

**30 lat** praktycznego doświadczenia w rozwoju i zastosowaniu technologii laserowych w aplikacjach przemysłowych

laser **PRO** Sp z o.o. przedstawia:

## Kompendium wiedzy: Ochrona zdrowia i zabezpieczenie miejsca pracy przy laserowej obróbce materiałów

Spis treści:

1. Katalog produktów – osobiste środki BHP i zabezpieczenia miejsca pracy

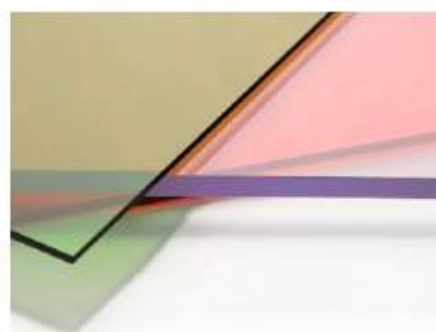
- Rozwiązania zapewniające ochronę oczu i skóry twarzy
- Odzież ochronna przed promieniowaniem laserowym
- Zasłony i parawany zapewniające ochronę przed odbitym promieniowaniem laserowym

2. ABC ochrony zdrowia przy laserowej obróbce materiałów

3. Odpowiednia ochrona przed promieniowaniem w trzech krokach

4. Środki ochrony indywidualnej pod specjalnym nadzorem

5. ABC efektywnej filtracji w obróbce laserowej



# Osobiste środki BHP i zabezpieczenia miejsca pracy

*Dedykowane rozwiązania zapewniające ochronę przy aplikacjach obróbki z wykorzystaniem technologii laserowych pracujących w klasie 4*

- ROZWIĄZANIA ZAPEWNIAJĄCE OCHRONĘ OCZU I SKÓRY TWARZY:

PRODUKT	OPIS	UWAGI
<p><b>Okulary GLADIATOR</b></p> 	<p>Okulary ochronne z filtrem ze <b>szkła mineralnego</b> w kolorze jasnoszarym, przeznaczone są do ochrony przed promieniowaniem laserowym o zakresie długości fali 915-11000 nm. Charakteryzują się przepuszczalnością światła na poziomie 70%.</p> <p><u>Główny zakres ochrony według normy PN EN 207:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 915 – 955 DIR LB5 (OD 5+)</li> <li>&gt; 955 – 1000 DIR LB6 (OD 6+)</li> <li>&gt; 1000 – 1025 DIR LB7 + M LB7Y (OD 7+)</li> <li>&gt; 1025 – 1400 D LB7 + IR LB8 + M LB8Y (OD 8+)</li> </ul>	Przeznaczone dla osób noszących okulary
<p><b>Okulary RETRO</b></p> 	<p>Okulary ochronne z filtrem ze <b>szkła mineralnego</b> w kolorze jasnoszarym, przeznaczone są do ochrony przed promieniowaniem laserowym o zakresie długości fali 915-11000 nm. Charakteryzują się przepuszczalnością światła na poziomie 70%.</p> <p><u>Główny zakres ochrony według normy PN EN 207:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 915 – 955 DIR LB5 (OD 5+)</li> <li>&gt; 955 – 1000 DIR LB6 (OD 6+)</li> <li>&gt; 1000 – 1025 DIR LB7 + M LB7Y (OD 7+)</li> <li>&gt; 1025 – 1400 D LB7 + IR LB8 + M LB8Y (OD 8+)</li> </ul>	
<p><b>Przyłbica VISOR</b></p> 	<p>Przyłbica ochronna z zielonym filtrem z tworzywa o grubości 1 mm zapewnia ochronę twarzy przed odbitym promieniowaniem laserowym oraz IR. Charakteryzuje się przepuszczalnością światła na poziomie 57%.</p> <p><u>Główny zakres ochrony według normy PN EN 207:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;855-1070 D LB5 + IR LB6</li> <li>1064 D LB5 + IR LB7</li> <li>&gt;1070-1080 DIR LB5</li> <li>&gt;1080-1090 DIR LB4</li> <li>&gt;1090-1100 DIR LB3</li> </ul>	<p>Przeznaczona do ochrony skóry</p> <p>Wymaga dodatkowego zastosowania okularów ochronnych</p>
<p><b>Przyłbica SPARTUS</b></p> 	<p>Zintegrowany system łączy ochronę przy spawaniu dowolną metodą (MIG/MAG, TIG, MMA) z ochroną przed odbitym promieniowaniem powstającym w trakcie ręcznego spawania laserowego. Rozwiązanie pozwala zrezygnować z noszenia okularów ochronnych pod przyłbicą przy zapewnieniu bezpieczeństwa dla wzroku oraz zachowaniu niskiej wagi konstrukcji.</p> <p><u>Główny zakres ochrony według normy PN EN 207:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;880-900 D LB6 + IR LB7 + M LB5Y (OD 7+)</li> <li>&gt;900-1070 D LB7 + I LB8 + R LB7 + M AB8Y (OD 8+)</li> <li>&gt;1070-1075 DIR LB6 + M LB6Y (OD 6+)</li> </ul>	<p>Przeznaczona do ochrony oczu i skóry</p> <p>Samodzielnie przyciemnia obszar pracy</p>

- ODZIEŻ OCHRONNA PRZED PROMIENIOWANIEM LASEROWYM:

## PRODUKT

## OPIS

## UWAGI

## Fartuch ochronny



Wykonany jest z oddychającego materiału zabezpieczającego przed laserowym promieniowaniem o zakresie długości fali 180-11000 nm.

Zapewnia pełną ochronę górnej części tułowia, jest wyposażony w liczne dodatki zwiększające komfort użytkowania, takie jak regulacja szerokości oraz łatwe otwieranie i zamykanie na rzepy lub suwak.

Dostępny w kolorze czarnym z żółtymi przeszyciami oraz odblaskowymi pasami, umożliwia naniesienie własnych znaków firmowych na życzenie.

Zaletą jest wysoka trwałość materiału i możliwość wielokrotnego prania w temperaturze 40 st. C.

Dostępny  
w rozmiarze  
uniwersalnym

## Kurtka ochronna



Wykonana jest z oddychającego materiału zabezpieczającego przed laserowym promieniowaniem o zakresie długości fali 180-11000 nm.

Jest wyposażona w liczne dodatki zwiększające komfort użytkowania, takie jak łatwe otwieranie i zamykanie na rzepy lub suwak, oraz kieszenie boczne, w tym na okulary i rękawice.

Dostępna w kolorze czarnym z żółtymi przeszyciami oraz odblaskowymi pasami, umożliwia naniesienie własnych znaków firmowych na życzenie.

Zaletą jest wysoka trwałość materiału i możliwość wielokrotnego prania w temperaturze 40 st. C.

Dostępna  
w rozmiarach  
S-XXL

## Spodnie ochronne



Wykonane są z oddychającego materiału zabezpieczającego przed laserowym promieniowaniem o zakresie długości fali 180-11000 nm.

Chronią tors i nogi, a w połączeniu z kurtką lub płaszczem zapewniają pełną ochronę całego korpusu. Są wyposażone w liczne dodatki zwiększające komfort użytkowania, takie jak łatwe w otwieraniu i zamykaniu kieszenie na rzepy lub suwak, oraz szlufki na rzepy do zaczepienia paska.

Dostępne w kolorze czarnym z żółtymi przeszyciami oraz odblaskowymi pasami, umożliwiają naniesienie własnych znaków firmowych na życzenie.

Zaletą jest wysoka trwałość materiału i możliwość wielokrotnego prania w temperaturze 40 st. C.

Dostępne  
w rozmiarach  
S-XXL

## Rękawice ochronne 2K



Wykonane są z oddychającego materiału zapewniającego ochronę przed promieniowaniem laserowym o zakresie długości fali 180-11000 nm.

W modelu 2K specjalna cieńsza warstwa materiału od strony wewnętrznej ułatwia wykonywanie precyzyjnych czynności manualnych.





Przeznaczone do ochrony przed promieniowaniem ciepłym wytwarzanym podczas pracy z laserami impulsowymi do max. średniej mocy 200 W.

Producent **nie gwarantuje** skuteczności ochrony w innych obszarach pracy, przy większej gęstości mocy lub innym trybie pracy laserów włóknowych, jak na przykład w trybie CW.

**Powyżej podanej mocy lasera rękawice mogą ulec zniszczeniu.**

Dostępne  
w rozmiarach  
7-12

- ZASŁONY I PARAWANY ZAPEWNIAJĄCE OCHRONĘ PRZED ODBITYM PROMIENIOWANIEM LASEROWYM:

