

mgr TOMASZ SAWICKI  
Biegły sądowy z zakresu pożarnictwa  
Sąd Okręgowy w Legnicy

## Oddziaływanie tlenku węgla na strażaków w warunkach akcji ratowniczo-gaśniczych

W artykule przedstawiono wyniki badań prowadzonych w Japonii, dotyczących zawartości tlenku węgla w powietrzu wydychanym przez strażaków uczestniczących w akcjach gaszenia pożarów. Scharakteryzowano zagrożenie jakim jest tlenek węgla dla organizmu człowieka.

### The influence of carbon monoxide on firefighters in rescue and fire-fighting actions

This article presents some research results, obtained in Japan, on the content of carbon monoxide in the air exhaled by firefighters taking part in fire-fighting actions. Dangers resulting from the influence of carbon monoxide on the human body are characterized.

Podczas każdego pożaru, zarówno w jego fazie wstępnej, rozwiniętej, jak i końcowej, w wyniku termooksydacyjnej destrukcji materiałów powstaje znaczna ilość dymów i lotnych substancji toksycznych. Występujące w środowisku pożaru produkty spalania lub rozkładu termicznego (pirolizy) tworzą toksyczną mieszaninę gazów i aerozoli charakteryzujących się bardzo wysoką toksycznością.

Gazowe produkty spalania zawierają głównie toksyczne gazy, których skład zależy od rodzaju palących się materiałów i warunków procesu spalania.

Prowadzone podczas pożarów w Stanach Zjednoczonych badania [1], których zadaniem było dostarczenie informacji o zagrożeniu poszczególnymi substancjami chemicznymi wykazały, że tlenek węgla był obecny we wszystkich badanych przypadkach.

W innych badaniach prowadzonych w Wielkiej Brytanii [2] stwierdzono, że ponad 24% zgonów, które miały miejsce w wyniku pożarów budynków mieszkalnych, było spowodowanych tlenkiem węgla, zaś w przypadku dalszych prawie 35% zgonów, tlenek węgla miał decydujące znaczenie.

W Polsce przeprowadzono badania stężeń hemoglobiny tlenkowej we krwi pobranej ze zwłok osób – ofiar pożarów, które miały miejsce w pomieszczeniach [3]. W badaniach tych stwierdzono, że u 66% badanych osób wykryto hemoglobinę tlenkową. Jest to połączenie niezdolne do przeniesienia tlenu, powodujące „głód tlenowy” w organizmie. Związek ten zwiększa ryzyko zejścia śmiertelnego i zmniejsza szansę przeżycia.

Nadal, mimo wprowadzania do budownictwa nowych produktów, najgroźniejszym i najczęściej spotykanym gazem, powstającym w wyniku spalania, jest tlenek węgla (CO).

### Charakterystyka i zagrożenie tlenkiem węgla

Tlenek węgla (czad) jest gazem duszącym, bez smaku, zapachu i koloru, łatwo mieszającym się z powietrzem. Jest to gaz, który stwarza zagrożenie w każdym stężeniu – w niższych stężeniach wywołuje utratę koordynacji ruchowej, zaś w dużych stężeniach nagłą śmierć. Oddziałuje na centralny układ nerwowy i układ sercowo-naczyniowy (tabela).

Tlenek węgla wchłania się do organizmu przez układ oddechowy, łączy się z hemoglobina i tworzy związek zwany karboksyhemoglobina. Zdolność wiązania się CO z hemoglobina jest 250 – 300 razy większa niż z tlenem. Karboksyhemoglobina nie może przyswajać tlenu i służyć jako jego przekaźnik w organizmie. Zawartość tlenu we krwi zmniejsza się i rozwija stan niedobarwienia krwiopochodnego. Tlenek węgla jest ponadto gazem zapalnym praktycznie w każdej temperaturze, a z powietrzem tworzy

mieszaniny wybuchowe w szerokim zakresie stężeń.

