

Basic Nitrox Diver



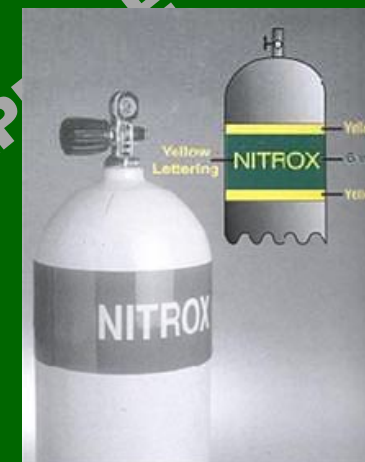
CMAS - CONFÉDÉRATION MONDIALE DES ACTIVITÉS SUBAQUATIQUES WORLD UNDERWATER FEDERATION



Basic Nitrox Diver

Basic Nitrox Diver

- úvod
- fyzikální a chemické vlastnosti plynů
- tlak a parciální tlak
- fyziologické účinky plynů
- technika pro nitrox
- plánování ponorů
- informační zdroje



CMAS - CONFÉDÉRATION MONDIALE DES ACTIVITÉS SUBAQUATIQUES WORLD UNDERWATER FEDERATION

Basic Nitrox Diver



recreační potápění - specializační kurzy

Basic Nitrox Diver EANx Diver



samostatné potápění
s nitroxem do 40% kyslíku,
opakované ponory, teorie,
praxe 2 ponory

technické potápění - specializační kurzy

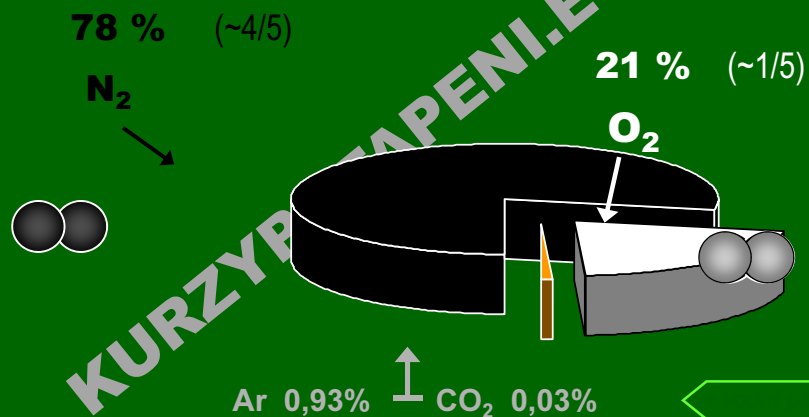
Advanced Nitrox Diver Advanced EANx Diver



samostatné potápění s více
nitroxovými směsmi s
obsahem kyslíku
i více než 40% kyslíku
a s čistým kyslíkem - stage

Úvod

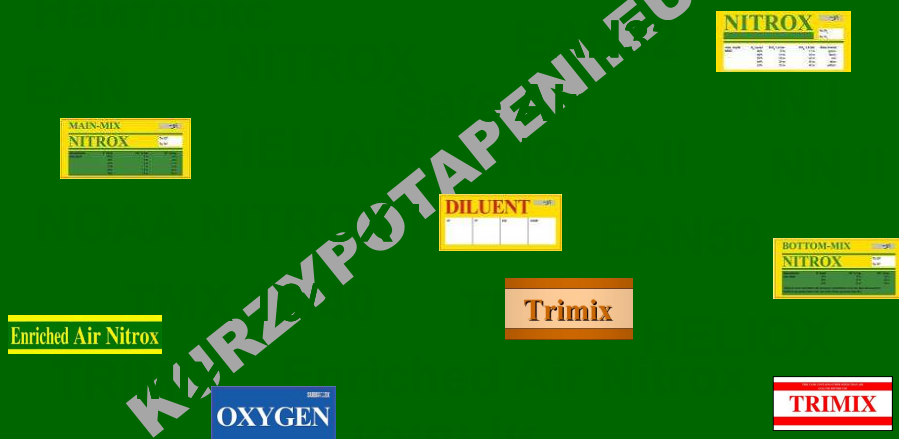
CO JE VZUCH ?



SLOŽENÍ VZDUCHU

plyn	značka	objem (%)
dusík	N_2	78,09
kyslík	O_2	20,95
argon	Ar	0,93
oxid uhličitý	CO_2	0,03
neon	Ne	0,0018
helium	He	0,0005
metan	CH_4	0,0002
krypton	Kr	0,000114
vodík	H_2	0,000050
xenon	Xe	0,000009

CO JE UMĚLÁ DÝCHACÍ SMĚS ?



PROČ UMĚLÁ DÝCHANÁ SMĚS ?

Dýchací technika musí zajistit:

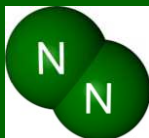
- dobrá dodávka směsi vhodného složení
- pod vhodným tlakem

Který plyn nám dělá problémy při dýchání vzduchu ?

DUSÍK

A proč ?

- dusíková narkóza
- dekompresní choroba
- větší hustota ve hloubce



Potřebujeme dusík k dýchání ?

NE !

Čím dusík nahradit ?

- hélium
- kyslík

Čím nahradit (částečně) dusík?

výhody

nevýhody

1. kyslíkem
 - je levný
 - při $p_{O_2} > 1,6$ bar toxický
 - EAN32** → deko kratší
 - hloubka menší
2. heliem
 - není narkotické
 - ale je drahé
 - TMX 21/20** → hloubka větší
 - deko trochu delší
3. vzduch
 - relativně levné
 - hloubka větší
 - + deco: kyslík deko kratší
 - (kompromis)
 - EAN50** **OXYGEN6**

