

# BANKI DANYCH PROFILI CENNE

## Czym są banki danych profili?

Banki danych profili (Profile Data Banks – PDB) są rozszerzonymi zbiorami profili nurkowych z opisem warunków i skutków. Aby stwierdzić zgodność tabel, metrów i oprogramowania z dowolnym modelem obliczeniowym, profile i rezultaty muszą być koniecznie zestawione z parametrami modelowymi zgodnie z zasadami statystyki (dopasowanie). Informacje na temat profili i ich efektów opublikowały niedawno Bank Danych (DB) i kilka z nich wartych jest omówienia. Pozostałe z pewnością będą rozwijać się w podobny sposób. Waga banków danych wzrasta gwałtownie w sektorach technicznych i rekreacyjnych nie tylko z powodu informacji, które zawierają, lecz również ze względu na ich zastosowanie do analizy ryzyka nurkowania i do dostrajania modelu.

Jednym z dobrze znanych banków danych jest zbiór DAN Project Dive Exploration (PDE). Projekt ten skupia się na rekreacyjnym nurkowaniu z powietrzem lub mieszanką nitroxową, lecz obecnie rozciąga się już na nurkowanie techniczne, z różnymi mieszankami gazowymi oraz nurkowanie dekompresyjne. W komputerach PDE rezyduje mniej więcej 87 tysięcy profili z około 97 przypadkami choroby dekompresyjnej (DCS), które miały miejsce podczas rekreacyjnego nurkowania z powietrzem lub mieszanką nitroxową.

Bank PDE został uruchomiony w 1995 roku, pod kierownictwem Dicka Vanna i Petara Denoble. DAN Europa, pod kierownictwem Aleksandro Marroniego, połączyła siły z DAN USA włączając się do PDE w roku 2000. Ich wysiłek w Europie stanowił koniec laboratorium bezpiecznego nurkowania – Dive Safe Lab (DSL). Zbiór danych DSL posiada w przybliżeniu 50 tysięcy profili z 8 przypadkami DCS. Dla uproszczenia śledzenia, zgrupowaliśmy razem bazy danych PDE i DSL w jednym DB, gdyż informacje mogą być łatwo wymieniane w ich komputerach. W połączeniu, zbiór PDE i DSL posiada w przybliżeniu 137 tysięcy profili z 105 przypadkami DCS. Częstotliwość występowania choroby wynosi z grubsza 0,0008. Są to ogromne i ważne zbiory.

Innym, bardziej nowym DB skoncentrowanym na nurkowaniu technicznym, z różnymi mieszankami gazowymi i nurkowaniu dekompresyjnym jest bank danych w Los Alamos National Laboratory (LANL DB). Zawiera on 2 900 profili z 20 przypadkami DCS. Autorzy należą do głównych osób odpowiedzialnych za włączenie LANL DB online w pierwszych latach 21 wieku. Większość LANL DB opiera się na danych uzyskanych z działań zespołu C&C Dive Team na przestrzeni ostatnich 20 lat. W LANL DB, rzeczywista częstotliwość występowania choroby wynosi 0,0069, tj. około 10 razy więcej niż w PDE. Można było tego oczekiwać, gdyż LANL DB obejmuje profile z mieszankami gazowymi i dekompresją, prawdopodobnie bardziej ryzykownego nurkowania, z większą ilością niewiadomych.

W obu przypadkach, zbiór danych jest toczącym się dziełem, a informacje o profilach mogą być zawężane do ich najprostszej postaci. Większość z nich pochodzi z danych pobieranych z komputerów nurkowych w zmiennych interwałach czasowych (3 – 5 sekund), a następnie, dla przyszłych analiz statystycznych, dane są przetwarzane do łatwiejszego w posługiwaniu się formatu:

1. gaz denny/ppO<sub>2</sub> (dalej w tekście i tabelach mix/ppO<sub>2</sub>), głębokość i czas (ekwiwalent fali prostokątnej);
2. prędkości wynurzenia się i schodzenia;

3. mieszanki gazowe pośrednie (travel mix) i dekompresyjne/ppO<sub>2</sub>, głębokości i czasy;
4. czas pobytu na powierzchni;
5. odstęp czasowy do lotu samolotem;
6. wiek nurka, ciężar, płeć i powikłania zdrowotne;
7. rezultaty oceniane od 1 do 5 (zły do dobrego);
8. czynniki środowiskowe.(temperatura, prąd, widoczność, sprzęt)

Różne DB będą używać odmiany raportowanych danych, lecz dane powyższe dotyczą większości baz.

