

## Spis treści:

<b>Spis treści:</b> .....	<b>1</b>
<b>Wprowadzenie</b> .....	<b>3</b>
<b>Rozdział pierwszy - TLEN</b> .....	<b>4</b>
<b>„Zasada 40 procent”</b> .....	<b>5</b>
<b>Niebezpieczeństwa operacyjne</b> .....	<b>5</b>
Ogień i zapłon wewnętrzny .....	5
Zapłon wewnętrzny .....	5
Ciepło sprężania .....	6
„Wstrzelenie cząstek” .....	7
Ciepło tarcia .....	7
Iskry, wyładowania i elektryczność statyczna .....	8
Inne rodzaje zapłonu .....	8
<b>Serwis tlenowy</b> .....	<b>8</b>
Projektowanie do użycia z tlenem.....	8
Czystość tlenowa.....	9
Kompatybilność tlenowa.....	9
<b>Pytania Kontrolne</b> .....	<b>10</b>
<b>Rozdział Drugi – Czyszczenie tlenowe</b> .....	<b>11</b>
<b>Krok 1 – Kompletny demontaż wszystkich części:</b> .....	<b>11</b>
<b>Krok 2 – Inspekcja i zgrubne czyszczenie:</b> .....	<b>11</b>
<b>Krok 3 – Czyszczenie wstępne i płukanie:</b> .....	<b>12</b>
Czyszczenie wstępne – rury i przewody, których nie można rozmontować.....	12
Uwagi dotyczące czyszczenia wstępnego: .....	12
<b>Krok 4 – Czyszczenie końcowe i suszenie:</b> .....	<b>12</b>
Nie demontowalne rury i przewody: .....	13
<b>Krok 5 – Inspekcja i testowanie czystości:</b> .....	<b>13</b>
<b>Krok 6 – Montaż, pakowanie i oznaczanie:</b> .....	<b>14</b>
Czyszczenie cylindrów nurkowych:.....	14
<b>Pytania Kontrolne:</b> .....	<b>16</b>
<b>Rozdział Trzeci – Powietrze tlenowo kompatybilne</b> .....	<b>17</b>
<b>Parametry powietrza „zwykłego” – CGA Grade E:</b> .....	<b>17</b>
<b>Parametry powietrza tlenowo kompatybilnego – CGA modified Grade E:</b> .....	<b>17</b>
<b>Tlenek węgla</b> .....	<b>17</b>
<b>Analiza powietrza</b> .....	<b>18</b>
<b>Pytania kontrolne</b> .....	<b>19</b>
<b>Rozdział Czwarty – Metody mieszania gazów</b> .....	<b>20</b>

[Wpisz tekst]

<b>Obliczenia mieszanek .....</b>	<b>20</b>
<b>Metody mieszania .....</b>	<b>20</b>
Mieszanie wagowe .....	20
Metoda ciśnień parcjalnych.....	20
<b><i>Dopełnianie cylindrów bez ich opróżniania .....</i></b>	<b>22</b>
Mieszanie ciągle .....	23
Metody generacji tlenu .....	24
<b><i>PSA – pressure swing absorption .....</i></b>	<b>24</b>
<b><i>DP – differential permeability.....</i></b>	<b>25</b>
Nitrox od dostawców zewnętrznych .....	25
<b>Pytania kontrolne .....</b>	<b>26</b>
<b><i>Rozdział Piąty – Mieszanie helu .....</i></b>	<b>27</b>
<b>Heliox.....</b>	<b>27</b>
HPNS.....	27
Gazy podróżne.....	27
<b>Trimix .....</b>	<b>27</b>
Prawdziwy trimix .....	28
Trimix standardowy .....	28
Heliair.....	28
Helitrox.....	28
<b>Obliczenia zawartości na podstawie tlenu .....</b>	<b>29</b>
<b>Wykonywanie trimixu z użyciem wyłącznie analizatora tlenowego.....</b>	<b>30</b>
<b>Pytania kontrolne .....</b>	<b>32</b>
<b><i>Podsumowanie.....</i></b>	<b>33</b>
<b><i>Załączniki.....</i></b>	<b>34</b>
<b><i>Formuły Gas Blending.....</i></b>	<b>34</b>

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

## Wprowadzenie

Merlin był uważany za czarnoksiężnika ponieważ jego przenikliwa zdolność obserwacji dawała mu wgląd na to czego inni nie mogli pojąć. Wierzyli oni, że dzieje się to za sprawą magii.

Do stosunkowo niedawnych czasów mieszanie gazów było uznawane za sztukę. Tajemnice i mity otaczały praktykę. Sami mieszający robili również niewiele by oświecić innych z uwagi na wyjątkowość i wartość posiadanych zdolności, oraz ze względu na zyski.

Z powodu obalenia kilku mitów odkryjesz, że mieszanie gazów jest nauką i nie ma w tym żadnej tajemnicy.

Na przykład mieszanie *nitroxu* jest prostym zwiększaniem zawartości tlenu w powietrzu w kontrolowany, bezpieczny i możliwy do powtórzenia sposób. Wszystko co jest do tego potrzebne to odpowiedni sprzęt i wiedza.

Ten kurs zaznajomi cię z bezpiecznymi metodami mieszania gazów. Jako *gas blender* musisz znać i rozumieć fizyczne właściwości tlenu, jego różne formy i czystości, zagrożenia i specjalne reguły postępowania. Będziesz zdolny zdefiniować termin *czystość tlenowa* i wyjaśnić kiedy go stosować. W rozdziale drugim przekonasz się, że czyszczenie sprzętu używanego z tlenem jest bardzo proste, włączając w to sześć sposobów wymaganych do oznaczania rezultatów czyszczenia. W rozdziale trzecim nauczysz się czym jest *powietrze tlenowo kompatybilne* i jak je otrzymać. W rozdziale czwartym zrozumiesz pięć głównych metod otrzymywaniażądanego *nitroxu*. W ostatnim rozdziale poznasz różne metody tworzenia mieszanek z helem.

Na świecie coraz więcej nurków dostrzega korzyści nurkowania z *nitroxem*. Jednak problemem jest brak miejsc oferujących mieszanki gazowe. To tak jakby w Europie była tylko jedna stacja benzynowa obsługująca wszystkie samochody. Wszyscy chcieliby jeździć, ale zaopatrzenie w paliwo byłoby utrudnione.

Instalowanie, oraz zręczne i bezpieczne mieszanie gazów mogą wykonywać jedynie osoby z właściwym sprzętem i wiedzą. To właśnie na celu ma ten kurs.



[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

## Rozdział pierwszy - TLEN

Nie możesz zobaczyć, posmakować, ani powąchać tlenu, a jednak bez niego życie by nie istniało.

Tlen odpowiada za utlenianie. Jest to proces w którym inne substancje reagują z tlenem. Przykładem powolnego utleniania jest rdza, a szybkiego ogień.

Tlen sam w sobie nie wywołuje ognia. A jednak podtrzymuje spalanie, a w niektórych przypadkach znacznie je przyspiesza. Kombinezony z nomexu noszone przez kierowców wyścigowych chroniące ich przed płomieniami, będą się paliły całkiem łatwo po nasączeniu tlenem. Najgrubsza stal wysokiej jakości nie ma szans z płomieniami podsycanymi tlenem, takimi jak w palniku do cięcia.

Tlen jest dostępny w punktach uzupełniania gazów przemysłowych. Może mieć różne rodzaje odpowiednie do różnych celów. Zgodnie z Compressed Gas Association, która ustala normy dla gazów przemysłowych w Ameryce Północnej norma czystości dla tlenu wynosi 99,5%. Różnica w rodzajach tlenu polega na innej obsłudze i zastosowaniu.

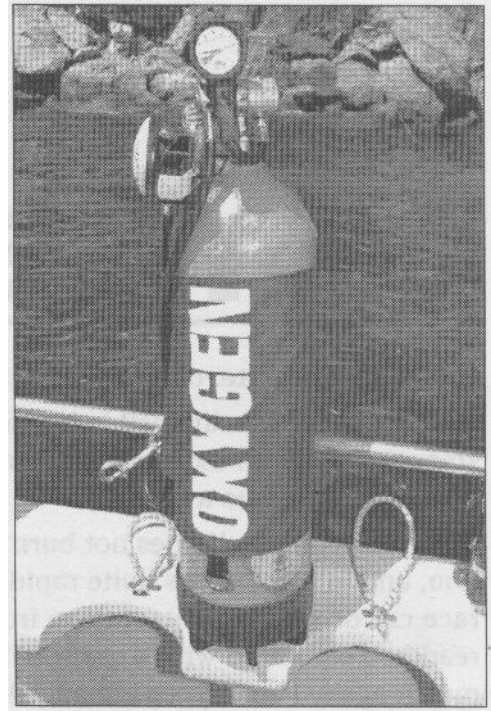
Tlen, który służy do spawania, należy do tego samego rodzaju, co tlen którym oddychamy. Różnią się one sposobem obsługi cylindrów. Butle tlenu spawalniczego są napełniane prosto i jeśli w butlach znajdą się jakieś zanieczyszczenia to pozostają tam one. Natomiast butle z tlenem do oddychania są przed ponownym napełnieniem całkowicie opróżniane, co pozwala uniknąć wszelkich zanieczyszczeń gazowych.

***Tlen spawalniczy nie powinien być używany do mieszania enriched air nitrox.***

Są dwa typy wysokociśnieniowego tlenu służącego do oddychania: USP i Lotniczy. USP (United States Pharmacopoeia) jest standardowo używany do enriched air nitrox. Przechowuje się go w zielonych cylindrach z białą górą, lub w białych cylindrach z napisem „USP” lub „medical grade oxygen”.

Typ Lotniczy od USP różni tylko większa suchość. Jest on mniej wilgotny by zapobiec zamarzaniu w rzadkim i zimnym powietrzu z którym spotykają się piloci na dużych wysokościach. Sporne jest czy ten rodzaj tlenu powinien być używany w nurkowaniach podlodowych i w szczególnie zimnych warunkach, pamiętać bowiem trzeba, że czysty tlen wysusza błony śluzowe (dlatego właśnie szpitale nawilżają tlen podawany pacjentom, którzy będą musieli przebywać pod jego wpływem dłuższy czas). Dlatego właśnie USP może być preferowany w większości nurkowych zastosowań.

Płynny tlen (LOX- liquid oxygen) może być również stosowany w niektórych mieszankach. Jest on dostarczany w niskociśnieniowych, kriogenicznych, próżniowo



[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

izolowanych pojemnikach. Te pojemniki mogą być właściwe dla operacji w których ilość miejsca jest ograniczona, niestety z powodu niskiego ciśnienia płynnego tlenu (około 9 bar) potrzebne jest użycie „booster pump” jeśli ma on być użyty do mieszania opartego na ciśnieniu parcjalnym. Poza tym ulatnia się on w stosunku 1,5% na dzień.

Innym źródłem tlenu jest możliwość wytworzenia go samemu. W rozdziale „metody mieszania gazów” tego podręcznika odkrywamy obie *pressure swing absorption system* i *membrane system*.

W Ameryce Północnej, wszystkie duże butle z tlenem mają zawór typu 540 CGA. Mniejsze butle typu ratunkowego mają zawory typu *medical post*, istnieją do nich zawory umożliwiające przekształcenie z *medical post* w 540 CGA. Standardy odnoszące się do zaworów są różne w zależności od krajów.

## „Zasada 40 procent”

Właściwie bardziej wskazówka niż zasada, 40 procentowe pytanie brzmi:

### „Przy jakim stężeniu gaz staje się niebezpieczny w użyciu?”

Historycznie, przemysł nurkowy traktował tlen o stężeniu do 40 procentów jak powietrze, a każde stężenie powyżej 40 procent jak czysty tlen.

Organizacje które ustalają normy i reguły jak National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) i Occupational Safety and Health Administration uznają tą wskazówkę. Zważywszy na to jak dużo enriched air nitrox wykonuje się stosując tą wskazówkę ma ona często godny pozazdroszczenia zapas bezpieczeństwa.

Interesujące jest, że ludzie którzy powinni wiedzieć lepiej będą dyskutować nad tym zagadnieniem nie biorąc pod uwagę ciśnieniowych i temperaturowych aspektów wyrównania. Nawet czysty tlen stwarza pewne ryzyko jeśli używany jest pod niskim ciśnieniem i temperaturą. Przeciwnie, sam tlen zawarty w powietrzu pod wysokim ciśnieniem i w wysokiej temperaturze spowoduje duże zniszczenia.

