

110. posiedzenie Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy

Podczas 110. posiedzenia Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy (dalej: Międzyresortowa Komisja ds. NDS i NDN), które odbyło się 18 marca 2025 r., rozpatrywano propozycje wartości dopuszczalnych stężeń dla 1,4-dioksanu [123-91-1], butan-1-olu [71-36-3], tritlenku diboru [1303-86-2].

Przedmiotem obrad Międzyresortowej Komisji ds. NDS i NDN było również wprowadzenie postulowanych przez Grupę Roboczą ds. Mikroklimatu zmian w tabeli 2, w załączniku nr 2 do rozporządzenia w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [1] (dalej: rozporządzenie w sprawie NDS i NDN) – w części C „Mikroklimat” pkt 1 „Mikroklimat gorący”.

1,4-Dioksan [123-91-1]

1,4-Dioksan jest zaklasyfikowany w Unii Europejskiej jako substancja rakotwórcza kategorii 1B. Wartości dopuszczalnych stężeń dla 1,4-dioksanu rozpatrywano w związku z pracami podjętymi przez Komitet Doradczy ds. Bezpieczeństwa i Zdrowia w Miejscu Pracy Komisji Europejskiej (Advisory Committee on Safety and Health at Work – ACSH) w celu ustalenia dla niego wartości wiążącej w UE i wprowadzenia do dyrektywy 2004/37/WE [2]. Związek jest stosowany w przemyśle głównie jako rozpuszczalnik laboratoryjny (estrów i eterów celulozy, wosków, żywic i tłuszczów), rozpuszczalnik w procesach produkcji, np. leków, pestycydów, klejów. 1,4-Dioksan posiada zharmonizowaną klasyfikację oraz oznakowanie jako substancja stwarzająca zagrożenie (tab. 1).

Centralny rejestr danych o narażeniu na substancje, mieszaniny, czynniki lub procesy technologiczne o działaniu rakotwórczym, mutagennym lub reprotoksycznym w środowisku pracy (CRCR), prowadzony przez Instytut Medycyny Pracy w Łodzi, zawiera dane, z których wynika, że narażenie na 1,4-dioksan niezależnie od stężenia w 2023 r. zgłoszono z 37 zakładów pracy. W latach 2020–2021 nie odnotowano osób pracujących w narażeniu na 1,4-dioksan o stężeniu > 5 mg/m³, tj. > 0,1 NDS. Nie zarejestrowano też chorób zawodowych w wyniku narażenia na 1,4-dioksan w latach 2012–2024.

Ostre zatrucia 1,4-dioksanem u ludzi objawiają się głównie podrażnieniem błon śluzowych oczu, nosa i gardła. Efekty zdrowotne zależą od stężenia i czasu ekspozycji. Krótkotrwałe narażenie na niskie stężenia (do 73 mg/m³, 2–6 godz.) nie powoduje istotnych skutków zdrowotnych zarówno w spoczynku, jak i podczas wysiłku fizycznego. Lekkie podrażnienia oczu, nosa i gardła zgłaszano natomiast przy wyższych stężeniach, tj. 720 mg/m³ przez 15 minut. Narażenie na bardzo wysokie stężenia przez krótki czas (19 800 mg/m³ przez 1 minutę) powodowało uczucie pieczenia w nosie i gardle. Nie stwierdzono trwałych skutków zdrowotnych w badaniach ochotników narażonych na stężenia od 180 mg/m³ przez 6 godz. do 7200 mg/m³ przez kilka minut. Badania wykazały jedynie łagodne podrażnienie spojówek, przejściowe podrażnienia skóry i błon śluzowych. Dłuższe narażenie na wysokie stężenia może jednak prowadzić do poważnych skutków zdrowotnych, związanych z ryzykiem krwotocznego zapalenia nerek oraz niewydolności wątroby, nawet ze skutkiem śmiertelnym.

