



Směsi

První a nejdůležitější směsí, kterou každý potápeč dýchá od narození, je vzduch. Pod vodou se ale občas lépe hodí i něco jiného.

Potápečské dýchací směsi sestávají ze dvou hlavních složek: kyslíku a diluentu. Kyslík tělo spotřebovává, diluent (typicky dusík a helium) se v těle rozpouští a kvůli jeho vysycení děláme dekompresní zastávky.

KYSLÍK - jed, který potřebujeme

Pro první organizmy na zemi byl kyslík jedovatý. Pro naše buňky je částečně jedovatý také, ale zároveň ho naše tělo potřebuje pro přeměnu živin v energii.

Při volbě směsi je první starostí, aby kyslíku nebylo moc, jinak by hrozila otrava. Rekreačních a technických potápečů se týká především otrava akutní, pro dlouhodobé expozice hrozí i otrava chronická.

Akutní otrava postihuje centrální nervový systém (CNS). Projevem, ze kterého mají všichni potápeči strach, je generalizovaný záchvat, při

PARCIÁLNÍ TLAK

Tlak, který by měl plyn ve směsi, kdyby vyplňoval celý objem sám. Vzduch sestává přibližně z 21 % kyslíku, 78 % dusíku a jednoho procenta dalších plynů. Na hladině moře je barometrický tlak přibližně 1 bar. To znamená, že kyslík má parciální tlak 0,21 bar a dusík 0,78 bar. V 10 metrech hloubky je celkový tlak přibližně 2 bary. Kyslík má 21 % podíl na tomto tlaku.

$$p_{O_2} = f_{O_2} \times p = 0,21 \times 2 = 0,42 \text{ bar}$$

p_{O_2} ... je parciální tlak kyslíku

f_{O_2} ... frakce (podíl) kyslíku ve směsi

p ... celkový tlak

Parciální tlak (bar)	Člověk a kyslík
0,06	těžká hypoxie: kóma nebo smrt
0,10	těžká hypoxie: bezvědomí pravděpodobně do 30 minut*
0,12	těžká hypoxie
0,16	lehká hypoxie (pocit nedostatku vzduchu), spodní bezpečná hranice
0,21	normální vzduch (v malé nadmořské výšce)
0,40	hranice trvalého zatížení kyslíkem
1,00	dýchání čistého kyslíku na hladině (v malé nadmořské výšce)
1,10	vhodná hodnota pro náročné ponory dlouhé několik hodin
1,40	vhodná hranice pro běžný ponor
1,60	maximum na při běžném potápění
2,00	limit US Navy pro potápění s kyslíkovým přístrojem (maximálně 10 minut)
2,80	léčba v hyperbarické komoře
3,00	téměř jistá akutní otrava

* Poznámka: Horolezci se na nedostatek kyslíku postupně aklimatizují, pak v relativně bdělém stavu dosáhnou až výšky Everestu.

kterém svaly v celém těle křečují, postižený má výpadek vědomí. Je podobný velkému epileptickému záchvatu. Když se stane pod vodou, tak postižený s velkou pravděpodobností a přes snahu jeho potápečských partnerů utone.

Při rekreačním potápění s nitroxem otrava prakticky nehrozí, v podstatě stačí dodržovat maximální hloubku. V kurzech nitroxového potápění se nebezpečí otravy připomíná hlavně proto, aby potápeči brali limity hloubky vážněji, než hloubkové limity potápění se vzduchem.

Při technickém potápění hrozí akutní otrava kyslíkem zejména při záměně dekompresní směsi.

DILUENT

Hlavní úkol diluentu je doplňovat kyslík tak, aby byly naplněné plíce. Druhým úkolem je rozptýlit a odvést oxid uhličitý, který vydechujeme. Ideální diluent by byl takový, který by se vůbec nedostal z plic dále do těla. Žádný takový v prakticky použitelné podobě ale nemáme. Ryby naše problémy spojené s diluentem



nemají, přijímají kyslík rozpuštěný ve vodě zábrami rovnou do krve, diluent nepotřebují. Základním diluentem je dusík. Jako všichni suchozemci jsme v podstatě saturační potápeči, kteří žijí v barometrickém tlaku a dýchají směs - vzduch.