### **Dlaczego banki danych profili są takie ważne?**

Przystanki są właściwie jedną z największych trosk podczas nurkowania. Głębokości, czasy ekspozycji mieszanki gazów i ich zmiany, prędkości wynurzania i zanurzania, aparat oddechowy w układzie otwartym (OC) i rebreathery (RB), płytkie lub głębokie przystanki są kilkoma z wielu opcji wyboru, którym nurkowie muszą stawić czoła. W zestawie takim istnieje nieskończona ilość możliwości bezpiecznego wyniesienia nurka na powierzchnię. Dlatego ważnym staje się pytanie o dane nurkowania. Wielu czuje, że dopasowanie modeli i danych z rzeczywistych nurkowań wymagają informacji o całym spektrum aktywności nurkowania, im więcej tym lepiej, zamiast bezpośrednich, lecz rozproszonych badań klinicznych.

Mimo, iż przeprowadzane badania pojedynczych profili są z pewnością ważne, zwykle trudno jest ekstrapolować wyniki do wszystkich pozostałych przypadków, ze względu na mnogość ewentualnych zdarzeń dla różniących się głębokości, mieszanek gazowych, prędkości wynurzania, poziomów przystanków i kombinacji tego wszystkiego. Innymi słowy, odizolowane testy są trudne do szybkiego połączenia razem i dlatego, preferowane jest najszersze możliwe spektrum rezultatów z profili nurkowania. Ponadto, prawdopodobnie nie starczyłoby pieniędzy ani czasu do przebadania wszystkich stosownych mieszanek gazowych, interesujących profili dekompresji we wszystkich sektorach nurkowania. Z tej samej przyczyny, centrum zainteresowania banków danych jest nurkowanie operacyjne, nie zaś badania kliniczne.

Inną troskę stanowi głęboki przystanek podczas nurkowania z systemem OC lub RB. Paradygmat płytkiego przystanku Haldana przetrwał prawie sto lat i większość zebranych przez lata danych odzwierciedla płytki przystanek jako centrum testowania i planowania nurkowania. Mimo, iż można pokazać, że nurkowanie zarówno z płytkim przystankiem, jak i z przystankiem głębokim może być przeprowadzane z tymi samymi poziomami względnego ryzyka, nurkowanie z głębszym przystankiem jest bardziej skuteczne czasowo (krótsze) niż nurkowanie z płytkim przystankiem.

W celu wypełnienia luki w danych o głębokich przystankach, banki danych muszą zaangażować się w zbieranie wyników o profilach dla modeli z głębokim przystankiem (pojawianie się pęcherzyków) dla korelacji z modelami pęcherzykowymi przy danych o zarówno płytkich, jak i głębokich przystankach. Przywołanie tych modeli pęcherzykowych wymaga na ogół głębszego postępu dekompresyjnego niż modele rozpuszczonego gazu (Haldane) i połączenia w modele rozpuszczonego gazu w granicach niewielkiego, lub żadnego wzbudzenia i wzrostu pęcherzyków.

Prawdziwym wyzwaniem jest korelacja danych o głębokich przystankach dekompresyjnych, ponieważ pokazano, że modele pęcherzykowe wykazują postoje na płytkich przystankach jako opcję niezawodną. Ale by oddać Haldanowi sprawiedliwość, musimy pamiętać, że on testował głębokie przystanki 100 lat temu,

ale z powodu wielu ważnych powodów, nie zostały zawarte w jego wczesnych tabelach, ani w późniejszych tabelach tworzonych przez innych zgodnie z modelem gazu rozpuszczonego.