PŘEHLED DÝCHACÍCH SMĚSÍ

typ směsi	směs	chemická rovnice	hloubka
normoxická směs	vzduch	$N_2 + 21\% O_2$	0 – 40 m
hyperoxická směs	Nitrox (EAN)	$N_2 + O_2$ (22% - 99%)	15 – 35 m
	kyslík	100 % O_2	0 – 6 m
- hyper - normo - hypo	Helitrox	He + Nitrox	15 – 35 m
	Trimix (TMX)	$O_2 + He + N_2$	hloubkové ponory
	Heliox	He + O_2	hloubkové ponory
hypoxické směsi	Heliair	He + vzduch	hloubkové ponory
	Argox	Ar + O_2	9 – 15 m
	Hydrox	$H_2 + O_2$	30 – 150 m
	Hydroheliox	$H_2 + He + O_2$ (Hydreliox)	30 – 701 m
	Neox	Ne + O_2	30 – 180 m

POJEM NITROX

NITROX = směs kyslíku s dusíkem, kde obsah O_2 je zpravidla větší než 21%

různé názvy:

- NITROX:** NITRogenium + OXYgenium
- EANx:** Enriched Air - Nitrox
- NOAA I:** National Oceanic and Atmospheric Administration
- NN I:** NOAA Nitrox I
- Safe Air**



VZDUCH versus NITROX z hlediska uživatele

- plánování ponoru odlišné, pro Nitrox je plánování náročnější
- samotné dýchání je stejné, případně příjemnější (nižší spotřeba i únava) z hlediska používané techniky (do 40% O₂) je to stejné
- efektivnější potápění do středních hloubek, ovšem další omezení

závěr:

Enriched Air Nitrox

- nemusíme se učit dýchat
- ale musíme se naučit správně plánovat ponor a zodpovědně ho dodržet !!!



KVANTITATIVNÍ UPŘESNĚNÍ NITROXU

- NITROX32 = 32% O₂ + 68% N₂
- EAN32 = 32% O₂ + 68% N₂
- NITROX36 = 36% O₂ + 64% N₂
- NITROX50 = 50% O₂ + 50% N₂
- NOAA I = NITROX32 neboli EAN32
- NOAA II = NITROX36 neboli EAN36
- NN I = NITROX32 neboli EAN32
- NN II = NITROX36 neboli EAN36



VÝHODY NITROXU

- prodlouží se nulové časy (doba ponoru bez dekomprese)
- zkrátí se nutná doba dekomprese
(chlad, spotřeba, ztráta času, riziko při nuceném výstupu na hladinu)
- sníží se množství zbytkového dusíku v těle po vynoření
- zkrátí se nutné povrchové intervaly pro opakované ponory
- zkrátí se čekací doba do odletu
- zkrátí se nutná doba adaptace na větší nadmořskou výšku
- subjektivně snižuje stupeň pocitu únavy po ponoru



VÝHODY NITROXU

- prodlouží se nulové časy - příklad

nulový čas = **bezdekompresní doba ponoru**
do výstupu

hloubka	vzduch	Nitrox32		Nitrox36
18 m	55 min	100 min	prodloužení +80%	100 min
24 m	35 min	50 min	prodloužení +40%	60 min
33 m	15 min	25 min	prodloužení +66%	30 min
				prodloužení +100%

CMAS - CONFÉDÉRATION MONDIALE DES ACTIVITÉS SUBAQUATIQUES WORLD UNDERWATER FEDERATION

Basic Nitrox Diver

VÝHODY NITROXU

😊 zkrátí se nutná doba dekomprese - příklad

parametry ponoru :

hloubka **24 m** čas na dně = doba ponoru = **60 min**

dekomprese vzduch Nitrox32 Nitrox36

v 5 m : 17 min 8 min **bez deko!**

zkrácení - 50 %

CMAS - CONFÉDÉRATION MONDIALE DES ACTIVITÉS SUBAQUATIQUES WORLD UNDERWATER FEDERATION

Basic Nitrox Diver

NEPŘÍMÉ VÝHODY NITROXU

jestliže se použije jako vzduch při deko ponoru

😊 snížený parciální tlak dusíku značně snižuje ale nevyklučuje riziko vzniku dekompresní choroby

😊 zvýšený parciální tlak kyslíku snižuje spotřebu dýchaného média asi o 10%

😊 použití dalšího Nitroxu vhodného složení během dekomprese výrazně zkracuje dobu deko zastávek AND

CMAS - CONFÉDÉRATION MONDIALE DES ACTIVITÉS SUBAQUATIQUES WORLD UNDERWATER FEDERATION

Basic Nitrox Diver

NEPŘÍMÉ VÝHODY NITROXU

😊 použití Nitroxu vhodného složení během dekomprese výrazně zkracuje dobu dekompresních zastávek 1 hodina ve 30 m

ponor: vzduch 60' deko: vzduch 61'

ponor: EAN36 60' deko: EAN36 17'

ponor: vzduch 60' deko: EAN50 + O2 23'

ponor: EAN36 60' deko: EAN50 + O2 9'

CMAS - CONFÉDÉRATION MONDIALE DES ACTIVITÉS SUBAQUATIQUES WORLD UNDERWATER FEDERATION

Basic Nitrox Diver

NEVÝHODY NITROXU

☹ omezení na maximální přípustnou hloubku a expozici !!!

☹ nutnost změřit si koncentraci kyslíku

☹ asi 1,5 x dražší než vzduch

☹ od poloviny roku 2008 povoleno připojení automatiky k ventilu láhve s více než 21% O₂ jen závitem M26x2

☹ pro Nitrox s více než 40% kyslíku je nutná úprava dýchací techniky (Oxy Clean)

☹ není všude dostupný

☹ přísné dodržení bezpečnostních postupů pro plně

Fyzikální a chemické vlastnosti plynů



Basic Nitrox Diver

PLYNY V POTÁPĚNÍ

- vodík  H₂ diluent pro extrémní hloubky
- hélium  He diluent pro velké hloubky
- oxid uhličitý  CO₂ metabolický plyn, vydýcháváme
- dusík  N₂ fyziologicky netečný
- kyslík  O₂ metabolický plyn, podpora hoření
- neon  Ne vzácně diluent pro hloubky
- argon  Ar dobrý izolant, vzácně deko
- xenon  Xe technický plyn ve svítilnách



