

XXV Jubileuszowa Konferencja
Higiena pracy: osiągnięcia, wyzwania i perspektywy

WPŁYW HAŁASU ULTRADŹWIĘKOWEGO NA SŁUCH – OCENA CZASOWEGO PRZESUNIĘCIA PRZOGU SŁUCHU (TTS) W WARUNKACH LABORATORYJNYCH

Jan RADOSZ
Bartosz ZIÓŁKOWSKI
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
CIOP PIB

Zrealizowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej, Zadanie nr: 3.ZS.01.
Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

WPROWADZENIE

HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

Hałas, w widmie którego występują składowe o wysokich częstotliwościach słyszalnych

10 - 16 kHz

i niskich ultradźwiękowych

20 - 40 kHz

od 10 kHz do 40 kHz

- wysokie częstotliwości,
- krótkie fale,
- brak wrażeń słuchowych u człowieka,
- znacznie lepsze tłumienie w ośrodkach, w tym również w powietrzu, niż hałasu infradźwiękowego i hałasu słyszalnego,
- kierunkowość rozprzestrzeniania

CIOP PIB

XXV Jubileuszowa Konferencja - Higiena pracy: osiągnięcia, wyzwania i perspektywy

ŁÓDŹ 1-3.10.2025 r.

WPROWADZENIE

Ostatnia rewizja wartości dopuszczalnych hałasu ultradźwiękowego miała miejsce w 2001 r. i oparta była m.in. na wytycznych WHO z 1982 r. oraz IRPA z 1984 r. Wartości dopuszczalne, które zostały przyjęte w Polsce oraz w innych krajach bazują w dużej mierze na wynikach badań z lat 70-80-tych. Wiele z tych doniesień naukowych nie ma potwierdzenia wyników badań przez innych badaczy.

Duże rozbieżności dotyczące aparatury pomiarowej stosowanej w dotychczasowych badaniach, co niekorzystnie wpływa na możliwość porównywania wyników badań uzyskanych przez różne ośrodki. Wyniki prac prowadzonych w CIOP-PIB wykazały, że różnice w wynikach pomiarów w zależności od konfiguracji aparatury pomiarowej mogą sięgać od 2 do 5 dB dla zakresu 20-40 kHz.

Tematyka zadania wynika również z projektu podjętego przez grupę projektową **International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)** pn. "Investigate the data on ultrasound exposure and prepare a recommendation on the development of exposure guidelines or a statement on safety", w skład której wchodzi: Polska, USA, Japonia, Niemcy, Norwegia, Szwajcaria i Wielka Brytania

Validity of the 1984 Interim Guidelines on Airborne Ultrasound and Gaps in the Current Knowledge
Health Physics 127(2):p 326-347, August 2024

CIOP PIB

XXV Jubileuszowa Konferencja - Higiena pracy: osiągnięcia, wyzwania i perspektywy

ŁÓDŹ 1-3.10.2025 r.

WPROWADZENIE

Validity of the 1984 Interim Guidelines on Airborne Ultrasound and Gaps in the Current Knowledge
Health Physics 127(2):p 326-347, August 2024

Kluczowe ustalenia:

Wytyczne IRPA z 1984 r. opierały się na ograniczonych i obecnie przestarzałych danych naukowych. Uwzględnione w nich biologiczne mechanizmy oddziaływania obejmowały:

- efekty cieplne,
- oddziaływanie słuchowe,
- objawy subiektywne,
- zmiany fizjologiczne.

Większość tych efektów i mechanizmów pozostaje istotna z punktu widzenia zdrowia. Jednak obecne standardy wskazują na niewystarczającą precyzję dozymetrii i progów narazenia w wytycznych z 1984 r. Nie potwierdzono istnienia nowych mechanizmów biologicznych nieuwjętych w wytycznych IRPA.

Zidentyfikowane luki badawcze

- Skutki słuchowe powyżej 10 kHz (audiometria wysokoczęstotliwościowa).
- Oddziaływanie zdrowotne związane z narazieniem na ultradźwięki o niskiej intensywności.
- Standaryzacja technik pomiarowych.

