barwniki, plastyfikatory, uniepalniacze),
- chemikalia stosowane przed i po procesie drukowania.

Warunki prowadzenia procesu drukowania (zwłaszcza temperatura ogrzewania materiałów w dyszy i wysoka temperatura stołu) wpływają na rodzaj i natężenie emitowanych substancji.

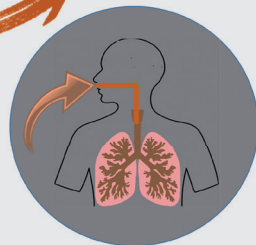
Znaczenie ma tu zarówno typ drukarki i filamentu, jak i materiał z jakiego wyprodukowany jest filament oraz warunki prowadzenia procesu (m.in. temperatura pracy drukarki podczas wykorzystywania danego typu surowca). Podgrzewanie filamentów w temperaturze typowej dla druku 3D powoduje emisję lotnych związków organicznych, cząstek drobnych i ultradrobnych. Dodatkowo każdy rodzaj filamentu emituje inną mieszalinę tych związków.



CZĄSTKI STAŁE W POWIETRZU
(W TYM NAJDROBIEJSZE)



LOTNE ZWIĄZKI ORGANICZNE (LZO)



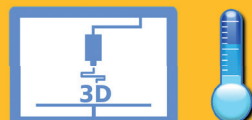
TYP DRUKARKI I FILAMENTU



RODZAJ MATERIAŁU,
Z KTÓREGO JEST FILAMENT



WARUNKI PROCESU DRUKOWANIA
(m.in. TEMPERATURA)



Lotne związki organiczne **LZO** to grupa związków chemicznych o określonych właściwościach fizykochemicznych, które łatwo przechodzą w postać pary lub gazu, charakteryzują się wysoką prężnością par i niską rozpuszczalnością w wodzie, a ich początkowa temperatura wrzenia jest mniejsza lub równa 250°C (mierzona w warunkach ciśnienia normalnego 101,3 kPa). Głównie są to węglowodory aromatyczne i alifatyczne, alkohole, estry, terpeny, aldehydy i ketony. W mieszaninie tego typu związków emitowanych do powietrza mogą występować substancje o udowodnionym szkodliwym wpływie na zdrowie

człowieka, np. toluen, ksyleny, heksan, octan butylu i in.

Cząstki stałe emitowane podczas procesu drukowania 3D to mieszanina bardzo małych ciał stałych zawieszonych w powietrzu. Cząstki stałe występują w różnych rozmiarach, ale podczas drukowania 3D głównie generowane są cząstki ultradrobne (UFP). Mają one wymiary mniejsze niż 100 nanometrów (nanometr do jedna miliardowa część metra). Im mniejsza cząstka, tym większe zagrożenie dla zdrowia. Niepożądane skutki zdrowotne związane z narażeniem na UFP mogą występować w miejscach ich wnikania do organizmu,

czyli przede wszystkim w obszarze układu oddechowego, skóry i oczu. Zmiany te mają najczęściej charakter reakcji drażniących i zapalnych. Badania naukowe potwierdzają, że UFP mogą przenikać z dróg oddechowych do układu krążenia.

Operator drukarki

jest potencjalnie narażony na emitowane substancje chemiczne i cząstki stałe na każdym etapie procesu drukowania przestrzennego.

Jakie są skutki zdrowotne?

Dla operatorów drukarek mogą być stosunkowo łagodne (podrażnienie skóry czy oczu), ale i bardzo niebezpieczne (nowotwory, zaburzenia rozrodczości czy zaburzenia funkcjonowania układu endokrynnego). Działania niepożądane wystąpić mogą po pojedynczym przypadku narażenia, ale mogą też wynikać z długotrwałego narażenia o małym nasileniu.