Basic Nitrox Diver



VODÍK


- H - lat. *hydrogénium*, dvouatomová molekula H₂
- nejlehčí plyn, 14x lehčí než vzduch (dříve vzducholodě)
- bezbarvý plyn bez chuti a zápachu
- hořlavý, s > 4% O₂ exploduje, redukční činidlo
- vede teplo 7x lépe než vzduch, zvuk 3,7x rychleji
- nejhojnější prvek ve vesmíru, ve vzduchu vzácný, biogenní, voda
- má nižší narkotické účinky než dusík
- vyrábí se elektrolýzou vody: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$
- použití: metalurgie, řezání, pohon motorů
- potápění: diluent pro extrémní hloubky



Basic Nitrox Diver



HÉLIUM

- He - lat. *helium*, Hélios, jednoatomový plyn 
- druhý nejlehčí plyn, 7x lehčí než vzduch
- inertní bezbarvý plyn bez chuti a zápachu
- druhý nejhojnější prvek ve vesmíru, na Zemi vzácný
- nemá narkotické účinky
- vede teplo lépe než vzduch, též zvuk je rychlejší, zkresluje hlas
- získává se z juvenilních plynů (USA, Kanada) a z plynů z některých nerostů
- použití: diluent pro hloubky, balónové létání, výbojky

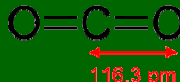
He





Basic Nitrox Diver

OXID UHLIČITÝ



- CO_2
- bezbarvý, 1,6x těžší než vzduch (Psi a Zbrašovské jeskyně)
- bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, ale ve větší koncentraci kyselý, výrazná chuť pod sodovce
- stálý plyn, nepodporuje hoření, nelze dýchat, ale . . .
- biogenní prvek C, produkt metabolismu, v menším množství nutí k nádechu, skleníkový plyn, 0,038 % ve vzduchu, součást vulkanických plynů
- vyrábí se žháním vápence $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- použití: chemická surovina, potravinářské účely, ochranná atmosféra, zdravotnictví (resuscitace : O_2 + 5% CO_2)



Basic Nitrox Diver

DUSÍK



- N_2 - lat. *nitrogenium*
- dvouatomový plyn, pevná trojná vazba
- bezbarvý plyn bez chuti a zápachu
- stálý plyn, slučuje se za vyšších teplot
- hlavní součást atmosféry, biogenní prvek – 1,5 litru v těle
- není dýchatelný, není jedovatý, při potápění samé potíže
- vyrábí se frakční destilací zkapalněného vzduchu současně s kyslíkem
- použití v metalurgii, elektronice a potravinářství jako ochranná atmosféra, kapalný v kryotechnice, součást hnojiv a výbušnin
- potíže při potápění: dekompenční choroba, dusíková narkóza, viskozita při vyšší tlaku (= hloubce)



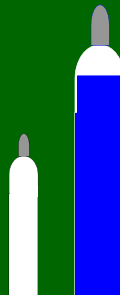
Basic Nitrox Diver

KYSLÍK

dobry sluha
a zly pan ☹️

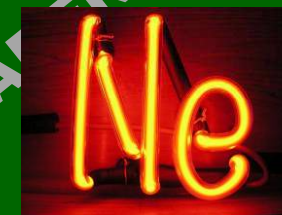


- O_2 - lat. *oxygenium*,
- bezbarvý plyn bez chuti a zápachu
- velice reaktivní plyn, slučuje se hořením na oxidy
- druhý nejhojnější prvek v atmosféře, hojný v horninách s křemíkem, v oceánech
- základní biogenní prvek, nutný k životu
- vyrábí se frakční destilací zkapalněného vzduchu
- použití: metalurgie, medicína, horníci, potápěči, galvanické / palivové články



Basic Nitrox Diver

NEON



- Ne - jednoatomový plyn, název dal Ramseyův synek
- bezbarvý plyn bez chuti a zápachu
- 😊 inertní (netečný) plyn
- vede dobře elektrický proud
- v atmosféře 0,0018%
- 😊 nemá narkotické účinky
- ☹️ vyrábí se frakční destilací zkapalněného vzduchu, velmi drahý
- použití: diluent pro hloubky, nezkrusluje hlas, osvětlovací technika – neonové trubice, kryogenní technika, lasery

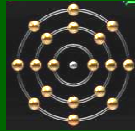


ARGON

- Ar - jednoatomový plyn
- bezbarvý plyn bez chuti a zápachu
- inertní (netečný) plyn
- vede dobře elektrický proud
lepší tepelný izolátor než vzduch
- v atmosféře hojný: 0,93%
- silně narkotický
- vyrábí se frakční destilací zkapalněného vzduchu
- použití jako izolant do suchých obleků, osvětlovací technika – neonové trubice, výbojky, žárovky, metalurgie, svařování v ochranné atmosféře, potravinářský průmysl, airbagy, laboratoře



NICHT EINATMEN !!!
ARGON
DO NOT BREATHE !!!



XENON

- Xe - lat. *xenum* - cizí, jednoatomový plyn
- bezbarvý plyn bez chuti a zápachu
- téměř inertní plyn
- vede dobře elektrický proud
- v atmosféře velmi vzácný
- nemá narkotické účinky
- vyrábí se frakční destilací zkapalněného vzduchu
- použití, výbojky HID, osvětlovací technika – neonové trubice, výbojky, žárovky



Tlak



OPAKOVÁNÍ: TLAK

definice:

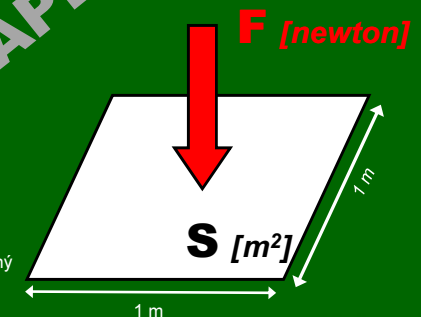
Tlak je síla působící na plochu

$$p = F / S$$

[pascal ; newton, m²]

Pro tlak v kapalině platí:

- tlak na daný bod působí ze všech směrů a je stejný
- vnější tlak je ve všech místech kapaliny stejný





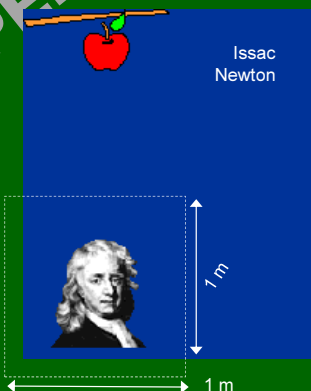
OPAKOVÁNÍ : JEDNOTKY TLAKU

Pascal = Newton / m²



Blaise Pascal

=



Proč je *bar* taková lidská jednotka 😊 ?