### **Co znajduje się w bankach danych profili?**

Oba DB przechowują ważne informacje o nurkowaniu w postaci sumarycznej. Specyficzne wpisy profili rozciągają się od nurkowania rekreacyjnego do technicznego, z systemami OC do RB, powietrza i mieszanek gazowych i nurkowania płytkiego i głębokiego. Jest to wielki obszar. PDE i DSL są skoncentrowane na nurkowaniu bezdekompresyjnym, podczas gdy LANL DB skupia się na nurkowaniu z mieszanekami gazowymi, systemami OC i RB i głębokim nurkowaniu dekompresyjnym. Oczywiście, w niektórych miejscach zapisy w bankach pokrywają się.

### **Project Dive Exploration (PDE) i Dive Safety Laboratory (DSL)**

PDE i DSL mieści w przybliżeniu 137 tysięcy profili z 105 przypadkami DCS. Podstawowa wielkość zapadalności wynosi z grubsza  $p = 105/137\ 000 = 0,0008$ , dobrze poniżej 1%. Oba banki danych gromadzą dane o nurkowaniach i warunkach, a rezultaty wykorzystuje do oceny DCS i czynników ryzyka. Jedno interesujące badanie porównuje zagrożenie w 3 grupach nurkowania, mianowicie nurkowań w wodach zimnych, ciepłych i nurkowań w komorach Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych (USN).

Wyniki zestawione są w Tabeli 1. Głównym celem ujęcia nurkowań w komorach USN jest stworzenie jednego modelu kalibracji dla danych w ramach wszystkich 3 przypadków. Nurkowie USN byli również zanurzani i poddawani wysiłkowi.

**Tabela 1. Próbkę trzech grup populacji**

| <b>Grupa nurkowa</b> | <b>Nurkowania</b> | <b>Przypadki DCS</b> | <b>Zapadalność</b> |
|----------------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| Ciepła woda          | 51497             | 8                    | 0.0002             |
| Zimna woda           | 6527              | 18                   | 0.0028             |
| Komora USN           | 2252              | 70                   | 0.0311             |

Największa ogólna ilość zdarzeń wystąpiła u nurków wykonujących sprzężenia w komorach USN, a najniższa u nurków ciepłowodnych. Lecz dla tej próbki 3 klas istnieje więcej informacji, niż to ukazują rozległe analizy statystyczne.

Mimo iż, zagrożenia nurkowania w komorze USN są absolutnie i stosunkowo wyższe, dalszy rozkład na zimnowodne w stosunku do (tylko) zagrożeń w Scapa Flow pokazuje, że zagrożenia w Scapa Flow są właściwie niższe w porównaniu do zagrożeń w innych zimnych wodach. Scapa Flow znajduje się w pobliżu północnego wybrzeża Szkocji w archipelagu Orkadów i jest historycznym cmentarzyskiem wraków z czasów sięgających Wikingów. Podczas pierwszej i drugiej wojny światowej, Scapa Flow było bazą Royal Navy.

Spekulowanie, że długie, dekompresyjne nurkowania umieszczają, ze względu na stres termiczny (niska temperatura), nurków USN w grupie wyższego ryzyka niż krótkie, bezdekompresyjne nurkowania w ciepłych wodach brzmi wiarygodnie. A bardziej konkretnie, niższe zagrożenia nurków w Scapa Flow wynikają prawdopodobnie z szerokiego wykorzystywania suchych kombinezonów, przyczyniając się do

zmniejszenia utraty ciepła, a zatem stresu termicznego. Ważnym przekazem kolekcji SDL są dane z ultrasonografów dopplerowskich zebrane od rekreacyjnych nurków korzystających z powietrza, wykonujących 2-3 minutowe przystanki na połowie głębokości, bez narażania na dekompresję.

Bennett i Marroni zanotowali minima Dopplera (zliczanie pęcherzyków) u nurków wykonujących przystanki na połowie głębokości po nurkowaniu bliskim limitom bezdekompresyjnym podawanym przez stare tabele USN dla rozmaitych głębokości. Równoległe analizy wykorzystujące profile z LANL DB wykazują minimalizację ryzyka w tych samych ramach czasowych dla przystanku na połowie głębokości w modelach pęcherzykowych, lecz nie w modelach przesyconych.