Na podstawie wyników badań na zwierzętach wykazano niską toksyczność ostrą 1,4-dioksanu. Badania toksyczności podprzewlekłej i przewlekłej wskazują, że głównymi narządami docelowego działania 1,4-dioksanu są układ oddechowy, nerki i wątroba. Narażenie inhalacyjne powodowało zmiany histopatologiczne w wątrobie i nerkach, objawy neurologiczne

Tabela 1. Zharmonizowana klasyfikacja oraz oznakowanie substancji stwarzającej zagrożenie zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 [3] dla 1,4-dioksanu

Nazwa i numer CAS substancji chemicznej	Klasa zagrożenia i kody kategorii	Kody zwrotów wskazujących rodzaj zagrożenia
1,4-dioksan [123-91-1]	Flam. Liq. 2 Carc. 1B Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H350 H319 H335
Objaśnienia: Flam. Liq. 2 – substancja ciepla łatwopalna, kategoria zagrożenia 2; H225 – wysoce łatwopalna ciecz i pary; Carc. 1B – rakotwórczość, kategoria zagrożenia 1B; H350 – może powodować raka; Eye Irrit. 2 – działanie drażniące na oczy, kategoria zagrożenia 2; H319 – działa drażniąco na oczy; STOT SE 3 – działanie toksyczne na narządy docelowe – narażenie jednorazowe, kategoria 3; H335 – może powodować podrażnienie dróg oddechowych.		

oraz powiększenie jąder komórek nabłonka dróg oddechowych. Ekspozycja drogą pokarmową prowadziła do zwyrodnień i martwicy komórek wątroby i nerek, a w przypadku długotrwałego narażenia obserwowano zmiany przednowotworowe.

Wyliczenia wartości NDS oparto na badaniu toksyczności przewlekłej 1,4-dioksanu, przeprowadzonym przez Kasai i in. [4], w którym szczury narażano na 1,4-dioksan drogą inhalacyjną przez dwa lata (tj. pięć dni w tygodniu przez 6 godz. każdego dnia) w stężeniach: 0, 180, 900 i 4500 mg/m³. Za skutek krytyczny przyjęto działanie toksyczne na nerki. Wartość 50 ppm (180 mg/m³) została uznana za LOAEC (ang. *lowest observed adverse effects concentration*) dla wszystkich punktów końcowych dotyczących efektów ogólnoustrojowych.

Obliczono ryzyko wystąpienia gruczolaka lub raka wątrobowokomórkowego przy 40-letnim zawodowym narażeniu na 1,4-dioksan w stężeniu 7,3 mg/m³. Wynosi ono $1,2 \times 10^{-3}$, co oznacza, że może wystąpić jeden przypadek dodatkowego nowotworu na 1000 osób zatrudnionych.

Wartość NDS na poziomie 7,3 mg/m³ (2 ppm) dla 1,4-dioksanu oraz oznakowanie symbolem Carc. 1B ze względu na potencjalne działanie rakotwórcze na człowieka pozwoli chronić pracowników przed drażniącym działaniem związku oraz wystąpieniem zmian układowych, a także przed działaniem rakotwórczym. Ze względu na słabe działanie drażniące zaproponowano wartość NDSC_h na poziomie $3 \times$ NDS, tj. 22 mg/m³ (6 ppm). Biorąc pod uwagę bardzo prawdopodobny wkład ekspozycji skórnej w całkowitą absorpcję 1,4-dioksanu, zaproponowano notację „skóra”, co wskazuje na wchłanianie substancji przez skórę – może być ono tak samo istotne jak przy narażeniu drogą oddechową (tab. 3).

Butan-1-ol [71-36-3]

Butan-1-ol umieszczono na liście substancji priorytetowych opublikowanych przez ACSH w 2021 r. Powszechnie stosowany, podlega rejestracji w REACH w ilości $\geq 100\,000$ ton rocznie. Butan-1-ol posiada zharmonizowaną klasyfikację zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 [3] (tab. 2).

Butan-1-ol otrzymuje się w procesach petrochemicznych lub w wyniku fermentacji z zastosowaniem bakterii *Clostridium acetobutylicum*. Stosowany jest głównie w przemyśle chemicznym i włókienniczym. Wchodzi w skład środków smarowych, płynów zapobiegających zamarzaniu, płynów hydraulicznych, farb, klejów, lakierów itp. Ponadto wykorzystywany jest do produkcji profesjonalnych środków czyszczących i piorących. W Polsce produkcją butan-1-olu zajmuje się Grupa Azoty Zakłady Azotowe Kędzierzyn S.A. w Kędzierzynie-Koźlu. Narażenie zawodowe na ten związek występuje głównie przy jego produkcji oraz w procesach, w których stosowany jest jako substrat lub rozpuszczalnik. Głównymi drogami narażenia są droga inhalacyjna