W tym podręczniku odkrywamy stężenia tlenu, ciśnienia i temperatury, sprzęt, przepływ, zanieczyszczenie, komponenty zgodne z tlenem i procedury postępowania, oraz jaka jest rola poszczególnych części w świecie enriched air blending.

## Niebezpieczeństwa operacyjne

### Ogień i zapłon wewnętrzny

Ogień jest rezultatem zapłonu. Zapłon jest reakcją fizykochemiczną uwalniającą energię, która jest wystarczająca do rozpoczęcia spalania. Ponieważ tlen wspomaga spalanie – zwiększanie ilości tlenu powodować będzie zwiększanie intensywności ognia.

### Zapłon wewnętrzny

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

Zapłon wewnętrzny jest gwałtownym pożarem wytwarzającym wystarczającą ilość ciepła do stopienia i otwarcia instalacji ciśnieniowej – co w wyniku skutkuje gwałtownym rozprężeniem wybuchowym.

Ogień potrzebuje do swojego istnienia trzech rzeczy: paliwa, utleniacza i źródła zapłonu. Najlepszą drogą do zapobiegania pożaru jest usunięcie jednego z boków tego „trójkąta ognia”. Ponieważ jednak wykonujemy mieszanki oddechowe z użyciem tlenu – nie możemy usunąć utleniacza, lecz możemy zminimalizować ilość paliwa jak również usunąć źródła zapłonu, bez których wystąpienie ognia nie jest możliwe.

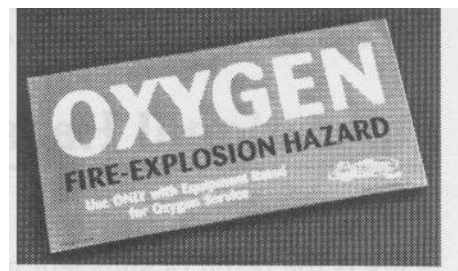
Są cztery podstawowe źródła zapłonu z którymi mamy styczność podczas procesów mieszania gazów i są to:

- Ciepło sprężania,
- „Wstrzelenie cząstek”,
- Ciepło tarcia,
- Iskry, wyładowania i elektryczność statyczna.

### Ciepło sprężania

Ciepło sprężania jest to ciepło wytwarzane w czasie sprężania gazów od niskiego ciśnienia do wysokiego.

Kiedy w krótkim odcinku rury gwałtownie zwiększymy ciśnienie może wytworzyć się tak duża ilość ciepła, że gaz w nim zawarty podgrzeje się nawet do ponad 800<sup>0</sup>C. Może się tak stać, gdy na przykład zbyt szybko otworzymy zawór w zbiorniku pod dużym ciśnieniem przyłączonym do instalacji kaskadowej, a pozostałe cylindry w tej instalacji będą miały zawory zamknięte. Spowoduje to gwałtowny wzrost ciśnienia w całej instalacji, a co za tym idzie wytworzenie znacznej ilości ciepła, która może być wystarczająca do zapłonu np. uszczelnień. Jeżeli gaz będzie bogaty w tlen – przykładowo będzie to nitrox, to duża ilość utleniacza może doprowadzić do pożaru wewnętrznego i dalej do rozerwania instalacji. Przy takiej reakcji nawet materiały trudnopalne jak teflon czy stal nierdzewna – palą się jak sucha słoma.



Ponieważ istnieje możliwość generacji dużych ilości ciepła na końcach rur w instalacji do mieszania gazów – dobrym rozwiązaniem jest aby ostatnie 15 cm każdej instalacji było wykonane ze stali nierdzewnej. Wszystkie rury powinny być wykonane z materiałów tlenowo kompatybilnych takich jak monel, mosiądz czy stal nierdzewna o przekrojach odpowiednich do planowanych w instalacji ciśnień i temperatur.

Jeżeli to możliwe, to instalacja do wzbogaconego w tlen powietrza powinna zawierać zawory regulacyjne zamiast zwykłych. Zawory kulowe nie są dopuszczone do stosowania z instalacjami o zwiększonej zawartości tlenu. Wszystkie zawory powinny być kompatybilne tlenowo.

*Zrób miejsce ciśnieniu.* Otwórz najpierw zawór w zbiorniku odbiorczym przed otwarciem zaworu w instalacji zasilającej. Zawsze otwieraj zawory powoli. Bądź ostrożny w instalowaniu manometrów blisko miejsc mogących podlegać gwałtownemu wzrostowi

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

ciśnienia. Ponieważ manometry są trudne do wyczyszczenia tlenowego i zawsze mogą zawierać jakieś zanieczyszczenia – są potencjalnym miejscem zapłonu. Pamiętaj o najważniejszej zasadzie gas blendera:

### ***Otwieraj wszystkie zawory powoli.***

Jest to łatwe do zapamiętania, lecz czasem trudne do spełnienia – zawory w dużych cylindrach mają tendencję do zacinania się i następnie do gwałtownego otwarcia, bez względu na to jak bardzo uważasz.

### **„Wstrzelenie cząstek”**

Wstrzelenie cząstek powoduje wytworzenie ciepła przez cząstkę uderzającą w jakiś materiał z wystarczającą szybkością do zapłonu tej cząstki i / lub materiału. Podczas uderzenia energia kinetyczna cząstki zamienia się w ciepło.

Zjawisko to zachodzi, gdy punkt uderzenia jest bliższy niż 10-krotność średnicy przepływu lub zwężenia lub punktu skoku ciśnienia. Oznacza to, że na przykład gaz przepływający pod dużym ciśnieniem przez średnicę 6mm może spowodować zapłon, jeżeli punkt kontaktowy – na przykład częściowo zamknięty zawór – będzie w odległości mniejszej niż 6cm od dyszy.

Szybkość konieczna do tego wynosi co najmniej 46 metrów na sekundę. Bądź ostrożny, gdy słyszysz wysoki dźwięk przy otwieraniu zaworu. Ten dźwięk oznacza, że szybkość przepływającego gazu zbliża się do szybkości dźwięku – 338 metrów na sekundę. Projektując instalację eliminujemy możliwość zachodzenia zjawisk związanych z wstrzeliwaniem cząstek przez:

- używanie odpowiednich materiałów. Niektóre z nich – tak jak aluminium czy tytan nie są dopuszczalne w takich rejonach. Zastosuj monel lub mosiądz,
- używaj filtry ograniczające cząsteczki w gazach. Stosuj odpowiednie typy filtrów i odpowiednie miejsca ich instalacji – zgodnie z zaleceniami ich producentów,
- Uważaj na powstawanie cząstek w czasie montażu instalacji. Sprawdzaj pozostałości materiałów instalacyjnych jak taśmy teflonowe, uszczelnienia i inne zanieczyszczenia. Po zakończonym montażu dokonaj czyszczenia tlenowego instalacji,
- przepłukuj instalację gazem inertnym przed podłączeniem do niej cylindrów,
- przepłukuj instalację gazem inertnym pod dużym ciśnieniem po jej montażu a przed pierwszym użyciem.

### **Ciepło tarcia**

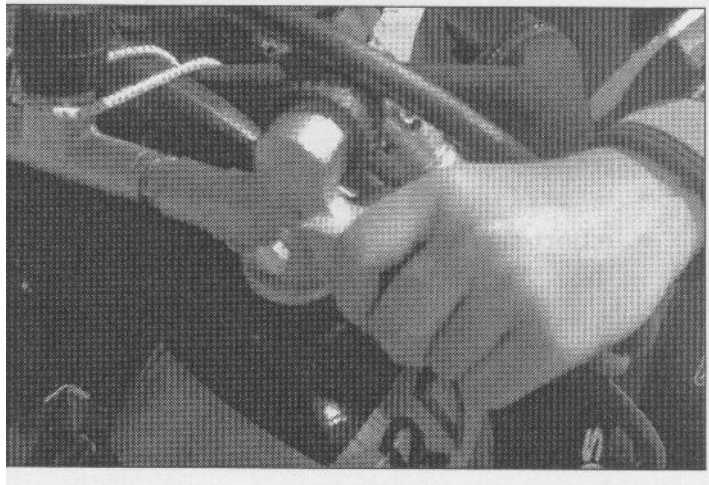
Ciepło tarcia jest skoncentrowanym ciepłem wytwarzanym w czasie procesów tarcia materiałów o siebie. Ta sytuacja często występuje na przykład przy zużytych zaworach, gdzie gaz ucieka przez uszczelnienia nylonowe. Jeśli tym gazem jest tlen lub nitrox – może on się zapalić. Aby temu zapobiegać należy:

- dokonywać częstej inspekcji zaworów,
- sprawdzać uszczelnienia pod co najmniej 10-krotnym powiększeniem poszukując wszelkich włókien, nieregularności itp.,
- w razie wątpliwości – wymienić,

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

- słuchać odgłosów uciekających gazów,
- instruować innych aby ostrożnie obchodzili się z zaworami,
- często sprawdzać wycieki gazów z zaworów cylindrów zarówno z mechanizmu zaworu jak i z miejsca wkręcenia zaworu do cylindra.



### Iskry, wyładowania i elektryczność statyczna

Iskry, wyładowania i elektryczność statyczna powodują zapłon w bogatym w tlen środowisku. Mogą one powstawać w zasilanych elektrycznie systemach jak i poprzez ładunki statyczne.

***Upewnij się, że cała instalacja jest prawidłowo uziemiona.***

### Inne rodzaje zapłonu

*Uderzenia mechaniczne.* Na przykład „klekotanie” zaworów powodowane przez ich zamykanie i otwieranie elektromagnesami lub innymi siłownikami. Przykładowo: jeżeli automatyka jest ustawiona na zawartość tlenu 50% a aktualna zawartość wynosi 49,9% to zawór może być szybko otwierany i zamykany.

*Zjawiska termiczne.* Przykładem jest zapłon oleju smarownego w sprężarkach przy ich przegrzaniu.

*Zjawiska chemiczne.* Przykładem jest zapłon w wieżach filtracyjnych.

### Serwis tlenowy

Każdy system ciśnieniowy, w którym znajduje się gaz o zawartości tlenu ponad 40% musi być serwisowany tlenowo. Oznacza to, że system taki musi być:

- Zaprojektowany do użycia z tlenem
- Tlenowo czysty
- Tlenowo kompatybilny

### Projektowanie do użycia z tlenem

Musisz zwrócić szczególną uwagę na wszelkie zagadnienia pracy z tlenem, szczególnie w stanach wysokich ciśnień i temperatur. Projektowanie musi ograniczyć możliwości generacji ciepła, wstrzeliwania cząstek i akumulacji zanieczyszczeń. W skład tych zagadnień wchodzi:

[Wpisz tekst]



[Wpisz tekst]

- stosowanie zaworów metrycznych zamiast dwustanowych,
- wolne otwieranie zaworów,
- stosowanie blokad jednokierunkowego przepływu,
- używanie elementów tlenowo kompatybilnych,
- łatwość czyszczenia tlenowego i testowania,
- stosowanie na końcach instalacji stali nierdzewnej,
- stosowanie filtrów przed elementami w których występuje przepływ gazów z dużą szybkością,
- instalowanie manometrów w miejscach chronionych

Także źródło ciśnienia (sprężarka) musi być dobierana pod względem kompatybilności tlenowej. Wymagane jest stosowanie i częsta konserwacja filtrów powietrza.

### Czystość tlenowa

Czystość tlenowa jest stanem weryfikowalnej nieobecności wszelkich zanieczyszczeń takich jak włókna, oleje, smary itp.

Weryfikowalna nieobecność oznacza, że przy użyciu odpowiednich narzędzi kontrolnych zanieczyszczenia te nie są stwierdzane lub są stwierdzane w ilościach mniejszych niż dopuszczalne.

### Kompatybilność tlenowa

Kompatybilność materiałowa zachodzi wtedy, gdy dany materiał może współistnieć z tlenem o dużej koncentracji bez potencjalnego niebezpieczeństwa zapłonu w stanie maksymalnego ciśnienia operacyjnego i temperatury.

Niektóre materiały jak na przykład zwykle gumowe O-ringi mogą być stosowane w atmosferze tlenu o niskim jego stężeniu lecz nie mogą być stosowane przy wysokich jego stężeniach. Przykładem mogą być automaty oddechowe. W pierwszym stopniu, który ma ciśnienie kontrolne ponad 200 bar musisz użyć O-ringi z Vitonu lub EPDM jeśli ma on być używany z nitroxem. W drugim stopniu, przy pośrednim ciśnieniu (około 10 bar) zwykle O-ringi mogą być kompatybilne.