WYKONYWANE CZYNNOŚCI PODCZAS ETAPÓW PROCESU DRUKOWANIA 3D

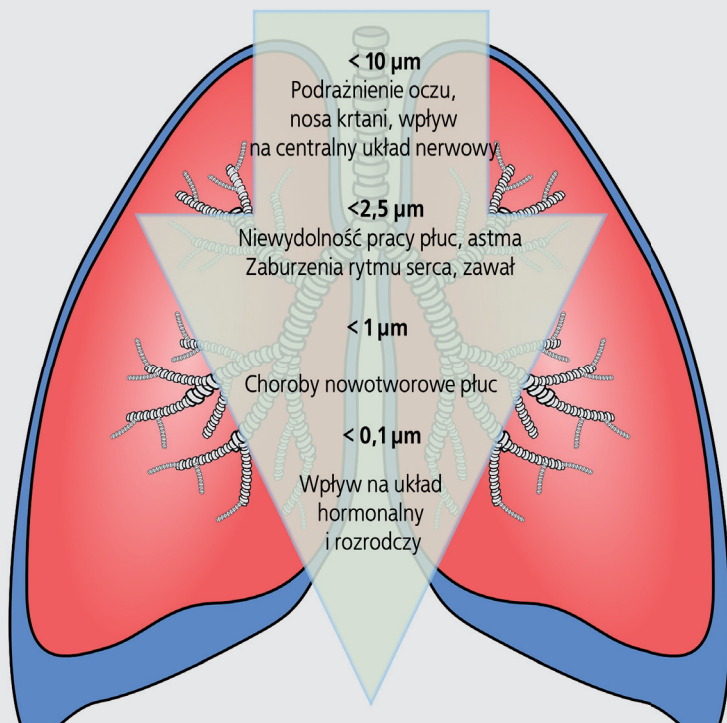


WIĘKSZE PRAWDOPODOBIEŃSTWO EKSPOZYCJI

Lotne związki organiczne **LZO** mogą powodować podrażnienie oczu, nosa i gardła, zmęczenie, mdłości, bóle i zawroty głowy, skrócenie oddechu i problemy skórne. Wyższe stężenia i długotrwałe narażenie może powodować takie objawy, jak utrata koordynacji oraz uszkodzenie wątroby, nerek i centralnego układu nerwowego.

Obecność wśród emitowanych substancji czynników rakotwórczych, mutagennych lub reprotoksycznych (wpływających szkodliwie na rozrodczość) zwiększa ryzyko szacowane dla operatora drukarki i wymaga zastosowania odpowiednich środków zapobiegawczych.

Cząstki o średnicy poniżej 100 nm (poniżej 0,1 μm) mogą przenikać do krwi i być przenoszone do różnych organów wewnętrznych człowieka, powodując negatywne skutki zdrowotne. Uważa się, że cząstki te powodują takie efekty toksyczne, jak stres oksydacyjny i reakcje zapalne. Cząstki stałe mogą powodować podrażnienie oczu, nosa i gardła, nasilać objawy choroby wieńcowej i układu oddechowego.



Jak zarządzać ryzykiem chemicznym podczas druku 3D?

Zarządzanie ryzykiem to przede wszystkim poznanie wszystkich zagrożeń związanych z występowaniem substancji niebezpiecznych w miejscu pracy i ich ograniczanie przez stosowanie odpowiednich środków technicznych, organizacyjnych i medycznych.

Pracodawco! Twoim obowiązkiem jest ustalenie, czy w środowisku pracy występuje czynnik chemiczny stwarzający zagrożenie, dokonanie i udokumentowanie oceny ryzyka zawodowego z nim związanego. Dlatego dowiedz się, z czym pracujesz – poznaj występujące

i/lub stosowane w Twoim zakładzie pracy substancje i mieszaniny chemiczne oraz zagrożenia jakie mogą one powodować. Zweryfikuj i określ substancje chemiczne występujące w składzie filamentów oraz zapoznaj się z ich właściwościami i ustal stopień szkodliwości dla zdrowia pracujących. Wyniki przeprowadzonej oceny ryzyka będą podstawą do podejmowania odpowiednich działań korygujących w celu ochrony pracowników przed szkodliwymi skutkami ich działania.

RYZIKO



Identyfikacja



Strategia



Oszacowanie



Dokumentacja



Ochrona

Przegląd

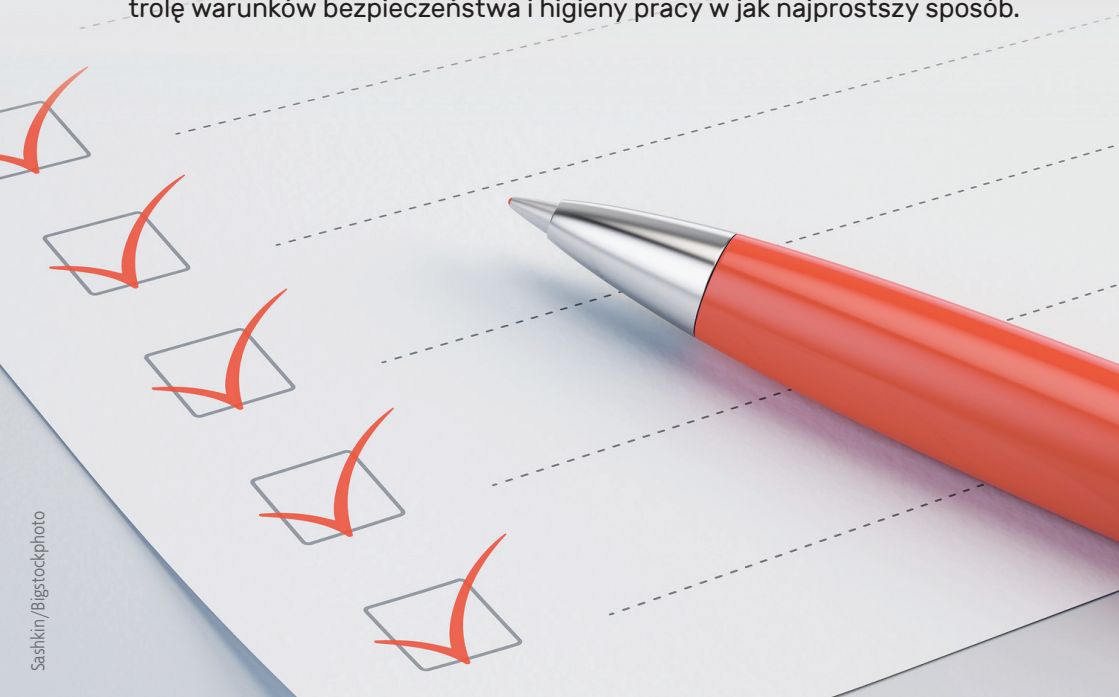
Ocenę ryzyka przeprowadź, uwzględniając:

- warunki pracy drukarki (sposób drukowania, obudowa przestrzeni roboczej drukarki, wentylacja),
- szkodliwe substancje stosowane na poszczególnych etapach pracy, ale i te w surowcach, np. filamentach (narażenie skóry/wdychanie),
- środowisko pracy (wentylacja, lokalizacja i inne zagrożenia, np. laser, gorące powierzchnie, niebezpieczeństwo pożaru),
- etapy pracy (obróbka wstępna, drukowanie, obróbka końcowa, konserwacja).

Przeprowadź badania i pomiary stężenia czynników chemicznych w środowisku pracy dla substancji, dla których wyznaczono wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia, a z wynikami badań zapoznaj pracowników. Podejmij odpowiednie środki zapobiegające zagrożeniu.

W razie potrzeby skonsultuj się z ekspertami!

Ocenę ryzyka ułatwią Ci narzędzia wspomagające, takie jak **listy kontrolne**. Listy są przeznaczone do analizy warunków pracy, identyfikacji czynników szkodliwych i uciążliwych oraz skutecznej prewencji. Dzięki temu dostarczają użytkownikowi niezbędnych informacji oraz umożliwiają analizę i kontrolę warunków bezpieczeństwa i higieny pracy w jak najprostszy sposób.



PRZYKŁADOWE LISTY KONTROLNE:

PRACOWNIK	TAK	NIE
Czy miejsce pracy jest czyste i uporządkowane?		
Czy środki chemiczne są przechowywane i wykorzystywane w odpowiedni sposób?		
Czy zapoznałeś się z kartami charakterystyki materiałów (filamenty) i substancji chemicznych?		
Czy zapoznałeś się z instrukcjami obsługi i bezpieczeństwa drukarek 3D?		
Czy postępujesz zgodnie z instrukcjami bezpieczeństwa na wszystkich etapach pracy?		
Czy używasz sprzętu ochrony indywidualnej?		
Czy zapoznałeś się z instrukcjami obsługi i konserwacji sprzętu ochronnego i czy postępujesz zgodnie z tymi instrukcjami?		

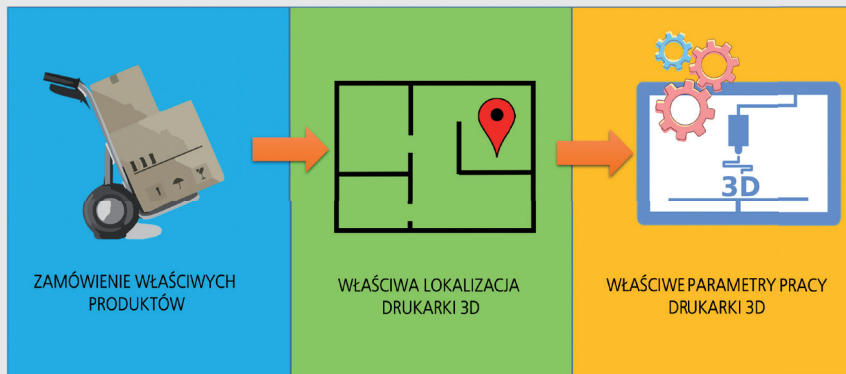
PRACODAWCA	TAK	NIE
Czy wszyscy pracownicy otrzymali instrukcje i zostali przeszkoleni w zakresie bezpiecznego przeprowadzania wszystkich etapów druku 3D (przetwarzanie wstępne, drukowanie, obróbka końcowa, konserwacja)?		
Czy przeprowadzono ocenę ryzyka na stanowisku pracy?		
Czy poinformowałeś pracowników o ryzyku zawodowym, które wiąże się z wykonywaną pracą?		