ICNIRP na obecnym etapie nie dokonuje rewizji wytycznych, lecz rekomenduje przeprowadzenie nowych badań jako podstawy do aktualizacji dopuszczalnych poziomów ekspozycji.



CIOP PIB

XXV Jubileuszowa Konferencja - Higiena pracy: osiągnięcia, wyzwania i perspektywy

ŁÓDŹ 1-3.10.2025 r.

WPROWADZENIE

HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY – WARTOŚCI DOPUSZCZALNE

częstotliwość f, kHz	dopuszczalny równoważny poziom ciśnienia akustycznego $L_{eq,8h,dop}$ dB			dopuszczalny maksymalny poziom ciśnienia akustycznego $L_{p,max,dop}$ dB
	ogół pracowników	kobiety w ciąży	młodociani	
10; 12,5; 16	80	75	75	100 (95)
20	90	85	85	110 (105)
25	105	100	100	125 (120)
31,5; 40;	110	105	105	130 (125)

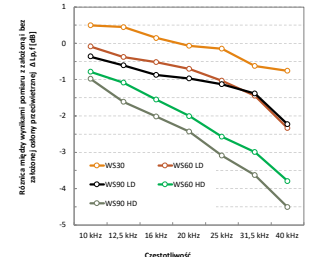
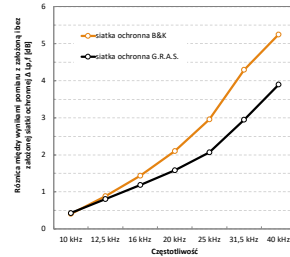
CIOP PIB

XXV Jubileuszowa Konferencja - Higiena pracy: osiągnięcia, wyzwania i perspektywy

ŁÓDŹ 1-3.10.2025 r.

WPROWADZENIE

CO MOŻE WPŁYWAĆ NA WYNIK POMIARU?



CIOP PIB

XXV Jubileuszowa Konferencja - Higiena pracy: osiągnięcia, wyzwania i perspektywy

ŁÓDŹ 1-3.10.2025 r.

WPROWADZENIE



Najczęściej spotkanymi źródłami ekspozycji zawodowej na hałas ultradźwiękowy są tzw. technologiczne urządzenia ultradźwiękowe niskich częstotliwości, w tym zgrzewarki, myjki, gilotyny i maszyny do obróbki tkanin, a także palniki acetylenowo-tlenowe, spawarki, narzędzia pneumatyczne oraz maszyny wysokobrotowe, w tym strugarki, szlifierki i piły tarczowe.

WPROWADZENIE

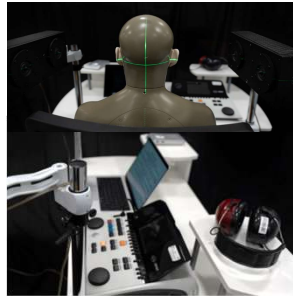
- Wyniki prowadzone m.in. przez IMP w Łodzi wykazały, że ponad połowa badanych maszyn i urządzeń na 233 stanowiskach pracy emitowała hałas ultradźwiękowy o poziomach ciśnienia akustycznego **przewyższających wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń**. Badania prowadzone przez CIOP-PIB również potwierdzają te doniesienia.
- Nieliczne prace potwierdzają występowanie trwałych ubytków słuchu wśród pracowników ekspozowanych na hałas o składowych wysokoczęstotliwościowych lub ultradźwiękowych.
- Badania hałasu ultradźwiękowego w warunkach przemysłowych są utrudnione - ultradźwiękiem towarzyszy zazwyczaj hałas słyszalny i trudno jest określić, czy zmiany słuchu osób badanych występują na skutek oddziaływania składowych słyszalnych, ultradźwiękowych, czy też na skutek jednoczesnego działania obu tych składników.

Istnieje zatem potrzeba zweryfikowania tezy, że ekspozycja zawodowa na hałas wiąże się ze zwiększonym ryzykiem upośledzenia słuchu.

METODA BADAWCZA

W badaniach laboratoryjnych dokonano oceny wpływu hałasu ultradźwiękowego na narząd słuchu.