Innym przykładem jest neopren, który zapala się samoczynnie przy 180<sup>0</sup>C w atmosferze zawierającej 32-35% tlenu o ciśnieniu 100 bar, podczas gdy Viton przy tym samym ciśnieniu 100 bar potrzebuje do samozapłonu temperatury 300<sup>0</sup>C i atmosfery 56-100% tlenu.

Wszelkie smary muszą być wolne od hydrokarbonów i silikonów.

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

## Pytania Kontrolne

1. Podaj trzy właściwości fizyczne tlenu.
2. Podaj cztery główne typy tlenu.
3. Podaj trzy główne źródła tlenu.
4. Jaki jest standard czystości tlenu zgodnie z CGA?
5. Co to jest „zasada 40%” i jakie są zagadnienia związane z użyciem tlenu o większej koncentracji niż 40%?
6. Jakie są trzy rzeczy niezbędne do zaistnienia ognia?
7. Podaj cztery główne źródła zapłonu.
8. Co to jest ciepło sprężania i jak mu zapobiegać?
9. Co to jest wstrzelenie cząstek i jak mu zapobiegać?
10. Co to jest ciepło tarcia i jak mu zapobiegać?
11. Z jakich trzech komponentów składa się czystość tlenowa?
12. Co to jest czyszczenie tlenowe?
13. Jakie osiem elementów musisz wziąć pod uwagę przy ocenie, czy dany system można używać z tlenem?
14. Co to jest kompatybilność tlenowa?
15. Jakie typy smarów możesz używać w czystości tlenowej?

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

## Rozdział Drugi – Czyszczenie tlenowe

Każdy Gas Blender musi wiedzieć jak wyczyścić tlenowo system mieszania gazów oraz wszelki sprzęt, który będzie używał, włączając w to rury, cylindry i zawory.

- Aby prawidłowo wyczyścić części i urządzenia niezbędny będzie dostęp do bieżącej wody i elektryczności oraz miejsce o dobrej wentylacji.
- Zawsze należy przestrzegać zaleceń producentów sprzętu używanego do czyszczenia jak i sprzętu czyszczonego.
- Należy bezwzględnie przestrzegać zaleceń dotyczących mieszania ze sobą środków używanych w procesie czyszczenia.
- Każdorazowo i przez cały czas czyszczenia musi być stosowany odpowiedni sprzęt ochronny.
- Dla początkowego demontażu nie ma konkretnych zaleceń, ale po czyszczeniu wstępnym niezbędne jest posiadanie miejsca czystego od pyłu i innych zanieczyszczeń atmosferycznych.
- Aby prawidłowo czyścić tlenowo nie jest dopuszczalna droga na skróty podczas żadnego z sześciu etapów czyszczenia:
  1. kompletny demontaż wszystkich części,
  2. inspekcja i zgrubne czyszczenie,
  3. czyszczenie wstępne i płukanie,
  4. inspekcja i test czystości
  5. montaż, pakowanie i oznaczanie.

### Krok 1 – Kompletny demontaż wszystkich części:

- rozmontuj wszystkie elementy na części składowe,
- aby nie uszkodzić elementów – stosuj odpowiednie narzędzia i techniki demontażu,
- stosuj małe pudełka aby uniknąć zagubienia drobnych części.

### Krok 2 – Inspekcja i zgrubne czyszczenie:

- każdy element musi zostać oceniony pod względem:
  1. kompatybilności tlenowej,
  2. korozji,
  3. zużycia,
  4. innych zanieczyszczeń,
- oczyść szczotką każdy element. Szczotka musi być dość twarda i niemetaliczna,
- może być niezbędne moczenie części w słabo alkalicznych płynach jak ocet winny do rozpuszczenia niektórych zanieczyszczeń. Jeśli tak, sprawdź, czy dany materiał może być w ten sposób czyszczony,
- zastosowanie myjki ultradźwiękowej przyspiesza proces czyszczenia,
- w wyniku wszystkie części powinny być wolne od widocznych zanieczyszczeń czy to organicznych, czy nieorganicznych,



[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

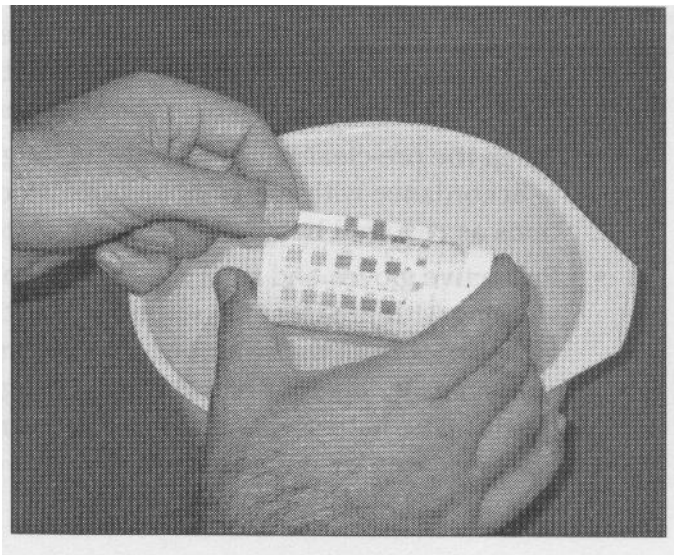
- po zakończonym czyszczeniu zgrubnym opłukaj wszystkie części pod bieżącą wodą i natychmiast rozpocznij ich czyszczenie wstępne.

### Krok 3 – Czyszczenie wstępne i płukanie:

- czyszczenie wstępne ma zadanie usunąć pozostałe zanieczyszczenia za pomocą odpowiednich środków czyszczących,
- przykładowymi środkami czyszczącymi są:
  1. 1.1.1-trichloroetan (nie mylić ze środkiem pod nazwą „tri”),
  2. MDA SD-13 w stężeniu 15:1 z wodą
- usuwanie zanieczyszczeń polega na moczeniu w środku czyszczącym (lub polewaniu) i czyszczeniu odpowiednio twardą szczotką niemetaliczną,
- myjka ultradźwiękowa jest bardzo dobrym rozwiązaniem,
- po zakończonym czyszczeniu wstępnym – wszystkie elementy powinny być dobrze wypłukane pod bieżącą wodą.

### Czyszczenie wstępne – rury i przewody, których nie można rozmontować.

- stosuj pompy do płukania środkiem myjącym,
- minimalny przepływ to 3 litry na minutę. Wiele pomp spełnia te warunki – na przykład pompy akwariowe,
- płukanie musi trwać co najmniej 15 minut,
- po użyciu środka myjącego – użyj do dalszego płukania czystej wody przez kolejne 15 minut.



### Uwagi dotyczące czyszczenia wstępnego:

- wszystkie elementy organiczne bazują na węglu i podczas czyszczenia naszym głównym zadaniem jest usunięcie węgla. Niektóre środki czyszczące mogą pozostawiać śladowe ilości związków organicznych, dlatego też poza fazą czyszczenia wstępnego nie mogą być stosowane,
- kwasy i zasady nie mogą być mieszane. Dlatego też należy pamiętać o bardzo dokładnym płukaniu, szczególnie w sytuacji gdy w czyszczeniu zgrubnym stosowano środki kwasowe, a w czyszczeniu wstępnym mają być stosowane środki zasadowe,
- dbaj o środowisko. Stosuj przede wszystkim środki biodegradowalne.,
- środki czyszczące brudzą się także. Często je zmieniaj,
- stosuj odpowiednie metody utylizacji zużytych środków chemicznych,
- stosuj sprzęt ochronny. Po pierwsze on chroni ciebie, ale także chroni wyczyszczone elementy przez zanieczyszczeniami przenoszonymi na twoich dłoniach.

### Krok 4 – Czyszczenie końcowe i suszenie:

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

- do czyszczenia końcowego stosujemy środki nieorganiczne – na przykład kaustyczne.
- pamiętaj o odpowiedniej temperaturze – około 70<sup>0</sup>C, i stężeniu zgodnym z instrukcją producenta środka czyszczącego,
- najlepszym rozwiązaniem jest stosowanie myjki ultradźwiękowej,
- gdy element jest wyczyszczony – wypłukaj go dokładnie pod bieżącą wodą,
- wysusz go powietrzem tlenowo kompatybilnym lub suchym azotem. (Bezwodny – suchy – azot jest dostępny u lokalnych dostawców gazów technicznych).

### Nie demontowalne rury i przewody:

- płukaj środkiem czyszczącym przez conajmniej 30 minut,
- następnie płukaj czystą wodą kolejne 30 minut,
- na zakończenie sprawdzaj wodę paskami pomiarowymi pH. Pasek powinien pokazywać wartość mniejszą niż 8.
- po upewnieniu się, że wszelkie związki kaustyczne zostały wypłukane – wysusz instalację za pomocą suchego azotu. Kontrola „suchości” za pomocą bibuły przytkniętej do wylotu instalacji.

### Krok 5 – Inspekcja i testowanie czystości:

- Po wyczyszczeniu elementów powinny one być skontrolowane – czy zostały właściwie wyczyszczone. Służy do tego sześć testów:
  1. test pH,
  2. test światła białego,
  3. test światła ultrafioletowego,
  4. test „zrywania wody”,
  5. test wstrząsania,
  6. test wycierania.

**Test pH:** Test ten określa, czy usunięte zostały wszelkie związki kwasowe lub zasadowe jakie mogły pozostać po płukaniu,

- sprawdź paskiem pH wodę na koniec ostatniego płukania,
- pasek powinien pokazywać co najwyżej 8 – w przeciwnym przypadku kontynuuj płukanie.

**Test światła białego:** zwykle białe światło używane jest do wizualnej inspekcji zanieczyszczeń większych niż około 50 mikronów.

- oświetl element lampą o mocy 60-100 W i dokładnie oglądaj,
- nie powinno być widać żadnych zanieczyszczeń – jeśli są – powtórz czyszczenie.

**Test światła ultrafioletowego:** niektóre zanieczyszczenia świecą w świetle ultrafioletowym (długość fali 3600 do 3900 angstroemów).

- niektóre związki niemetaliczne fluoryzują, lecz większość olejów syntetycznych nie fluoryzuje,
- jakakolwiek fluoryzacja powoduje konieczność ponownego czyszczenia,
- jeśli masz wątpliwości – wyczyść ponownie.

**Test „zrywania wody”:** test ten jest stosowany do wykrycia pozostałości silikonu, olejów lub smarów.

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

- zwilż czystą wodą powierzchnię badaną za pomocą atomizera,
- woda powinna uformować ciągłą cienką warstwę i utrzymywać się przez kilka sekund,
- jeśli woda formuje się w drobne kropelki – oznacza to istnienie zanieczyszczeń.

**Test wstrząsania:** jest stosowany do określenia czy wszystkie pozostałości środków czyszczących zostały usunięte.

- weź czysty zbiornik o pojemności około 0.5 litra,
- wypełnij go wodą z ostatniego płukania do około połowy pojemności,
- wstrząśnij go gwałtownie przez około 5 sekund,
- pozostaw go na 5 minut,
- jeśli po 5 minutach pozostały jeszcze bąble powietrza – w wodzie są jeszcze pozostałości środków czyszczących.

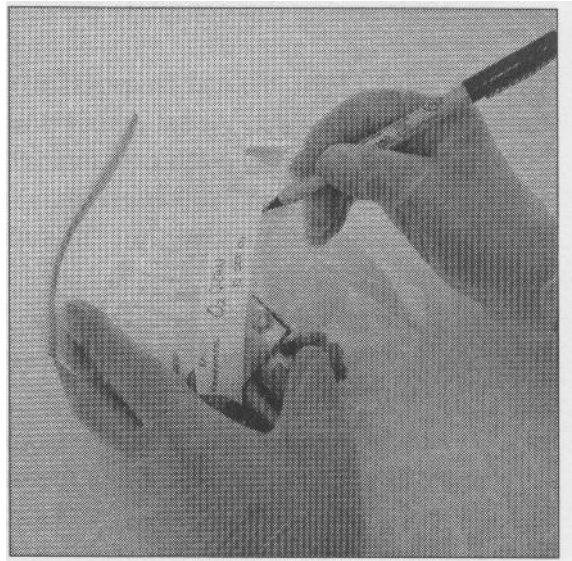
**Test wycierania:** jest stosowany do zbadania czy są jeszcze jakieś nieusunięte zanieczyszczenia. Zwykle stosuje się go do sprawdzania wnętrza cylindrów.

