

## 4. Przygotowanie nitroksowej mieszaniny oddechowej

### 4.1. Wprowadzenie

Samodzielne przygotowanie nitroksowej mieszaniny oddechowej wymaga doświadczenia oraz znajomości i zrozumienia podstawowych zależności fizycznych rządzących zachowaniem gazów. Znajomość praw gazowych nie tylko ułatwia sam proces przygotowania mieszaniny, ale również umożliwia wyciągnięcie wniosków z przyczyn ewentualnego niepowodzenia, takiego jak rozbieżności między zakładanym a otrzymanym składem mieszaniny. Przygotowanie mieszaniny opiera się bowiem – w większości przypadków – na założeniu, że stosowane gazy są gazami idealnymi. Takie uproszczenie bywa wystarczające pod warunkiem zrozumienia granicy i punktów, w których owe gazy zaczynają się zachowywać inaczej.

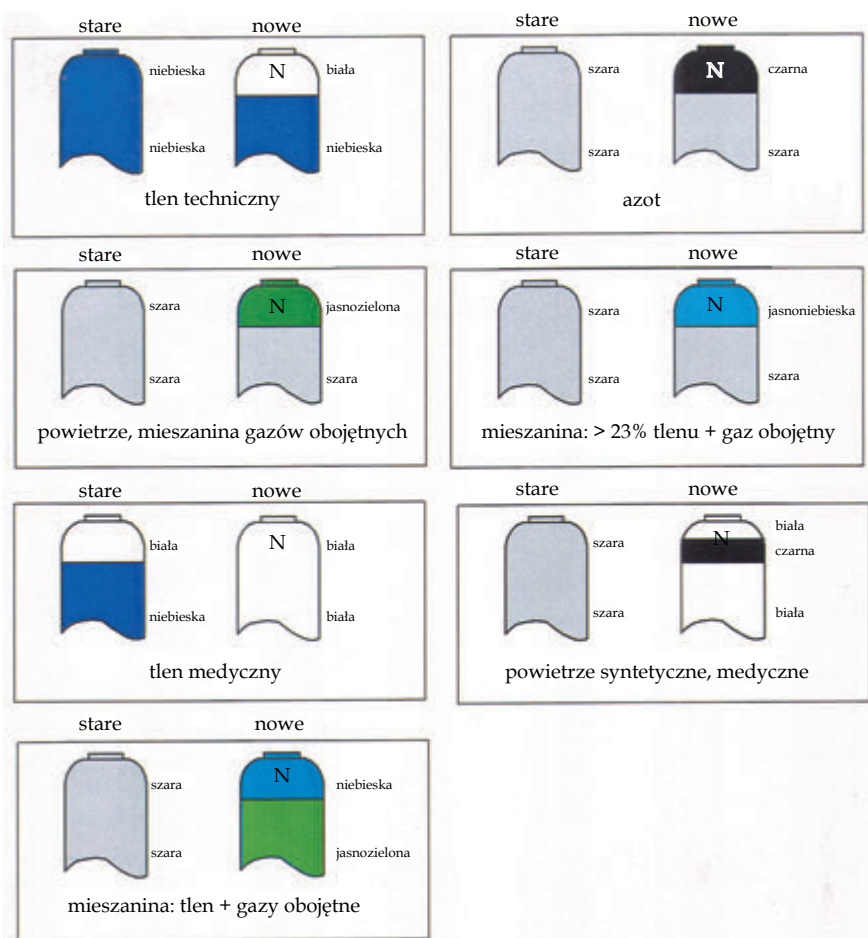
### 4.2. Oznaczanie i przechowywanie gazowych zbiorników ciśnieniowych

W celu łatwego odróżniania butli z różnymi gazami stosuje się kolorowe kody. Ponieważ jednak nie ma ogólnościowych uzgodnień co do sposobu kodowania, można się spotkać z kilkoma systemami. Dlatego oznaczenie kolorystyczne butli nie jest wystarczającą gwarancją składu mieszaniny gazowej w butli. Każda butla powinna być oznaczona za pomocą identyfikatora, zawierającego: skład mieszaniny gazowej, jej ciśnienie robocze, ciśnienie próby oraz datę napełnienia i identyfikator kontrolera.

Bardzo popularna w środowisku nurkowym kolorystyka żółto-zielona, stosowana do opisywania butli i mieszanin nitroksowych, wywodzi się bezpośrednio z oznaczeń używanych w USA.