PRODUKT	OPIS	UWAGI								
<p><b>Przeñośny Roll-Up (260-LSRUP-HIGHPERF)</b></p> 	<p>Przeñośna rozkładana bariera ochronna typu Roll-Up. Idealnie nadaje się do szybkiego montażu i demontażu. Lekki i cienki materiał zapewnia niewielką masę a przez to łatwy transport. Produkt wyposażony jest w torbę do przenoszenia.</p> <p>Zapewnia ochronę przed odbitym promieniowaniem laserowym o zakresie długości fali 180-11000 nm.</p> <p>Wymiary: 1000 x 2000 mm</p> <p><u>Główny zakres ochrony według normy PN EN 207:</u> &gt;325-1400 DIRM AB4</p>	<p>Kolor materiału: szary</p> <p>Kolor ramy: srebrny</p>								
<p><b>Przeñośny parawan (240-SERVICE-3x2)</b></p> 	<p>Przeñośna bariera ochronna składająca się z 3 paneli wraz z torbą. Wyróżnia się dużą wytrzymałością i gładką powierzchnią odporną na zabrudzenia.</p> <p>Zapewnia ochronę przed odbitym promieniowaniem laserowym o zakresie długości fali 180-11000 nm.</p> <p>Wymiary: 3000 x 2000 mm (całość), 1000 x 2000 mm (pojedynczy panel)</p> <p><u>Główny zakres ochrony według normy PN EN 207:</u> &gt;315-1050 D AB5 &gt;1050-1400 D AB4 &gt;315-1400 I AB7 + R AB6 + M AB8</p>	<p>Dostępny w kolorach: czarny biały carbon</p>								
<p><b>Kurtyna przesuwna na kółkach (HighTech/Budget)</b></p> 	<p>Mobilna kurtyna chroniąca przed odbitym promieniowaniem laserowym zamontowana na kółkach, które umożliwiają szybkie i wygodne zmiany położenia. Obrotowe ramiona konstrukcji pozwalają na dokładne zabezpieczenie przestrzeni stosownie do potrzeb.</p> <p>Zapewnia ochronę przed odbitym promieniowaniem laserowym o zakresie długości fali 180-11000 nm.</p> <p>Wysokość kurtyny: 1800 mm (2100 mm razem ze stelażem)</p> <p><u>Główny zakres ochrony według normy PN EN 207:</u></p> <table border="0"> <tr> <td>wersja <b>HighTech:</b></td> <td>wersja <b>Budget:</b></td> </tr> <tr> <td>&gt;315-1050 D AB7</td> <td>&gt;315-1050 D AB5</td> </tr> <tr> <td>&gt;1050-1400 D AB6</td> <td>&gt;1050-1400 D AB4</td> </tr> <tr> <td>&gt;532-1400 I AB7 + R AB7 + M AB8Y</td> <td>&gt;315-1400 I AB7 + R AB6 + M AB8</td> </tr> </table>	wersja <b>HighTech:</b>	wersja <b>Budget:</b>	>315-1050 D AB7	>315-1050 D AB5	>1050-1400 D AB6	>1050-1400 D AB4	>532-1400 I AB7 + R AB7 + M AB8Y	>315-1400 I AB7 + R AB6 + M AB8	<p>Dostępne długości w zakresie 2100-4300 mm</p> <p>Dostępna w kolorach: czarny biały carbon</p>
wersja <b>HighTech:</b>	wersja <b>Budget:</b>									
>315-1050 D AB7	>315-1050 D AB5									
>1050-1400 D AB6	>1050-1400 D AB4									
>532-1400 I AB7 + R AB7 + M AB8Y	>315-1400 I AB7 + R AB6 + M AB8									
<p><b>Kurtyna podwieszana (HighTech/Budget)</b></p> 	<p>Podwieszana kurtyna chroniąca przed odbitym promieniowaniem laserowym oraz przed bezpośrednim promieniowaniem laserów małej mocy. Montowana na szynach, z zestawem specjalnych uchwytów do podwieszania, idealnie sprawdza się do oddzielania całych pomieszczeń lub ich części.</p> <p>Zapewnia ochronę przed odbitym promieniowaniem laserowym o zakresie długości fali 180-11000 nm.</p> <p><u>Główny zakres ochrony według normy PN EN 207:</u></p> <table border="0"> <tr> <td>wersja <b>HighTech:</b></td> <td>wersja <b>Budget:</b></td> </tr> <tr> <td>&gt;315-1050 D AB7</td> <td>&gt;315-1050 D AB5</td> </tr> <tr> <td>&gt;1050-1400 D AB6</td> <td>&gt;1050-1400 D AB4</td> </tr> <tr> <td>&gt;532-1400 I AB7 + R AB7 + M AB8Y</td> <td>&gt;315-1400 I AB7 + R AB6 + M AB8</td> </tr> </table>	wersja <b>HighTech:</b>	wersja <b>Budget:</b>	>315-1050 D AB7	>315-1050 D AB5	>1050-1400 D AB6	>1050-1400 D AB4	>532-1400 I AB7 + R AB7 + M AB8Y	>315-1400 I AB7 + R AB6 + M AB8	<p>Wymiary dobierane do potrzeb</p> <p>Dostępna w kolorach: czarny biały carbon</p>
wersja <b>HighTech:</b>	wersja <b>Budget:</b>									
>315-1050 D AB7	>315-1050 D AB5									
>1050-1400 D AB6	>1050-1400 D AB4									
>532-1400 I AB7 + R AB7 + M AB8Y	>315-1400 I AB7 + R AB6 + M AB8									



źródło: Protect Laserschutz

*Promieniowanie i zanieczyszczenia powstające w trakcie obróbki laserowej stanowią poważne zagrożenie dla zdrowia pracowników. W jego pokonaniu pomagają odpowiednio dobrane środki ochrony indywidualnej i zbiorowej*

# ABC OCHRONY ZDROWIA PRZY LASEROWEJ OBRÓBCE MATERIAŁÓW

Choć w porównaniu z frezowaniem lub wierceniem obróbka laserowa wydaje się stosunkowo czystą metodą wytwarzania, także w jej trakcie powstają szkodliwe pyły i gazy procesowe, które mogą przenikać do krwi i wraz z nią dostawać się do poszczególnych organów. Z kolei niewidoczne gołym okiem promieniowanie laserowe może przy bezpośredniej ekspozycji trwale uszkodzić wzrok i skórę. W dobie szybkiego wzrostu popularności laserów przemysłowego znaczenia nabiera świadomość tych zagrożeń i odpowiednia przed nimi ochrona.

**Bernard Rzany**

**C**zasem to, czego nie widać gołym okiem, okazuje się najbardziej niebezpieczne – właśnie dlatego, że pozostaje ukryte przed naszym wzrokiem. Prawdliwość ta sprawdza się m.in. w przypadku obróbki laserowej, podczas której emitowane jest szkodliwe dla wzroku i skóry promieniowanie, a także gazy i pyły o średnicach 0,001–0,01  $\mu\text{m}$ . Z łatwością przenikają one przez barierę płuc i wraz z krwią krążą po organizmie, odkładając się w mózgu i innych narządach. Choć świadomość ryzyka związanego z obróbką laserową w polskich przedsiębiorstwach rośnie, to zapewnienie skutecznej ochrony zdrowia pracowników przed ekspozycją na te czynniki wciąż stanowi dla większości z nich spore wyzwanie.

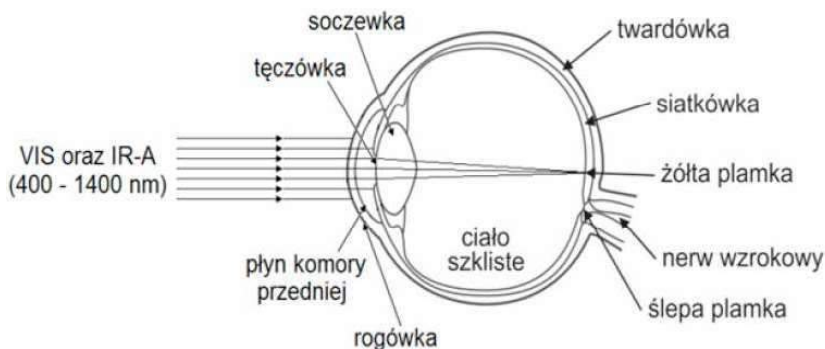
## ZAGROŻENIA DLA ZDROWIA PRACOWNIKÓW

Ze względu na wysoką gęstość mocy/energii i związaną z tym wydajność obróbki największą grupę laserów stosowanych w przemyśle stanowią urządzenia klasy 4,

Autor artykułu jest prezesem zarządu firmy laser PRO, [www.laser-pro.pl](http://www.laser-pro.pl)

tj. stwarzające wysokie niebezpieczeństwo uszczerbku na zdrowiu w wyniku kontaktu z wiązką laserową. Jego konsekwencje mogą być różne – w zależności od długości fali, trybu pracy i mocy wyjściowej lasera, charakteru promieniowania (bezpośrednie/rozproszone), czasu ekspozycji, a także napromienianego organu.

SKUTKI EKSPOZYCJI OCZU I SKÓRY NA PROMIENIOWANIE LASEROWE		
ZAKRES PROMIENIOWANIA	OKO	SKÓRA
180–400 nm	uszkodzenie fotochemiczne i termiczne rogówki i soczewki	rumień
400–700 nm	uszkodzenie fotochemiczne i termiczne siatkówki	uszkodzenia termiczne
700–1400 nm	uszkodzenie termiczne rogówki, siatkówki i soczewki	
1400–2600 nm		
2600 nm–1 $\mu\text{m}$		



źródło: CIOP

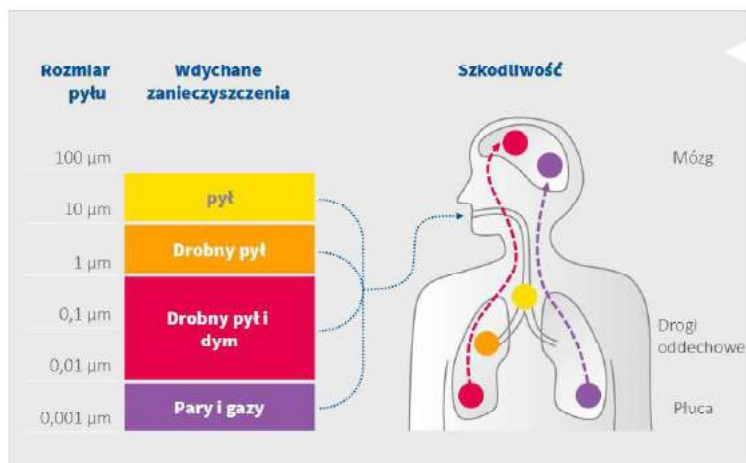
Najbardziej narażone na uszkodzenia są oczy, zarówno ze względu na ich wrażliwość na promieniowanie, jak i właściwości wiązki laserowej, która w zakresie podczerwieni i nadfioletu jest całkowicie niewidoczna dla oka, a tym samym kontakt z nią nie stymuluje reakcji obronnej (zamknięcia powieki). Stopień uszkodzenia oka zależy od natężenia promieniowania i miejsca jego padania: promieniowanie z zakresu 400–1400 nm padające na dołek środkowy siatkówki może spowodować jej trwałe uszkodzenie, a tym samym ślepotę. Z kolei w przypadku skóry największe spustoszenia sięją krótkie impulsy o dużej mocy, których oddziaływanie może prowadzić do zwęglenia tkanek.

Wnikanie promieniowania laserowego w gałkę oczną

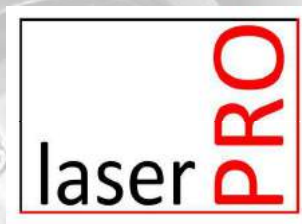
Jak pokazują statystyki, zagrożenie to jest bardzo realne. Z danych Centralnego Instytutu Ochrony Pracy (CIOP) wynika, że spośród wszystkich wypadków przy obsłudze urządzeń laserowych prawie połowa (44%) wiąże się z ekspozycją na promieniowanie laserowe. Jej przyczyną był zarówno brak odpowiedniego wyposażenia ochronnego (okularów lub gogli ochronnych), jak i zły dobór bądź wadliwość tego wyposażenia, a także przypadkowy kontakt wynikający z braku zabezpieczeń ograniczających dostęp osób trzecich do stanowiska pracy z laserem.