- przetrzyj badany obszar jednokrotnie, w jednym kierunku czystą, bezwłóknową tkaniną lub ściereczką do obiektywów,
- zbadaj ściereczkę pod światłem białym i ultrafioletowym.

## Krok 6 – Montaż, pakowanie i oznaczanie:

Po zakończeniu czyszczenia tlenowego – sprzęt powinien być zmontowany powrotnie. Podczas montażu:

- używaj tylko kompatybilnych tlenowo elementów zastępujących niekompatybilne – na przykład O-ringi,
- używaj smarów tlenowo kompatybilnych – Christolube,
- tam gdzie wymagane – stosuj taśmy teflonowe dobrej jakości. Aby uniknąć pozostałości taśmy wewnątrz połączenia – nie owijaj dwóch zewnętrznych zwojów gwintu,
- uważaj aby nie zanieczyścić elementów podczas montażu, używaj gumowych rękawiczek i narzędzi tlenowo czystych,
- jeżeli wyczyszczone urządzenie nie ma być natychmiastowo użyte – powinno być odpowiednio zapakowane. Umieść wyczyszczone urządzenie w worku plastikowym, zamknij go i oznacz datą czyszczenia.
- każdy proces czyszczenia zapisuj w książce serwisowej.
- proces czyszczenia powinien odbywać się w miarę potrzeb, nie rzadziej jednak niż corocznie.

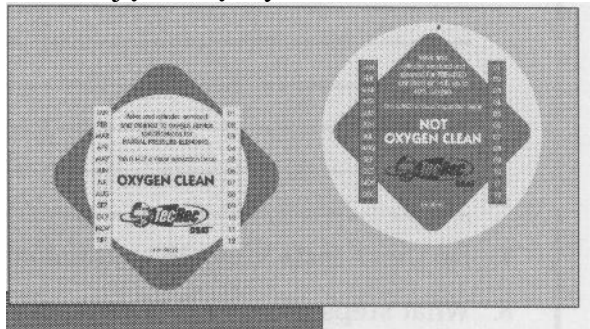


## Czyszczenie cylindrów nurkowych:

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

- ponieważ cylindry są zbyt duże by je zanurzać w środku czyszczącym – środek nalewamy do wnętrza cylindra,
- przewracamy i potrząsamy cylindrem ze środkiem czyszczącym wewnątrz przez conajmniej 30 minut – po czym płukaj wielokrotnie,
- uważaj i chroń gwint do wkręcania zaworu,
- aby zapobiec ponownemu zanieczyszczeniu cylindra upewnij się, że źródło światła używane do kontroli wnętrza cylindra jest tlenowo czyste,
- po zakończeniu czyszczenia – odwróć cylinder gniazdem zaworu w dół i wypełnij do powietrzem tlenowo czystym lub suchym azotem,
- do cylindrów stalowych – stosuj nieorganiczne inhibitory korozji,
- po zakończeniu czyszczenia cylinder musi być prawidłowo oznakowany: nalepka „Oxygen Clean” zawierająca datę czyszczenia.



[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

### Pytania Kontrolne:

1. Podaj i opisz sześć kroków czyszczenia tlenowego.
2. Jakie jest zadanie czyszczenia zgrubnego?
3. Dlaczego nie możesz stosować razem niektórych środków w czyszczeniu wstępnym i końcowym?
4. Czystość tlenowa badana jest przez sześć testów. Jakich?
5. Czy te testy badają istnienie czy nie istnienie zanieczyszczeń?
6. Co musi być zrobione w przypadku negatywnego wyniku testu?
7. Jakie oznaczenie musi mieć cylinder tlenowo czysty?
8. Jak długo musi przepływać środek czyszczący w rurach i przewodach i jak długo należy je płukać?

[Wpisz tekst]



[Wpisz tekst]

## Rozdział Trzeci – Powietrze tlenowo kompatybilne

Każdy system mieszania gazów wymaga źródła sprężonego powietrza. Powietrze zwykle stosowane w nurkowaniu spełnia zwykle normy czystości. Określane są one często jako zgodne z normą CGA Grade E. Powietrze tego typu nie spełnia jednak wymagań stawianych w systemach z czystością tlenową, przede wszystkim z powodu zawartości węglowodorów. Powietrzem tlenowo kompatybilnym jest powietrze spełniające normę nazywaną CGA modified Grade E.

### Parametry powietrza „zwykłego” – CGA Grade E:

- zawartość tlenu - 20 do 22%
- zawartość węglowodorów (olej) - 5.0 mg / m<sup>3</sup>
- zawartość dwutlenku węgla - 500 ppm
- zawartość tlenku węgla - 10 ppm
- zapach - niewyczuwalny
- węglowodory gazowe - 25 ppm

### Parametry powietrza tlenowo kompatybilnego – CGA modified Grade E:

- zawartość tlenu - 20 do 22%
- zawartość węglowodorów (olej) - 0,1 mg / m<sup>3</sup>
- zawartość dwutlenku węgla - 500 ppm
- zawartość tlenku węgla - 2 ppm
- zapach - niewyczuwalny
- węglowodory gazowe - 25 ppm

Niektóre zagadnienia związane z zawartością oleju w powietrzu:

- typ kompresora
- zużycie elementów
- złe warunki pracy
- zła konserwacja
- złe odwodnienie międzystopniowe
- brak filtrów kondensacyjnych
- zła obsługa filtrów
- zbyt wysoka temperatura

## Tlenek węgla

Tlenek węgla powstaje w wyniku niecałkowitego spalania. W stężeniu większym niż dozwolone jest gazem śmiertelnie trującym. Jego źródłem mogą być na przykład spaliny z silnika napędzającego sprężarkę.

Innym źródłem tlenku węgla może być przegrzanie oleju w sprężarce. Olej taki zaczyna się miejscowo spalać produkując między innymi tlenek węgla. Powodami takiego spalania mogą być:

- ograniczenie wlotu powietrza do pierwszego stopnia sprężarki,
- nieszczelności międzystopniowe,
- zbyt niski poziom oleju,
- zanieczyszczony olej,
- zły typ oleju,
- zanieczyszczona sprężarka,

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

- brak prawidłowej cyrkulacji powietrza,
- brak cyrkulacji w układzie chłodzenia sprężarki.

Rozważ zainstalowanie specjalnych filtrów zawierających katalizatory na bazie manganu, które utleniają tlenek węgla do mniej niebezpiecznego dwutlenku węgla.

Rada na problemy z tlenkiem węgla jest prosta: dostarczaj czyste i wstępnie odfiltrowane powietrze do dobrze serwisowanej sprężarki posiadającej dobre chłodzenie, systemy filtrowania międzystopniowego i odwadniania oraz dbaj o jakość filtrów.

### **Analiza powietrza**

Dla systemów dostarczających powietrze kompatybilne tlenowo analiza jego składu musi być wykonywana conajmniej 4 razy w roku – lub częściej w zależności od potrzeby, którą może być na przykład jakikolwiek remont sprężarki mogący mieć wpływ na jakość powietrza.

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

### Pytania kontrolne

1. Co to jest powietrze kompatybilne tlenowe?
2. Dlaczego należy stosować powietrze kompatybilne tlenowe?
3. Czy powietrze klasy CGA Grade E jest kompatybilne tlenowe?
4. Podaj osiem powodów powstawania tlenku węgla w sprężarce?
5. Jakie związki chemiczne zamieniają tlenek węgla na dwutlenek węgla?
6. Jak często należy analizować powietrze tlenowo kompatybilne?

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

## Rozdział Czwarty – Metody mieszania gazów

### Obliczenia mieszanek

Niezależnie od metod mieszania, wiedza o tym ile dodać tlenu jest bazą do sukcesu w tej dziedzinie. W załączniku znajdziesz łatwe do użycia tabele jak i wzory wymagane do obliczeń w zależności od metody mieszania i warunków wstępnych – jak to czy rozpoczynasz z pustym cylindrem, czy z częściowo pełnym.

Musisz jednak pamiętać, że każdy błąd w obliczeniach prowadzi do nieprawidłowo wykonanej mieszanki. Z powodu wagi obliczeń, większość stacji gas blendingu stosuje programy komputerowe specjalnie zaprojektowane w tym celu.

W oprogramowaniu tym po prostu wprowadzasz dane takie jak składy mieszanek, objętości, ciśnienia i otrzymujesz wszystkie niezbędne do wykonania mieszanki wyniki. Szybkie i dokładne obliczenia komputerowe eliminują potencjalne błędy.

### Metody mieszania

Jest pięć podstawowych metod mieszania gazów:

- mieszanie wagowe,
- mieszanie przy użyciu metody ciśnień parcjalnych,
- mieszanie z ciągłym przepływem,
- metody generacji tlenu,
- dostawa od producenta

Wybór najlepszej metody zależy od okoliczności. Jeżeli tlen jest trudno dostępny lub go brak – a wymagane są duże stężenia tlenu, jak na przykład do rebreatherów – wybór będzie ograniczony do metody PSA – pressure swing absorption oraz mieszania parcjального. Jeżeli w tej samej lokalizacji nie potrzeba mieszanek o zawartości tlenu ponad 40% - rozwiązaniem może być system membranowy. Wniosek z tego – dwie różne aktywności nurkowe w tej samej lokalizacji mogą wymagać różnych metod otrzymywania mieszanek.

### Mieszanie wagowe

Duże organizacja (jak NOAA) zużywając duże ilości nitroxi przy niektórych projektach mogą mieszać go w dużych porcjach metodą wagową. Naukowcy określili wagę poszczególnych gazów składowych, więc za pomocą odpowiednich urządzeń można ważyć mieszankę podczas dodawania gazów aby otrzymać właściwy gaz wynikowy.

Ponieważ w tej metodzie brak jest turbulencji w mieszanym gazie – potrzeba minimum 6 godzin od zakończenia procesu mieszania, aby cząsteczki gazów na drodze migracji molekularnej wymieszały się ze sobą i powstała mieszanka homogeniczna. Dopiero po tym czasie można dokonać poprawnej analizy mieszanki.

Mieszanie metodą wagową jest właściwym rozwiązaniem przy mieszaniu bardzo dużych ilości konkretnej mieszanki. Niestety nie jest to praktyczne rozwiązanie dla nurkowania rekreacyjnego.

### Metoda ciśnień parcjalnych

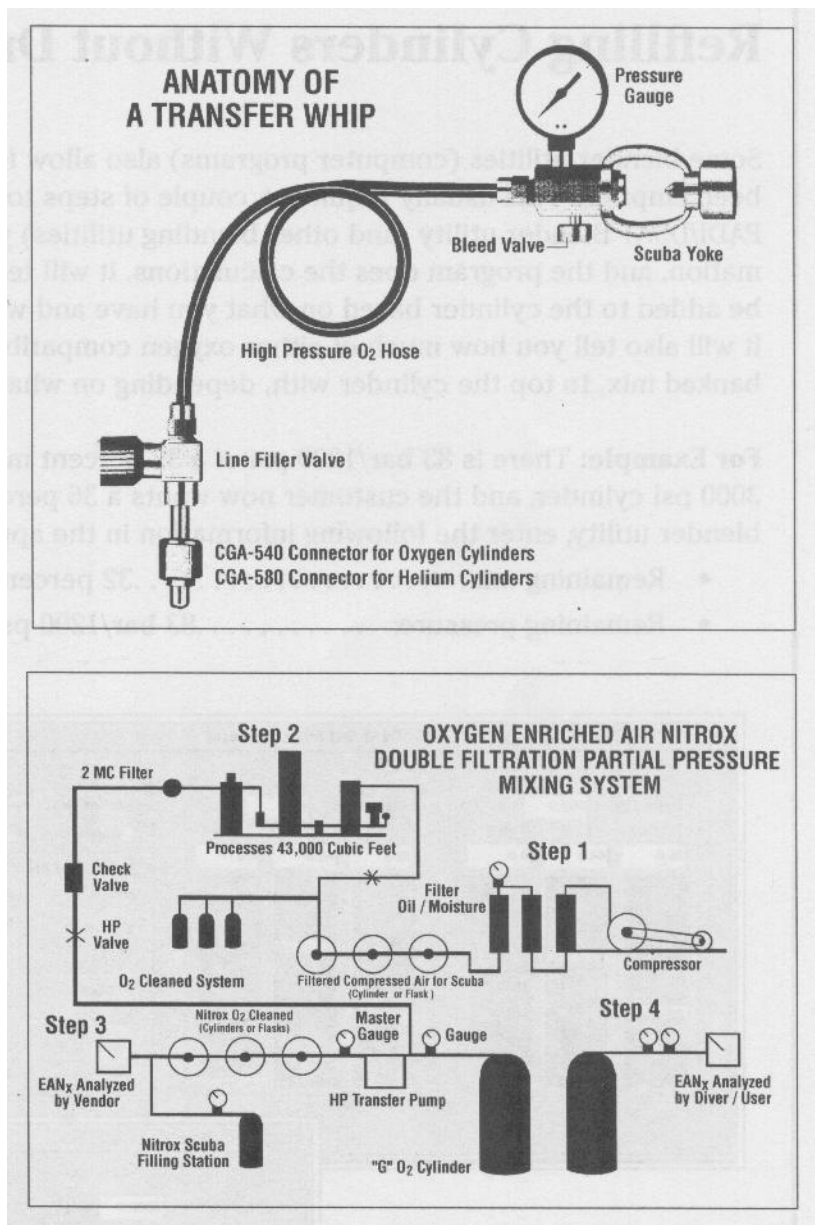
[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

Mieszanie metodą ciśnień parcyjnych jest prawdopodobnie najłatwiejszą metodą otrzymywania mieszanek gazów. Wykonuje się ją przez dodanie czystego tlenu do pustego zbiornika a następnie dopełnienie go do ciśnienia roboczego powietrzem kompatybilnym tlenowo.