### Badania i ich wyniki

Dotychczas nie są dokładnie znane ilości wchłanianego tlenku węgla przez strażaków uczestniczących w akcjach gaszenia pożarów. Próbę oszacowania tej wartości, podjęto się w Japonii, dokonując pomiarów stężenia tlenku węgla w powietrzu wydychanym przez strażaków ze Straży Pożarnej w Tokio, po powrocie z akcji gaśniczych do strażnicy [5]. Badania prowadzono po pożarach dużych budynków murowanych i drewnianych o powierzchni ponad 300 m<sup>2</sup> oraz budynków o konstrukcji betonowej i powierzchni przekraczającej 50 m<sup>2</sup>.

Badania, którym poddano 164 strażaków, polegały na pobieraniu próbek powietrza wydychanego w czasie 30 do 60 minut po ich powrocie do strażnicy oraz co najmniej 4 dni po zakończeniu akcji gaśniczej. Próbkę wydychanego powietrza, pobrane po 20-sekundowym wstrzymaniu oddechu, badano w analizatorze podczerwieni. Wyniki analizowano oddzielnie w grupie 117 strażaków palących papierosy i w grupie 47 niepalących. Średnie stężenie tlenku węgla w wydychanym powietrzu po akcji wynosiło 19,5 mg/m<sup>3</sup> u niepalących strażaków, a u palących 23,5 mg/m<sup>3</sup> (obecność hemoglobiny tlenkowej, wynosiła odpowiednio 3,5% i 5,7%). Natomiast stężenie tlenku węgla po kilku dniach wolnych wynosiło 5,5 mg/m<sup>3</sup> u niepalących strażaków i 20,5 mg/m<sup>3</sup> u palących (hemoglobina tlenkowa 1,5% i 3,8%). Maksymalne

TOKSYCZNOŚĆ TLENKU WĘGLA [4]

Stężenie w powietrzu mg/m <sup>3</sup>	Objawy
500	mdłości po 1 – 2 godzinach, zapaść po 2 godzinach, śmierć po 3 – 4 godzinach
1 250	trudności w poruszaniu się, śmierć po 2 godzinach
2 500	śmierć po 45 minutach
3 750	śmierć po 30 minutach
6 250	szybka zapaść, utrata przytomności i śmierć w ciągu kilku minut

stężenie tlenu węgla w wydychanym powietrzu w grupie niepalących wynosiło  $72,5 \text{ mg/m}^3$ , zaś w grupie palących strażaków  $71,5 \text{ mg/m}^3$ . Około 10% próbek pobranych po akcji charakteryzowała się wartością 6,7% wśród strażaków niepalących i 8,7% wśród palących.

W zależności od konstrukcji budynku, odnotowano następujące wyniki:

- po pożarach w budynkach betonowych – u strażaków niepalących średnia wartość tlenu węgla wyniosła  $27,5 \text{ mg/m}^3$ , a u palących strażaków  $31,8 \text{ mg/m}^3$

- po pożarach w budynkach murowanych – odpowiednio  $14,1 \text{ mg/m}^3$  i  $35,5 \text{ mg/m}^3$

- po pożarach w budynkach drewnianych – odpowiednio  $14,5 \text{ mg/m}^3$  i  $26,7 \text{ mg/m}^3$

Zauważalna jest różnica stężeń tlenków węgla u strażaków niepalących po udziale w akcji gaśniczej w budynkach murowanych i drewnianych.

Podczas badań dokonano również analizy zawartości tlenu węgla w wydychanym powietrzu strażaków, w zależności od pełnionych funkcji podczas akcji ratowniczych w czasie pożarów. I tak, po dokonaniu analizy próbek powietrza wydychanego przez poszczególnych strażaków stwierdzono, że największe stężenie tlenu węgla zanotowano u strażaków biorących bezpośrednio udział w gaszeniu pożaru –  $42,7 \text{ mg/m}^3$ , następnie u strażaków pełniących funkcje dowódcze –  $34,5 \text{ mg/m}^3$ , a u pozostałych strażaków nie biorących udziału bezpośrednio w akcji gaszenia pożaru, np. kierowców-operatorów sprzętu –  $30,0 \text{ mg/m}^3$ . W grupie badanych

strażaków nie pełniących funkcji dowódczych, niezależnie od faktu palenia lub niepalenia papierosów, nie stwierdzono istotnych różnic w wartościach stężenia tlenu węgla. Analiza wyników badań nie wykazała istotnej zależności stężenia tlenu węgla od czasu ekspozycji i czasu trwania akcji ratowniczej, podczas gaszenia pożarów.