PRACODAWCA	TAK	NIE
Czy na stanowisku pracy są dostępne instrukcje obsługi i bezpieczeństwa dla sprzętu?		
Czy są dostępne karty charakterystyki: – materiałów do drukowania – środków do obróbki końcowej (chemikalia)		
Czy zidentyfikowane zostały etapy pracy, podczas których możliwe jest: – narażenie inhalacyjne – narażenie skórne		
Czy zapewniono odpowiednią wentylację w pomieszczeniu?		
Czy urządzenie może być obudowane?		
Czy możliwe jest zastosowanie wentylacji miejscowej wywiewnej?		
Czy urządzenie może być umieszczone w oddzielnym pomieszczeniu?		
Czy są odpowiednie pomieszczenia do obsługi i przechowywania substancji chemicznych?		
Czy pracownicy stosują odpowiednie środki ochrony indywidualnej?		
Czy zadbano o bezpieczeństwo przeciwpożarowe?		
Czy zadbano o potencjalne ryzyko samozapłonu materiałów?		
Czy zadbano o ochronę przeciwpożarową sprzętu?		
Czy opracowano plan gospodarowania odpadami?		

Jak zapobiegać emisji szkodliwych substancji chemicznych i cząstek?

Już na etapie planowania całego procesu! Podczas zamawiania produktów, przy wyborze miejsca ustawienia drukarki i podczas ustalania warunków pracy drukarki.

ZAPOBIEGANIE EMISJI PODCZAS DRUKI 3D



(opracowano na podstawie Chemical Insights, 3D printers safety)

Przy zakupie drukarek, należy rozważyć te, które mają zintegrowane obudowy skuteczne w wychwytywaniu lub usuwaniu zanieczyszczeń z otoczenia, bezpośrednie odciągi oraz właściwy system filtracji. Większość producentów drukarek 3D podaje, jakie filamenty powinny być używane w ich drukarkach. Zalecenia te są istotne, gdyż niewiele jest wiarygodnych informacji na temat dodatków chemicznych w tańszych zamiennikach filamentów. Należy też domagać się karty charakterystyki substancji niebezpiecznej lub mieszaniny. Obowiązek jej dostarczenia spoczywa na producencie, dystrybutorze lub dalszym użytkowniku na każdym etapie dystrybucji.

Po zakupie drukarki 3D należy starannie wybrać miejsce jej użytkowania. Drukarki 3D powinny być zlokalizowane z dala od miejsc o dużym

natężeniu ruchu i miejsc przebywania ludzi w budynku, a najlepiej w odizolowanym, dobrze wentylowanym pomieszczeniu. Pamiętaj, że obsługa drukarek powinna odbywać się zgodnie z instrukcjami producenta i zaleceniami dotyczącymi bezpieczeństwa. Ustaw temperatury dyszy i stołu na najniższe zalecane wartości, które pozwalają uzyskać wymaganą jakość druku. Praca w wyższej temperaturze może zwiększyć emisję.

Aby ograniczyć ryzyko związane z emisją cząstek i LZO, należy wziąć pod uwagę hierarchię stosowania środków zapobiegawczych. Najskuteczniejsze będą przemyślane zakupy i właściwa lokalizacja drukarki. Istnieje również wiele dalszych rozwiązań, które mogą pomóc w ograniczeniu zagrożeń.

Na samym szczycie tej hierarchii jest eliminacja zagrożeń. Nie zawsze jest to możliwe, dlatego kolejne kroki najprościej określa zasada **STOP**, która ma gwarantować podjęcie stosownych działań u samego źródła oraz uczynienie priorytetem działań mających na celu systematyczną ochronę grupy pracowników.





to **zastępowanie substancji niebezpiecznych** przez substancje mniej niebezpieczne lub bezpieczniejsze materiały. Daj pierwszeństwo nieszkodliwym lub mniej szkodliwym substancjom chemicznym!