W Polsce przy oznaczaniu gazów do niedawna stosowano i do tej pory spotyka się oznaczenia kolorowe, zgodne z niemieckimi przepisami

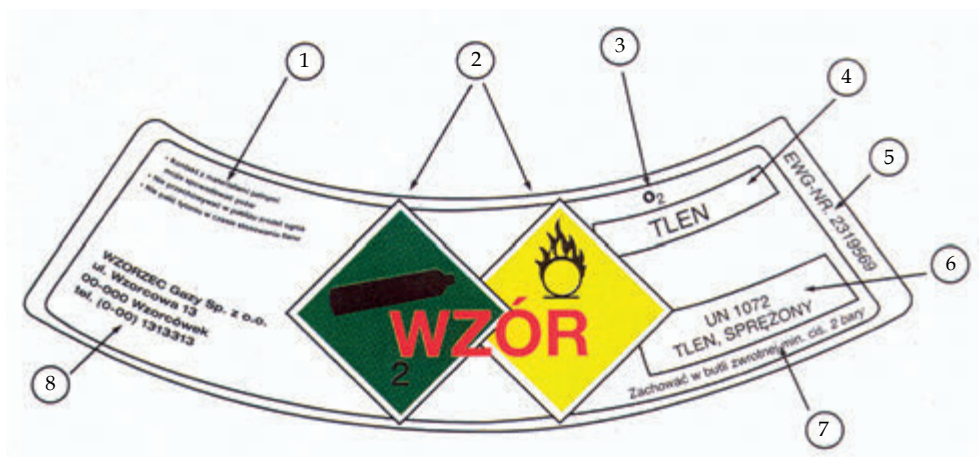
Technical Rules on Gases Under Pressure (TRG). Opublikowana w 1997 roku norma europejska EN 1089-3 oraz jej polski odpowiednik, ustanowiony w grudniu 1999 roku, PN-EN 1089-3<sup>27</sup> „Butle do gazów. Znakowanie butli. Kod barwny” zmienia te oznaczenia. Od 1 lipca 2006 roku wszystkie butle krajowe są oznakowane właśnie według tej normy. Ze względu na dużą liczbę butli gazowych będących w obrocie, dystrybutorzy gazów rozpoczęli wprowadzanie nowych oznaczeń 1 września 2001 roku, a zakończyli je 1 lipca 2006 roku. Wszystkie butle oznaczane według nowych kodów dodatkowo są oznaczane dużą literą „N” (jako „Nowy”, „Neu”, „New”, „No-veau”) umieszczoną na kielichu butli. Przykłady kodowania butli według starych oraz nowych kodów barwnych przedstawia rysunek 10.



Rysunek 10. Kolorystyczne oznaczenia butli gazowych

<sup>27</sup> PN-EN 1089-3 z roku 2011 zastąpiła PN-EN 1089-3 z roku 2004, a ta z kolei zastąpiła PN-EN 1089-3 z roku 1997.

Należy jednak pamiętać, że znakowanie barwne jest jedynie dodatkowym źródłem informacji na temat właściwości gazu (palny, utleniający, toksyczny) i jest stosowane, by zawartość butli była rozpoznawalna nawet wtedy, gdy ze względu na dużą odległość nie ma możliwości odczytania etykiety ostrzegawczej. Natomiast jedynym wiążącym oznakowaniem zawartości butli z gazem jest etykieta produktu wraz z nalepkami ostrzegawczymi. Przykład etykiety, spełniającej wymagania przepisów transportowych (ADR), zawierającej wszystkie niezbędne informacje (w tym wypadku dla tlenu technicznego) przedstawia rysunek 11.



Rysunek 11. Przykład etykiety ostrzegawczej wg ADR

Objaśnienia: 1 - zwroty R i S: ostrzeżenie przed ryzykiem i zalecenie bezpieczeństwa; 2 - nalepki ostrzegawcze zgodne z ADR; 3 - wzory chemiczne gazów lub mieszanin gazowych; 4 - nazwa handlowa produktu; 5 - opcja: numer EWG dla gazów jednoskładnikowych lub sformułowanie „Mieszanina gazowa”; 6 - pełne określenie gazu zgodne z ADR; 7 - wskazówki producenta; 8 - nazwa, adres i numer telefonu producenta.

Istotne elementy normy PN-EN 1089-3 oraz umowy zawartej przez członków PFGT (Polskiej Fundacji Gazów Technicznych), odnośnie wprowadzenia tej normy na terenie kraju, można przedstawić w następujących punktach:

- norma obowiązuje dla butli gazów technicznych i medycznych z wyłączeniem butli do gazu LPG i gaśnic,
- znakowanie za pomocą barw rozpoznawczych uregulowano jedynie dla kielichów butli i zgodnie z normą, za pomocą dwóch barw, zostanie naniesione na kielich w postaci pierścieni,
- barwa części cylindrycznej nie została ściśle określona w normie. Jednak aby ułatwić użytkownikom butli oraz służbom ratowniczym rozpoznawanie poszczególnych gazów, jak również w celu

zwrócenia uwagi na właściwości gazu w butli, PFGT określiło barwę części cylindrycznej dla poszczególnych gazów. Dla większości gazów ustalono szary kolor części cylindrycznej. Wyjątek stanowią:

- acetylen – barwa kasztanowa,
  - tlen – barwa niebieska,
  - gazy medyczne, gazy do oddychania – barwa biała,
  - gazy spożywcze – barwa jasnozielona,
- kod barwny, zgodny z nową normą, wskazuje duża litera „N” umieszczona na kielichu butli dwukrotnie, po jej przeciwległych stronach. Barwa oznakowania litery „N” powinna być biała, czarna lub niebieska – tak, aby kontrast z kielichem był możliwie największy. W wypadku, gdy w kodowaniu butli nic się nie zmienia (np. dla dwutlenku węgla), oznakowanie literą „N” nie jest wymagane.