HLOUBKOVÉ OPOJENÍ

Při sestupu do hloubky přináší dusík různé potíže. Především je narkotický, způsobuje hloubkové opojení.

Poněkud nestandardní konfigurace



Hloubka se vzduchem (m)	Parciální tlak (bar)	Člověk a dusík
0	0,78	normální vzduch (v malé nadmořské výšce)
10	1,56	žádné příznaky
20	2,34	potápěč příznaky nevnímá, ale jsou měřitelné
30	3,12	potápěč začíná pociťovat ztrátu koordinace pohybu a oslabení logického myšlení
40	3,90	maximální hloubka pro rekreační potápění
50	4,68	limit, který dodržuje většina zkušených potápěčů
60	5,46	potápěč se chová jako silně opilý
80	7,02	hrozí bezvědomí

"Se vzduchem pod 60 m je slyšet, kromě unikajících bublin, i vrzání nebeské brány," řekl Petr Katz. Přežít lze ale ledasco, jsou jedinci, co přežili ponor do 100 m se vzduchem.

DEKOMPRESI

Další problém, který přináší diluent, je dekomprese. Diluent je biologicky inertní, neúčastní se chemických reakcí v těle. Pouze se fyzikálně rozpouští. Kdyby potápěč měl v těle příliš mnoho rozpuštěného diluentu (tj. diluent měl příliš velký parciální tlak) a vystoupil na hladinu, tak diluent bude mít takový přetlak, že spolu s dalšími v těle rozpuštěnými plyny vytvoří bubliny a vznikne dekompresní nemoc. Podobně, jako vypění sodovka, když rychle odpustíme tlak. To ale snad už znáte z kurzu potápění.

Na zkrácení dekomprese má vliv omezení množství diluentu, které se při ponoru rozpustí v těle. To využíváme především při potápění s nitroxem.

Rychlejšímu vysycování pomáhá velký rozdíl mezi parciálním tlakem rozpuštěných plynů tvořících diluent a parciálním tlakem těchto plynů ve vdechované směsi. Toho využíváme při dekompresi s čistým kyslíkem a dekompresními směsmi.

NITROX V REKREAČNÍM POTÁPĚNÍ

V poslední době v rekreačním potápění stalo zcela běžným používání EAN 32, tedy směsi 32 % kyslíku a 68 % dusíku (když zanedbáme stopové množství dalších plynů). Označení EAN vzniklo z Enriched Air Nitrox, obohacený vzduch - Nitrox.

Neslouží pro potápění do velké hloubky, naopak. Hloubka je limitována maximálním parciálním tlakem kyslíku 1,6 bar. Stačí trocha fyziky, abychom si spočítali, do jaké hloubky je EAN 32 použitelný:

Víme, že:

$$p_{O_2} = f_{O_2} \times p$$

kde p_{O_2} je parciální tlak kyslíku, f_{O_2} frakce (podíl) kyslíku ve směsi a p celkový tlak.

Po jednoduché úpravě a dosazení:

$$p = p_{O_2} / f_{O_2} = 1,6 / 0,32 = 5 \text{ bar}$$

Že celkový tlak 5 bar je v hloubce 40 m si umí spočítat snad každý potápěč.

Výhodou není hloubka, ale prodloužení bezdekompresních časů resp. zkrácení případné dekomprese.