Widoczne jest to w Tabeli 2. Zagrożenie przesyconiem zwiększa się monotonicznie z czasem głębokiego przystanku. Chociaż stosunkowo niewielkie, ryzyko pęcherzyków osiąga minimum mniej więcej w 2-3 min. przystanku na połowie głębokości, po nurkowaniu powietrznym bliskim limitom bezdekompresyjnym podawanym przez stare tabele USN. Reprezentuje to użyteczną symbiozę pomiędzy DB SDL i LANL.

**Tabela 2. Minimalizacja zagrożeń Dopplera i pęcherzyków**

| Głębokość/ czas |         | Ryzyko pęcherzyków     |              |                |              | Ryzyko przesyconia |                |              |
|-----------------|---------|------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------------|----------------|--------------|
| (fsw/min)       | (m/min) |                        |              |                |              |                    |                |              |
|                 |         | <i>Brak przystanku</i> | <i>1 min</i> | <i>2.5 min</i> | <i>4 min</i> | <i>1 min</i>       | <i>2.5 min</i> | <i>4 min</i> |
| 80/40           | 24,4/40 | 0.0210                 | 0.0193       | 0.0190         | 0.0191       | 0.0212             | 0.0218         | 0.0226       |
| 90/30           | 27,4/30 | 0.0210                 | 0.0187       | 0.0183         | 0.0184       | 0.0213             | 0.0220         | 0.0229       |
| 100/25          | 30,5/25 | 0.0210                 | 0.0174       | 0.0171         | 0.0172       | 0.0215             | 0.0223         | 0.0234       |
| 110/20          | 33,5/20 | 0.0220                 | 0.0165       | 0.0161         | 0.0162       | 0.0224             | 0.0232         | 0.0241       |
| 120/15          | 36,6/15 | 0.0200                 | 0.0150       | 0.0146         | 0.0147       | 0.0210             | 0.0220         | 0.0238       |
| 130/10          | 39,6/10 | 0.0170                 | 0.0129       | 0.0125         | 0.0126       | 0.0178             | 0.0191         | 0.0213       |

We wszystkich przypadkach, ryzyko przesyconia jest wyższe niż ryzyko pęcherzyków, lecz wszystkie są stosunkowo niewielkie. Nie jest to niespodzianką, gdyż limity bezdekompresyjne tabel USN od wielu lat były używane bezpiecznie i pomyślnie z głębokimi przystankami bezpieczeństwa oraz bez nich. Jednak, trzeba powiedzieć, że wyniki badań dopplerowskich z pewnością stanowią nową obawę dla wszystkich nurków i większość preferowałaby nurkować według profili nurkowych, które ją minimalizują.

### Bank danych LANL

Obecnie w LANL DB rezyduje 2 879 profili. W archiwum danych istnieje 20 przypadków DCS. Podstawowa wielkość zapadalności na DCS wynosi z grubsza  $p = 20/2879 = 0,0069$ , poniżej, lecz blisko 1%. Przechowywane profile dotyczą głębokości od 45,75 m do 256 m słupa wody, z większością powyżej 107 m słupa wody. Wszystkie dane wprowadzane do LANL DB zawierają takie informacje jak autorów, tj., nurkowie, profile, a wyniki są filtrowane. Sumaryczny rozkład danych wystąpień DCS (choroby dekompresyjnej) obejmuje następujące:

1. Odwrócone profile głębokiego nurkowania OC z nitroxem – 5 wystąpień (3 DCS I, 2 DCS II)
2. Głębokie OC z nitroxem – 3 wystąpienia (2 DCS I, 1 DCS II)

3. Odwrócone profile głębokiego OC z trimixem – 2 wystąpienia (1 DCS II, 1 DCS III)
4. Głębokie OC z trimixem – 2 wystąpienia (1 DCS I, 1 DCS III)
5. Głębokie OC z helioxem – 2 wystąpienia (2 DCS II)
6. Głębokie RB z nitroxem – 2 wystąpienia (1 DCS I, 1 DCS II)
7. Głębokie RB z trimixem – 2 wystąpienia (1 DCS I, 1 DCS III)
8. Głębokie RB z helioxem – 2 wystąpienia (1 DCS I, 1 DCS II)

DCS I oznacza chorobę dekompresyjną kończyn, DCS II dotyczy choroby dekompresyjnej centralnego systemu nerwowego (CNS), a DCS III opisuje chorobę dekompresyjną ucha wewnętrznego (występującą głównie przy mieszankach z helem).