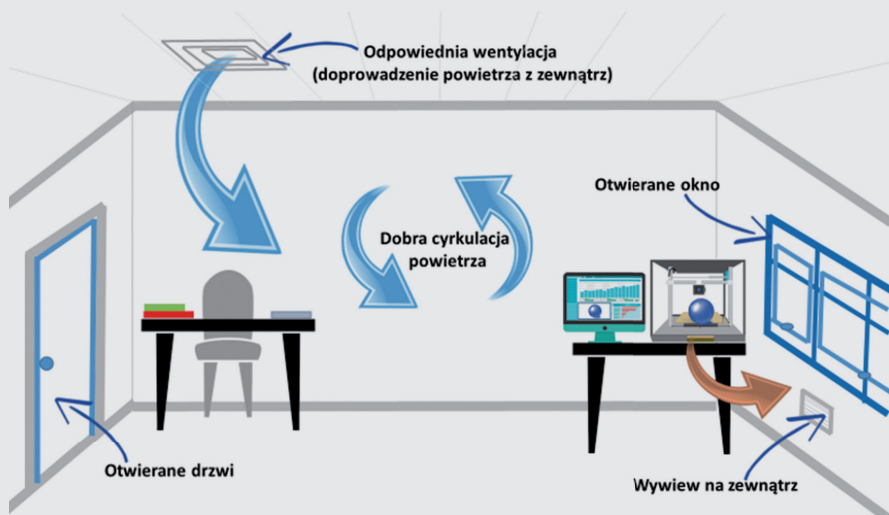
Spośród powszechnie stosowanych typów filamentów, filament z kopolimeru akrylonitrylo-butadieno-styrenowego (ABS) charakteryzuje się wyższą emisją, następnie nylon, a potem poli(kwas mlekowy) PLA. Jednak każdy rodzaj filamentu emituje inną mieszankę lotnych związków organicznych i cząstek stałych, więc ocena ryzyka zdrowotnego związanego z narażeniem na ich działanie może być skomplikowana. Stosowanie materiałów o niższej emisji prowadzi do wzrostu konkurencyjności i pozycji rynkowej, a tym samym do zwiększenia świadomości na temat substancji niebezpiecznych w środowisku pracy, związanych z nimi zagrożeń oraz sposobów zapobiegania ich szkodliwemu oddziaływaniu na pracowników.



oznacza **środki ochrony zbiorowej** przed zagrożeniem substancjami chemicznymi, które obejmują wentylację mechaniczną ogólną oraz wentylację mechaniczną miejscową, wyposażoną w odpowiednie układy do oczyszczania powietrza z par i gazów (sorbenty) oraz cząstek stałych i ciekłych (filtry powietrza).

W pomieszczeniach pracy, w których wydzielają się substancje szkodliwe dla zdrowia, powinna być zapewniona taka wymiana powietrza, aby nie były przekraczane wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń tych substancji. Drukarka 3D powinna być zatem umieszczona w dobrze wentylowanym pomieszczeniu z właściwą cyrkulacją (rozprowadzeniem) doprowadzanego z zewnątrz świeżego powietrza i odprowadzeniem powietrza zanieczyszczonego. Stanowisko drukowania 3D powinno być zlokalizowane z dala od nawiewników powietrza, w celu ograniczenia rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w pomieszczeniu.

Najlepszym sposobem ograniczenia i zminimalizowania narażenia na gazy, pary i cząstki bardzo drobne jest kontrola źródła ich powstawania. Najkorzystniejszym rozwiązaniem jest szczelne obudowanie rejonu emisji przez stosowanie elementów sterujących dostarczonych przez producenta drukarki, takie jak np. obudowa z blokadą. Należy rozważyć wyposażenie stanowiska drukowania 3D w elementy zasysające wentylacji miejscowej wywiewnej. Warunkiem właściwej pracy tych elementów jest prawidłowe ich umieszczenie względem źródła emisji, tak aby znajdowało się ono w obszarze skutecznego działania elementów zasysających. Stosowanie wentylacji miejscowej powinno być wspomagane działaniem wentylacji ogólnej. Zarówno w urządzeniach wentylacji miejscowej, jak i w systemach wentylacji ogólnej powinny być stosowane układy oczyszczające odprowadzane powietrze o odpowiednio wysokiej skuteczności.



(opracowano na podstawie Chemical Insights, 3D printers safety)



to **środki organizacyjne!** Skuteczna procedura organizacyjna może przynieść ogromne korzyści, pomagając zminimalizować liczbę operatorów narażonych na niebezpieczeństwo i czas ekspozycji przy procesach wiążących się z ryzykiem narażenia.

Profilaktyka organizacyjna to:

- przeszkolenie personelu w zakresie prawidłowej i bezpiecznej obsługi drukarki 3D i sposobu postępowania z preparatami chemicznymi, filamentami,
- informowanie pracowników o źródłach narażenia na niebezpieczne substancje chemiczne, ze szczególnym uwzględnieniem substancji rakotwórczych i mutagennych oraz zagrażających bezpieczeństwu pracowników substancji palnych, wybuchowych, utleniających i żrących,
- zapewnienie kart charakterystyki niebezpiecznych preparatów chemicznych i udostępnianie ich pracownikom. Należy zwrócić szczególną uwagę na sekcję 4 (pierwsza pomoc) oraz sekcję 8 (środki kontroli narażenia/ochrony indywidualne),
- przechowywanie substancji chemicznych i/lub ich mieszanin w odpowiednio oznakowanych i zabezpieczonych miejscach, w przeznaczonych do tego opakowaniach zgodnie z zasadami zawartymi w karcie charakterystyki. Upewnij się, że na opakowaniach substancji i ich mieszanin znajdują się obowiązujące piktogramy zgodne z rozporządzeniem CLP,
- dostosowanie warunków prowadzenia procesu drukowania (np. stosowanie najniższej temperatury drukowania, która pozwoli uzyskać pożądany produkt),
- ograniczenie czasu pracy spędzanego w bezpośredniej bliskości pracującej drukarki 3D (np. monitorowanie zdalne lub opuszczenie obszaru),
- ograniczenie dostępu do pracujących drukarek 3D do niezbędnego personelu,
- przygotowanie i sprawdzenie instrukcji bhp/stanowiskowych uwzględniających informacje zawarte w kartach charakterystyki,
- utrzymywanie miejsca pracy w czystości i porządku,
- postępowanie z wszelkimi odpadami (w tym materiałami czyszczącymi/rękawicami) i ich usuwanie zgodnie ze wszystkimi obowiązującymi przepisami.