Drugim źródłem zagrożeń dla zdrowia operatorów systemów laserowych i osób przebywających w ich bezpośrednim sąsiedztwie są dymy i pyły powstające w czasie obróbki laserowej, przede wszystkim dym i gazy procesowe. Te ostatnie powstają głównie w procesie obróbki materiałów organicznych, np. tworzyw

Oddziaływanie różnego typu zanieczyszczeń powietrza na organizm człowieka



źródło: ULT



- spawanie ■ znakowanie
- cięcie ■ obróbka powierzchni
- inne technologie laserowe



... te i wiele innych urządzeń zaprezentujemy Państwu na naszym stoisku na targach STOM w Kielcach

10-12 kwietnia 2018

Zapraszamy!  
**hala F stoisko 25**

sztucznych, drewna, tekstyliów lub skóry, i składają się z cząsteczek o wielkości rzędu 0,0001–0,001  $\mu\text{m}$ . Niewiele większe są cząsteczki dymu (0,01  $\mu\text{m}$ ) powstającego w wyniku obróbki metali i materiałów nieorganicznych, takich jak szkło czy porcelana. Obie grupy mają zdolność do przenikania przez barierę płuc i przedostawania się tą drogą do krwiobiegu, co skutecznie zatrzuwa organizm i powoduje groźne mutacje genów i komórek. Stąd też w rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy frakcje te jako respirabilne, czyli przenikające płuca, zostały uznane za szczególnie niebezpieczne, a za górną granicę ich stężenia w środowisku pracy przyjęto – za prawodawstwem unijnym – 3,00  $\text{mg}/\text{m}^3$ . A od 2019 r. limit ten ma ulec dalszemu obniżeniu – do 1,25  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

## OCENA RYZYKA I ŚRODKI OCHRONY

Aby skutecznie chronić pracowników przed opisanymi zagrożeniami, konieczne jest podejście systemowe uwzględniające generowany poziom ryzyka i niezbędne środki ochrony, zarówno indywidualnej, jak i zbiorowej. W praktyce sprowadza się ono do przygotowania szczegółowej oceny ryzyka uwzględniającej podstawowe parametry urządzenia laserowego, a także wszystkie rodzaje zagrożeń. Poza ekspozycją na promieniowanie oraz pyły i gazy do grupy tej zalicza się także zagrożenia elektryczne, pożarowe i wybuchowe oraz związane z promieniowaniem towarzyszącym (nielaserowym, np. rentgenowskim). W sporządzeniu prawidłowej

oceny w zakresie promieniowania laserowego może pomóc poradnik „Sztuczne promienio-

Systemy filtracyjne i okulary ochronne stanowią podstawowe narzędzia ochrony zdrowia pracowników przy obróbce laserowej



### MM INFO

Oznakowanie świadczące o zgodności CE powinno być umieszczone w widocznym miejscu na filtrze lub obudowie środka ochronnego. Składa się ono z numeru



normy oraz stopnia ochrony dla danego typu lasera i długości fali. Na przykład „PN-EN 12254 | AB8 990-1100” oznacza, że szybka ochronna spełnia wymagania normy PN-EN 12254 i zapewnia zakres ochrony AB8 dla lasera impulsowego (I) o długości fali w zakresie 990–1100 nm.

wanie optyczne – zasady oceny ryzyka zawodowego” dostępny na stronach CIOP.

Odpowiednio przygotowana ocena ryzyka powinna brać pod uwagę trzy podstawowe aspekty: zagrożenia spowodowane układem laserowym, jego środowisko pracy i poziom świadomości personelu. Analogicznie niwelowanie zidentyfikowanych w tym procesie zagrożeń powinno obejmować zarówno środki ochrony indywidualnej (układ laserowy), jak i środki ochrony zbiorowej zastosowane w pomieszczeniu, w którym pracuje laser (środowisko pracy) oraz szkolenia zwiększające świadomość zagrożeń przy pracy z laserem.

Pierwszą linią obrony przed oddziaływaniem wiązki laserowej są środki ochrony indywidualnej (ŚOI), w tym okulary, gogle i odzież ochronna (rękawice, hełmy, spodnie, płaszcze, fartuchy itd.). W tym przypadku równie ważny jak samo zastosowanie ŚOI jest ich odpowiedni dobór dostosowany do typu lasera, jego trybu pracy i mocy oraz długości fali wiązki laserowej. Pomagają

w tym normy europejskie ustalające tzw. skale bezpieczeństwa, definiowane indywidualnie dla każdego typu środków ochrony.

Posługując się nimi, można określić, jaki poziom ochrony zapewnia dany typ filtra/wyposażenia, tj. jaką maksymalną gęstość mocy/energii jest w stanie bezpiecznie przyjąć dany ŚOI w określonym przedziale czasowym. Na przykład dla okularów ochronnych stosuje się skalę LB w zakresie od 1 do 10, gdzie 1 oznacza najniższy, a 10 – najwyższy stopień ochrony przed promieniowaniem laserowym. Aby je właściwie zinterpretować, wystarczy skorzystać z odpowiedniej tabeli przeliczeniowej.

Poza odpowiednim doborem na poziom skuteczności okularów

źródło: ULT/Protect Laserschutz

źródło: Protect Laserschutz

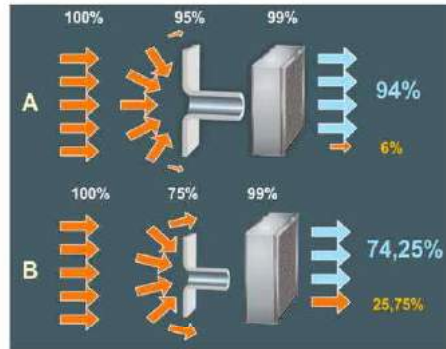


Rękawica ochronna marki Protect Laserschutz zapewniająca ochronę przed promieniowaniem laserowym o zakresie długości fali 180-11 000 nm

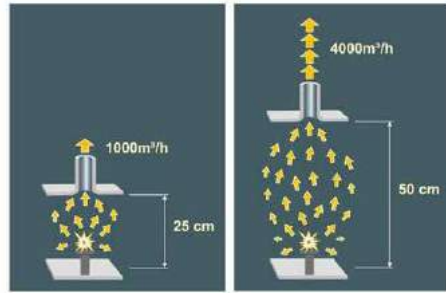
i odzieży ochronnej wpływają także warunki ich przechowywania i użytkowania określone w dołączonej przez producenta instrukcji. Drugim istotnym dokumentem dostarczonym wraz z zakupionym sprzętem powinna być deklaracja zgodności CE potwierdzająca zgodność z normami europejskimi.

W przeciwieństwie do ŚOI środki ochrony zbiorowej zapewniają ochronę nie tylko operatorowi, ale także osobom postronnym znajdującym się w pomieszczeniu, w którym pracuje laser. Obejmują one kurtyny i parawany ochronne rozstawiane wokół urządzenia, systemy odciągowo-filtracyjne, a także poszczególne działania podejmowane w ramach ogólnych procedur związanych z dostosowaniem pomieszczenia do wymogów bezpieczeństwa.

W zakresie ochrony przed promieniowaniem laserowym wymogi te koncentrują się zasadniczo wokół zagadnienia maksymalnego ograniczenia dostępu do urządzenia i zwią-



Wpływ lokalizacji i kształtu oprawy na skuteczność filtracji i wymaganą moc urządzenia filtracyjnego



źródło: ULT

zanego z nim ryzyka ekspozycji na promieniowanie rozproszone. Ma temu służyć przede wszystkim czytelne oznakowanie wejścia do pomieszczenia i zabezpieczenie drzwi dodatkową szybką ochronną uniemożliwiającą wydostanie się rozproszonej wiązki laserowej na zewnątrz. Należy także pamiętać o zastosowaniu od-



## CLOOSer to the future

W technologii spawania cyfrowa komunikacja nabiera coraz większego znaczenia. Już dzisiaj narzędzia, roboty, urządzenia spawalnicze oraz ich sterowniki mają możliwość wzajemnej komunikacji w aplikacjach wdrażanych przez firmę CLOOS na całym świecie. Nasza mocna strona to szerokie kompetencje w zakresie spawania jakie posiadamy – wszystkie komponenty stanowisk spawalniczych od mechaniki robota do pozycjonerów, spawarek, oprogramowania i sensorów – tworzone i rozwijane są przez jednego dostawcę. Nasze produkty i rozwiązania przyspieszają produkcję, czyniąc ją bardziej elastyczną i ekonomiczną – dostosowaną do wymagań przyszłości.

CLOOS Polska Sp. z o.o. | ul. Stawki 5 | 58-100 Świdnica |  
tel: +48 (74) 851 86 60 | fax: +48 (74) 851 86 61 | firma@cloos.pl | www.cloos.pl



Weld your way.



powiedniego oświetlenia, matowym wykończeniu ścian i podłóg (przeciwdziałanie odbiciom zwierciadlanym) oraz rezygnacji z lusterek i innych elementów, które mogą odbijać promieniowanie.

## SYSTEMY ODCIĄGOWO-FILTRACYJNE

W porównaniu z wymogami stawianymi środkom ochrony przed promieniowaniem laserowym wymagania względem systemów odciągowo-filtracyjnych wydają się proste: odciąg powinien być tak dobrany, aby jego przepustowość pozwalała na filtrację pyłu i dymu w stężeniach występujących na stanowisku roboczym. To jednak nie wszystko: wybierając urządzenie filtracyjne, należy zwrócić również uwagę na typ filtrów i oprawy (końcówki), a także lokalizację systemu i oprawy względem generowanych zanieczyszczeń. Wszystkie trzy aspekty mają przy tym zasadnicze znaczenie dla właściwego funkcjonowania systemu, co oznacza, że zaniedbanie któregośkolwiek z nich będzie prowadzić do zmniejszenia skuteczności procesu filtracji zanieczyszczeń.

Zestaw filtrów składający się na system jest ściśle uzależniony od typu obróbki i rodzaju obrabianych materiałów, dlatego przy ich doborze najlepiej zasięgnąć opinii ekspertów. Niemniej warto znać podstawowe zasady w zakresie podziału filtrów i ich użyteczności w poszczególnych rodzajach obróbki. Standardowo w urządzeniach filtrujących zanieczyszczenia powstające w procesie laserowania stosuje się filtry wstępne i filtry zasadnicze typu HEPA. Zestaw ten może być wykorzystywany w obróbce wszystkich metali oraz materiałów nieorganicznych. Natomiast w procesach

obróbki tworzyw sztucznych i innych surowców organicznych należy dodatkowo uwzględnić filtr z węglem aktywnym, który wychwytuje wspomniane gazy procesowe o najmniejszej średnicy cząstek. Z kolei w aplikacjach generujących iskry, takich jak cięcie i spawanie laserowe, nieodzowny jest dodatkowo filtr przeciwwiskrowy, który zapobiega przedostaniu się iskierek na inne filtry i niekontrolowanemu zapłonowi filtrowanej mieszanki.

Wentylator  
Zbiornik sprężonego powietrza  
Filtry patronowe

Istotne znaczenie ma także typ filtrów. W obróbce pojedynczych detali lub zastosowaniach laboratoryjnych, w których ilość generowanych zanieczyszczeń w funkcji czasu jest niewielka, wystarczy zastosować systemy kasetowe z wymiennymi filtrami. Ich zaletą są mniejsze rozmiary, relatywnie duża mobilność i niższa cena filtrów, wadą

natomiast – konieczność regularnej wymiany wkładów filtracyjnych. Dlatego w produkcji wielkoseryjnej lub na liniach produkcyjnych stosowanie systemów kasetowych przestaje być opłacalne. Tu dużo lepiej sprawdzają się filtry patronowe, które są droższe, ale dużo bardziej pojemne, a dzięki funkcji samoczyszczenia wymagają dużo rzadszej wymiany.