- W badaniach wykorzystano najpowszechniej stosowaną metodę służącą do wyznaczenia progu słyszenia - **audiometrię tonalną (PTA)**.
- Celem badań była ocena czasowych przesunięć **progów słyszenia (TTS)** na skutek ekspozycji na hałas ultradźwiękowy przy obniżonych poziomach ekspozycji na hałas ultradźwiękowy względem badań przeprowadzonych w pierwszym etapie zadania.
- Progi słyszenia wyznaczano dwukrotnie – przed ekspozycją i po ekspozycji. Poziomy progów słyszenia wyznaczano w ograniczonym zakresie standardowym od 1 do 8 kHz oraz w zakresie rozszerzonym od 9 do 16 kHz.
- W doborze próby w przeprowadzonych badaniach pilotażowych wykorzystano metodę doboru nielosowego - strukturę próby sformowano w sposób arbitralny.
- W badaniach laboratoryjnych uczestniczyło **20 osób** - 8 kobiet i 12 mężczyzn w wieku od 18 do 35 lat.



METODA BADAWCZA

Źródła hałasu ultradźwiękowego zostały zarejestrowane w rzeczywistych warunkach przemysłowych za pomocą interfejsu audio RME Babyface PRO FS oraz mikrofonu DPA 4007 z częstotliwością próbkowania 192 kHz.

Następnie zostały odtworzone w warunkach laboratoryjnych za pomocą głośników Scan Speak Revelator R2904/700009 oraz wzmacniacza laboratoryjnego Lab Gruppen LAB300.



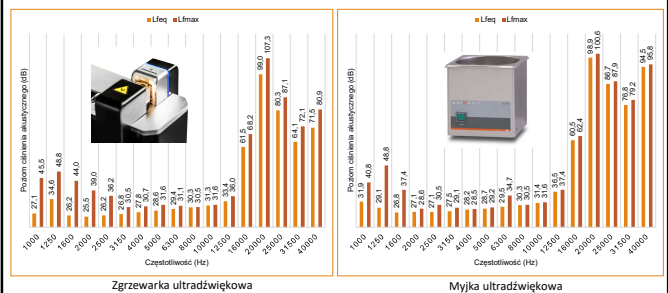
METODA BADAWCZA

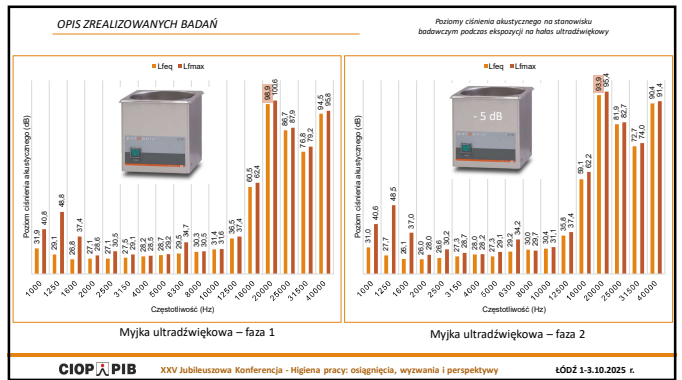
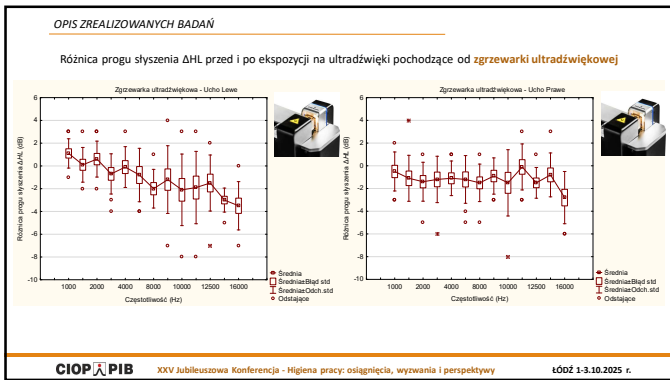
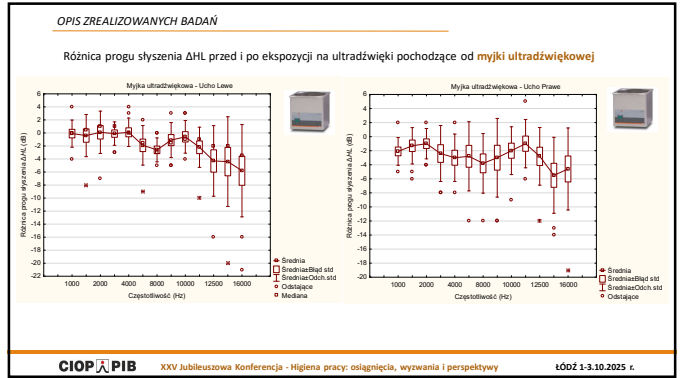
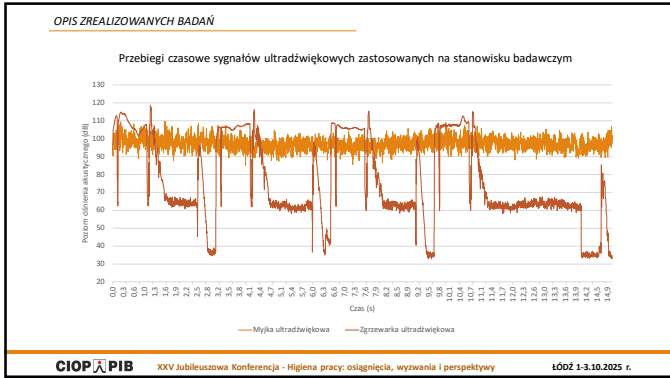
Źródła hałasu ultradźwiękowego zostały zarejestrowane w rzeczywistych warunkach przemysłowych za pomocą interfejsu audio RME Babyface PRO FS oraz mikrofonu DPA 4007 z częstotliwością próbkowania 192 kHz.