Na przykład: dodanie 28 bar tlenu do pustego zbiornika a następnie dopełnienie go do ciśnienia 200 bar powietrzem tlenowo kompatybilnym da w wyniku nitrox EANx32. (zobacz w załączniku – tabele do metody ciśnień parcyjnych – jak obliczyć te ilości).

Sprzęt stosowany do tej metody jest bardzo różny – od prostych węży do przetaczania (trans-fill whip) do skomplikowanych systemów z dużymi zestawami cylindrów transferowych.



Nie trzeba chyba dodawać, że wszystko to co styka się gazami o zawartości tlenu przekraczającej 40% wymaga czystości tlenowej.

Podczas mieszania metodą ciśnień parcyjnych bezpośrednio do cylindra docelowego przy użyciu węża do przetaczania jest trudno utrzymać stan czystości tlenowej. Każde zanieczyszczenie, jakie może pozostać w takiej instalacji jest potencjalną przyczyną zagrożenia. Zanieczyszczeniami takimi mogą być: napełnienie w przeszłości z użyciem zwykłego powietrza lub zaolejony palec dotykający gniazda zaworu na cylindrze.

Z tego powodu, mieszanie metodą ciśnień parcyjnych z użyciem węża do przetaczania bezpośrednio do cylindrów docelowych jest najmniej akceptowalną praktyką, jakkolwiek najpowszechniejszą.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa mieszania gazów – cylinder klienta musi być tlenowo wyczyszczony i pozostawać w stanie czystości tlenowej. Ty jako Gas Blender nie

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

masz możliwości kontroli cylindra po opuszczeniu miejsca napełniania. Skąd możesz wiedzieć, że cylinder jest nadal tlenowo czysty jak wróci do ciebie?

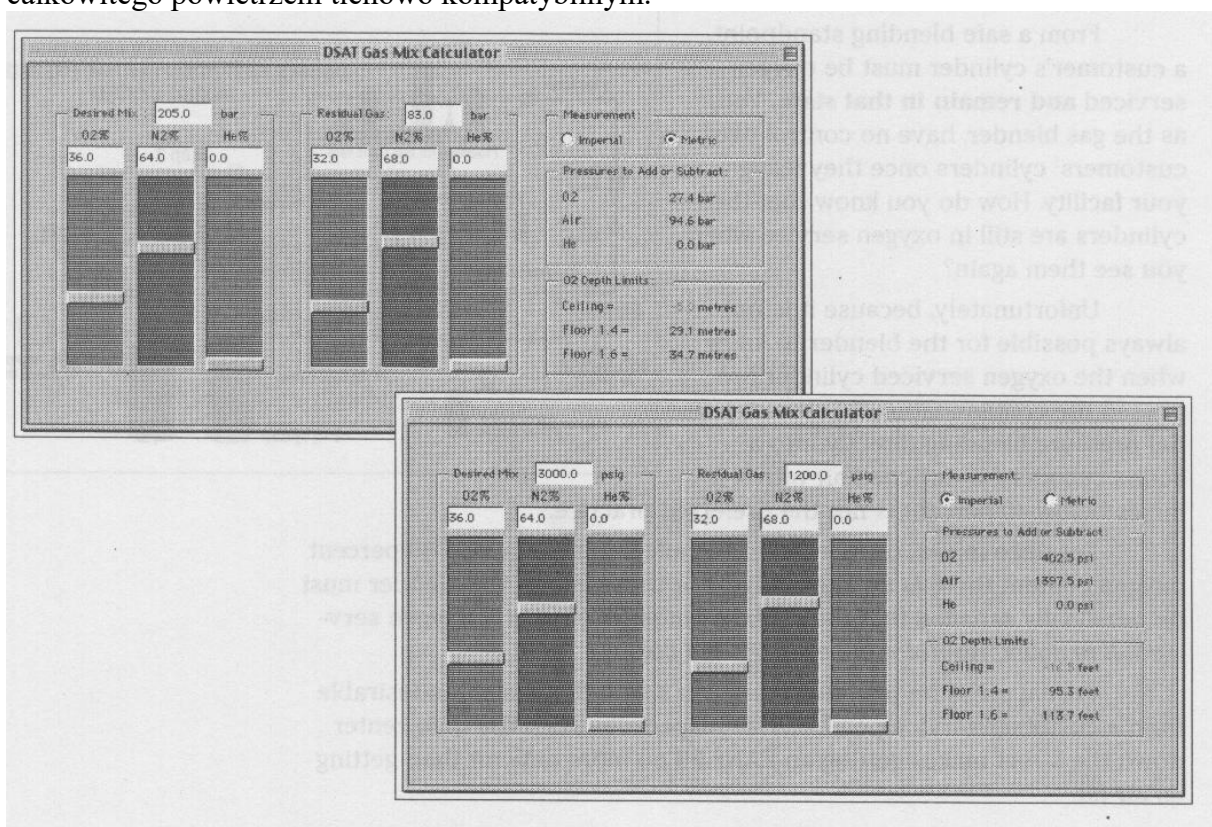
Z powodu braku całkowitej pewności, że cylinder w międzyczasie nie został zanieczyszczony – wykonywanie bezpośrednio do cylindrów mieszanek o zawartości tlenu ponad 40% nie jest preferowaną praktyką.

Dla mieszanek dekompresyjnych, rebreatherowych i innych, o zawartości tlenu ponad 40% może jednak nie być alternatywy. W takiej sytuacji musisz mieć pewność, że cylinder jest tlenowo czysty. Jeśli nie masz takiej pewności – nie napełniaj go lub wyczyść cylinder i zawór.

### Dopełnianie cylindrów bez ich opróżniania

Niektóre programy komputerowe pozwalają na dokonywanie obliczeń dla cylindrów zawierających mieszanki o mniejszym ciśnieniu. Przy obliczeniach ręcznych jest to też możliwe, lecz wymaga wykonania kilku kalkulacji.

Przykład: W cylindrze zostało 83 bar nitroxu EANx32. Potrzeba dopełnić ten cylinder aby otrzymać nitrox EANx36 o ciśnieniu 205 bar. Wprowadzając te dane do programu ./DSAT Blender Utility – otrzymujemy w wyniku: dodaj 28 bar tlenu i dopełnij do 205 bar ciśnienia całkowitego powietrzem tlenowo kompatybilnym.



### Zalecenia dla metody ciśnień parcjalnych:

- cały sprzęt musi być tlenowo czysty i odpowiednio konserwowany,

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

- musi być stosowane powietrze tlenowo kompatybilne odpowiednio często analizowane,
- bez stosowania pomp dopełniających (booster pump) – tlen pozostający w zbiornikach o ciśnieniu mniejszym niż potrzebne do mieszania jest beзуyteczny.
- przepływ tlenu nie może być większy niż 4.8 bar / minutę.

### **Podstawowe kroki wykonywania mieszanki metodą ciśnień parcyjnych:**

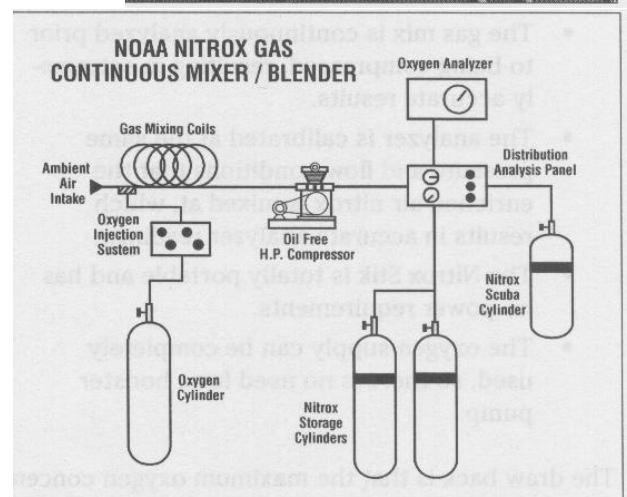
- zbadaj zawartość tlenu i ciśnienie w cylindrze,
- oblicz wymagane ciśnienie dopełniania tlenu i powietrza,
- po upewnieniu się, że wszystko jest tlenowo czyste – dodaj do cylindra tlen z prędkością nie większą niż 4.8 bar / minutę,
- dopełnij cylinder do ciśnienia wynikowego powietrzem tlenowo kompatybilnym – z początku powoli (około 7 bar na minutę) a potem coraz szybciej,
- pozostaw cylinder do ostygnięcia,
- dokonaj analizy mieszanki wynikowej,
- zapisz wykonanie mieszanki w dzienniku i opisz cylinder.

### **Mieszanie ciągłe**

Wynaleziony przez dr Morgana Wellsa z NOAA system mieszania ciągłego polega na zmieszaniu tlenu i powietrza a następnie sprężeniu tak powstałej mieszanki do ciśnienia wynikowego. Mikser tego rodzaju nie gwarantuje powstanie homogenicznej mieszanki i strumienie czystego tlenu mogą dostać się do sprężarki – wymagane jest stosowanie sprężarek bezolejowych.



We wczesnych latach dziewięćdziesiątych, kanadyjski wynalazca Ross Cowell pracujący nad udoskonaleniem metody mieszania ciągłego wynalazł i opatentował urządzenie nazwane Nitrox Stik – które produkuje całkowicie homogeniczną mieszankę na wlocie do sprężarki.

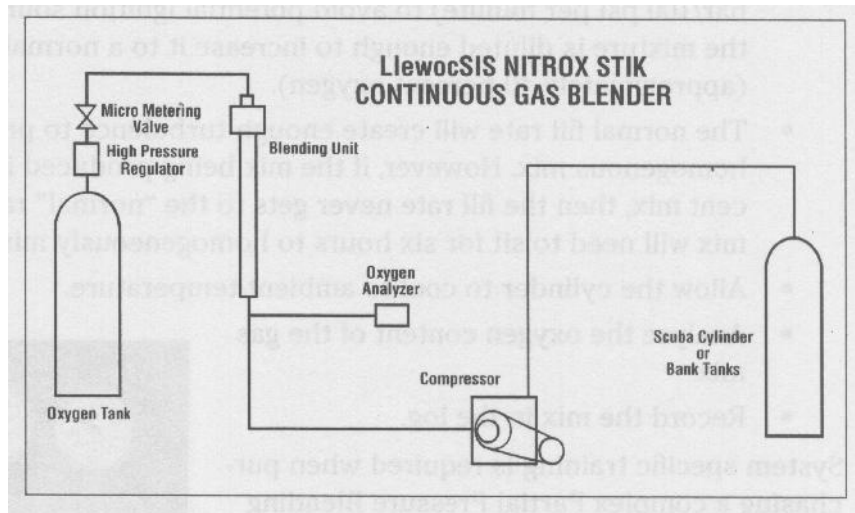


### **Wykonywanie mieszanki z użyciem Nitrox Stik:**

- wybierz żadaną mieszankę,
- włącz sprężarkę i delikatnie otwórz zawór spustowy aby ją przepłukać,
- włącz sensor analizatora do gniazda w Nitrox Stik i wykonaj kalibrację na 21%,
- powoli otwórz zawór cylindra z tlenem,
- powoli otwieraj zawór automatu tlenowego – do momentu, aż analizator pokaże żadaną wartość składu mieszanki,
- podłącz cylinder do napełniania do sprężarki i napełniaj go,
- po zakończeniu – wykonaj analizę zawartości cylindra, zapisz w książce napełnień i oznacz cylinder.