Zarówno DCS II, jak i DCS III są bardzo poważnymi schorzeniami, podczas gdy DCS I jest mniej traumatyczna. W ramach przeprowadzonej z grubsza klasyfikacji, głębokie nurkowanie z nitroxem oznacza zakres poza 46 m słupa wody, głębokie nurkowanie z trimixem oznacza zakres poza 61 m słupa wody, a głębokie nurkowanie z helioxem oznacza zakres poza 76 m. Skrót OC oznacza układ otwarty, podczas gdy RB oznacza aparat oddechowy o zamkniętym obiegu (rebreather).

Profile odwrócone są dowolną sekwencją nurkowań, w której obecne nurkowanie jest głębsze od poprzedniego. Nitrox oznacza tlen wzbogacony mieszanką azotu (włączając powietrze), trimix oznacza mieszankę oddechową azotu, helu i tlenu, a heliox jest mieszanką oddechową helu i tlenu. Żaden z przypadków trimixu lub helioxu angażujących wzbogacone mieszanki w wystąpieniach DCS w nurkowaniach z systemami OC i RB nie dotyczył ciśnień cząstkowych tlenu podwyższonych powyżej 1,4 atm. Przełączenia gazu azot-na-hel (ciężki na lekki) występujące w 4 przypadkach, pogwałciły współczesne protokoły ICD (kontrdyfuzja izobaryczna).

Kontrdyfuzja izobaryczna odnosi się do dwóch gazów obojętnych (zwykle azotu i helu) przemieszczających się w tkankach i w krwi w przeciwnych kierunkach. Po zsumowaniu, całkowita prężność gazu (ciśnienia cząstkowe) może prowadzić do zwiększonego przesycenia i prawdopodobieństwa tworzenia się pęcherzyków.

Żaden z zestawów nie naraził całego organizmu ani CNS (centralnego systemu nerwowego) na toksyczność tlenową (oxtox). 20 przypadków pojawiło się po fakcie, w wyniku terapii cierpiącego nurka w komorze hiperbarycznej. Profile pochodzą od doświadczonych nurków, jak również z szerszego pola testowania zgłaszanego do nas, dostarczane przez nurków używających nadgarstkowych tabliczek z tabelami dekompresyjnymi, z komputerem jako urządzeniem zapasowym.

Większość profili dociera do nas w postaci danych bezpośrednio pobranych z komputerów, a my przetwarzamy je do wymaganego formatu. W przybliżeniu 88% wpisów LANL DB pochodzi z danych pobranych z komputerów. Dane są stosunkowo „gruboziarniste”, utrudniając utworzenie zwartych statystyk. Zapadalność na chorobę w całym zestawie jest niewielka, rzędu 1% i mniejsza. Dokładne poszeregowanie według głębokości nie ma większego znaczenia, więc rozbiliśmy dane na kategorie gazów (nitrox, heliox, trimix), jak skategoryzowaliśmy wcześniej. Tabela 3 wskazuje rozbieżności.

### **Tabela 3. Podsumowanie profilu gaz-DCS**

| mieszanka    | Suma profili | DCS       | Zapadalność   |
|--------------|--------------|-----------|---------------|
| OC nitrox    | 344          | 8         | 0.0232        |
| RB nitrox    | 550          | 2         | 0.0017        |
| all nitrox   | 894          | 10        | 0.0112        |
| OC trimix    | 656          | 4         | 0.0061        |
| RB trimix    | 754          | 2         | 0.0027        |
| all trimix   | 1410         | 6         | 0.0042        |
| OC heliox    | 116          | 2         | 0.0172        |
| RB heliox    | 459          | 2         | 0.0044        |
| all heliox   | 575          | 4         | 0.0070        |
| <b>RAZEM</b> | <b>2879</b>  | <b>20</b> | <b>0.0069</b> |

Ilość wystąpień DCS z nitroxiem jest wyższa, lecz statystycznie bez znaczenia w ramach tego skąpego zestawu. Ostatni wpis dotyczy, jak wspomniano uprzednio, wszystkich mieszanek. W powyższym zestawieniu istnieje 35 przypadków drugoplanowych, tj., nie zdiagnozowano DCS, lecz nurek po wyjściu na powierzchnię czuł się źle.