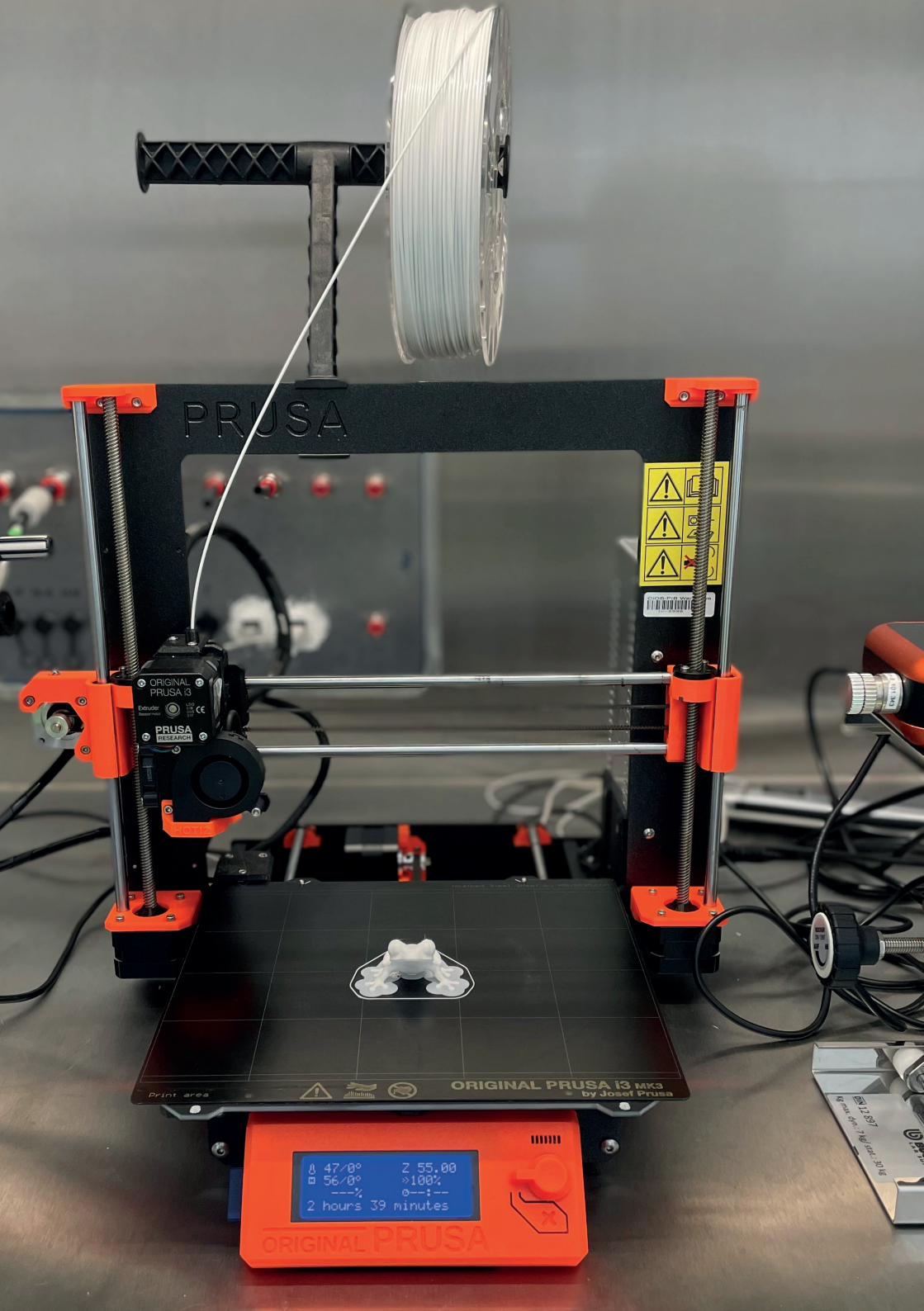
Efektywne stosowanie **środków ochrony indywidualnej (ŚOI)**, (np. rękawic, okularów ochronnych, środków ochrony dróg oddechowych) pomoże zmniejszyć poziom narażenia na działanie substancji niebezpiecznych podczas procesu drukowania.