[Wpisz tekst]

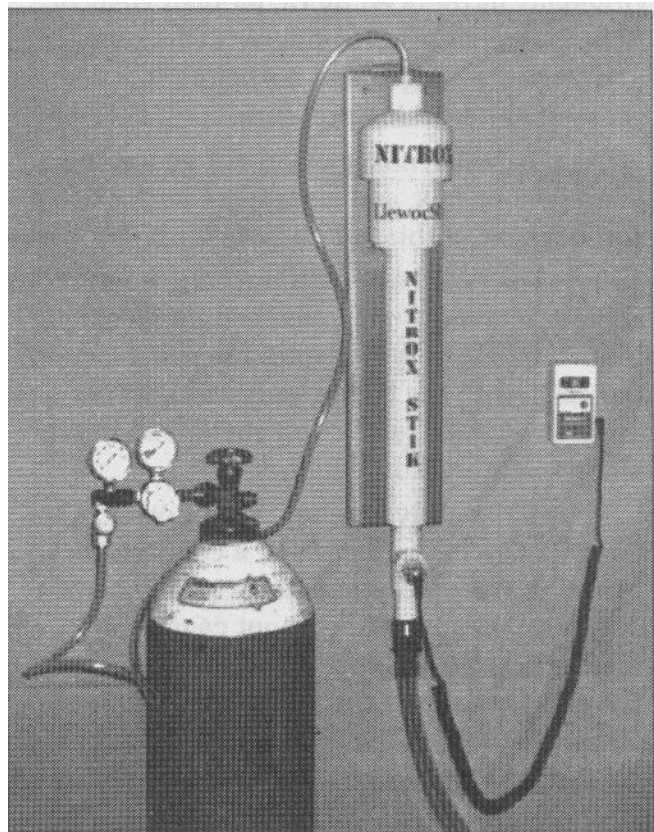
[Wpisz tekst]



### Zalety tej metody:

- mieszanie metodą ciągłą jest proste i dokładne,
- bezpieczeństwo: ponieważ powietrze i tlen mieszane są pod małym ciśnieniem – nie jest wymagana czystość tlenowa,
- można mieszać zarówno nitrox jak i trimix,
- mieszanki są całkowicie homogeniczne,
- mieszanka jest analizowana przez cały czas powstawania – wyniki są bardzo dokładne,
- Nitrox Stik jest przenośny i nie ma zasilania elektrycznego,
- źródło tlenu może być całkowicie zużyte – nie ma potrzeby stosowania pomp doładowczych.

Wadą jest ograniczenie zawartości tlenu do 40% podczas stosowania kompresorów olejowych.



### Metody generacji tlenu

Są dwa rodzaje systemów generatorów tlenowych:

- PSA – pressure swing absorption
- DP – differential permeability

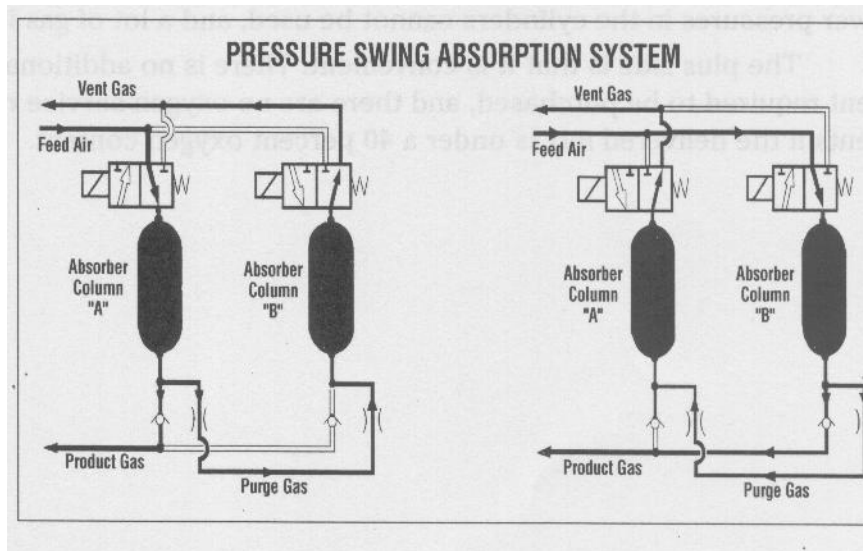
**PSA – pressure swing absorption**

[Wpisz tekst]



[Wpisz tekst]

Od strony technicznej – PSA nie jest systemem wytwarzania nitroxi. Jest to system wytwarzania tlenu. Z tego powodu musi być zastosowany dodatkowy system mieszania. W systemie PSA jest wytwarzany tlen 95% o ciśnieniu do 205 bar i ładowany do cylindrów tlenowych.



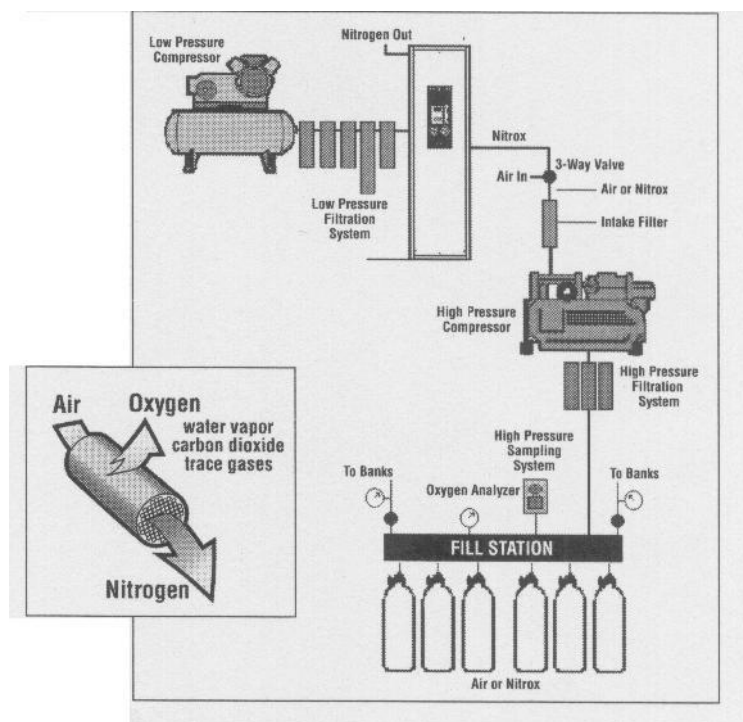
To urządzenie ma zastosowanie w miejscach, gdzie nie jest dostępny tlen. Do napędu systemu PSA wymagany jest kompresor niskociśnieniowy oraz bardzo czyste, odfiltrowane powietrze.

### DP – differential permeability

Jest to system usuwający azot z powietrza. Otrzymać w ten sposób można mieszanki do zawartości tlenu 40%, więc nie jest konieczna czystość tlenowa.

System DP jest systemem membranowym, dość zwartym, wykonującym mieszanki całkowicie homogeniczne i bardzo dokładne.

Wadami tego systemu są: dość duży koszt inwestycyjny, wymóg bardzo czystego powietrza, gdyż jakiegokolwiek zanieczyszczenia olejowe czy sól niszczą membrany filtracyjne oraz konieczność posiadania sprężarki o dużej wydajności.



### Nitrox od dostawców zewnętrznych

Dostawcy zawodowi mogą dostarczyć dowolną mieszankę gazów jaka jest potrzebna. Jeśli potrzebujesz małe objętości mieszanek – ta metoda jest bardzo droga. Jej zaletą jest wygoda – nie musisz mieć żadnego sprzętu do mieszania, czystości tlenowe, itp.

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

### Pytania kontrolne

1. Podaj pięć metod mieszania gazów.
2. Dlaczego należy odczekać dłuższy czas przed analizą wynikową mieszanki?
3. Dlaczego czystość tlenowa jest ważna w mieszaniu metodą parcjalaną?
4. Podaj podstawowe kroki w mieszaniu parcjalnym.
5. Jaka jest zasada mieszania ciągłego?
6. Czy system PSA jest metodą mieszania gazów?
7. Dlaczego czystość tlenowa nie jest wymagana przy stosowaniu Nitrox Stik?
8. Czy system DP produkuje mieszankę homogeniczną?
9. Jak jest zaleta dostawy gotowych mieszanek?
10. Jaki system mieszania wybierzesz dla siebie?

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

## Rozdział Piąty – Mieszanie helu

Przy głębszych nurkowaniach azot zaczyna być narkotyczny i tlen zaczyna być toksyczny. Poprzez zamianę części tych gazów przez relatywnie inertny gaz taki jak hel, nurek otrzymuje mieszankę oddechową, która może być zoptymalizowana pod kątem tolerowanego poziomu narkozy gazów inertnych jak i toksyczności tlenowej.

Hel traktowany jest jako gaz inertny, to znaczy nie wywołuje narkozy azotowej oraz nie wywołuje toksyczności tlenowej.

W nurkowaniu stosujemy dwa rodzaje mieszanek zawierających hel. Heliox – mieszankę zawierającą tlen i hel oraz trimix – mieszankę zawierającą tlen, azot i hel.

### Heliox

W przypadku helioxu narkoza azotowa jest całkowicie wyeliminowana ponieważ w tej mieszance nie ma azotu. W dodatku narkoza spowodowana tlenem jest też zwykle zmniejszona dzięki mniejszej niż w powietrzu zawartości tlenu. (tak, tlen też posiada właściwości narkotyczne).

Tradycyjnie heliox używany jest w zastosowaniach zawodowych i militarnych i nie jest często spotykany w „zwykłym” nurkowaniu technicznym. Dzieje się tak z powodu na koszty otrzymywania tej mieszanki (wymagania odnośnie użycia pomp doładowczych). Dla głębszych nurkowań występuje ponadto przy stosowaniu helioxu „High Pressure Nervous Syndrome” – HPNS.

### HPNS

HPNS jest stanem zaburzającym działanie centralnego systemu nerwowego i występuje przy nurkowaniach na głębokości większe niż 180 metrów. Zapobiegamy mu poprzez buforowanie helu dodatkiem 5 do 10% azotu – w rezultacie zamiast helioxu otrzymujemy trimix.

### Gazy podróżne

W zależności od rodzaju mieszanki, często jest w niej zbyt mało tlenu aby podtrzymać funkcje życiowe organizmu na powierzchni lub na małej głębokości. Dlatego też, musi być stosowana dodatkowa mieszanka na odcinek od powierzchni do głębokości na której można bezpiecznie oddychać mieszanką o zmniejszonej zawartości tlenu. Taka dodatkowa mieszanka nazywana jest gazem podróżnym (travel mix). Czasami zamiast dodatkowej mieszanki stosowane są w tym celu gazy dekompresyjne.

### Trimix

Trimix składa się z trzech różnych gazów: tlenu, azotu i helu. Jego mieszanie może odbywać się na różne sposoby. Oto one:

- metoda ciśnienia parcjnego: hel + tlen + azot (prawdziwy trimix)
- metoda ciśnienia parcjnego: hel + tlen + powietrze (standardowy trimix)
- metoda ciśnienia parcjnego: hel + powietrze (heliar)
- metoda ciśnienia parcjnego: hel + nitrox (helitrox trimix)

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

- metoda mieszania ciągłego: hel + powietrze (heliar)
- metoda mieszania ciągłego: hel + tlen + powietrze (standardowy trimix)

## Prawdziwy trimix

Wykonywanie mieszanek trimixowych poprzez mieszanie czystych tlenu, azotu i helu jest rzadko stosowana w nurkowaniu technicznym. Podstawowym powodem takiego stanu jest fakt, iż podczas dopełniania mieszanki pozostałej po poprzednim nurkowaniu – mieszanka wynikowa jest niemożliwa do zanalizowania bez posiadania analizatora helowego. Po helioxie jest to najmniej popularna metoda otrzymywania trimixu.

## Trimix standardowy

Mieszanie tlenu, helu i powietrza w celu otrzymania trimixu jest najpowszechniejszą praktyką i może być wykonane zarówno metodą ciśnień parcjalnych jak i mieszania ciągłego. Podczas mieszania metodą ciśnień parcjalnych standardowego trimixu, hel jest przetaczany do cylindra, dodawany jest do niego tlen i następnie cylinder jest dopełniany powietrzem do ciśnienia roboczego. Po każdym kroku musisz odczekać, aż cylinder ostygnie i gazy się ze sobą wymieszają. Jeżeli masz do dyspozycji tylko analizator tlenowy, musisz analizować gaz po każdym kroku aby być pewnym co masz w cylindrze.