Przechowywanie gazowych zbiorników ciśnieniowych wymaga spełnienia odpowiednich zasad bezpieczeństwa. W wypadku przygotowywania mieszanin nitroksowych szczególną uwagę należy zwrócić na przechowywanie butli ze sprężonym tlenem. Pomieszczenie, w którym są przechowywane takie zbiorniki, musi uniemożliwiać kumulację gazu, który na skutek wycieku z butli może znaleźć się w pomieszczeniu. Z tego względu należy zadbać o odpowiednią przewiewność pomieszczenia.

### 4.3. Czystość gazów

W zależności od metody produkcji oraz przyjętych standardów, gazy mogą posiadać różne klasy czystości. Do charakteryzowania czystości gazu używa się „liczby dziewiątek”, przykładowo: klasa 3.0 oznacza, że butla zawiera 99,9% danego gazu; 4.0 to 99,99%; 5.0 to 99,999%, a 5.5 to 99,9995%.

Klasa czystości determinuje przydatność gazu do specyficznych zastosowań. Na przykład do celów chromatografii gazowej wymagana jest klasa czystości 5.0, wymagająca specjalnych metod produkcji i pociągająca za sobą wysokie koszty takiego gazu. Do sporządzania mieszaniny oddechowej stosowanej podczas typowych nurkowań rekreacyjnych taki stopień czystości nie jest konieczny, gdyż wystarczy zachowanie dokładności  $\pm 1\%$ . Konieczne jest jednak zachowanie pewnych standardów oraz zrozumienie zasad bezpieczeństwa i odpowiedni dobór klasy czystości gazów, w zależności od planowanej głębokości nurkowania. Zanieczyszczenia gazów mogą być tolerowane w warunkach ciśnienia atmosferycznego, jednak należy pamiętać, że podwyższone ciśnienie spowoduje wzrost ciśnień parcyjnych poszczególnych zanieczyszczeń – co w efekcie może być tragiczne dla nurka.

Powietrze jest najpopularniejszą mieszaniną oddechową wykorzystywaną przez nurków. Skład sprężonego powietrza wykorzystywanego do nurkowania określa PN-W-88503 z 1998 roku (tabela 19). Wprowadza ona dwie klasy czystości. Sprężone powietrze klasy I można stosować do bezpośredniego oddychania, a klasy II do przygotowywania mieszanin oddechowych (nitroksowych i trimiksowych).

Tabela 19. Wymagania czystości dla sprężonego powietrza

	<b>Klasa I</b>	<b>Klasa II</b>
Zawartość tlenu (O <sub>2</sub> ) - nie mniej niż	21%	21%
Azot (N <sub>2</sub> ) - nie więcej niż	78%	78%
Gazy szlachetne - nie więcej niż	0,9%	0,9%
Dwutlenek węgla (CO <sub>2</sub> ) - nie więcej niż	0,6%	0,01%
Tlenek węgla (CO) - nie więcej niż	30 ppm	20 ppm
Tlenek azotu (N <sub>2</sub> O) - nie więcej niż	1,0 mg/m <sup>3</sup>	0,5 mg/m <sup>3</sup>
Pary węglowodorów w przeliczeniu na węgiel	1,0 mg/m <sup>3</sup>	0,5 mg/m <sup>3</sup>
Para wodna - zależnie od maksymalnego ciśnienia sprężania		
do 20 MPa - nie więcej niż	50 mg/m <sup>3</sup>	35 mg/m <sup>3</sup>
od 20 do 30 MPa - nie więcej niż	30 mg/m <sup>3</sup>	25 mg/m <sup>3</sup>
Pył	Ilości śladowe	Ilości śladowe

#### 4.4. Przygotowanie mieszaniny gazowej

Przygotowanie sztucznej mieszaniny nitroksowej zawsze sprowadza się do zmiany stosunku tlenu i azotu. W zależności od wybranej metody, można to uzyskać przez dodanie tlenu, jak i przez usunięcie azotu. Przygotowaniem mieszanin oddechowych zajmują się uprawnione osoby w wyspecjalizowanych centrach nurkowych. Czasem jednak, ze względów ekonomicznych i logistycznych, przygotowaniem takich mieszanin zajmuje się sam nurek – po odpowiednim przeszkoleniu. Posiadanie określonego sprzętu podstawowego oraz przestrzeganie zasad bezpieczeństwa umożliwi w miarę bezpieczne przygotowanie dowolnej sztucznej mieszaniny nitroksowej. Do przygotowania sztucznych mieszanin oddechowych stosuje się najczęściej następujące metody:

- metoda ciśnień parcjalnych,
- metoda wagowa,
- metoda mieszania ciągłego,
- membrany separacyjne.