W takich przypadkach, wielu nie obciąża nurkowania wystąpieniem DCS. Interesujące jest również rozbieżność profili z mieszanym gazem na przyrosty po 30,5 m słupa wody, chociaż nie tworzymy dla tych profili statystyk zależnych od głębokości. Oczywistym jest, że statystyczną granicą zestawienia danych są 152 m słupa wody (lub podobna głębokość). Jest to przyczyna, dla której ograniczyliśmy zastosowania algorytmu LANL do 165 metrów słupa wody.

**Tabela 4. Podsumowanie profilu gaz-głębokość**

|              | 100 do<br>199 fsw<br>(30<br>do 60 m) | 200 do<br>299 fsw<br>(61<br>do 90 m) | 300<br>do 399 fsw<br>(90<br>do 120 m) | 400 do<br>499 fsw<br>(121<br>do 150 m) | 500<br>do 599<br>fsw<br>(151<br>do 180 m) | 600+ fsw<br>(ponad m) | RAZEM       |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|---|-----------------------|-------------|
| OC nitrox    | 268                                  | 76                                   |                                       |  |   |                       | 344         |
| RB nitrox    | 213                                  | 246                                  | 91                                    |  |   |                       | 550         |
| OC trimix    | 10                                   | 388                                  | 226                                   | 26                                     | 4   | 2                     | 656         |
| RB trimix    | 22                                   | 358                                  | 226                                   | 108                                    |   |                       | 754         |
| OC heliox    |                                      | 42                                   | 49                                    | 25                                     |   |                       | 116         |
| RB heliox    | 12                                   | 195                                  | 143                                   | 107                                    | 2   |                       | 459         |
| <b>total</b> | <b>525</b>                           | <b>1305</b>                          | <b>775</b>                            | <b>266</b>                             | <b>6</b>                                  | <b>2</b>              | <b>2879</b> |

Odpowiadające podsumowanie wystąpień DCS dla Tabeli 4 podano w Tabeli 5.

**Tabela 5. Podsumowanie DCS dla gazu-głębokości**

|              | <b>100 do<br/>199 fsw<br/>(30<br/>do 60 to)</b> | <b>200 do<br/>299 fsw<br/>(61 do<br/>90 m)</b> | <b>300 do<br/>399 fsw<br/>(90 do<br/>120 m)</b> | <b>400 do<br/>499 fsw<br/>(121<br/>do 150 m)</b> | <b>500 do<br/>599 fsw<br/>(151<br/>do 180 m)</b> | <b>600+ fsw<br/>(ponad m)</b> | <b>RAZEM</b> |
|--------------|---|--|---|--|--|-------------------------------|--------------|
| OC nitrox    | 5   | 3  |   |  |  |                               | 8            |
| RB nitrox    |   | 1  | 1   |  |  |                               | 2            |
| OC trimix    |   | 2  |   | 1  | 1  |                               | 4            |
| RB trimix    |   |  | 1   | 1  |  |                               | 2            |
| OC heliox    |   |  | 2   |  |  |                               | 2            |
| RB heliox    |   |  | 1   |  |  |                               | 2            |
| <b>RAZEM</b> | <b>5</b>  | <b>6</b>                                       | <b>5</b>  | <b>3</b>   |  | <b>1</b>                      | <b>20</b>    |

Profile pochodzą wybiórczo z nurkowań technicznych, zasadniczo na mieszankach gazowych, w rozszerzonym zakresie, nurkowania dekompresyjnego i ekstremalnego. Profile ze społeczności nurkującej rekreacyjnie nie są ujęta, o ile nie pociągały one za sobą ekstremalnego wystawienia na powietrze lub nitrox (wiele kolejnych nurkowań, głębszych niż 46 m słupa wody, nurkowanie na wysokości, itp.). Taka niewielka ilość utrudnia analizę statystyczną i zastosowaliśmy globalne podejście do definiowania ryzyka, po dopasowaniu modelu do danych, wykorzystując maksymalne prawdopodobieństwo.