Warto wiedzieć, że najwyższe dopuszczalne stężenie tlenu węgla w powietrzu na stanowiskach pracy (NDS) wynosi  $30 \text{ mg/m}^3$ , a najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe (NDSCh) wynosi  $180 \text{ mg/m}^3$  [6, 7].

### Wnioski

Uzyskane wyniki badań potwierdzają istotny wpływ gazów pożarowych na wzrost zawartości tlenu węgla w hemoglobinie. Wzrost hemoglobiny tlenkowej, a tym samym spadek zawartości tlenu, powoduje zwiększenie obciążenia naczyń krwionośnych i jednoczesny spadek wydajności serca oraz niedotlenienie innych narządów. U 4% niepalących i 14% palących strażaków hemoglobina tlenkowa przekroczyła 8%. Tlenek węgla w tej ilości wpływa niekorzystnie na organizm strażaka, a szczególnie na jego układ krążenia i ośrodkowy układ nerwowy. Biorąc pod uwagę fakt, że rzeczywista dawka pobranego tlenu węgla podczas akcji ratowniczej jest większa niż ta, która była mierzona po powrocie do strażnicy, należy liczyć się z możliwością narażenia wielu strażaków na działanie niebezpiecznych ilości tlenu węgla. Zaobserwowano, że wartości hemoglobiny tlenkowej są znacznie

wyższe u strażaków palących papierosy niż u strażaków niepalących oraz u strażaków biorących udział bezpośrednio w gaszeniu pożaru niż u strażaków nie biorących bezpośrednio udziału. Zauważono również, że stopień zatrucia uzależniony jest także od oddziaływania pożaru na daną konstrukcję budynku.

W warunkach pracy strażaków jedynie w pełni skuteczne zabezpieczenie przed szkodliwym działaniem tlenu węgla oraz innych lotnych związków toksycznych, gazów, par i dymów mogą zapewnić: sprzęt izolujący drogi oddechowe, skuteczna wentylacja pożarowa w budynku oraz umiejętne operowanie prądami gaśniczymi.

Strażacy powinni przyjąć zasadę stosowania sprzętu ochrony dróg oddechowych już na etapie rozpoznania pożaru, przy najmniejszym podejrzeniu występowania gazów pożarowych podczas prowadzenia działań gaśniczych, a także podczas stosowania środków gaśniczych, które mogą wejść w reakcje chemiczne ze składowanymi materiałami.

Praktyka potwierdza, że około 30% osób, które przeżyły ciężkie zatrucia tlenkiem węgla jest leczonych przez wiele lat. Dlatego strażacy, którzy ulegli zatruciu tlenkiem węgla, muszą być poinformowani przez lekarza o istniejącym ryzyku zmian w następstwie ostrego zatrucia, a także o konieczności niezbędnych badań.

### PIŚMIENNICTWO

- [1] Brand-Rauf P.W., Fallon L.F., Tarantini T., Idema C., Zndrews L. *Health hazards of firefighters: Exposure assessment*. „British Journal of Industrial Medicine”. 45, 1988
- [2] Sychta Z. *Toksyczność produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów wyposażeniowych*. „Przegląd Pożarniczy”. 3, 1996
- [3] Grabowska T., Sybirska H., Maliński M. *Próba oceny ryzyka śmiertelnego zatrucia na podstawie kształtowania się stężenia cyjanowodoru i karboksyhemoglobiny we krwi ofiar pożarów*. „Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii”. 1, 2003
- [4] Skaźnik M. *Ochrona przeciwpożarowa dużych obiektów handlowych*. Mercor, Gdańsk 1998
- [5] Takano T., Maeda H. *Exposure of firefighters to carbon monoxide*. „Journal of Combustion Toxicology”. 2, 1981
- [6] Pośniak M., Politowicz M. *Zagrożenia toksycznymi substancjami podczas pożaru*. „Bezpieczeństwo Pracy”. 1, (282) 1995
- [7] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 roku w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 217, poz. 1832 i 1833