Tabela 2. Zharmonizowana klasyfikacja oraz oznakowanie substancji stwarzającej zagrożenie zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 [3] dla butan-1-olu

Nazwa i numer CAS substancji chemicznej	Klasa zagrożenia i kody kategorii	Kody zwrotów wskazujących rodzaj zagrożenia
butan-1-ol, n-butanol, [71-36-3]	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4* STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 STOT SE 3	H226 H302 H335 H315 H318 H336
Objaśnienia: Flam Liq. 3 – substancja ciekła łatwopalna, kategoria zagrożenia 3; H226 – łatwopalna ciecz i pary; Acute Tox. 4* – toksyczność ostra, kategoria zagrożenia 4; H302 – działa szkodliwie po połknięciu; STOT SE 3 – działanie toksyczne na narządy docelowe – narażenie jednorazowe, kategoria zagrożenia 3; H335 – może powodować podrażnienie dróg oddechowych; H336 – może wywoływać uczucie senności lub zawroty głowy; Skin Irrit. 2 – działanie drażniące na skórę, kategoria zagrożenia 2; H315 – działa drażniąco na skórę; Eye Dam. 1 – poważne uszkodzenie oczu, kategoria zagrożenia 1; H318 – powoduje poważne uszkodzenie oczu.		

w wyniku wdychania aerozolu oraz wchłanianie przez skórę. Na podstawie danych GIS dotyczących ekspozycji pracowników na butan-1-ol w latach 2021–2022 w Polsce [5] nie zarejestrowano pracowników zatrudnionych w warunkach przekroczeń wartości zarówno NDS, jak i NDSC_h.

W dostępnej literaturze nie ma doniesień na temat ostrych zatruc u ludzi wywołanych n-butanolem. W przypadku przewlekłego narażenia zawodowego na n-butanol u pracowników stwierdzano działanie drażniące na oczy i układ oddechowy, udokumentowano także pojedyncze przypadki działania na ośrodkowy układ nerwowy. W badaniach toksyczności ostrej i krótkoterminowej na zwierzętach wyznaczone mediany dawek śmiertelnych LD50 dla butan-1-olu (dla różnych gatunków zwierząt) mieszczą się w zakresie: 700–4360 mg/kg mc. w przypadku drogi pokarmowej oraz 3402–5300 mg/kg mc. w przypadku drogi dermalnej.

Do wyznaczenia wartości NDS dla butan-1-olu wykorzystano wyniki badań toksyczności podprzewlekłej (trzy miesiące) [6]. Stężenie 154 mg/m³ powodujące obniżenie poziomu hemoglobiny i wzrost stężenia MDA przyjęto za wartość NOAEC (najwyższe stężenie, przy którym nie obserwuje się skutków szkodliwych), a stężenie wynoszące 308 mg/m³, przy którym obserwowano działanie neurotoksyczne na podstawie testów behawioralnych, przyjęto za wartość LOAEC. Ostatecznie zostawiono wartość NDS dla butan-1-olu wynoszącą 50 mg/m³ (16 ppm). Aby zabezpieczyć pracowników przed działaniem drażniącym, przyjęto wartość chwilową NDSC_h na poziomie 100 mg/m³ (32 ppm) (tab. 3). Normatyw oznakowano „I” – substancja o działaniu drażniącym, oraz „skóra” – wchłanianie

Lp.	Klasa zagrożenia i kody kategorii	Najwyższe dopuszczalne stężenie w zależności od czasu narażenia w ciągu zmiany roboczej						Liczba włókien [cm³]	Uwagi: Oznakowanie substancji notacją „skóra”
		NDS		NDSC _h		NDSP			
		[mg/m³]	[ppm]	[mg/m³]	[ppm]	[mg/m³]	[ppm]		
69.	butan-1-ol [71-36-3]	50	16	100	32	-	-	-	skóra
200.	1,4-dioksan [123-91-1]	7,3	2	22	6	-	-	-	skóra
561.	tritlenek diboru [1303-86-2] – frakcja wdychalna	5	-	-	-	-	-	-	-
Objaśnienia: ppm – liczba cząstek na milion (ang. <i>parts per million</i>) w jednostce objętości powietrza (ml/m³); mg/m³ – jednostka miligramy na metr sześcienny powietrza, odnosząca się do pomiaru wykonywanego w temperaturze 20°C i przy ciśnieniu 101,3 kPa (760 mm słupa rtęci); „skóra” – wchłanianie substancji przez skórę może być tak samo istotne jak przy narażeniu drogą oddechową.									