Maksymalne prawdopodobieństwo wpasowuje powiązania bezpośrednio do dwuwymiarowej struktury prawdopodobieństwa wystąpienia DCS u nurków i lotników. Mamy nadzieję, że kilka komentarzy wystarczy do nakreślenia złożonego procesu matematycznego stosowanego do modelu i danych w czymś nazywanym maksymalnym prawdopodobieństwem. Podejście jest szeroko używane w ramach danych dotyczących nurkowania.

### **W jaki sposób analizujemy dane w bankach danych profili**

Do analizy ryzyka, do danych musi być użyty i wpasowany estymator zagrożenia. Bardzo popularne są dwa, tj., funkcje ryzyka przesylenia i wzrostu pęcherzyków. Są one szczegółowo objaśnione, na przykład w publikacji *Diving Physics With Bubble Mechanics And Decompression Theory* (Fizyka nurkowania z mechaniką pęcherzyków i teoria dekompresji). Dla laika można je podsumować następująco:

- estymator ryzyka przesylenia - jako miarę ryzyka wykorzystuje różnicę pomiędzy całkowitą prężnością gazu obojętnego oraz ciśnienia otaczającego podzieloną przez ciśnienie otaczające;
- estymator zagrożenia pęcherzykami - jako miarę ryzyka wykorzystuje prędkość wzrostu pęcherzyków w czasie podzieloną przez początkową objętość pęcherzyków wywołanych przez kompresję - dekompresję.

Wyrażenia matematyczne i zawarte tutaj dowolne parametry są następnie dopasowane do danych w

procesie maksymalnego prawdopodobieństwa, które jest funkcją prawdopodobieństwa wszystkich profili nurkowania, a wyniki w całym DB są najlepiej jak to możliwe dopasowane do parametru i przestrzeni rezultatów. Do dopasowania parametrów do rezultatów niezbędne są bardzo szybkie komputery i zaawansowane oprogramowanie matematyczne. W przypadku banku danych LANL, największe i najszybsze na świecie superkomputery w trybie przetwarzania równoległego czynią proces dopasowania stosunkowo krótkim.

W wielu badaniach, funkcja ryzyka przesyleniem nie koreluje dobrze z danymi z głębokich przystanków, podczas gdy funkcja ryzyka pęcherzykowego pasuje dobrze zarówno do przystanków głębokich, jak i płytkich. Funkcja zagrożenia pęcherzykowego, którą wykorzystujemy, wywodzi się oczywiście z modelu pęcherzykowego LANL (RGBM), pozwalając ją bezpiecznie wykorzystać w wielu sektorach nurkowania, w różnych zastosowaniach. Lecz nie od rzeczy jest zapamiętanie, że nowoczesne modele pęcherzykowe mogłyby spełniać taką samą rolę, ogólnie porównywalną do modeli rozpuszczonego gazu. Dla celów uproszczenia, szacunki zagrożenia z estymatora ryzyka pęcherzyków i estymatora ryzyka przesylenia są nazywane ryzykiem pęcherzykowym i ryzykiem przesylenia.

Czego nauczyliśmy się z banków danych profili? Artykuł ten mógłby ciągnąć się całymi stronami, lecz jako dodatkową strawę dla umysłu, rozważ ilość powiązanych zbiorów DB. Project Dive Exploration (PDE) i Dive Safety Laboratory (DSL) Szeroka analiza danych PDE i DSL sugeruje:

1. modele nie zawsze ekstrapolują poza ich punkty kalibracji (danych);
2. techniki probabilistyczne zaprzęgnięte do rzeczywistych modeli są użytecznym sposobem do szacowania ryzyka nurkowania;
3. warunki nurkowania (stresy środowiskowe) mogą znacząco wpływać na ryzyko;
4. indeks masy ciała (BMI) często koreluje z ryzykiem DCS, zwłaszcza u nurków starszych i z nadwagą;
5. charakterystyki osobowe, takie jak wiek, płeć i poziom certyfikacji wpływają na prawdopodobieństwo nurkowania kończącego się chorobą lub śmiercią;
6. wiodącymi przyczynami wypadków i śmierci podczas nurkowania są utonięcie, podtopienie, barotrauma podczas wynurzenia i DCS;
7. jedynie 2% nurków rekreacyjnych wykorzystuje tabele do planowania nurkowania, podczas gdy pozostali polegają na komputerach nurkowych;
8. w sektorze rekreacyjnym gwałtownie rozszerza się nurkowanie z nitroxem.