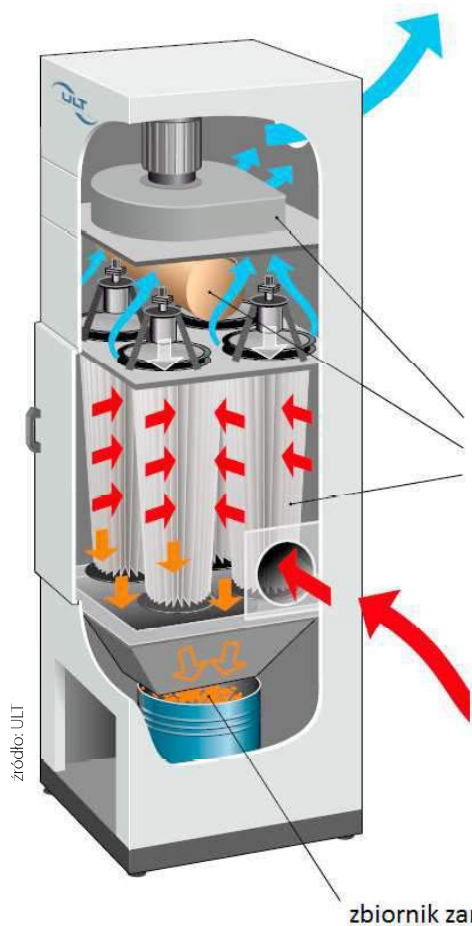
Na koniec warto pamiętać o takim rozplanowaniu rozmieszczenia urządzeń filtracyjnych, aby zapewnić maksymalną efektywność filtracji. Jak dowodzą liczne przykłady z praktyki produkcyjnej, odpowiednie ich umiejscowienie jest najczęściej bagatelizowanym aspektem podczas instalacji odciągów. Przekonanie, że skoro kupiliśmy najlepsze urządzenie, to musi być ono skuteczne, sprawdza się tylko w przypadku maszyn zabudowanych, w których zanieczyszczenia odprowadzane są przez połączone bezpośrednio z odciągami przyłącze na laserze. W maszynach otwartych końcowa skuteczność filtracji jest wypadkową odległości ramienia odciągowego od strefy obróbczej i typu oprawy, a tym samym – stosunku wychwytywanych zanieczyszczeń do zanieczyszczeń niewychwytywanych. Badania dowodzą, że podwojenie odległości oprawy od miejsca obróbki skutkuje czterokrotnie większym zapotrzebowaniem na moc urządzenia. Podobnie, jeśli zamocujemy ją pod zbyt dużym kątem w stosunku do kierunku ruchu zanieczyszczeń, skuteczność ich wychwytywania znacznie spadnie. Taki sam skutek będzie miało zastosowanie zbyt wąskiej oprawy, gdyż część zanieczyszczeń będzie uciekała na boki. Jeśli zaś cząsteczki pyłów i dymów są cięższe od powietrza, będą opadały ku dołowi, co spowoduje, że odciąg zamontowany nad strefą obróbczą okaże się całkowicie nieefektywny.

## SZKOLENIE PRACOWNIKÓW

Trzecim integralnym aspektem polityki bezpieczeństwa w zakładzie pracującym z urządzeniami laserowymi jest podnoszenie świadomości pracowników przez organizację szkoleń. Jak już wspomniano, do obsługi laserów klasy 4 mogą być dopuszczeni jedynie wykwalifikowani operatorzy. Ponieważ jednak normy nie precyzują definicji „wykwalifikowanego operatora”, należy zadbać o to, aby nawet pracownik posiadający doświadczenie w pracy z laserami stale uaktualniał swoją wiedzę – zarówno na etapie odbioru urządzenia, jak i codziennej pracy.

Szkolenie powinni przejść również pozostali pracownicy przedsiębiorstwa – zgodnie z zasadą, że podstawą bezpieczeństwa jest świadomość zagrożeń. Jego zakres winien obejmować zarówno zagadnienia związane ze skutkami oddziaływania zanieczyszczeń oraz promieniowania laserowego na organizm człowieka, jak i zasady stosowania się do znaków ostrzegawczych i procedur kontroli zagrożenia, a także procedury zgłaszania wypadku. Przeprowadzeniem szkolenia może zająć się oddelegowany do tego celu specjalista bhp w zakresie pracy z urządzeniami laserowymi, a jeśli przedsiębiorstwo nie wyznaczyło takiej osoby – firma zewnętrzna, np. przedstawiciele producenta lub dystrybutora.

*Dzięki dużej pojemności i funkcji samoczyszczenia filtry patronowe sprawdzają się w przypadku obróbki wielkoseryjnej z zastosowaniem lasera*



zbiornik zanieczyszczeń

źródło: ULT



# ODPOWIEDNIA OCHRONA PRZED PROMIENIOWANIEM W TRZECH KROKACH

**BHP**

Upowszechnienie laserów w przetwórstwie przemysłowym przynosi przedsiębiorstwom szereg korzyści, ale pociąga za sobą także konkretne zagrożenia związane z emisją niebezpiecznego promieniowania laserowego – zarówno bezpośredniego, jak i rozproszonego. Aby skutecznie im zapobiegać, konieczna jest gruntowna znajomość przepisów bezpieczeństwa odnośnie ochrony przed sztucznym promieniowaniem optycznym oraz ich konsekwentne wdrażanie w życie.

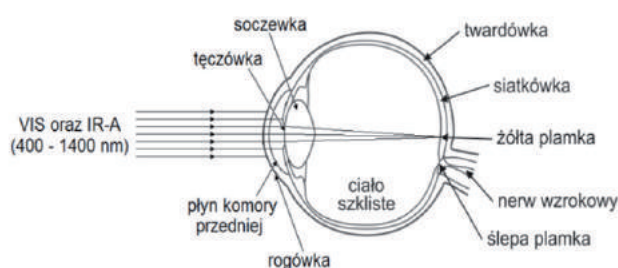
**Z**e względu na ich wysoką gęstość mocy/energii, a co za tym idzie – wydajność obróbki największą grupę laserów stosowanych w przemyśle stanowią urządzenia klasy 4, tj. stwarzające wysokie niebezpieczeństwo uszczerbku na zdrowiu w wyniku kontaktu z wiązką laserową. Jego konsekwencje mogą być różne – w zależności od długości fali, trybu pracy i mocy wyjściowej lasera, charakteru promieniowania (bezpośrednie lub rozproszone), czasu ekspozycji, a także napromieniowanego organu.

Najbardziej narażonym na uszkodzenia narządem człowieka są oczy – zarówno ze względu na ich wrażliwość na promieniowanie, jak i właściwości wiązki laserowej, która w zakresie podczerwieni i nadfioletu jest całkowicie niewidoczna dla oka, a tym samym kontakt z nią nie stymuluje reakcji obronnej organizmu w postaci zamknięcia powieki. Stopień uszkodzenia oka zależy od natężenia promieniowania i miejsca jego padania. Promieniowanie z zakresu 400-1400 nm padające na dół środkowy siatkówki może spowodować jej trwałe uszkodzenie, a tym samym ślepotę. Z kolei w przypadku skóry największe spustoszenia sięgają krótkotrwałe impulsy o dużej mocy, których oddziaływanie może prowadzić do zwęglenia tkanek.

Jak pokazują statystyki, zagrożenie to wcale nie jest abstrakcyjne. Dane CIOP wskazują, że spośród wszystkich wypadków przy obsłudze urzą-

żeń laserowych blisko połowa (44%) wiąże się z ekspozycją na promieniowanie laserowe. Jej przyczyną był zarówno brak odpowiedniego wyposażenia ochronnego (okularów i gogli ochronnych), jak i zły dobór lub wadliwość owego wyposażenia, a także przypadkowy kontakt wynikający z braku regulacji ograniczających dostęp osób trzecich do stanowiska pracy z laserem. Stąd tak ważna jest zarówno znajomość klasy lasera, jak i zasad jego użytkowania oraz reguł bezpieczeństwa pracy z urządzeniem laserowym.

Obowiązek oznaczenia klasy lasera oraz do-



starczenia instrukcji obsługi uwzględniającej odpowiedni dobór wyposażenia ochronnego spoczywa na producencie urządzenia laserowego. Równie istotną rolę odgrywają jednak środki ostrożności podejmowane przez kierownictwo przedsiębiorstwa.

## SKUTKI EKSPOZYCJI OCZU I SKÓRY NA PROMIENIOWANIE LASEROWE

zakres promieniowania	oko	skóra
180-400 nm	uszkodzenie fotochemiczne i termiczne rogówki i soczewki	rumień
400-700 nm	uszkodzenie fotochemiczne i termiczne siatkówki	uszkodzenia termiczne
700-1400 nm	uszkodzenie termiczne rogówki, siatkówki i soczewki	
1400-2600 nm		
2600 nm-1 μm		

KLASY LASERÓW I URZĄDZEŃ LASEROWYCH (WEDŁUG PN-EN 60825-1:2014:11)	
KLASA	CHARAKTERYSTYKA
1	Promieniowanie laserowe całkowicie bezpieczne w każdych warunkach
1M	Emisja promieniowania w obszarze $\lambda = 302,5 \div 4000$ nm, bezpieczne pod warunkiem, że nie używa się elementów optycznych (np. soczewek)
2	Emisja promieniowania w obszarze $\lambda = 400 \div 700$ nm, bezpieczne pod warunkiem, że nie ma bezpośredniej ekspozycji na oko
2M	Emisja promieniowania w obszarze $\lambda = 400 \div 700$ nm, bezpieczne pod warunkiem, że nie ma bezpośredniej ekspozycji na oko i nie używa się elementów optycznych
3R	Emisja promieniowania w obszarze $\lambda = 302,5 \div 106$ nm, wymagane okulary ochronne
3B	Lasery bezwzględnie niebezpieczne przy bezpośredniej ekspozycji oka i niekiedy dla skóry, bezpieczne patrzenie na promieniowanie rozproszone
4	Emisja promieniowania niebezpieczna dla oczu i skóry w każdych warunkach, może wywołać pożar lub wybuch

### KROK 1: OCENA RYZYKA

Pierwszym krokiem powinno być w tym przypadku przygotowanie szczegółowej oceny ryzyka uwzględniającej podstawowe parametry urządzenia laserowego, a także wszystkie rodzaje zagrożeń stwarzanych przez laser. Poza ekspozycją na promieniowanie może on bowiem generować zagrożenia elektryczne, pochodzące od par i gazów, pożarowe i wybuchowe oraz związane z promieniowaniem towarzyszącym (nielaserowym, np. rentgenowskim). W sporządzeniu prawidłowej oceny może pomóc poradnik „Szczególne promieniowanie optyczne – zasady oceny ryzyka zawodowego” dostępny na stronach Centralnego Instytutu Ochrony Pracy.

Dodatkową pomocą mogą okazać się podstawowe wytyczne i zalecenia dla użytkowników urządzeń laserowych zamieszczone poniżej.

Odpowiednio przygotowana ocena ryzyka powinna brać pod uwagę trzy podstawowe aspekty: zagrożenia spowodowane układem laserowym, jego środowisko pracy i poziom świadomości personelu. Analogicznie niwelowanie zidentyfikowanych w tym procesie zagrożeń powinno obejmować zarówno środki ochrony indywidualnej (układ laserowy), jak i ochrony zbiorowej zastosowane w pomieszczeniu, w którym pracuje laser (środowisko pracy) oraz szkolenia dla personelu zwiększające świadomość zagrożeń związanych z promieniowaniem laserowym.

### KROK 2: ŚRODKI OCHRONY INDYWIDUALNEJ I ZBIOROWEJ

Pierwszą linią obrony przed oddziaływaniem wiązki laserowej są środki ochrony indywidualnej (ŚOI), w tym okulary, gogle oraz odzież ochronna (rękawice, hełmy, spodnie, płaszcze, fartuchy itd.). W tym przypadku równie ważny jak samo zastosowanie ŚOI jest ich odpowiedni dobór dostosowany do typu lasera, trybu jego pracy i długości fali wiązki laserowej. W jego dokonaniu pomagają normy europejskie określające tzw. stopnie ochrony.