Tabela 3. Zmiany wartości dopuszczalnych stężeń dla butan-1-olu, 1,4-dioksanu, tritlenku diboru (frakcji wdychalnej) wnioskowane do ministra właściwego ds. pracy przez Międzyresortową Komisję ds. NDS i NDN

substancji przez skórę może być tak samo istotne jak przy narażeniu drogą oddechową.

Tritlenek diboru [1303-86-2] – frakcja wdychalna

Jako substancja działająca szkodliwie na rozrodczość tritlenek diboru (B_2O_3) od 2012 r. widnieje na publikowanej przez ECHA liście kandydackiej substancji, które stanowią bardzo duże zagrożenie (ang. *substances of very high concern* – SVHC) [7]. Związek ten jest powszechnie wykorzystywany w przemyśle chemicznym i materiałowym, m.in. do produkcji szkła borowego, materiałów ogniotrwałych, katalizatorów, przy produkcji boranów – używanych m.in. w medycynie, rolnictwie, produkcji środków ochrony roślin i materiałów izolacyjnych.

Z danych GIS dotyczących narażenia pracowników na tritlenek diboru wynika, że w Polsce w latach 2020–2021 nie odnotowano pracowników zatrudnionych w narażeniu na ten czynnik szkodliwy [5].

Tritlenek diboru posiada zharmonizowaną klasyfikację oraz oznakowanie według tabeli 3 załącznika VI do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 [32] jako Repr. 1B – substancja działająca szkodliwie na rozrodczość kategorii 1B, H360FD – może działać szkodliwie na płodność. Może również działać szkodliwie na dziecko w łonie matki.

Związki z grupy boranów wykazują niską toksyczność ostrą w testach na zwierzętach po narażeniu drogą pokarmową, dermalną i inhalacyjną. W dostępnym piśmiennictwie nie znaleziono danych dotyczących wielkości stężeń tritlenku diboru w powietrzu na stanowiskach pracy. Nie znaleziono również danych dotyczących zatrucia tritlenkiem diboru u ludzi ani danych dotyczących działania uczulającego na skórę lub drogi oddechowe u ludzi. Udokumentowano ostre działanie u pracowników po wdychaniu tlenku boru, kwasu borowego i innych boranów w postaci pyłu. Wielokrotne stosowanie związków boru na skórę powodowało zapalenie skóry, łysienie, utratę apetytu, a także takie objawy ogólnoustrojowe, jak: nudności, wymioty, biegunka oraz ogniskowe lub uogólnione zmiany w ośrodkowym układzie nerwowym [8, 9].

Badania oceny toksyczności po wielokrotnym podaniu zwierzętom wykazały, że głównym narządem docelowym toksyczności boru są jądra, co jest niekorzystne w kontekście reprodukcji i rozwoju u samców; obserwowano również zmiany rozwijającego się płodu (wysoką śmiertelność prenatalną i zmniejszoną masę płodu, a także wady rozwojowe, wady oczu, ośrodkowego układu nerwowego, układu sercowo-naczyniowego i szkieletu).

Komisja Europejska konsekwentnie dąży do obniżenia wartości OEL dla związków boru (w przeliczeniu na bor) i ponownie podjęła prace dotyczące rozpatrzenia wartości dopuszczalnego narażenia w środowisku pracy dla związków boru. W dokumencie Komitetu ds. Oceny Ryzyka (RAC) przyjętym przez ECHA dokonano oceny toksycznego działania boranów na rozrodczość oraz przedstawiono analizę dostępnych badań epidemiologicznych.