Następnie zostały odtworzone w warunkach laboratoryjnych za pomocą głośników Scan Speak Revelator R2904/700009 oraz wzmacniacza laboratoryjnego Lab Gruppen LAB300.



OPIS ZREALIZOWANYCH BADAŃ





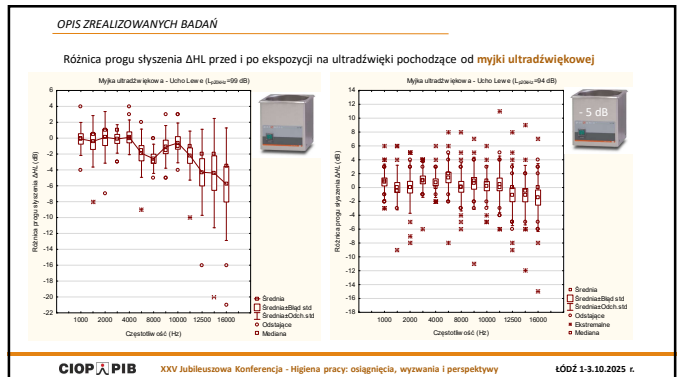
METODA BADAWCZA

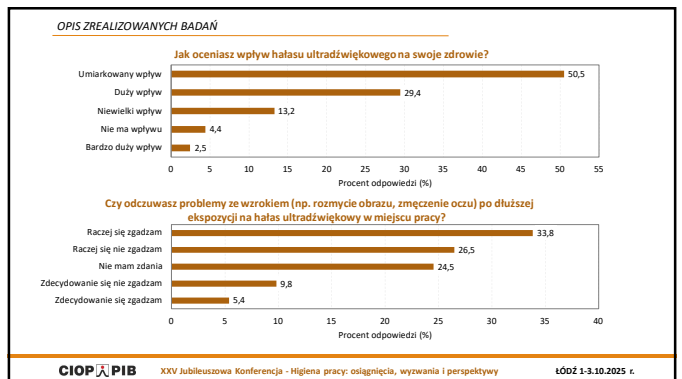
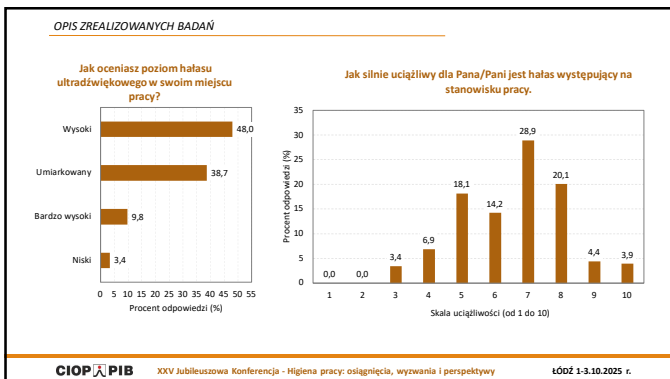
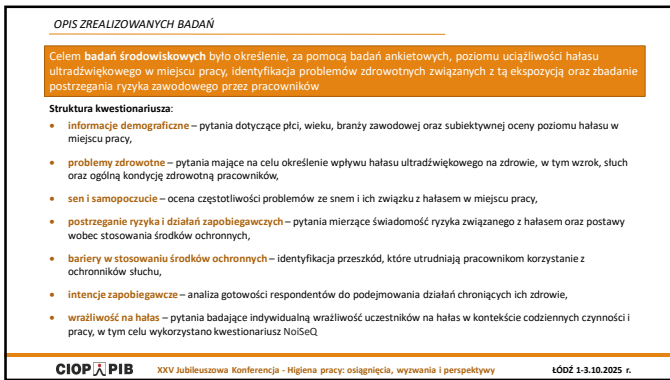
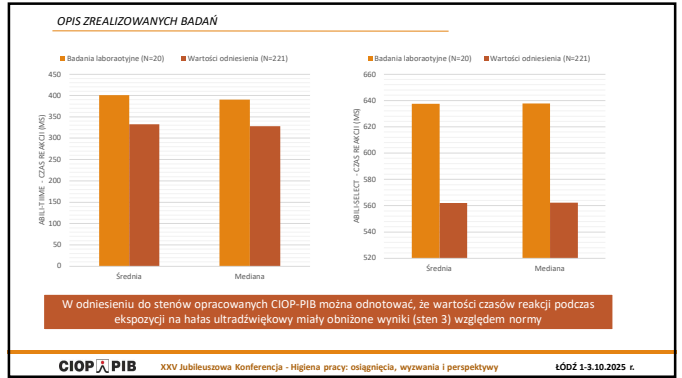
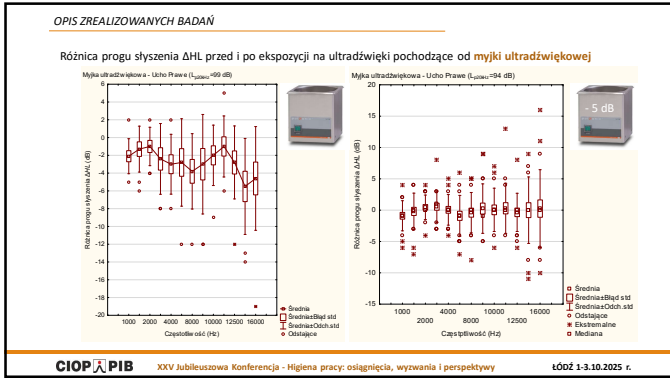
W badaniach laboratoryjnych wykorzystano baterię testów Abilitest:

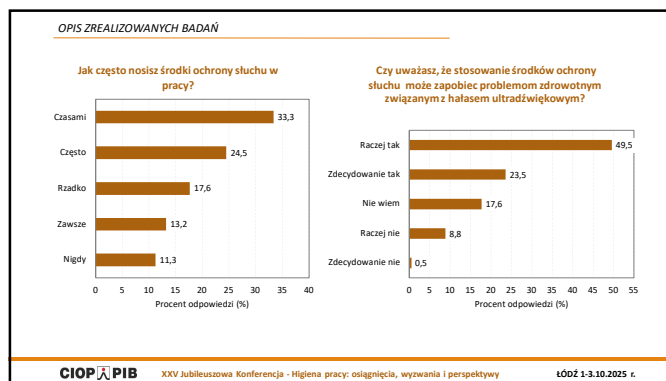
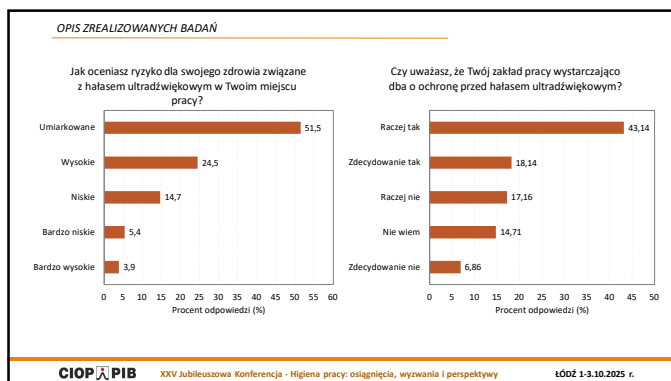
- Abili-Time:** narzędzie mierzące czas reakcji na prosty bodziec. Zadaniem uczestnika było zareagowanie na pojawiający się napis „STOP” poprzez naciśnięcie klawisza spacji. Test składał się z części treningowej oraz głównej, w której napis pojawiał się 30 razy w losowych odstępach czasu (2–10 s).
- Abili-Select:** narzędzie oceniające czas reakcji z wyborem, angażujące uwagę selektywną i zdolność hamowania reakcji. Badany reagował na wyświetlane litery zgodnie z instrukcjami (np. naciśnięcie odpowiedniego klawisza dla konkretnej litery). Test obejmował 90 bodźców prezentowanych w losowych odstępach czasu (1,5–2,5 s).
- Abili-Digit:** narzędzie do oceny przedłużonej koncentracji i zdolności przeszukiwania pola percepcyjnego. Uczestnik miał za zadanie kliknąć myszą na cyfrę „6” wyświetlaną na ekranie wśród innych cyfr. Bodziec pojawiał się z losową częstotliwością (co 20–120 s).

Wyniki zebrano z użyciem standaryzowanych procedur testowych, zapewniając jednolite warunki dla wszystkich uczestników.

CIOP PIB XXV Jubileuszowa Konferencja - Higiena pracy: osiągnięcia, wyzwania i perspektywy ŁÓDŹ 1-3.10.2025 r.







WNIOSKI

Wyniki badań wskazują na konieczność rewizji dopuszczalnych limitów narażenia zawodowego w celu zmniejszenia potencjalnych zagrożeń zdrowotnych związanych z hałasem ultradźwiękowym.

- Wyniki wskazują, że większość respondentów postrzega hałas ultradźwiękowy jako bardzo uciążliwy, a 57,8% oceniło poziom hałasu w swoim miejscu pracy jako wysoki lub bardzo wysoki.
- Znacząca część respondentów (51,5%) uznała hałas ultradźwiękowy za umiarkowane zagrożenie dla zdrowia, podczas gdy 24,5% uważało go za czynnik o wysokim ryzyku.
- Pomimo dostępności urządzeń ochrony słuchu, tylko 13,2% respondentów zadeklarowało ich regularne stosowanie, wskazując na niewygodę (43,1%) oraz brak świadomości jako główne bariery.
- Wyniki podkreślają potrzebę zwiększenia świadomości na temat zagrożeń związanych z hałasem ultradźwiękowym oraz poprawy strategii ochrony w miejscach pracy.

Wyniki badań wskazują, że hałas ultradźwiękowy w miejscu pracy stanowi realne zagrożenie dla zdrowia i samopoczucia pracowników. Subiektywne oceny uciążliwości hałasu, wraz z licznymi zgłaszanymi objawami zdrowotnymi, wskazują na konieczność podejmowania działań profilaktycznych.

W szczególności należy zwrócić uwagę na potrzebę edukacji pracowników oraz pracodawców w zakresie ryzyka związanego z hałasem ultradźwiękowym

CIOP PIB XXV Jubileuszowa Konferencja - Higiena pracy: osiągnięcia, wyzwania i perspektywy ŁÓDŹ 1-3.10.2025 r.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Zrealizowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.
Zadanie nr: 3.ZS.01
Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

CIOP PIB XXV Jubileuszowa Konferencja - Higiena pracy: osiągnięcia, wyzwania i perspektywy ŁÓDŹ 1-3.10.2025 r.