Například ponor do hloubky 30 m na 40 minut:

Zastávka	Vzduch	EAN 32
6 m	3 min	-
3 m	14 min	4 min
CELKEM	17 min	4 min

Proč tomu tak je? V těle se rozpustí méně dusíku. Porovnejme parciální tlaky dusíku, jaké budou ve 30 m, tedy v celkovém tlaku 4 bary.

$$\text{Vzduch: } p_{N_2} = f_{N_2} \times p = 0,78 \times 4 = 3,12 \text{ bar}$$

$$\text{EAN 32: } p_{N_2} = f_{N_2} \times p = 0,68 \times 4 = 2,72 \text{ bar}$$

Při potápění se vzduchem by byl stejný parciální tlak dusíku v celkovém tlaku:

$$p = p_{N_2} / f_{N_2} = 2,72 / 0,78 = 3,5 \text{ bar (zaokrouhleno)}, \text{ který odpovídá hloubce 25 m.}$$

Tělo se tedy s EAN 32 sytí v 30 m stejně, jako se vzduchem v 25 m. Této hloubce se říká ekvivalentní vzduchová hloubka a značí se EAD (Equivalent Air Depth). Dá se využít pro plánování nitroxových ponorů podle vzduchových tabulek - jednoduše se vyhledá dekomprese nikoli pro skutečnou, ale pro ekvivalentní hloubku.

Použití EAD pro plánování je bezpečné, ale poněkud nepohodlné. Většina potápěčů si jednoduše nastaví EAN 32 na svém potápěčském počítači, případně si vezme dekompresní tabulky už přímo vypočítané pro EAN 32. Podobně jako EAN 32 se občas v rekreačním potápění používá EAN 36, je ideální do hloubek 20 až 30 m.

NITROX NA DEKOMPRESI

Pro technické potápění s více směsmi se používá nitrox a kyslík na dekompresi.

Jednotlivé plyny se sytí a vysycují na sobě nezávisle. Hnacím motorem je rozdíl mezi parciálním tlakem ve vdechované směsi a parciálním tlakem v tkáních. Když bude potápěč dýchat čistý kyslík, tak je parciální tlak dusíku (a případně hélia) ve vdechované směsi nulový, vysycování probíhá maximální možnou rychlostí. Dokonce nezáleží na tom, zda je potápěč na dekompresní zastávce v 6 m, nebo ve 3 m - rychlost vysycování je pořád stejná. Proto se dekompresní zastávka s kyslíkem dělá pouze v 6 m.

V hloubce 6 m je celkový tlak 1,6 bar. Je to tedy maximální hloubka, ve které lze bezpeč-



ně dýchat čistý kyslík. Ve větší hloubce se obvykle používá EAN 50, na který se při dekompresi přechází v 21 m.



Dekompresní směs techničtí potápěči nosí v dekompresních lahvích, i v češtině často označovaných termínem stage. Tyto lahve si potápěč připevňuje dopředu. Aby ho nepřevážovaly, tak se používají vztlačkové neutrální lahve z hliníkových slitin.

Výměna dýchací směsi je jednou z nejrizikovějších operací při technickém potápění. Záměna dýchací směsi byla příčinou řady fatálních nehod. Proto existují přesná pravidla pro značení stage a pro proceduru přechodu na dýchání z ní, při které se potápěč i jeho parták několikrát ujistí, že dýchá ze správné lahve.

TRIMIX A HELIOX

Narkotické účinky dusíku omezují maximální hloubku potápění se vzduchem na 40, možná 50 m. Velmi zkušený potápěč si možná dovolí sestup se vzduchem do 60 m, ale ne tam, kde potřebuje mít čistou hlavu. Pro hlubší ponory se do směsi doplňuje hélium, jehož narkotické účinky jsou zanedbatelné. Vzniká směs kyslíku, dusíku a hélia, trimix. Někdy, zejména při pracovním potápění do velkých hloubek (běžně 200 m, ale i hlouběji), se používá pouze směs kyslíku a hélia, heliox.

Trimixové potápění vyžaduje velké teoretické znalosti a značnou sebekázeň potápěče. Základou je pečlivé plánování. "Plan your dive and dive your plan" je základním heslem. Kromě dekompresního postupu je nutno pečlivě naplánovat i objemy jednotlivých směsí. U větších ponorů, například při průniku do hluboké jeskyně, se používají až desítky postupových a dekompresních lahví. Limitem těchto ponorů je logistika, spolupráce s podporným týmem je nutnost.