Właściwie dobrane okulary i odzież ochronna powinny zapewniać pełną ochronę przed promieniowaniem laserowym w określonym przedziale czasowym. O efektywności tej ochrony decydują jednak również warunki ich przechowywania i użytkowania określone w dołączonej przez producenta instrukcji. Drugim istotnym dokumentem dostarczoną przez niego wraz z zakupionym sprzętem powinna być dekla-



racja zgodności CE potwierdzająca zgodność z normami europejskimi. Zagadnieniu certyfikacji i doboru środków ochrony indywidualnej poświęcony będzie kolejny artykuł z serii BHP.

W przeciwieństwie do ŚOI środki ochrony zbiorowej zapewniają ochronę nie tylko operatorowi, ale także osobom postronnym znajdującym się w pomieszczeniu, w którym pracuje laser. Obejmują one zarówno kurtyny i parawany ochronne rozstawiane wokół urządzenia, jak i poszczególne kroki podejmowane w ramach procedur związanych z dostosowaniem pomieszczenia do wymogów bezpieczeństwa.

Wymogi te koncentrują się – generalnie – wokół zagadnienia maksymalnego ograniczenia dostępu do urządzenia oraz związanego z nim ryzyka ekspozycji na promieniowanie rozproszone. Ma temu służyć z jednej strony czytelne oznakowanie wejścia do pomieszczenia oraz zabezpieczenie drzwi dodatkową szybką ochronną uniemożliwiającą wydostanie się rozproszonej wiązki laserowej na zewnątrz. Z drugiej strony równie ważne jest:

- odpowiednie oświetlenie pomieszczenia w celu ograniczenia skutków przypadkowej eks-

pozycji na promieniowanie (w jasnych pomieszczeniach źrenice są węższe i wiązki laserowej trudniej przeniknąć do ich wnętrza);

- matowe wykończenie ścian i podłóg, aby uniknąć odbić zwierciadlanych;
- rezygnacja z luster i innych elementów mogących odbijać promieniowanie oraz
- odpowiednie zabezpieczenie okien chroniące przed wydostaniem się promieniowania na zewnątrz pomieszczenia.



### KROK 3: SZKOLENIA PRACOWNICZE

Trzecim integralnym aspektem polityki bezpieczeństwa w zakładzie pracującym z urządzeniami laserowymi jest podnoszenie świadomości pracowników przez organizację szkoleń. Jak już wspomniano, do obsługi laserów klasy 4 mogą być dopuszczeni jedynie wykwalifikowani operatorzy. Ponieważ jednak normy nie precyzują definicji „wykwalifikowanego operatora”, należy zadbać, aby nawet pracownik posiadający doświadczenie w pracy z laserami stale uaktualniał swoją wiedzę – zarówno na etapie odbioru urządzenia, jak i codziennej pracy.

Szkolenie powinni przejść również pozostali pracownicy przedsiębiorstwa – zgodnie z zasadą, że podstawą bezpieczeństwa jest świadomość zagrożeń. Jego zakres winien obejmować zarówno zagadnienia związane ze skutkami oddziaływania promieniowania laserowego na skórę i oczy, jak i zasady stosowania się do znaków ostrzegawczych i procedur kontroli zagrożenia, a także procedury zgłaszania wypadku. Przeprowadzeniem szkolenia może zająć się oddelegowany do tego celu specjalista BHP w zakresie pracy z urządzeniami laserowymi, a w przypadku, gdy przedsiębiorstwo nie wyznaczyło takiej osoby, firma zewnętrzna, w tym np. przedstawiciel producenta czy dystrybutora.

Zapraszamy do kontaktu:

**laser PRO Sp. z o.o.**  
**biuro@laser-pro.pl**  
**tel. 71 723 46 79 • m: 734 497 670**

i na naszą nową stronę internetową:  
**www.laser-pro.pl**

WYMAGANIA I ZALECENIA	KLASA LASERA						
	1	1M	2	2M	3R	3B	4
Mianowanie inspektora ds. bezpieczeństwa laserowego					•	•	•
Zastosowanie włącznika zdalnej blokady						•	•
Uruchamianie kluczem						•	•
Zastosowanie ogranicznika/tłumika wiązki laserowej						•	•
Urządzenie sygnalizujące emisję promieniowania					•	•	•
Zastosowanie znaków ostrzegawczych						•	•
Oslonięcie wiązek laserowych					•	•	•
Unikanie odbić zwierciadlanych					•	•	•
Zastosowanie środków ochrony indywidualnej oczu						•	•
Zastosowanie odzieży ochronnej						•	•
Szkolenie pracowników					•	•	•

# ŚRODKI OCHRONY INDYWIDUALNEJ POD SPECJALNYM NADZOREM

Środki ochrony indywidualnej stanowią pierwszą i najważniejszą barierę przed ekspozycją na promieniowanie laserowe. Jak pokazują statystyki, polskie przedsiębiorstwa coraz chętniej po nie sięgają, dostrzegając wagę ochrony oczu i skóry przed niebezpiecznym oddziaływaniem wiązki laserowej. Jednak wciąż wypadki związane z brakiem lub niewłaściwym stanem/doborem ŚOI stanowią jedną z najpowszechniejszych przyczyn obrażeń doznanych w wyniku kontaktu z promieniowaniem laserowym.

**P**ytanie, jak zapewnić odpowiednią ochronę pracowników przed promieniowaniem laserowym, staje się coraz istotniejsze – zwłaszcza w obliczu rosnącej popularności laserów dużej mocy w sektorze przemysłowym. Aby na nie odpowiedzieć, trzeba sięgnąć do przepisów wspólnotowych i norm europejskich, które zarówno w sposób ogólny, jak i szczegółowo określają zasady postępowania ze sztucznym promieniowaniem optycznym.

## OGÓLNE WYTYCZNE...

Punkt wyjścia do wszelkich rozważań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy z urządzeniami laserowymi stanowi Dyrektywa z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (sztucznym promieniowaniem optycznym), która nakłada na pracodawcę obowiązek przygotowania oceny ryzyka, szkolenia pracowników i włączania ich w działania służące poprawie bezpieczeństwa pracy z laserami.

Z kolei z punktu widzenia producentów i dystrybutorów ŚOI istotną rolę przy projektowaniu i sprzedaży wyposażenia ochronnego

odgrywają przepisy Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej oraz uchylenia dyrektywy Rady 89/686/EWG, które szczegółowo opisują procedurę notyfikacji ŚOI i zasady wydawania deklaracji zgodności CE przed dopuszczeniem do obrotu na rynku wspólnotowym.

## ... I SZCZEGÓŁOWE REGULACJE

Aby otrzymać deklarację zgodności CE, dany sprzęt musi spełniać normy europejskie – inne dla okularów ochronnych, inne dla rękawic i pozostałej odzieży ochronnej, a jeszcze inne dla środków ochrony zbiorowej, takich jak ekrany czy parawany ochronne. Ważną częścią każdej z norm jest skala bezpieczeństwa pozwalająca określić, jaki poziom ochrony zapewnia dany typ filtra/wyposażenia. Jest ona konstruowana w oparciu o parametry lasera (tryb pracy i zakres długości fali) i określa maksymalną gęstość mocy/energii, jaką dany ŚOI jest w stanie bezpiecznie przyjąć w określonym przedziale czasowym.

Tego typu skale są bardzo pomocne, ponieważ ułatwiają użytkownikom

odpowiedni dobór ŚOI do danej aplikacji. Definiowane przez producenta stopnie ochrony (w przypadku okularów ochronnych w skali 1 do 10) można w łatwy sposób przełożyć na konkretną gęstość mocy/energii lasera, przy której dany ŚOI zapewnia bezpieczną pracę. Aby je właściwie zinterpretować, wystarczy skorzystać z odpowiedniej tabeli przeliczeniowej (patrz dalej).

## WYMOGI WZGLĘDEM ŚOI I EKRANÓW

W przypadku okularów i gogli ochronnych zastosowanie znajdują przepisy norm PN-EN 207:2010 „Ochrona indywidualna oczu – Filtry i ochrony oczu chroniące przed promieniowaniem laserowym” oraz PN-EN 208:2010 „Ochrona indywidualna oczu – Ochrony oczu do pracy justacyjnej na laserach i systemach lase-



rowych (ochrony oczu do justowania laserów)\*. Obie posługują się skalą bezpieczeństwa LB1-LB10 zgodnie z zasadą, że im wyższy stopień ochrony LB, tym większa wytrzymałość okularów. Zasady przeliczania poziomów LB zawiera poniższa tabela.

(LB) może być w tym przypadku myląca. Alternatywą w tym przypadku jest stosowanie zapisów normy PN-EN 12254:2011 „Ekrany dla laserowych stanowisk roboczych – Wymagania bezpieczeństwa i badania”, która definiuje 10 poziomów ochrony od AB1 do

wiedzą, maksymalny okres ważności certyfikatu badania typu UE powinien wynosić pięć lat”.

Oznakowanie świadczące o zgodności CE – podobnie jak stopnie ochrony – powinny być umieszczone w widocznym miejscu na filtrze lub obudowie ŚOI. Oznaczenie takie składa się z numeru normy oraz stopnia ochrony dla danego typu lasera i długości fali. Przykładowo, „PN-EN 12254 I AB8 990-1100” oznacza, że szybka ochronna spełnia wymagania normy PN-EN 12254 i zapewnia zakres ochrony AB8 dla lasera impulsowego (I) o długości fali w zakresie 990-1100 nm.

Tylko tak oznaczone produkty dają pewność odpowiedniej ochrony przed promieniowaniem laserowym. Dlatego przed zakupem należy zawsze upewnić się, czy dany producent legitymuje się posiadaniem ważnych deklaracji zgodności CE, a jego wyroby są oznaczone w sposób czytelny dla użytkownika według powyższego wzoru.

MAKS. GĘSTOŚĆ MOCY/ENERGII DLA DANEJ DŁUGOŚCI FALI, TRYBU PRACY LASERA I STOPNIA OCHRONY LB											
		LB1	LB2	LB3	LB4	LB5	LB6	LB7	LB8	LB9	LB10
180-315 nm	D	0,01	0,1	1	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>
	I, R	3×10 <sup>2</sup>	3×10 <sup>3</sup>	3×10 <sup>4</sup>	3×10 <sup>5</sup>	3×10 <sup>6</sup>	3×10 <sup>7</sup>	3×10 <sup>8</sup>	3×10 <sup>9</sup>	3×10 <sup>10</sup>	3×10 <sup>11</sup>
	M	3×10 <sup>11</sup>	3×10 <sup>12</sup>	3×10 <sup>13</sup>	3×10 <sup>14</sup>	3×10 <sup>15</sup>	3×10 <sup>16</sup>	3×10 <sup>17</sup>	3×10 <sup>18</sup>	3×10 <sup>19</sup>	3×10 <sup>20</sup>
315-1400 nm	D	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>
	I, R	0,05	0,5	5	5	5×10 <sup>2</sup>	5×10 <sup>3</sup>	5×10 <sup>4</sup>	5×10 <sup>5</sup>	5×10 <sup>6</sup>	5×10 <sup>7</sup>
	M	1,5×10 <sup>3</sup>	1,5×10 <sup>2</sup>	0,15	1,5	15	1,5×10 <sup>2</sup>	1,5×10 <sup>3</sup>	1,5×10 <sup>4</sup>	1,5×10 <sup>5</sup>	1,5×10 <sup>6</sup>
1400 nm-1 μm	D	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>13</sup>
	I, R	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>12</sup>
	M	10 <sup>12</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>17</sup>	10 <sup>18</sup>	10 <sup>19</sup>	10 <sup>20</sup>	10 <sup>21</sup>

D – praca ciągła (W/m<sup>2</sup>)  
I – laser impulsowy (J/m<sup>2</sup>)

R – laser impulsowy dużej mocy (J/m<sup>2</sup>)  
M – laser modowy (W/m<sup>2</sup>)

Właściwie dobrane okulary i odzież ochronna. Choć na pierwszy rzut oka wydaje się to skomplikowane, wystarczy znajomość maksymalnej gęstości mocy/energii lasera, aby precyzyjnie dostosować poziom bezpieczeństwa ŚOI dla danego urządzenia.