## **Bank danych LANL**

Analiza profilu LANL DB przystanków ze względu na rozpuszczony gaz w porównaniu do przystanków z obawy przed pęcherzykami, sugeruje szeroko, że:

1. dane o głębokich przystankach są znacząco różne od danych zebranych w przeszłości dla oceny nurkowania. W tych poprzednich danych bazowano głównie na poziomach przystanków nurka, możliwym nastawieniu podczas planowania nurkowania;
2. dane o głębokim i płytkim przystanku wykazują takie samo ryzyko dla nurkowania nominalnego, płytkiego i bez przystanków, ponieważ modele pęcherzykowe i z rozpuszczonym gazem zbiegają się w granicach bardzo małego rozdzielania faz;
3. jeżeli do analizy wykorzystywane są tylko dane o płytszych przystankach, ryzyko rozpuszczonego gazu będzie wyższe niż to obliczone z danych dla głębszego przystanku;

4. czysty tlen lub EAN80 są standardowymi gazami dekompresyjnymi OC w strefie 7 m słupa wody;
5. głębokie przystanki są standardem podczas nurkowania z mieszankami gazowymi, a wystąpienia DCS nie istnieją.
6. nurkowie techniczni unikają głębokiego przełączania z mieszanki helowej na nitrox, zamiast tego zwiększana jest część tlenu kosztem zmniejszenia części helu.
7. komputery nurkowe głębokich przystanków służą głównie jako zapas lub ratunek, podczas gdy do planowania nurkowania z głębokimi przystankami wykorzystywane są tabele i oprogramowanie planowania nurkowania;
8. Zwiększenie wystąpień DCS przy nurkowaniu na mieszankach gazowych, dekompresyjnym i z głębokimi przystankami nie istnieje, o ile stosuje się tabele głębokich przystanków, przyrządy i oprogramowanie;
9. zapadalność na DCS jest wyższa przy nurkowaniu technicznym w porównaniu do nurkowania rekreacyjnego, lecz nadal niewielka;
10. wykorzystanie rebreatherów w różnych sektorach nurkowania wzrasta;
11. nadgarstkowe komputery nurkowe posiadają procesory o prędkości pozwalającej na pełną rozdzielczość dla nawet najbardziej rozległych modeli pęcherzykowych;
12. dla modeli i danych korelujących najważniejsze są dane pochodzące z nurkowania technicznego;
13. nurkowie techniczni nie nurkują na powietrzu, zwłaszcza jako gazem dennym, z trimixem i helioxem stanowiącymi mieszankę z wyboru.
14. wydane tabele głębokich przystanków, oprogramowanie i przyrządy cieszą się szerokim i bezpiecznym wykorzystaniem wśród nurków zawodowych;
15. nurkowanie techniczne wzrasta skokowo, z odpowiadającymi danymi dostępnymi z komputerów i zegarów przebywania na dnie.

### **Podziękowania**

Dick Vann, Petar Denoble, Peter Bennett i Alessandro Marroni dostarczyli wielu informacji o PDE oraz DSL, i szczerze im dziękujemy za ich wkład i pomoc. Dziękujemy im również za włączenie online pierwszego banku danych profili. Specjalne dzięki dla członków zespołu i państwowego laboratorium w Los Alamos. Niewiarygodne instalacje komputerowe w LANL usprawniają rozpracowanie trudnych problemów.

Dodatkowe podziękowania agencjom szkoleniowym (NAUI, ANDI, GUE, IDF, FDF), sprzedawcom przyrządów (Suunto, Mares, Dacor, HydroSpace, Atomic Aquatics, UTC, Plexus, Zeagle, Steam Machines) i dostawcom oprogramowania (GAP, ABYSS, HydroSpace) za dostarczenie statystyk użytkowników oraz danych o zastępach szkoleniowych RGBM, tabelach i zastosowaniach przyrządów.