- okolní tlak (tíha vzduchového sloupce) je přibližně 1 bar
- 10 m vodního sloupce způsobí hydrostatický tlak 1 bar
- výpočty jsou velice jednoduché, např. množství vzduchu, stlačeného v láhvi zjistíme prostým násobením: **tlak x objem** (200 bar x 10 litrů = 2000 stlačených litrů)

Nicméně je nutné znát vztahy mezi barem a pascalem a jejich násobky !



OPAKOVÁNÍ : T L A K

Další jednotky tlaku

lidské:

bar

nepovolené:

ATA

Atmosphere Absolute

šilné (imperiální):

psi = lbs / in²
pound per square inch

psig
pound per square inch (gauge)

psia
pound per square inch absolutely



T L A K v praxi

Co je 1 *bar* ?

- přibližně atmosférický (barometrický) tlak na hladině moře (tíha sloupce vzduchu (gravitační síla) působící na plochu)
- přibližně hydrostatický tlak způsobený tíhou sloupce vody (gravitační síla) na dno nádoby o výšce 10 m (voda má 800x větší hustotu)



10 km



10 m



OPAKOVÁNÍ : T L A K

Vztahy mezi jednotkami tlaku

1 MPa = 1 000 kPa = 1 000 000 Pa

1 MPa = 10 barů 1 bar = 0,1 MPa

0,1 MPa = 1000 hPa = 100 kPa = 1 bar

1 at (technická atmosféra) = 1 kp/cm² = 0,980665 bar

1 atm (fyzikální atmosféra) = 101 325 Pa = 1.01325 bar = 760 torr = 760 mm Hg = 14,5 psi = 1 ATA (Atmosphere Absolute)

atp (převahová atmosféra) 10 msw = 33 fsw 10 mfw = 33 ffw

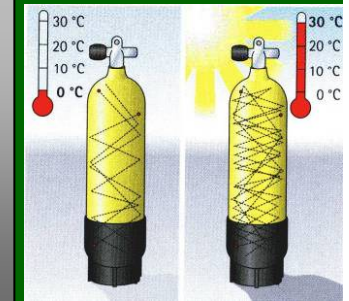


TLAK v praxi

- pevné látky
- kapaliny
- plyny



p = F/S



PŘÍČINY TLAKU V KAPALINĚ

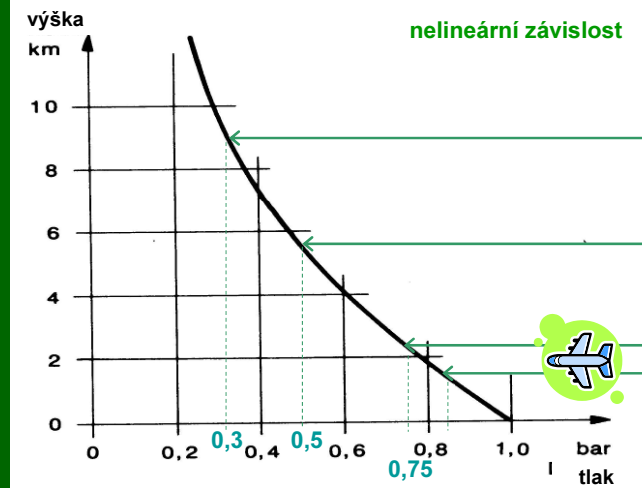
- vliv okolních těles (hmoty) na volný povrch kapaliny (nebo plynu), tzv. vnější tlak, zde atmosférický tlak
- vliv vlastní tíhy kapaliny (nebo plynu), tzv. hydrostatický tlak



(celkový, statický) tlak je dán součtem obou vlivů



ATMOSFÉRICKÝ TLAK



Basic Nitrox Diver

VÝPOČET HYDROSTATICKÉHO TLAKU

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{\rho \cdot h \cdot S \cdot g}{S}$$

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

poznámky:

F – síla (newton)

S – plocha (m²)

m – hmota (kg)

g – gravitační konstanta (zrychlení): 9,81

h – hloubka (m)

ρ – hustota (sladká: 1 000 kg / m³)

(slaná : 1 030 kg / m³)

HYDROSTATICKÝ TLAK

daný sloupcem 10 m vody:

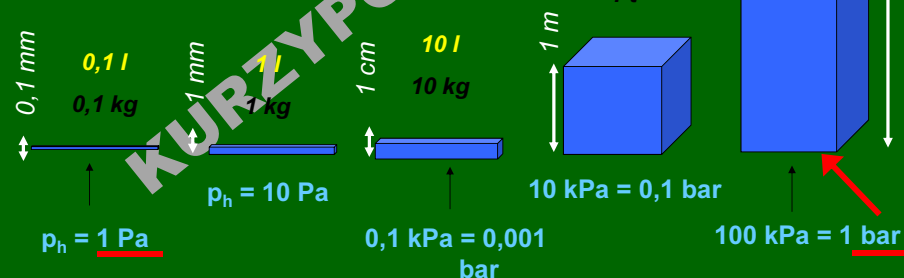
sladká: $p_h = 91 \text{ kPa} = 0,91 \text{ bar}$

slaná: $p_h = 101 \text{ kPa} = 1,01 \text{ bar}$

Basic Nitrox Diver

PŘÍKLADY HYDROSTATICKÉHO TLAKU

sloupce vody
na ploše 1 x 1 m



Basic Nitrox Diver

TLAK V PRAXI

Tíha atmosféry působí na povrch Země a vytváří atmosférický tlak $p_a = 1 \text{ bar}$