Odpowiednie normy musi również spełniać odzież ochronna, do której zalicza się rękawice, hełmy, kombinezony, kurtki, spodnie, płaszcze i fartuchy. W przypadku rękawic zastosowanie ma norma PN-EN 12477-B:2005 określająca odporność na ścieranie, przecięcie, rozdarcie, przebicie oraz niewielkie odpryski ciekłego metalu, a także stopień rezystancji cieplnej, palności i – co ciekawe – poręczności, który ma istotne znaczenie w procesach spawania precyzyjnego. Z kolei pozostała odzież robocza dzielona jest zwykle na dwie klasy według normy PN-EN ISO 11611:2015:11, tj. klasę 1 o mniejszej odporności (nieinwazyjne techniki spawania, niewielkie oddziaływanie odprysków i promieniowania cieplnego) oraz klasę 2 bardziej odporną na czynniki termiczne.

Przy tej okazji warto również wspomnieć o szybkach ochronnych, które – mimo że nie należą stricte do ŚOI – podobnie jak okulary ochronne podlegają normie PN-EN 207:2010. Co jednak istotne, o ile okulary i gogle zapewniają ochronę przed promieniowaniem bezpośrednim, o tyle szybki stosowane są głównie do ochrony przed promieniowaniem rozproszonym. Warto o tym pamiętać, dobierając odpowiedni rodzaj osłony, gdyż zbieżność stopni ochrony



AB10 odpowiadających maksymalnej gęstości mocy/energii, jaką szkło ochronne jest w stanie przyjąć w ciągu 100 sekund. Poziomy LB i AB są w wielu przypadkach tożsame, jednak te drugie odnoszą się wyłącznie do ekranów ochronnych.

#### DEKLARACJA ZGODNOŚCI CE

Jak wspomniano, zgodność z normami europejskimi potwierdza deklaracja zgodności CE nadawana przez akredytowane jednostki certyfikujące. W Polsce funkcję takiej jednostki pełni Polskie Centrum Akredytacji z siedzibą w Warszawie. Według Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. „W celu zapewnienia, aby wszystkie ŚOI były poddawane badaniom zgodnie z najnowszą



Prawidłowe oznakowanie okularów ochronnych składa się z numeru normy oraz stopnia ochrony dla danego typu lasera i zakresu długości fali

Zapraszamy do kontaktu:

**laser PRO Sp. z o.o.**  
**biuro@laser-pro.pl**  
**tel. 71 723 46 79**  
**m: 734 497 670**

i na naszą nową stronę internetową:  
**www.laser-pro.pl**

KLASYFIKACJA ODZIEŻY OCHRONNEJ		
KLASA ODZIEŻY	RODZAJ PROCESU SPAWANIA	CHARAKTERYSTYKA CZYNNOŚCI
1	Ręczne techniki spawania z małą formacją rozprysków i kropli stopionych metali, np. spawanie gazowe, TIG, mikroplazmowe, lutowanie, spawanie punktowe i MMA	Obsługa maszyn, np. maszyn tnących przy użyciu tlenu i plazmy, spawarek oporowych, maszyn do natryskiwania cieplnego, spawarek warsztatowych
2	Ręczne techniki spawania z dużymi ilościami rozprysków i kropli, np. spawanie MMA, MAG, MIG, samoobsługowymi drutami rdzeniowymi, cięcie plazmą i tlenem, żłobienie, natryskiwanie cieplne	Obsługa maszyn w ograniczonych przestrzeniach oraz przy spawaniu/cięciu nad głową lub w podobnych pozycjach wymuszonych

laser **PRO**

# BHP:

## ABC EFEKTYWNEJ FILTRACJI W OBRÓBCE LASEROWEJ



Mimo że w porównaniu z innymi metodami przetwórstwa obróbka laserowa metali i tworzyw sztucznych jest procesem względnie czystym, także w jej trakcie powstają niebezpieczne dymy i pyły, których wdychanie przez dłuższy czas przyczynia się do poważnych dolegliwości zdrowotnych. Dlatego tak ważne jest stosowanie odpowiednich systemów filtracji, które – dobrze dobrane – są w stanie odseparować ponad 99,95% znajdujących się w powietrzu zanieczyszczeń.

### Agata Świdarska

Pyły powstające w trakcie obróbki metali (wiercenia, cięcia, grawerowania itd.) zawierają szkodliwe metale ciężkie gromadzące się w organizmie. Z kolei podczas obróbki stopów metali uwalniane są m.in. nikiel, chrom czy kobalt, a podczas przetwarzania materiałów organicznych – wysoce toksyczne produkty pirolizy, takie jak dioksyny czy chlorowodór. Dym laserowy zawiera ponadto drobny pył, którego regularne wdychanie powoduje choroby dróg oddechowych, problemy z krążeniem i nowotwory.

Chroniczne obciążenie dymem i pyłami jest również uciążliwe dla maszyn i sprzyja awariom powodującym kosztowne przestoje, i/lub dekalibracji, istotnej zwłaszcza w przypadku obróbki precyzyjnej. Z punktu widzenia przedsiębiorcy problemy te mają istotny wpływ nie tylko na poziom absencji, ale także na wyniki ekonomiczne przedsiębiorstwa obniżane na skutek owej absencji, mniejszej precyzji obróbki oraz przestojów.

Należy jednocześnie zaznaczyć, że odsysanie i filtrowanie dymu i pyłu laserowego nie jest zadaniem, które może być efektywnie realizowane przez zwykłe odkurzacze przemysłowe. Ich celem jest bowiem wyłącznie usuwanie brudu po obróbce, nie zaś – jak w przypadku systemów filtrujących – separacja substancji niebezpiecznych z powietrza. Dlatego też odpowiednio wydajny, dobrany do danej aplikacji system odciągu oraz filtracji dymów i pyłów powinien zostać uwzględniony już na etapie projektowania przyszłej instalacji.

### TECHNOLOGIA LASEROWANIA W POLSKIM PRAWIE

Obowiązek ten znajduje umocowanie także na gruncie polskiego i unijnego prawa. Systemy laserowe zajmują w nim miejsce szczególne: z jednej strony nie wymagają bowiem uzyskania zezwolenia na prowadzenie działalności ze strony organów ochrony środowiska, z drugiej zaś – ze względu na możliwość negatywnego



oddziaływania na zdrowie ludzi i otoczenie przyrodnicze – podlegają w pewnej mierze kontroli tych organów. Prawo stanowi bowiem, że jeśli zanieczyszczenia z procesu laserowania nie są filtrowane, istnieje obowiązek zgłoszenia tego faktu i uzgodnienia strategii z Inspektorem Ochrony Środowiska (Dz.U. 2016 poz. 672).

Obowiązek ten wynika z faktu, że podczas laserowania metali i tworzyw sztucznych wartość emisji szkodliwych gazów i oparów znacznie przekracza dopuszczalne normy określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu. Oznacza to, że ich długotrwałe wdychanie ma negatywne konsekwencje zdrowotne, w tym może prowadzić do rozwoju nowotworów, wad genetycznych, a także zatrucia organizmu.

**DLACZEGO GAZOWE PRODUKTY OBRÓBK LASEROWEJ SĄ TAK NIEBEZPIECZNE?**

Zanieczyszczenia przenoszone drogą powietrzną generalnie dzielą się na pięć grup uszeregowane względem ich wielkości: 1) gazy i pary, 2) drobny pył i dym, 3) drobny pył, 4) pył oraz 5) substancje stałe. W procesie obróbki laserowej mamy do czynienia przede wszystkim z substancjami z dwóch pierwszych grup, tj. gazami procesowymi i dymem.

Gazy procesowe, powstające głównie w procesie obróbki materiałów organicznych, np. tworzyw sztucznych, drewna, tekstyliów czy skóry, składają się z cząsteczek o wielkości rzędu 0,0001-0,001 µm. Niewiele większe są też cząsteczki dymu (0,01 µm) powstającego w wyniku obróbki metali i materiałów nieorganicznych, takich jak szkło czy porcelana. Obie grupy mają zdolność do przenikania przez barierę płuc i przedostawania się tą

drogą do krwiobiegu, skutecznie zatruwając organizm i powodując groźne mutacje genów i komórek. Stąd też w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy frakcje te jako respirabilne, czyli przenikające płuca, zostały uznane za szczególnie niebezpieczne, a za górną granicę ich stężenia w środowisku pracy przyjęto – za prawodawstwem unijnym – 3,00 mg/m<sup>3</sup>. Co więcej, od 2019 r. limit ten ma ulec dalszemu obniżeniu do 1,25 mg/m<sup>3</sup>.

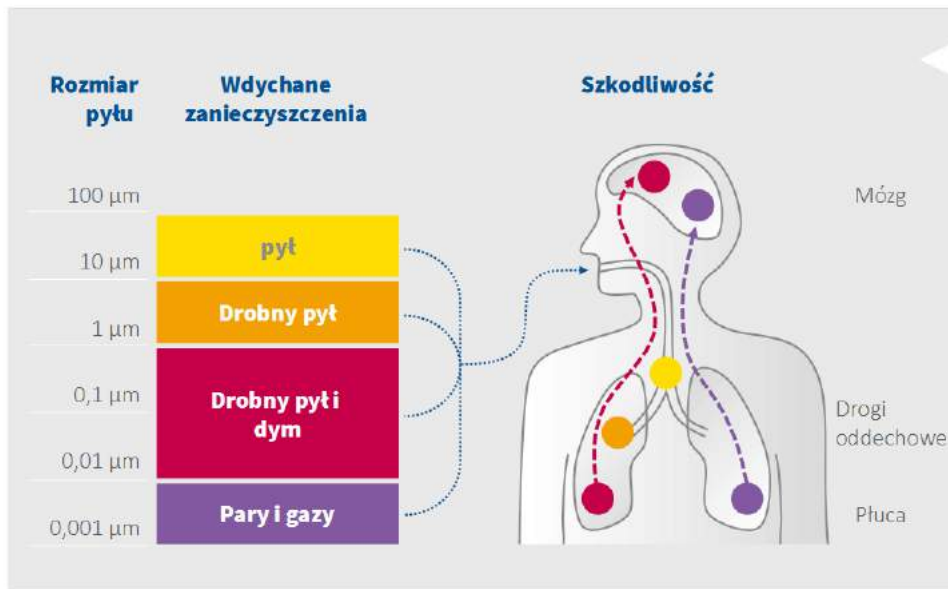
Rozwiązaniem jest zastosowanie odpowiednio dobranego systemu filtracji, a więc takiego, który zarówno pod względem doboru typu filtrów i wydajności, jak i umiejscowienia odpowiada w pełni potrzebom danej aplikacji. Wszystkie trzy aspekty mają przy tym zasadnicze znaczenie dla właściwego funkcjonowania

samego systemu, co oznacza, że zaniedbanie któregośkolwiek z nich będzie niezawodnie prowadzić do zmniejszenia skuteczności procesu filtracji zanieczyszczeń.