Jako pracodawca, jesteś zobowiązany dostarczyć pracownikom ŚOI, poinformować o sposobach posługiwania się nimi i odpowiednio przeszkolić. Ogólne wskazówki doboru środków ochrony indywidualnej są podawane w kartach charakterystyki substancji niebezpiecznej (sekcja 8). Należy ocenić potrzebę stosowania środków ochrony dróg oddechowych, skóry i oczu. Wybrać odpowiedni sprzęt ochronny na podstawie oceny ryzyka i instrukcji ochrony dla substancji czy preparatów stosowanych na poszczególnych etapach pracy.

Przykłady możliwych ŚOI to: rękawice nitrylowe lub inne odporne na substancje chemiczne, fartuch laboratoryjny lub kombinezon, okulary ochronne, gogle lub osłony na twarz, ochrona dróg oddechowych, gdy jest to wskazane i gdy zbiorowe środki ochrony nie mogą ograniczyć narażenia.

Zwróć szczególną uwagę na nieutwardzone tworzywa sztuczne i ich pozostałości, takie jak składniki i mieszaniny epoksydów, akrylanów i uretanów, których nie wolno dotykać. Należy zapobiegać zanieczyszczeniu powierzchni i ubrań. Osoby przetwarzające żywice epoksydowe powinny zawsze nosić odporne na działanie chemikaliów rękawice i odpowiednią odzież ochronną. Rękawice powinny być starannie dobrane, biorąc pod uwagę rozpuszczalnik, który może być użyty podczas pracy.

Bezpieczeństwo pracowników można poprawić przez stosowanie dobrych praktyk na każdym etapie pracy



PRUSA

ORIGINAL PRUSA MK3
PRUSA RESEARCH



Print area

ORIGINAL PRUSA MK3
by Josef Prusa

8 47/80 2 55.00
□ 56/80 >100%
---% 0:--:--
2 hours 39 minutes

ORIGINAL PRUSA

Przed użyciem drukarki

zapewnij właściwe przygotowanie obszaru pracy i samej drukarki.

Przygotuj obszar drukowania. Zapewnij odpowiednią wentylację powietrza – włącz okapy wentylacyjne lub systemy wyciągowe, a w przypadku ich braku otwórz najbliższe okno, aby zwiększyć przepływ powietrza. Drukarki należy trzymać z dala od nawiewników powietrza, aby uniknąć rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Jeśli w pomieszczeniu znajdują się drzwi, zamknij je. Umieść znak ostrzegający, że drukarka jest w użyciu, co pozwoli zminimalizować liczbę osób przebywających w pomieszczeniu podczas drukowania.

Przygotuj drukarkę – wyczyść głowicę drukarki 3D i stół roboczy, aby usunąć nagromadzony filament. To ograniczy emisję zanieczyszczeń powietrza podczas drukowania. Sprawdź materiały stosowane do druku i inne środki chemiczne. Zwróć uwagę na ich niebezpieczne właściwości korzystając z kart charakterystyki i przygotuj odpowiednie środki ochrony indywidualnej.

Podczas drukowania

utrzymuj możliwie najniższą temperaturę głowicy drukarki i stołu roboczego, co pozwoli zminimalizować emisję lotnych związków organicznych i cząstek.

Pamiętaj, aby zawsze postępować zgodnie z instrukcjami producenta i ściśle przestrzegaj zasad bezpieczeństwa w codziennym użytkowaniu drukarki 3D – np. wyłącz drukarkę w przypadku jej awarii i odczekaj z otwarciem obudowy (pozwól na usunięcie zanieczyszczonego powietrza przez system wentylacyjny).

Zachowaj bezpieczną odległość od drukarki, ograniczaj czas spędzany w pobliżu procesu drukowania. Umieść napis „nie wchodzić” na drzwiach pomieszczenia, w którym trwa drukowanie. Przebywanie w pobliżu działającej drukarki 3D znacznie zwiększa indywidualne narażenie na emisję. Ogranicz bezpośrednią obserwację podczas drukowania i polegaj na zdalnym monitoringu.