stlačitelný vzduch
nestlačitelná voda

Tíha 10 m sloupce vody způsobuje hydrostatický tlak $p_h = 1 \text{ bar}$

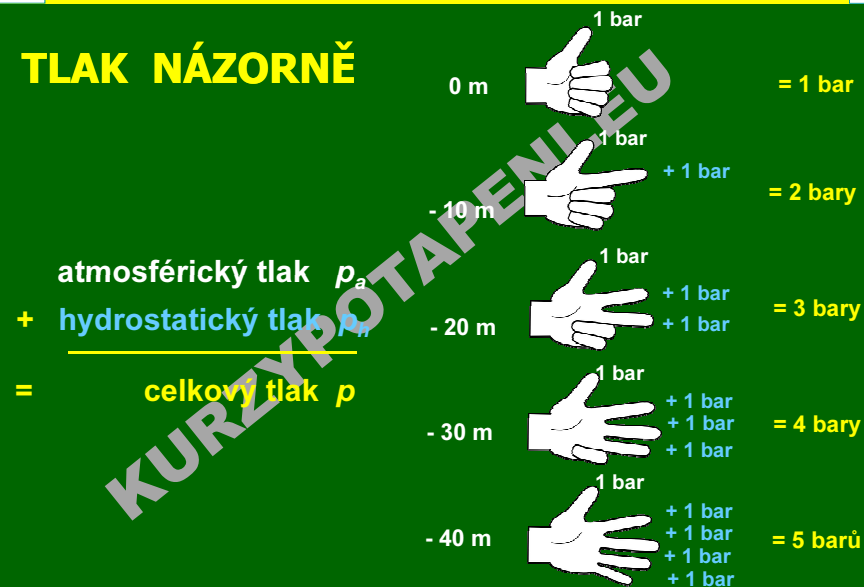
voda má 800 x
větší hustotu
než vzduch



$$\Rightarrow p = h / 10 + 1 \text{ [bar]}$$

Basic Nitrox Diver

TLAK NÁZORNĚ



**BOYLEŮV – MARIOTTŮV ZÁKON - opakování**

Jaký je tlak v hloubce 30 m ?

4 bary

Jaký je tlak v hloubce 45 m ?

5,5 barů

V jaké hloubce je tlak 2 bary ?

v 10 m

V jaké hloubce je tlak 10 barů ?

v 90 m

Kolikrát větší je tlak v hloubce 10 m než na povrchu ? 2 x

Kolikrát větší je tlak v hloubce 60 m než na povrchu ? 7 x

? se zvětší bublina při výstupu z 20 m na povrch ? 3 x

? se zvětší bublina při výstupu ze 100 m na povrch ? 11 x

**Proč parciální tlak?**

Účinky plynu na lidský organismus závisí nejen na tlaku, ale i na jeho koncentraci ve směsi plynů, případně na době působení

U parciálního tlaku se tedy jedná o kombinaci 2 faktorů:

- tlak plynu
- koncentrace daného plynu

**Parciální tlak**

parciální = dílčí

**DEFINICE PARCIÁLNÍHO TLAKU**

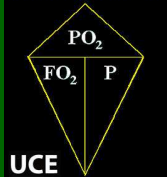
složky ve směsi plynů, které spolu chemicky nereagují

- slovní (Daltonův zákon)**
- matematická (vzorec, 2 formy)**
 - ⇒ pomocí pojmu koncentrace
 - ⇒ pomocí pojmu frakce
 - ⇒ matematická obrázková



DEFINICE PARCIÁLNÍHO TLAKU

Dalton's Diamond



UCE

je směsí plynů, které spolu chemicky nereagují

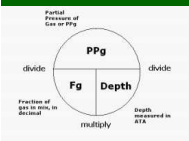
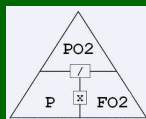
slovní (Daltonův zákon)

matematická (vzorec, 2 formy)

⇒ pomocí pojmu koncentrace

⇒ pomocí pojmu frakce

⇒ matematická obrázková



SLOVNÍ DEFINICE PARCIÁLNÍHO TLAKU



DALTONŮV ZÁKON

Ve směsi ideálních plynů, které spolu nereagují, se každá z plynných složek chová tak, jakoby daný objem zaujímal sama a řídí se svou stavovou rovnicí. $p_1 V_1 / T_1 = p_2 V_2 / T_2$

Přitom se celkový tlak směsi rovná součtu parciálních (díličích) tlaků všech složek směsi. $p = p_{O_2} + p_{N_2}$

Pojem - OBJEMOVÝ PODÍL - plynu ve směsi

pro matematickou definici parciálního tlaku

objem dané složky

objemový podíl = $\frac{\text{objem dané složky}}{\text{objem celku}}$ (bezrozměrné číslo)

Toto číslo lze vyjádřit:

1. zlomkem
2. frakcí neboli dílem, částí z celku, z 1
3. v procentech (rozdělením celku na 100 dílů)

OBJEMOVÝ PODÍL

Jaký je objemový podíl ?



1. zlomek 1/1
2. frakce 1
3. procenta 100 %



OBJEMOVÝ PODÍL

Jaký je objemový podíl ?



1. zlomek $\frac{1}{2}$
2. frakce 0,5
3. procenta 50 %



OBJEMOVÝ PODÍL

Jaký je objemový podíl ?



1. zlomek $\frac{1}{4}$
2. frakce 0,25
3. procenta 25 %



PŘEDSTAVA PARCIÁLNÍHO TLAKU

vzduch, tlak 1 bar

odebereme dusík

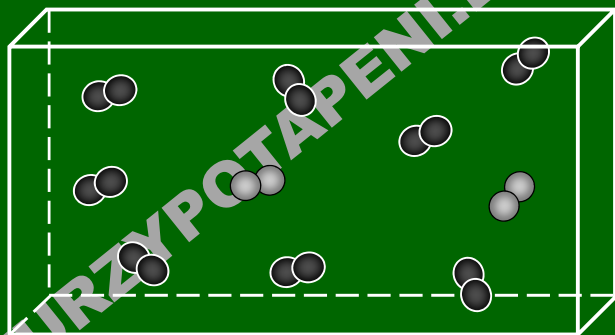
N_2

78%

O_2

21%

směs plynů
které spolu
nereagují



kolik bude v daném objemu % kyslíku? jaký tam bude tlak ?