Tradycyjnie najlżejszy gaz (hel) jest dodawany jako pierwszy. Często jednak z powodów logistycznych jako pierwszy łatwiej jest dodać tlen. Pamiętaj wtedy o czystości tlenowej.

Hel może wymagać sprężenia do ciśnienia większego niż masz w źródłowych cylindrach. Jeśli sprężasz czysty hel – czystość tlenowa nie jest wymagana i może być użyta zwykła sprężarka.

Do mieszania metodą ciągłą, często używa się „TriAdd” – urządzenia tego samego typu co Nitrox Stik – również wynalezione i opatentowane przez Rossa Cowella. Zastosowanie tego urządzenia wymaga posiadania analizatora helowego oraz dwóch analizatorów tlenowych – więc jest to dość kosztowna metoda. Jej zaletą jest duża dokładność, otrzymywanie homogenicznych mieszanek oraz efektywne wykorzystanie gazów źródłowych.

## Heliar

Heliar jest otrzymywany przez mieszanie helu z powietrzem i jest najprostszą metodą otrzymywania trimixu. Stosuje się metody ciśnień parcjalnych lub mieszania ciągłego. Zalety mieszania ciągłego są takie jak dla standardowego trimixu.

Jako zasada, użycie heliara zawsze wymaga stosowania gazów podróźnych, gdyż zawiera on zbyt mało tlenu. Jednak z powodu na dość dużą równoważną głębokość narkotyczną (END) nie jest to mieszanka zbyt popularna w nurkowaniu technicznym.

## Helitrox

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

Helitrox jest mieszanką otrzymywaną przez dodanie do helu – nitroxiu. Wykonuje się go metodą ciśnień parcjalnych. Wadą tej mieszanki jest trudność analizy i uzyskania odpowiedniej dokładności wykonania mieszanki.

### **Specyficzne wymagania i zalecenia przy mieszankach z helem:**

- Jeżeli frakcja tlenu jest mniejsza niż 18% - musi być użyty gaz podróżny,
- nurek certyfikowany do użycia normoksycznego trimixu może używać wyłącznie trimix o zawartości tlenu wynoszącej 21%,
- ciśnienie parcjalne tlenu  $PO_2=1.6$  ata na głębokości maksymalnej nie może być przekroczone,
- dla skrócenia dekompresji może być stosowane wyższe ciśnienie parcjalne tlenu,
- hel spręża się inaczej niż tlen. dokładnie analizuj mieszanki,
- aby być pewnym dokładnego wymieszania gazów – dopełniaj ostatni gaz z dużą prędkością – 27 bar na minutę. wykonanie homogenicznych mieszanek z helem jest trudniejsze niż homogenicznego nitroxiu – używaj dużych szybkości napełniania.
- po mieszaniu należy odczekać conajmniej 12 godzin aby gazy się molekularnie wymieszały,
- wykonuj analizy wielokrotnie – stałe wyniki dają poprawną analizę,
- stosuj dokładne analizatory i zawory dodawcze gazów,
- system mieszania musi być bardzo szczelny, gdyż hel jest gazem o małych cząsteczkach i łatwo penetruje wszelkie nieszczelności.

### **Informacje wymagane od nurka i oznaczenia cylindrów**

Certyfikowany nurek trimixowy musi sam dokładnie wiedzieć jaka mieszanka oddechowa jest mu potrzebna i jego odpowiedzialnością jest wybór mieszanki. Jednakże, aby to potwierdzić Gas Blender musi otrzymać od nurka następujące informacje:

- maksymalna głębokość oddychania dla mieszanki,
- żądana równoważna głębokość narkotyczna (END),
- maksymalne ciśnienie parcjalne tlenu  $PO_2$ .

Informacje te muszą być zapisane w książce mieszania gazów i podpisane przez nurka. Upewnij się, że zapisane są także: numer certyfikaty nurka, poziom wykształcenia i organizacja certyfikująca. Po wykonaniu mieszanki – nurek osobiście ją analizuje i zapisuje wynik analizy w książce mieszania gazów – potwierdzając to swoim podpisem.

Oznaczenie cylindra trimixowego powinno zawierać:

- maksymalną głębokość operacyjną i  $PO_2$  na tej głębokości,
- głębokość hypoxyczną (minimalną),
- skład mieszanki: TMx tlen/hel – na przykład trimix zawierający 11% tlenu i 50% helu ma oznaczenie TMx 11/50.
- datę wykonania mieszanki i nazwisko blendera.

### **Obliczenia zawartości na podstawie tlenu**

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

Po odczekaniu czasu niezbędnego do wymieszania się gazów wewnątrz cylindra blender musi wykonać analizę wykonanej mieszanki poprzez oznaczenie zawartości tlenu i obliczenie ilości dwóch pozostałych gazów.

Czynności te wykonuje się w następujący sposób:

1. Podziel zawartość azotu przez zawartość tlenu w gazie dopełniającym.
2. Wynik jest stałą określającą stosunek N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>.
3. Dokonaj analizy tlenu w mieszance.
4. Pomnóż ciśnienie robocze cylindra przez zawartość tlenu.
5. Pomnóż wynik z punktu 4 przez stałą z punktu 2 – otrzymasz w wyniku ciśnienie cząstkowe azotu przy całkowitym ciśnieniu roboczym.
6. Podziel wynik z punktu 5 przez ciśnienie robocze – otrzymasz procentową zawartość azotu.
7. odejmij od 100 – zawartość azotu i zmierzoną zawartość tlenu – otrzymasz zawartość helu.

Przykład:

W cylindrze jest 34 bar helu i 205 bar tlenu pozostałego z początkowego ciśnienia 205 bar. Helu jest 21% a tlenu 79%.

$$\begin{array}{r} 0,79 \\ \text{-----} \\ 0,21 \end{array} = 3,76$$

Stała z punktu 1 wynosi 3,76.

Po dokonaniu analizy stwierdziłeś, że jest 10.5% tlenu.

$$10.5\% \times 205 \text{ bar} = 81 \text{ bar}$$

Tyle azotu było w pełnym cylindrze - ciśnienie.

$$\begin{array}{r} 81 \text{ bar} \\ \text{-----} \\ 205 \text{ bar} \end{array} = 0.395 \text{ (39,5\%)}$$

Taka jest zawartość azotu w mieszance.

$$10,5\% + 39,5\% = 50\% \rightarrow 100\% - 50\% = 50\%$$

Tyle jest helu.

## Wykonywanie trimixu z użyciem wyłącznie analizatora tlenowego

1. Rozpocznij z pustym cylindrem. Napełnij go tlenem lub helem (w zależności od logistyki) do ciśnienia określonego z tablic lub obliczonego.
2. Zostaw cylinder do ostygnięcia. Potwierdź ciśnienie po ostygnięciu i dokonaj analizy – powinno być: 100% jeśli napełniałeś tlenem lub 0% jeśli helem.
3. Dodaj drugi gaz – hel lub tlen odpowiednio.
4. Po ostygnięciu – dokonaj analizy ciśnienia i zawartości tlenu. Zawartość procentowa tlenu powinna wynosić: ciśnienie tlenu / (ciśnienie tlenu + ciśnienie helu).
5. Dopełnij cylinder powietrzem do ciśnienia roboczego.
6. Po ostygnięciu dokonaj analizy ciśnienia i zawartości tlenu. Wynikowa zawartość tlenu musi mieć dokładność +/- 1% w stosunku do wymaganej.

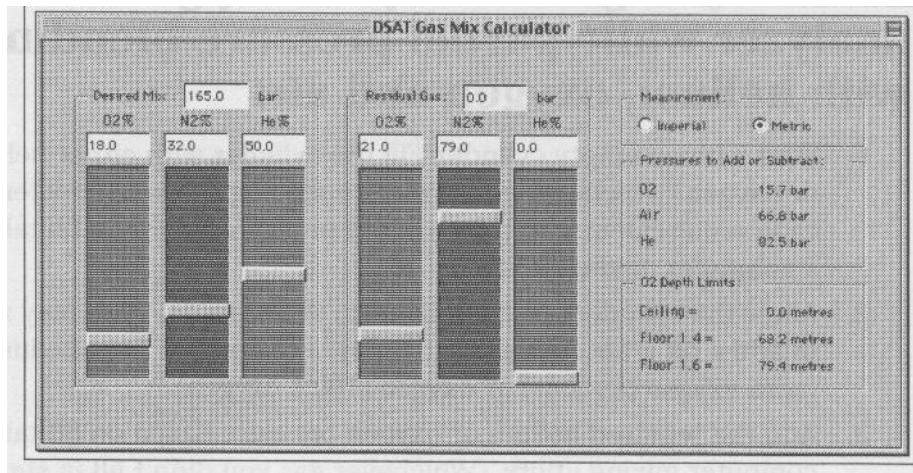
Przykład:

Chcesz otrzymać TMx18/50 z ciśnieniem 165 bar. Musisz zmieszać 16 (15.7) bar tlenu, 67 (66.8) bar powietrza i 82 (82.5) bar helu.

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

1. Napełnij cylinder tlenem do ciśnienia 16 bar.
2. Po ostygnięciu potwierdź analizą czystość tlenu.
3. Dodaj 82 bar helu do łącznego ciśnienia 98 bar.
4. Po ostygnięciu sprawdź zawartość tlenu. Powinno być 16%:  
 $16 \text{ bar} / (16 \text{ bar} + 82 \text{ bar}) = 0.163 \text{ (16,3\%)}$
5. Dopełnij powietrzem do ciśnienia 165 bar.
6. Po ostygnięciu dokonaj analizy – powinno być 18% tlenu +/- 1%.



[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

### Pytania kontrolne

1. Jaki efekt jest związany z nurkowaniem z powietrzem na głębokości większe niż 40 metrów? Czy taki efekt jest związany z tlenem?
2. Podaj różnicę pomiędzy helioxem i trimixem.
3. Co to jest HPNS?
4. Podaj cechy charakterystyczne sporządzania mieszanek z helem.
5. Podaj metody otrzymywania trimixu.
6. Jaka jest najłatwiejsza metoda mieszania i dlaczego?
7. Jak wykonuje się mieszanie ciągłe?
8. Dlaczego należy używać oprogramowanie komputerowe do obliczeń?
9. Jaki jest minimalny poziom tlenu po przekroczeniu którego należy stosować gazy podrożne?
10. Podaj kroki mieszania trimixu przy użyciu mieszania parcjalnego tlenu, helu i powietrza.

[Wpisz tekst]



[Wpisz tekst]

## **Podsumowanie**

Ten podręcznik wraz z kursem . DSAT Gas Blender daje ci wiedzę o mieszanii nitroxów i trimixów bazującą na standardach i praktyce przemysłowej.

Jako Gas Blender powinieneś znać i rozumieć wszelkie zagadnienia związane z fizycznymi własnościami tlenu, różnymi formami jego występowania, czystością, niebezpieczeństwami i specjalnymi wymogami przy jego stosowaniu. Twoją odpowiedzialnością jest bycie na bieżąco z wszystkimi zmianami i nowościami w tym zakresie i także powinieneś zmieniać swoją praktykę mieszania gazów odpowiednio.

W miarę jak coraz więcej nurków odkrywa zalety nurkowania z nitroxem, w skali międzynarodowej, staje się koniecznością zapewnienie im tych gazów do codziennego użycia. Założenie i prowadzenie stacji mieszania gazów wymaga odpowiedniego sprzętu i może być realizowane jedynie przez ludzi mających odpowiednie ku temu kwalifikacje. Właśnie stajesz się jedną z tych osób. Jednak tak jak każda umiejętność i ta wymaga ciągłego treningu i doskonalenia. Staraj się praktykować pod okiem doświadczonych gas blenderów.

**Witamy w świecie mieszania gazów!**

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

## Załączniki

# Formuły Gas Blending

Poza programami mieszalnikowymi i dostępnymi tablicami, mieszający może użyć jednego lub kilku z podstawowych formuł by obliczyć czym i jak napełniać butlę enriched air. Jest to przydatne gdy nie dysponujesz odpowiednim programem, lub gdy tablice które posiadasz nie są przystosowane do danej sytuacji. Rodzaj formuł(y) którą wybierzesz zależy od tego:

1. Jaka mieszanka znajduje się aktualnie w cylindrze
2. Jaką mieszankę chcesz otrzymać
3. Jaki sprzęt/ metody są możliwe do wykorzystania by napełnić cylinder np.:  
kontynuowanie napełniania, ciśnienie parcjalne itp.