Klady směsi s héliem

- potápění s čistou hlavou do hloubek větších než 40 m,
- nižší viskozita hélia snižuje dechovou práci a zvyšuje komfort dýchání,
- hélium se rozpustí podstatně méně než dusíku (při stejném parciálním tlaku rozpuštěného plynu je ve tkáni méně molekul), takže při dekompresi tvoří menší bubliny.

Zápory směsi s héliem

- vysoká cena a někdy obtížná dostupnost,
- hélium se sytí rychleji než dusík, s trimixem je potřeba delší dekomprese, než se vzduchem,
- vysoká teplotní vodivost, nelze použít do suchého obleku (ten se obvykle plní z nezávislé lahvičky s argonem, který izoluje lépe než vzduch),
- zkrácení hlasu na hranici srozumitelnosti vyžaduje při pracovním potápění použití přístroje, který hlas upraví (descrambler). Zejména vysoká cena hélia přispívá k rozšíření přístrojů s uzavřeným okruhem, ve kterých se diluent nevydechuje do okolní vody, ale po doplnění kyslíku a odstranění oxidu uhličitého vrací do plic potápěče.



SMĚS PRO REKORDNÍ HLOUBKU

V osmdesátých a devadesátých letech minulého století probíhal na obou stranách Atlantického oceánu, zejména ve Francii a USA, intenzivní výzkum hloubkového potápění. Cílem bylo rozšířit možnosti běžného komerčního potápění do hloubek přes 500 m.

Největší hloubky při simulovaném ponoru dosáhl francouzský Comex při pokusu Hydra 10 v roce 1992. Jako složka diluentu byl použit i vodík.

Tříčlenný potápěčský tým sestoupil do hloubky 675 m. Kompresce trvala 313 h (přibližně 13 dní). Při sestupu do hloubek přes 200 m hrozí HPNS, syndrom z vysokého tlaku, proto musí být sestup velmi pomalý.

Zpočátku dýchali heliox (směs kyslík-hélium), od hloubky 200 m byl přidáván vodík a od 400 m opět hélium. Pobyt na dně trval 74 h (přibližně 3 dny). V průběhu pobytu přešel jeden z potápěčů, Theo Mavrostomos, do menší komory a sestoupil na cílovou hloubku 701 m.

Drží tak rekord absolutně nejhlubšího sestupu. Následoval výstup (dekomprese) v trvání 559 h (přibližně 23 dní). Při něm byl postupně odstraňován z dýchací směsi vodík,

čistý heliox dýchali potápěči od hloubky 280 m. Dýchací směs na dně byl hydreliox, konkrétně směs 0,56 % kyslíku, 71,27 % hélia a 28,17 % vodíku. ■



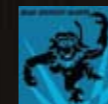
Nevstupujte do **VODY** **BEZ** profesionálů



Naše **DOBRÉ** jméno bude Vaše **RENOMÉ.**

CENOTES CONTROL

David Dušek
Tulum, Highway 307
Quintana Roo, Mexiko
www.cenotes-control.com
info@cenotes-control.com



Vít Pelc
Hajnova ul., Kladno
T: 602 217 608
www.bmdivers.cz
info@bmdivers.cz



Jan Kučera
Norská 601/12, Praha 10
T: 271 720 210 M: 776 125 809
www.diveacademy.cz
info@diveacademy.cz



Jiří Hovorka, Petr Veselý
Bazén Slavia, Praha 10-Vršovice
T: 272 730 951 M: 607 942 765
www.barakuda-diving.cz
info@barakuda-diving.cz



Martin Medek
Československé Armády 3, Příbram 4
T: 604 703 556
www.easydiving.cz
martin@easydiving.cz



Jiří Kaňka
www.dir-pro.cz
info@dir-pro.cz

NAUI
WORLDWIDE
JUST DIVE

Reprezentant, Course Director



MDC, spol. s r.o.
Petr Večeřa
K Zeleným domkům 35
148 00 Praha 4-Kunratice
T: 244 912 066
M: 603 175 650, 776 355 616
mdc@potapko.cz
www.potapko.cz