MATEMATICKÁ DEFINICE PARCIÁLNÍHO TLAKU

$$\text{dílčí tlak} = \text{tlak} \times \text{dílčí objem}$$

$$p_i = p \cdot \frac{c_i (\%)}{100}$$

$$p_{O_2} = p \cdot \frac{c_{O_2} (\%)}{100}$$

$$p_{N_2} = p \cdot \frac{c_{N_2} (\%)}{100}$$



DEFINICE PARCIÁLNÍHO TLAKU pomocí „frakce“

$$f_i = \frac{c_i (\%)}{100} \quad p_i = p \cdot \frac{c_i (\%)}{100}$$

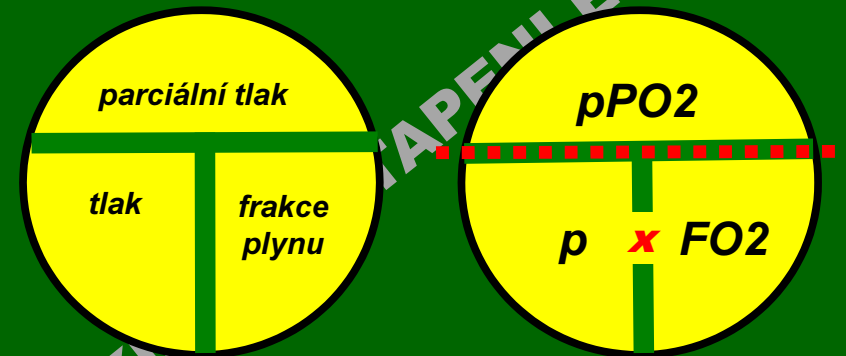
$$p_i = p \cdot f_i$$

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

$$p_{N_2} = p \cdot f_{N_2}$$



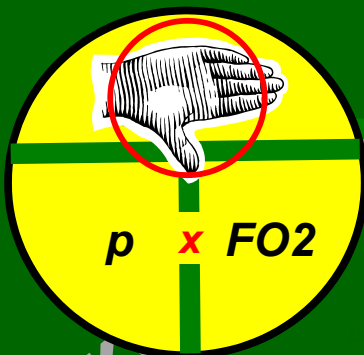
DEFINICE PARCIÁLNÍHO TLAKU pomocí „koláče“



$$pPO_2 = p \times FO_2$$



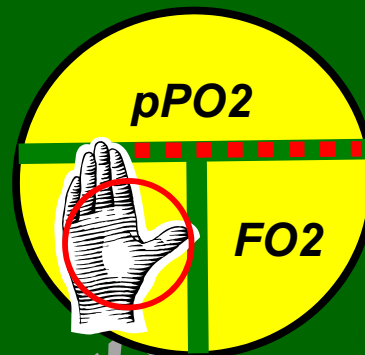
VÝPOČTY POMOCÍ KOLÁČE - parciální tlak



$$pPO_2 = p \times FO_2$$



VÝPOČTY POMOCÍ KOLÁČE - celkový tlak

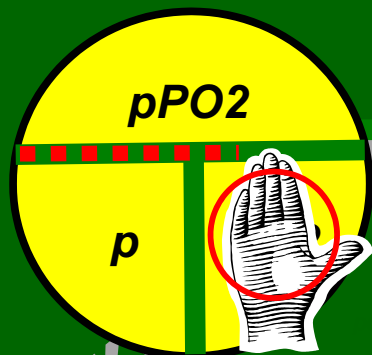


$$pPO_2 = p \times FO_2$$

$$p = \frac{pPO_2}{FO_2}$$



VÝPOČTY POMOCÍ KOLÁČE - frakce



$$pPO_2 = p \times FO_2$$

$$FO_2 = \frac{pPO_2}{p}$$



PARCIÁLNÍ TLAK - opakování

Jaký je p_{O_2} ve vzduchu v 0 m ?

0,21 bar

Jaký je p_{O_2} ve vzduchu ve 20 m ?

0,63 bar

Jaký je p_{O_2} ve vzduchu ve 30 m ?

0,84 bar

Kolikrát větší je p_{O_2} vzduchu ve 40 m než na hladině ?

5 x

V kolika metrech bude $p_{O_2} = 1,6$ bar s čistým kyslíkem ?

6 m

V jaké hloubce bude se vzduchem $p_{O_2} = 1,6$ baru ?

66 m

V jaké hloubce bude se vzduchem $p_{N_2} = 4$ bary ?

41 m



SHRnutí DEFINICE PARCIÁLNÍHO TLAKU

3 veličiny: parciální tlak, tlak (=hloubka) a koncentrace

$$p_{O_2} = p \cdot \frac{c_{O_2} (\%)}{100}$$



výpočet parciálního tlaku kyslíku pro daný tlak, (= hloubka ponoru) pro použitý Nitrox, tedy určení, zda nepřekračujeme bezpečný limit p_{O_2} a jaká bude kyslíková zátěž CNS po ponoru

$$p = p_{O_2} \cdot \frac{100}{c_{O_2} (\%)}$$



maximální tlak neboli maximální hloubka ponoru pro stanovený bezpečný limit p_{O_2} u použitého Nitroxu, tedy určení, jakou hloubku nelze s použitým Nitroxem překročit (MOD)

$$c_{O_2} (\%) = p_{O_2} \cdot \frac{100}{p}$$



maximální možná koncentrace kyslíku v Nitroxu pro daný tlak neboli danou hloubku při stanoveném bezpečném limitu p_{O_2} , tedy určení ideální směsi z hlediska dekomprese

3 veličiny



MATEMATICKÁ DEFINICE PARCIÁLNÍHO TLAKU

$$\text{dílčí tlak} = \text{tlak} \times \text{dílčí objem}$$

$$p_{O_2} = p \cdot \frac{c_{O_2} (\%)}{100}$$

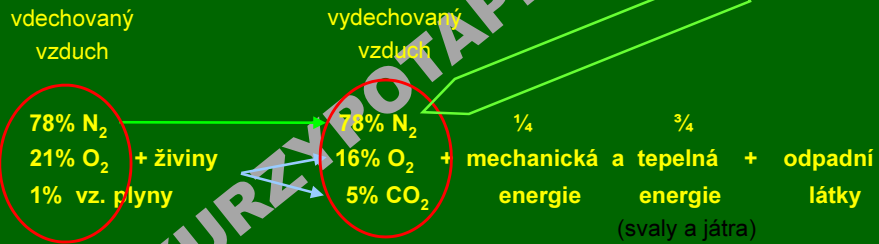
1. p_{O_2} (bar) 2. p (bar) 3. c_{O_2} (%)