**KROK 1: ODPOWIEDNI DOBÓR FILTRÓW**

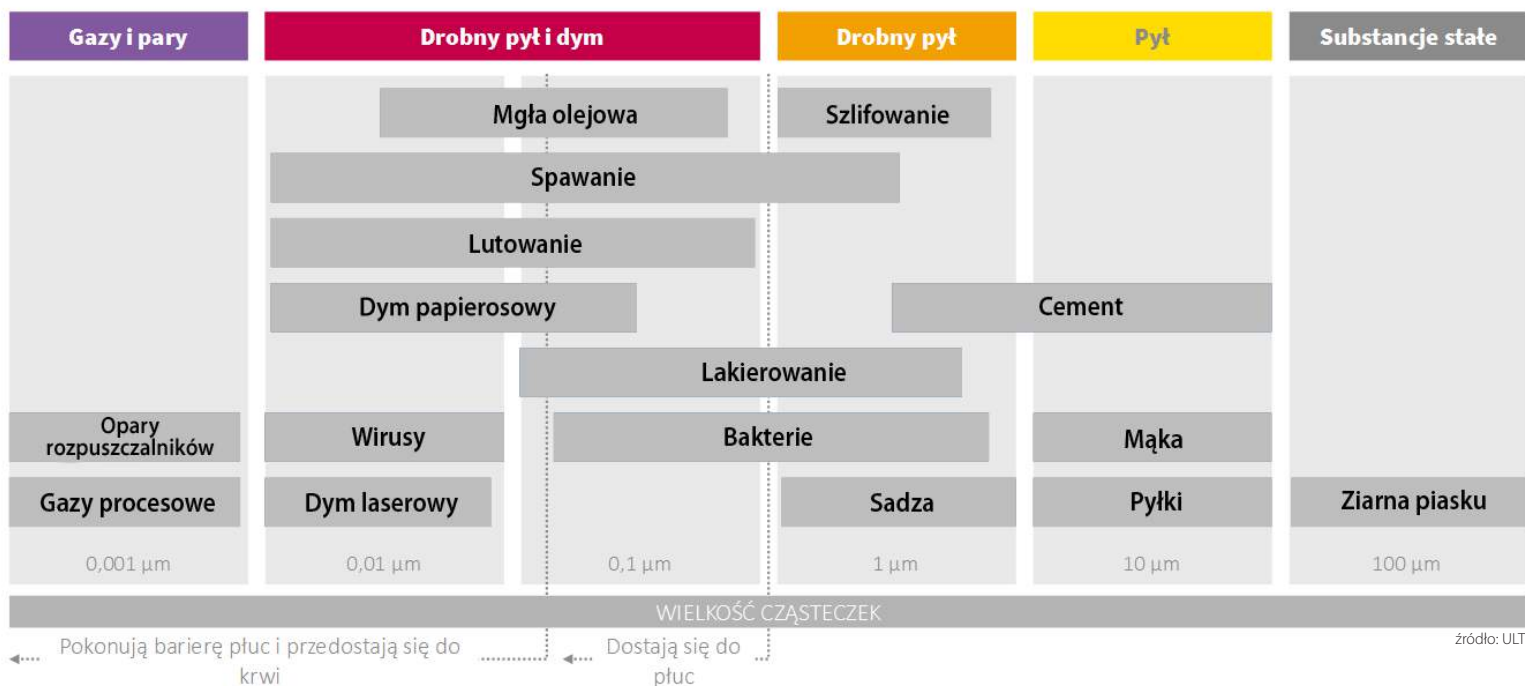
Zestaw filtrów składający się na system filtracji jest ściśle uzależniony od typu obróbki i rodzaju obrabianych materiałów. Dlatego przy ich doborze najlepiej zasięgnąć opinii ekspertów z zakresu filtracji zanieczyszczeń powstających w procesie obróbki laserowej. Niemniej warto znać podstawowe zasady w zakresie podziału filtrów i ich użyteczności w poszczególnych rodzajach obróbki.

Standardowo w urządzeniach filtrujących zanieczyszczenia powstające w procesie laserowania stosuje się filtry wstępne oraz filtry zasadnicze typu HEPA. Zestaw ten może być z powodzeniem stosowany w przypadku obróbki wszystkich metali

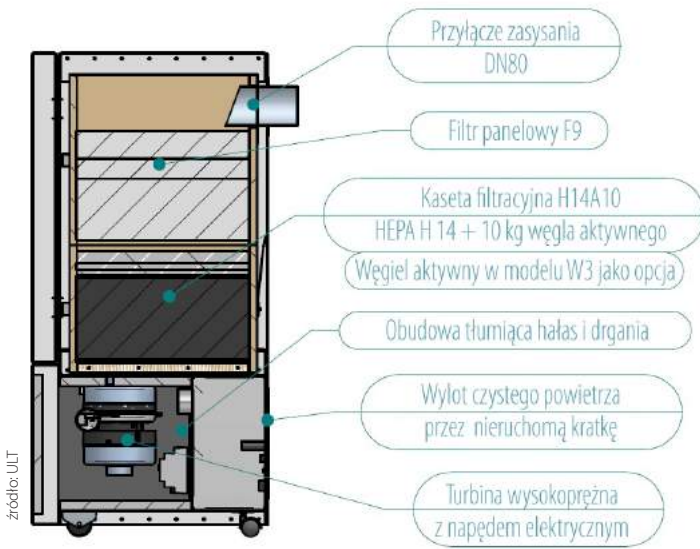


źródło: ULT

**ZANIECZYSZCZENIA PRZENOSZONE DROGĄ POWIETRZNĄ**



źródło: ULT



źródło: ULT

**Budowa urządzenia filtracyjnego na przykładzie LAS 260 firmy ULT**

oraz materiałów nieorganicznych. Natomiast w procesach obróbki tworzyw sztucznych i innych surowców organicznych należy dodatkowo uwzględnić filtr z węglem aktywnym, który wychwytuje wspomniane gazy procesowe o najmniejszej średnicy cząstek. Filtr ten w przypadku urządzeń marki ULT montowany jest bądź w jednej kasecie z filtrem HEPA, bądź – w większych systemach – jako osobna kaseca filtrująca. Z kolei w aplikacjach generujących iskrę, takich jak spawanie laserowe, nieodzowny okaże się dodatkowo filtr przeciwiskrowy, który wychwytuje iskry, zapobiegając ich przedostaniu się na inne filtry i niekontrolowanemu zapłonowi filtrowanej mieszanki. Należy sobie

przypadku urządzeń ULT obejmuje zakres od 80 do 10 000 m<sup>3</sup>/h. Mówiąc prościej: wartość ta określa maksymalne natężenie strumienia zanieczyszczeń, które system może efektywnie przefiltrować w ciągu 1 godziny. Jest to o tyle istotne, że przy aplikacjach generujących duże ilości zanieczyszczeń niewłaściwy dobór mocy urządzenia może skutkować znacznym obniżeniem efektywności filtracji, a także zwiększoną awaryjnością odciągu.

Poza mocą istotną zmienną w tym przypadku jest także typ zastosowanych filtrów. W zastosowaniach laboratoryjnych czy obróbce pojedynczych detali, w których ilość generowanych zanieczyszczeń w funkcji czasu jest niewielka,

bowiem uzmysłowić, że w procesie filtracji łatwopalne mogą być zarówno zanieczyszczenia zmagazynowane na filtrach, jak i sama mieszanka filtrowanych gazów, krążąca w systemie z dużymi prędkościami.

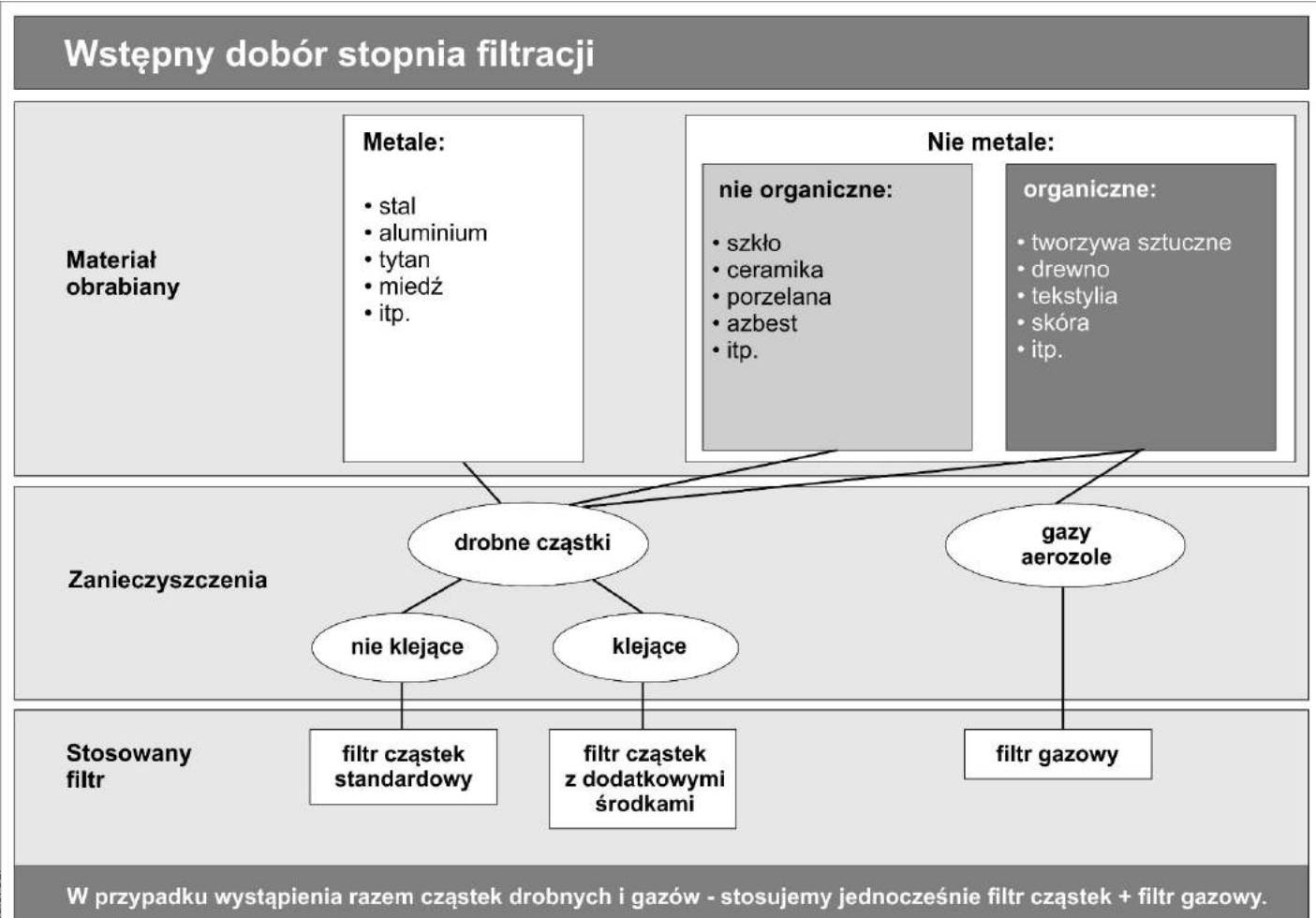
**KROK 2: PRZEPŁYW DOSTOSOWANY DO APLIKACJI**

Drugą kwestią, na którą należy zwrócić uwagę, jest maksymalna przepustowość systemu, która w

wystarczy zastosować systemy kasetowe z wymiennymi filtrami. Ich zaletą są mniejsze rozmiary, relatywnie duża mobilność i niższa cena filtrów; wadą natomiast – konieczność regularnej wymiany wkładów filtracyjnych, które ze względu na niewielką pojemność dosyć szybko się zapełniają. Dlatego w produkcji wielkoseryjnej czy na liniach produkcyjnych stosowanie systemów kasetowych przestaje być opłacalne. Tu dużo lepiej sprawdzą się filtry patronowe, które są co prawda droższe, ale dużo bardziej pojemne, a – co najważniejsze – dzięki funkcji samoczyszczenia wymagają dużo rzadszej wymiany. Są one stosowane w większych urządzeniach przeznaczonych do użytku stacjonarnego na danym stanowisku roboczym.