Koniecznym jest napełnienie cylindra mieszanką której oczekuje nurek, jednak zbyt często kończysz z czymś innym.

Są cztery podstawowe formuły które możesz wykorzystać. Oto one:

1. Napełnianie cylindra z wykorzystaniem ciśnienia parcjalnego zaczynając z pustym cylindrem
  - Tlen dopełniany powietrzem tlenowo kompatybilnym
  - Tlen dopełniany nitroxiem
2. Dopełnianie cylindra (z mieszaniem ciągłym) zaczynając z cylindrem częściowo pełnym,
3. Napełnianie cylindra przy pomocy ciśnienia parcjalnego zaczynając z cylindrem częściowo pełnym
4. Dodawanie bogatszej mieszanki (banked mix) do częściowo pełnego cylindra, i uzupełnianie powietrzem.

### *Napełnianie cylindra z wykorzystaniem ciśnienia parcjalnego*

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

### *zaczynając z pustym cylindrem*

#### **Jak to policzyć:**

- Zaczynij od poziomu tlenu pożądanego w ostatecznym mixie, i odejmij 21 procent (0.21) co jest ilością tlenu w otaczającym nas powietrzu
- Podziel ten wynik przez 79 procent (0.79) co jest ilością azotu w otaczającym powietrzu
- Pomnóż rezultat przez końcową, pożądaną wartość ciśnienia w cylindrze

Na przykład: Nurek prosi o 34 procentowy mix w 11 litrowym cylindrze pełnionym do 205 bar

$$\frac{0.34 - 0.21}{0.79} \times 205 = 34(33.7)$$

- 0.34 to procent tlenu który chcemy otrzymać
- 0.21 to procent tlenu w powietrzu
- 0.79 to procent azotu w powietrzu
- 205 to finalne ciśnienie (w barach) w cylindrze
- 34 to ilość (w barach) czystego powietrza która będzie potrzebna

#### **Jak mieszać:**

- powoli opróżnij cylinder jeśli nie jest jeszcze pusty
- przetłocz 34 bary tlenu do cylindra w tempie 4.8 bara na minutę
- dopełnij *powietrzem tlenowo kompatybilnym* w tempie 7 barów na minutę

Gdy zawartość tlenu w mieszaninie spadnie poniżej 40 procent zwiększ tempo by wytworzyć drgania a nie ciepło i napełnij cylinder do oczekiwanej wartości ciśnienia 205 bar.

- Pozwól cylindrowi ostudzić się do temperatury otoczenia
- Zanalizuj mieszaninę
- Zapisz rezultat w *książce napełnień*

### *Napełnianie cylindra nitroxem z wykorzystaniem ciśnienia parcjalnego*

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

Poprzednia formuła będzie również działać jeśli gazem którym będziesz dobijać cylinder będzie mixem EANx. W tym wypadku po prostu zmienisz wartość procentową tlenu i azotu by dopasować je do wartości w nitroxie zamiast wartości dla powietrza.

#### **Jak to policzyć:**

- Zaczynij od procentowego poziomu tlenu pożądanego w ostatecznym mixie i odejmij od niego wartość procentową tlenu w mixie którym będziesz dobijać cylinder
- Podziel przez wartość procentową azotu w tym mixie
- Pomnóż rezultat przez żądane ciśnienie ostateczne w cylindrze

Na przykład: Nurek prosi o 36 procentową mieszankę w swoim 12 litrowym cylindrze, a ty masz gotowy 32 procentowy nitrox.

$$\frac{0.36 - 0.32}{0.68} \times 165 = 9.7$$

- 0.36 to procent tlenu który chcemy otrzymać
- 0.32 to procent tlenu w mixie użytym do dobiecia cylindra
- 0.68 to procent azotu w mixie użytym do dobiecia cylindra
- 165 to finalne ciśnienie (w barach) w cylindrze
- 9.7 to ilość (w barach) czystego powietrza która będzie potrzebna

#### **Jak mieszać:**

- powoli opróżnij cylinder jeśli nie jest jeszcze pusta
- przetłocz 9.7 bara tlenu do cylindra w tempie 4.8 bara na minutę
- dopełnij EANx32 w tempie 7 barów na minutę. Gdy zawartość tlenu w mieszaninie spadnie poniżej 40 procent zwiększ tempo by wytworzyć drgania a nie ciepło i napełnij cylinder do oczekiwanej wartości ciśnienia 165 bar.
- Pozwól cylindrowi ostygnąć do temperatury otoczenia
- Zanalizuj mieszaninę
- Zapisz rezultat w *książce napełnień*

### ***Dopełnianie cylindra (mieszanie ciągle)***

Gdy kontynuujesz napełnianie cylindra ilość tlenu w ostatecznym mixie jest zależna od ilości tlenu którą cylinder była w pierw napełniony

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

- Pomnóż ilość procentową tlenu pożądaną w końcowym mixie przez końcową pożądaną wartość ciśnienia w cylindrze by otrzymać całkowitą ilość tlenu pożądaną w końcowym mixie
- Pomnóż ilość procentową tlenu w cylindrze przez obecne ciśnienie w cylindrze by otrzymać całkowitą ilość tlenu w obecnym mixie
- Odejmij obecne ciśnienie w cylindrze od ciśnienia pożądanego w cylindrze
- Odejmij obecne ciśnienie tlenu od pożądanego do osiągnięcia zamierzonego mixu
- Podziel różnicę w ciśnieniu tlenu przez różnicę w ciśnieniu w cylindrze by otrzymać wartość procentową tlenu pożądaną w uzupełniającym mixie

Na przykład: Nurek ma 65 bar 30 procentowego nitroxu a chce 36 procentowy EANx w 11 litrowym cylindrze napełnionym do 205 bar, a ty masz system umożliwiający dobijanie cylindrów z mieszaniem ciągłym.

$$205 \times 0.36 = 74$$

$$65 \times 0.30 = 20$$

$$205 - 65 = 140$$

$$74 - 20 = 54$$

$$\frac{54}{140} = 0.39$$

- 205 to pożądana końcowa wartość ciśnienia w cylindrze, w barach
- 65 to obecne ciśnienie w cylindrze, w barach
- 140 to różnica ciśnienia potrzebna do napełnienia cylindra
- 0.36 to procent tlenu pożądaný w końcowym mixie
- 0.30 to procent tlenu w obecnym mixie
- 74 to całkowita ilość tlenu pożądana w końcowym mixie, w barach
- 20 to ilość tlenu w obecnym mixie, w barach
- 54 to ilość tlenu potrzebna do dodania w uzupełniającym mixie (top up mix), w barach
- 0.39 to procentowa zawartość tlenu w uzupełniającym mixie (top up mix)

Więc jeśli 39 procent z 140 barów dodanych do cylindra musi stanowić tlen, więc powinno to być 140 bar 39-procentowego nitroxu.

**Po napełnianiu cylindra zawsze:**

- pozwól mu ostygnąć do temperatury otoczenia
- zanalizuj mieszaninę
- zapisz wynik w *książce napełnień*

***Napełnianie cylindra przy pomocy ciśnienia parcjalnego  
zaczynając z cylindrem częściowo pełnym***

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

Oblicza się go wykorzystując formuły służącej do dopełniania (mieszanie ciągłe) by znaleźć wartość procentową tlenu pożądaną w dodawanym mixie, a następnie podstawić ją do formuły ciśnienia parcjalego.

Na przykład: Jak w poprzednim przypadku; nurek ma 65 barów 30 procentowego nitroxi i chce 36 procentowy EANx w 11 litrowym cylindrze napełnionym do ciśnienia 205 bar, ale tym razem używasz systemu napełniania przy pomocy ciśnienia parcjalego.

Z poprzedniego przykładu dodawany mix(top mix) jest 39 procentowy.

$$\frac{0.39 - 0.21}{0.79} \times 140 = 32$$

- 0.39 to procent tlenu pożądaný w dodawanym mixie
- 0.21 to procent tlenu w powietrzu
- 0.79 to procent azotu w powietrzu
- 140 to różnica ciśnienia potrzebna do napełnienia cylindra
- 32 to potrzebna do dodania ilość tlenu, w barach

Przetłocz 32 bary tlenu do cylindra, następnie uzupełnij powietrzem kompatybilnym tlenowo.

Pamiętaj, gdy dodajesz czysty tlen do częściowo pełnego cylindra: Cylinder i jego zawartość musi być *czysta tlenowo*.

Ten przykład również ilustruje dlaczego *pompa doładowcza* będzie potrzebna, jeśli metody uzupełniania przy pomocy ciśnienia parcjalego będą używane do napełniania częściowo pełnych cylindrów. Bez *pompy doładowczej* ciśnienie w cylindrze z tlenem będzie musiało być dość wysokie by dodać 32 bary tlenu do obecnych 65 barów w nurkowej butli.

***Dodawanie bogatszej mieszanki( banked mix)  
do częściowo pełnego cylindra, i uzupełnianie powietrzem.***

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

Przykład: Nurek ma 55 barów 32 procentowego EANx w 11 litrowym /205 barowym cylindrze. Chce 36 procentowy mix a ty masz bogatszy (banked) 40 procentowy mix.

$$205 \times 0.36 = 74$$

$$55 \times 0.32 = 18$$

$$205 - 55 = 150$$

$$74 - 18 = 56$$

- 205 to końcowe pożądane ciśnienie w cylindrze, w barach
- 0.36 to procent tlenu pożądany w końcowym mixie
- 74 to ciśnienie tlenu w końcowym mixie, w barach
- 55 to obecne ciśnienie w cylindrze, w barach
- 0.32 to procent tlenu w obecnym mixie
- 18 to ciśnienie tlenu w obecnym mixie, w barach
- 56 to różnica ilości tlenu do pożądanej, w barach
- 150 to różnica ciśnienia potrzebna do napełnienia cylindra

To daje ci całkowitą ilość tlenu potrzebną do dodania, ale część z niego będzie w 40 procentowym mixie, a część w dopełnianym (top up) powietrzu.

By obliczyć ilość 40 procentowej bogatszej(banked) mieszanki, która ma być dodana musisz odjąć ilość tlenu która będzie dodana jako część dopełniającego(top up) powietrza:

$$\frac{56 - (0.21 \times 150)}{0.19} = 129$$

- 0.21 to procent tlenu w powietrzu
- 0.19 to różnica pomiędzy bogatszą (banked) mieszanką(40 procent) i powietrzem(21 procent)
- 56 to całkowita ilość tlenu (w barach) którą musimy dodać, w ramach powietrza i 40 procentowego mixu
- 150 to całkowite ciśnienie potrzebne do dodania do cylindra
- 129 to ilość bogatszej(banked) 40 procentowej mieszanki potrzebnej do dodania do cylindra, w barach

Więc, by prawidłowo napełnić ten cylinder będziesz potrzebować 129 barów 40 barów 40 procentowej bogatszej(banked) mieszanki i dobicia 21 barami powietrza (55+129+21=205).

### **Zanotuj:**

- Jeśli ilość bogatszej(bank) mieszanki potrzebnej do dodania jest większa od całkowitej ilości bar możliwych do dodania, wtedy musisz spuścić część obecnego w cylindrze gazu, przed rozpoczęciem ponów obliczenia z nowym obecnym ciśnieniem.
- 0.19 w formule zmieni się w zależności od rodzaju użytej bogatszej(banked) mieszanki

[Wpisz tekst]

[Wpisz tekst]

Na przykład: Jeśli użyjemy w tym celu 36 procentowego EANx to 0.19 zmieni się na 0.15 (0.36-0.21)

Możesz sprawdzić swoje wyliczenia, licząc i porównując ilość tlenu w końcowym 36 procentowym mixie sumując wszystkie składniki:

$$205 \text{ bar} \times 0.36 = 74$$

$$129 \text{ bar} \times 0.40 = 52$$

$$55 \text{ bar} \times 0.32 = 18$$

$$\underline{21 \text{ bar} \times 0.21 = 4}$$

$$205 \text{ bar} \qquad 74$$

***Ważne:***

Dla wszystkich swoich obliczeń mieszania gazów, powinieneś zawsze sprawdzić swoją pracę podwójnie. Możesz to zrobić przez wstawienie swoich odpowiedzi z powrotem do formuł i sprawdzenie czy działają prawidłowo.

Inny sposób potwierdzenia twoich obliczeń to porównanie końcowego rezultatu z sumą składników. Powinny się pokryć.

[Wpisz tekst]