Zachowaj ostrożność podczas obsługi drukarek 3D w nieodpowiednio wentylowanych pomieszczeniach. Noś odpowiednie ŚOI, w tym ochronę oczu i rąk, aby ograniczyć narażenie i przypadki obrażeń. Należy pamiętać,

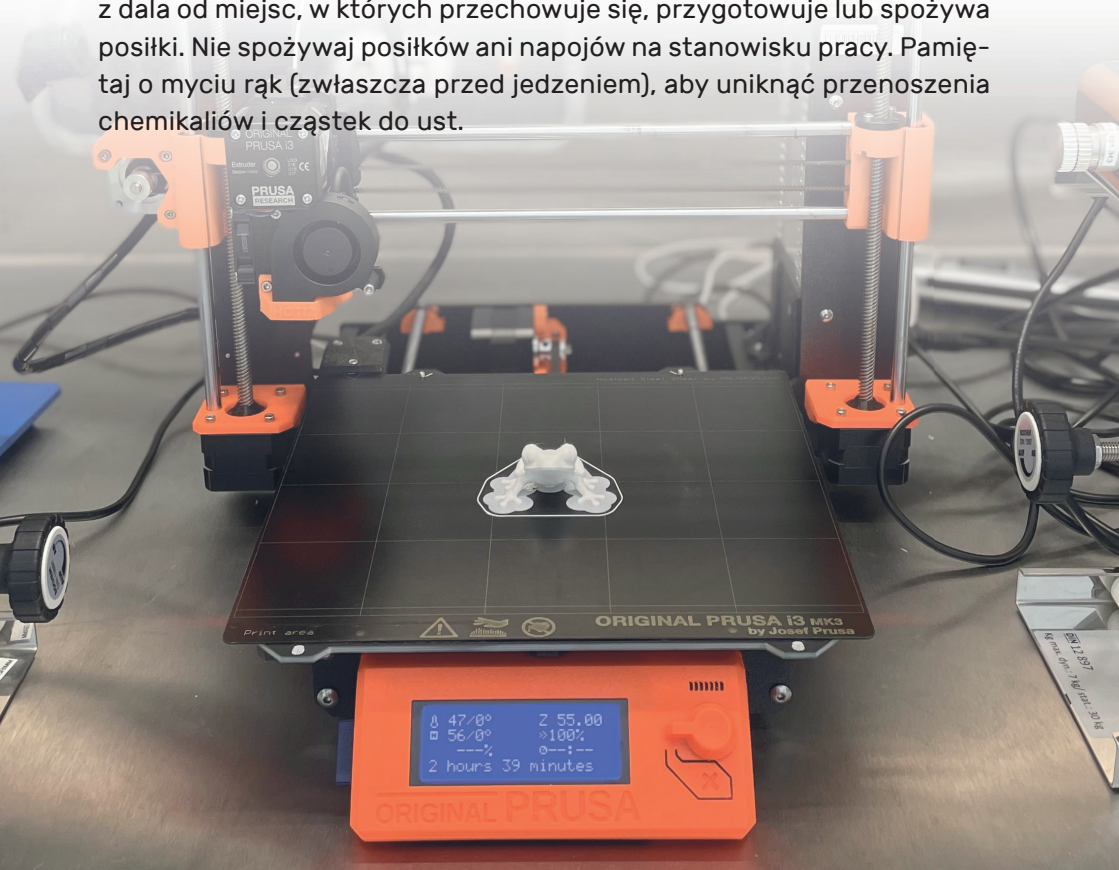
że półmaski nie chronią przed LZO i UFP. Jeśli musisz sprawdzić drukarkę, załóż okulary ochronne. Nie noś ŚOI poza obszarem pracy.

✓ Po zakończeniu drukowania

pamiętaj o rutynowym uprzątnięciu drukarki i otoczenia oraz o przestrzeganiu higieny osobistej.

Pamiętaj o czyszczeniu dyszy drukarki przed każdym użyciem i stołu roboczego po każdym użyciu, odkurzaj wszystkie powierzchnie wokół drukarki (blat lub podłoga) za pomocą wilgotnej ściereczki jednorazowego użytku bez używania ostrych środków czyszczących. W obszarze drukowania odkurzaj podłogi, powierzchnie i meble odkurzaczem z wysokoskutechną filtracją cząstek stałych (HEPA).

Nie dopuszczaj do sytuacji, w której niebezpieczne chemikalia (np. filamenty, rozpuszczalniki) są przechowywane w nieoznakowanych pojemnikach. Przechowuj wydrukowany model i materiały pomocnicze z dala od miejsc, w których przechowuje się, przygotowuje lub spożywa posiłki. Nie spożywaj posiłków ani napojów na stanowisku pracy. Pamiętaj o myciu rąk (zwłaszcza przed jedzeniem), aby uniknąć przenoszenia chemikaliów i cząstek do ust.





**BEZPIECZNE
DRUKOWANIE
3D**



SZKOLENIA



WENTYLACJA



UPOWAŻNIONY
PERSONEL



MATERIAŁY
NISKOEMISYJNE



OGRANICZONY
CZAS PRACY



ŚRODKI OCHRONY
INDYWIDUALNEJ