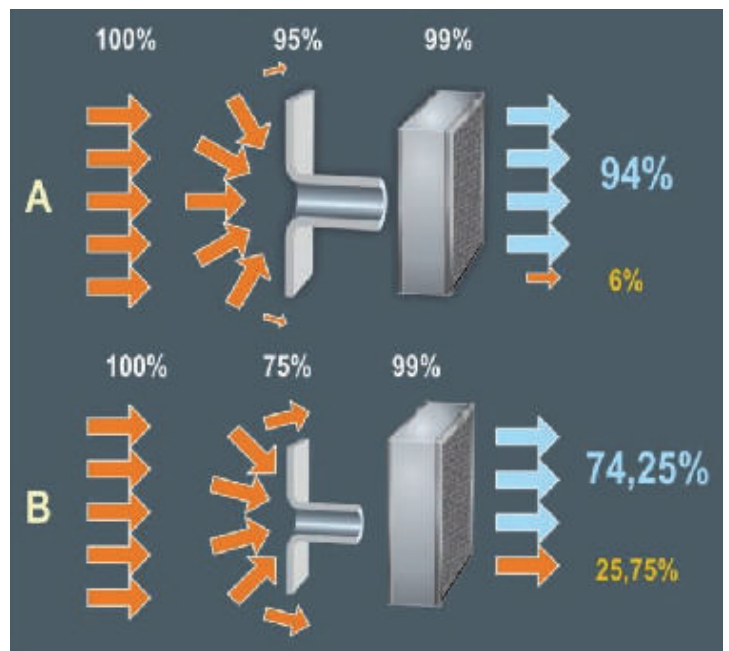
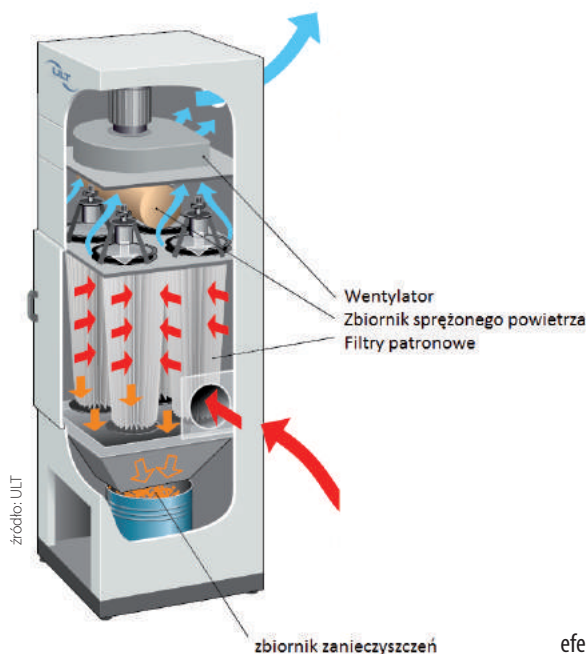
**KROK 3: WŁAŚCIWA LOKALIZACJA ODCIĄGU I OPRAWY**

Na koniec warto pamiętać o takim rozplanowaniu rozmieszczenia urządzeń filtracyjnych, aby zapewnić maksymalną efektywność filtracji przy optymalnych nakładach finansowych. Jak dowodzą producenci systemów filtracji, w większości przypadków najlepszym rozwiązaniem będzie zastosowanie filtracji miejscowej, a więc realizowanej przez układ odciągów, z których każdy obsługuje jedno stanowisko pracy. Nakłady inwestycyjne na organizację takiego systemu będą bowiem nieporównywalnie mniejsze niż koszty budowy centralnego systemu wentylacyjno-filtracyjnego, w którym wszystkie zanieczyszczenia odprowadzane są do



źródło: ULT



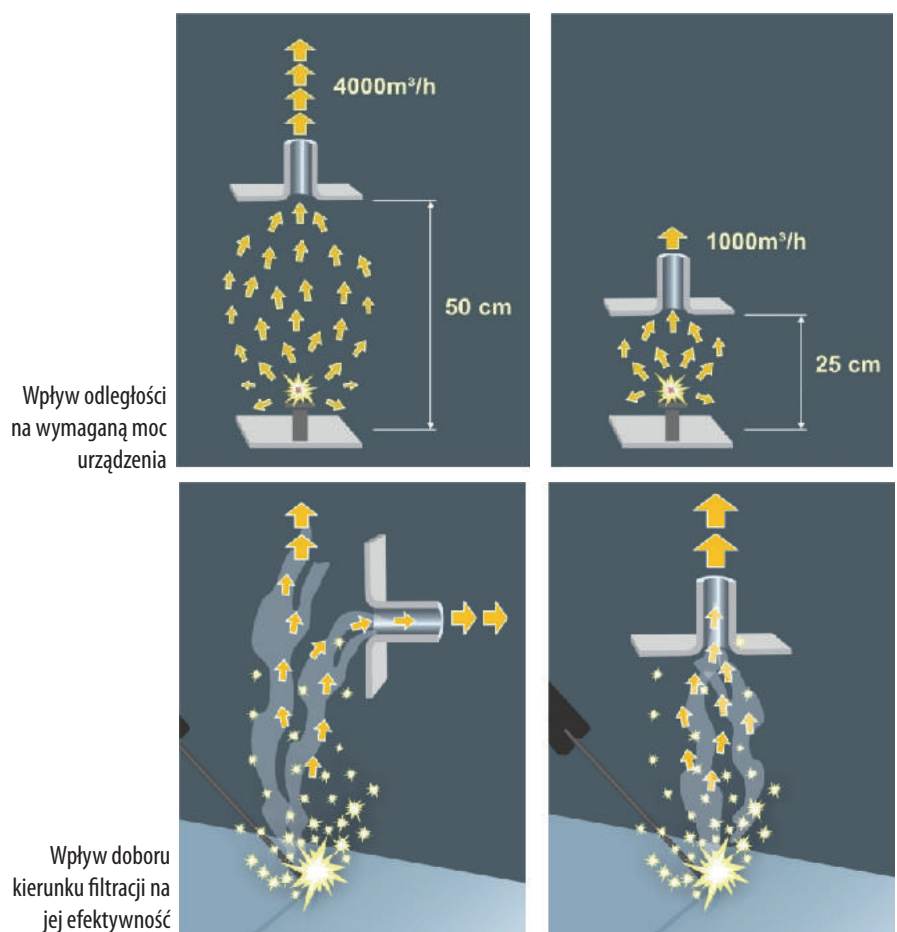


### Zasada działania filtrów patronowych

jednego urządzenia filtracyjnego. Pojedyncze odciągi są bardziej mobilne i elastyczne: mogą być przenoszone z miejsca na miejsce, a także uzupełniane o dodatkowe filtry w razie zmiany typu lub parametrów obróbki. Co więcej, są też tańsze w eksploatacji, gdyż zużywają znacznie mniej energii elektrycznej niż ich więksi kuzyni, a także dużo bardziej skuteczne – pod warunkiem ich odpowiedniego rozlokowania.

Jak dowodzą liczne przykłady z praktyki produkcyjnej, to właśnie odpowiednie umiejscowienie jest najczęściej bagatelizowanym aspektem podczas instalacji odciągów. Przekonanie, że skoro kupiliśmy najlepsze, odpowiednio dobrane urządzenie, to musi być ono niemal w stu procentach skuteczne jest jednak złudne i sprawdza się tylko w przypadku maszyn zabudowanych, w których zanieczyszczenia odprowadzane są przez połączone bezpośrednio z odciągami przyłączy na laserze.

W maszynach otwartych końcowa skuteczność filtracji jest wypadkową odległości ramienia odciągowego od strefy obróbkowej i typu oprawy, a tym samym – stosunku wychwytywanych zanieczyszczeń do zanieczyszczeń niewychwytywanych. Badania dowodzą bowiem, że podwojenie odległości oprawy od miejsca obróbki skutkuje czterokrotnie większym zapotrzebowaniem na moc urządzenia. Podobnie, jeśli zamocujemy ją pod zbyt dużym kątem w stosunku do kierunku ruchu zanieczyszczeń, skuteczność ich wychwytywania znacznie spadnie. Taki sam skutek będzie miało zastosowanie zbyt wąskiej oprawy. Część zanieczyszczeń będzie bowiem uciekała na boki.



Aby nie popełnić błędu na etapie projektowania instalacji, ostateczny dobór lokalizacji i oprawy urządzenia najlepiej pozostawić ekspertom. Najczęściej w celu określenia podstawowych wymogów aplikacji wystarczy wypełnić krótki formularz (dostępny także na naszej stronie internetowej), a także dołączyć kartę charakterystyki obrabianego materiału. Ta ostatnia pozwoli m.in. stwierdzić, czy jest to surowiec palny (a więc czy trzeba zastosować filtr przeciwiskrowy), a także – jaką masę mają generowane pyły i dymy.

Jeśli ich cząsteczki są cięższe od powietrza, będą opadały ku dołowi, co spowoduje, że odciąg zamontowany nad strefą obróbkową okaże się całkowicie nieefektywny.

Firma laser PRO ma w swojej ofercie bogate portfolio produktów do usuwania i filtracji pyłów i dymów powstających podczas obróbki laserowej niemieckiej firmy ULT.

**Zapraszamy do kontaktu!**

## **laser PRO Sp. z o.o.**

ul. Ołtaszyńska 92c, 53-034 Wrocław

KRS: 539534

NIP: 8943059146

REGON: 360599400

D-U-N-S: 427450869

strona: [www.laser-pro.pl](http://www.laser-pro.pl)

telefon: +48 71 723 46 79

komórka: +48 734 497 670

e-mail: [biuro@laser-pro.pl](mailto:biuro@laser-pro.pl)