Obecnie wartość NDS dla frakcji wdychalnej tritlenku boru jest ustalona na poziomie 10 mg/m^3 – jak dla pyłów nieklasyfikowanych ze względu na toksyczność [1]. Biorąc po uwagę niską toksyczność ostrą u zwierząt laboratoryjnych (mediany dawek śmiertelnych $> 3000 \text{ mg/kg mc.}$) oraz brak objawów toksyczności w eksperymentach podprzewlekłych, jako wartość NDS przyjęto dla niego stężenie na poziomie 5 mg/m^3 (dla frakcji wdychalnej) (tab. 3), uwzględniając potencjalne działanie szkodliwe boru na rozrodczość; wartość ta będzie chroniła pracowników przed drażniącym działaniem związku. Zaproponowano oznakowanie: „Repr. 1B” – substancja działająca szkodliwie na rozrodczość kategorii 1B.

Zmiany w tabeli 2 w załączniku nr 2 do rozporządzenia w sprawie NDS i NDN

Międzyresortowa Komisja ds. NDS i NDN dyskutowała również wniosek Grupy Roboczej ds. Mikroklimatu, która wniosła o wprowadzenie zmian w tabeli 2 w załączniku nr 2 do rozporządzenia w sprawie NDS i NDN [1], w części C „Mikroklimat” pkt 1 „Mikroklimat gorący”. Obecnie w tabeli 2 zawarte są wartości odniesienia WBGT ($WBGT_{\text{eff}}$) dla osób zaaklimatyzowanych i niezaaklimatyzowanych, przedstawione w stosunku do pięciu klas tempa metabolizmu ($WBGT_{\text{eff}} = WBGT + CAV$).

Zapisy z pierwszej kolumny tabeli 2 – 0 (spoczynek), 1 (praca lekka), 2 (praca średnio ciężka), 3 (praca ciężka), 4 (praca bardzo ciężka) – proponuje się zastąpić zapisami: Klasa 0 (spoczynkowe tempo metabolizmu), Klasa 1 (niskie tempo metabolizmu), Klasa 2 (umiarkowane tempo metabolizmu), Klasa 3 (wysokie tempo metabolizmu), Klasa 4 (bardzo wysokie tempo metabolizmu). Wartości umieszczone w tabeli 2 pozostają bez zmian.

Sugerowana zmiana spowodowana jest tym, że obecnie zastosowane w rozporządzeniu określenia odnoszą się do oceny ciężkości wykonywanej pracy, tzw. wydatku energetycznego. Zamieszczone w rozporządzeniu wartości progowe WBGT odnoszą się do tempa metabolizmu. Propozycja zmian w części C.1 załącznika nr 2 wynika z chęci ujednolicenia zapisów rozporządzenia z normami tematycznymi (PN-EN ISO 7243 i PN-EN ISO 8996).

dr inż. Luiza Chojnacka-Puchta
sekretarz Międzyresortowej Komisji
ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń
Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy

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.03 pt. „Wsparcie przedsiębiorstw w kształtowaniu bezpiecznych warunków pracy – działalność Międzyresortowej Komisji ds. NDS i NDN”. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. poz. 1286 z późn. zm.).
- [2] Dyrektywa 2004/37/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie ochrony pracowników przed zagrożeniem dotyczącym narażenia na działanie czynników rakotwórczych lub mutagenów podczas pracy (szósta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy Rady 89/391/EWG) (wersja skodyfikowana) (Dz.Urz. UE L 158 z 30 kwietnia 2004 r., s. 50–76).
- [3] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, zmieniające i uchylające dyrektywy 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 (Dz.Urz. UE L 353 z 31 grudnia 2008 r., s. 1–1355).
- [4] Kasai T. et al., *Two-year inhalation study of carcinogenicity and chronic toxicity of 1,4-dioxane in male rats*, „Inhalation Toxicology”, 2009, 21: 889–897.
- [5] Dane Głównego Inspektoratu Sanitarnego dla Międzyresortowej Komisji ds. NDS i NDN [materiały niepublikowane], GIS, 2023.
- [6] Korsak Z. et al., *Toxic effects of subchronic combined exposure to n-butyl alcohol and m-xylene in rats*, „International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health”, 1994, 7(2): 155–166.
- [7] *Inclusion of Substances of Very High Concern in the Candidate List (Decision of the European Chemicals Agency)*, ED/87/2012, Helsinki: ECHA, 2012.
- [8] *Environmental Health Criteria 204: Boron*, Geneva, Switzerland: World Health Organization, 1998.
- [9] *Toxicological profile for Boron*, Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2010.