Fyziologické účinky plynů

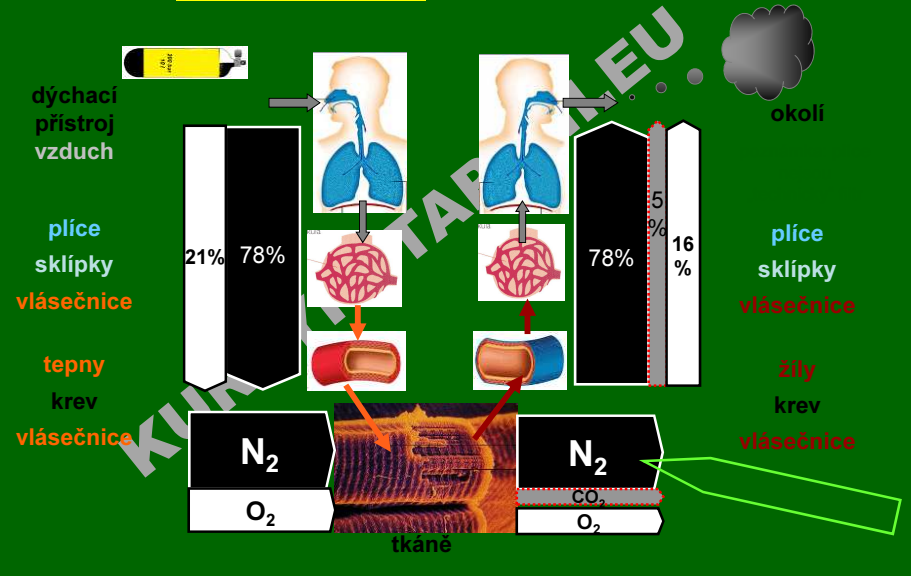


KOLBĚH PLYNŮ V LIDSKÉM TĚLE

LÁTKOVÁ VÝMĚNA (METABOLISMUS)



KOLBĚH PLYNŮ V LIDSKÉM TĚLE



FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY PLYNŮ

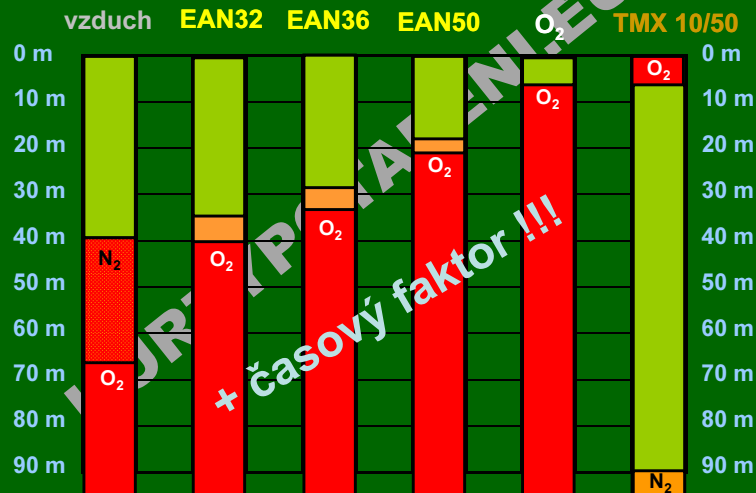
závisí na :

- koncentraci plynu** (ve směsi) 1.
 - tlaku** (pro potápěče hloubka) 2.
- } = parciální tlak
- době působení** (časový faktor, doba ponoru)
 - jednotlivci** (na osobní odolnosti a momentálním stavu)

Maximální a minimální přípustný parciální tlak některých plynů



Maximální a minimální přípustný parciální tlak některých plynů



DRUHY FYZIOLOGICKÝCH ÚČINKŮ PLYNŮ

- 😊 vznik energie při látkové výměně (metabolismu)
- 😞 narkotické účinky (znesitlivění) na organismus
- ☠️ toxické (jedovatost) způsobí poškození organismu, smrt
- ☠️ nedýchatelné způsobí dušnost, mdloby, smrt
- 😞 HPNS – High Pressure Nervous Syndrome při rychlém sestupu do extrémních hloubek s Helioxem

FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY Oxidu uhličitého CO₂

- nedýchatelný plyn
- vzniká v těle jako produkt látkové výměny (metabolismu), je přiváděn do plic a vydycháván, tzv. fyziologický plyn
- zvýšený parciální tlak CO₂ nutí k dýchání drážděním receptorů v prodloužené míše
- v krvi se rozpouští fyzikálně i váže chemicky na hemoglobin
- v těle celkem 120 l (nejvíce kosti)
- 20x větší rozpustnost CO₂ proti O₂
- urychluje nástup dusíkové narkózy
- urychluje nástup otravy CNS kyslíkem

FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY Oxidu uhličitého CO₂

parciální tlak CO ₂	koncentrace	účinek
0,02 bar	do 2%	žádný nebo nevýrazný
až 0,05 bar	2 - 5%	zvýšování ventilace, přidává se do resuscitačního kyslíku
až 0,1 bar	5 - 10%	zvýšování ventilace, zpomalení reakcí, zhoršení koordinace, nepříjemné pocity
> 0,1 bar	nad 10%	zřetelné změny funkce CNS, velice nepříjemné pocity, křeče a bezvědomí

FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY Oxidu uhličitého CO₂Příčiny hromadění CO₂ v těle:

- zvýšená tělesná námaha
- nedostatečná plicní ventilace
(šetření vzduchem, mrtvé prostory, velké nádechové odpory, hustota plynu)
- závada rebreatheru
- špatně ventilovaná barokomora, skafandr
- špatně namíchaná směs





FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY KYSLÍKU

- fyziologický plyn
- nutný k životu v určitém rozmezí parciálních tlaků
- přebytek/nedostatek O₂ není přímo cítit
- receptory reagují na nedostatek O₂ slabě a se zpožděním
- podstatnější je vliv ceHO . . . ?
- hemoglobin v červených krvinkách je běžně po průchodu plicemi nasycen kyslíkem z 98 % - chemická vratná vazba (76x více než fyzikálně rozpuštěného)
- fyzikálně je O₂ rozpuštěn úměrně parciálnímu tlaku (oxygenoterapie např. u otravy oxidem uhelnatým CO)



FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY KYSLÍKU

- vyšší parciální tlak O₂ dráždí a poškozuje
 - nervovou tkáň 1.
 - plicní tkáň 2.
 - způsobuje vazokonstrikci (zúžení cév, zhoršení oběhu a dekompresního procesu → airbreaks)
 - zrak (kyslíková slepota)
 - geny (poškození DNA)
 - zablokováním červených krvinek 100% nasycením kyslíkem částečně blokuje vyplavování CO₂ z organismu
 - způsobuje rozpad enzymů (kyselina gamaaminomáselná - GABA) a tím energetické bilance, neutlumením nervových vzruchů nástup křečových záchvěvů svalstva
 - narušuje acidobazickou rovnováhu (srv. antioxidanty)



FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY DLE MNOŽSTVÍ KYSLÍKU

- nedostatek kyslíku = přesněji nedostatečný p_{O2}
- nedostatek / přebytek kyslíku – lat. hypoxie / hyperoxie
- normální parciální tlak p_{O2} = 0,21 bar (21 kPa)
– na hladině vzduch s 21% O₂
- normoxické dýchací směsi – koncentrace O₂ je 16-21%
- hypoxické dýchací směsi – koncentrace O₂ je < 21%
- hyperoxické dýchací směsi – koncentrace O₂ je > 21%
- za minimální parciální tlak kyslíku (tvrdý limit) se bere

$$p_{O_2}^{\min} = 0,16 \text{ bar} = 16 \text{ kPa}$$



PŘÍČINA NEDOSTATKU KYSLÍKU PŘI POTÁPĚNÍ

- nedostatek kyslíku v dýchané směsi – s Nitroxem za normálních okolností nepravděpodobné
- záměna směsi (použití hypoxického trimixu v malé hloubce)
- dlouho skladovaný vzduch v láhvi (koroze)
- dýchání ve „vzduchových“ kapsách uzavřených prostor s nízkým/žádným obsahem kyslíku (nevětrané potápěčské kabiny, vraky, stoly, termální jeskyně)
- omezení ventilace plic (stažený hrudník, laryngospasmus)
- nemoc plic (otok)
- oxid uhelnatý CO v krvi



PREVENCE NEDOSTATKU KYSLÍKU

- ❑ osobně správně změřit oxymetrem složení směsi před ponorem, zapsat na láhev a nastavit na počítači
- ❑ mít k dispozici směs pro dýchání v malých hloubkách – travel mix (dostatečná koncentrace kyslíku)
- ❑ správné značení láhví a vzájemná kontrola před výměnou dýchaných směsí jako prevence záměny směsí při TD (použití hypoxického Trimixu v malé hloubce)
- ❑ vzduch v láhvi neskladovat déle než asi 1/2 roku nebo měřit
- ❑ nedýchat v uzavřených prostorách s neověřeným obsahem kyslíku, nesundávat masku, v nezbytném případě mluvit jen ve výdechu, k nádechu pak použít vzduchovou sprchu automatiky



TOXICKÉ ÚČINKY PŘEBYTKU KYSLÍKU

- ❑ toxicita kyslíku má 2 formy, působí především na 2 tkáně:

1. nervovou
2. plicní



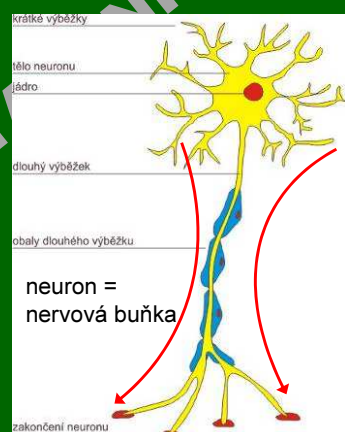
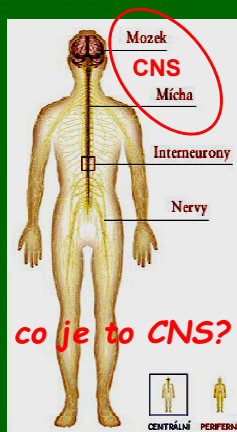
- ❑ a míra účinků závisí na:

1. parciálním tlaku
2. době působení



POPIS NERVOVÉ neboli CNS TOXICITY KYSLÍKU

složitý mechanismus: narušení iontové výměny, nerovnováha mezi neurotransmitery, netlumení nervových vzruchů



ČASOVÝ PRŮBĚH NERVOVÉ TOXICITY KYSLÍKU (1)

Příznaky - rychlé a nenápadné!



- ❑ záškuby obličejových svalů, hlavně kolem úst
- ❑ nevolnost
- ❑ závratě
- ❑ tunelové vidění
- ❑ euforie
- ❑ zvýšení tepu
- ❑ tinitus (zvonění v uchu)

ConVENTID:

Convulsion - křeče

Vision - vidění tunelové

Ears - uši (tinitus = zvonění)

Nausea - nevolnost, zvracení

Tremors - křeče svalové

Irritability - podrážděnost

Dizziness - závrať



ČASOVÝ PRŮBĚH NERVOVÉ TOXICITY KYSLÍKU (2)Projevy - ve 3 fázích

- 1. Tonická fáze** – trvá asi 30 sec (tonus = napětí)
 - prohnutí potápěče "do luku"
 - zadržení dechu ⇒ laryngospasmus a bezvědomí ⇒ nevynášet!!!
 - 2. Klonická fáze** – trvá asi 1 až 2 min (klonus = sled rychlých rytmických pohybů)
 - záchvaty celého těla, možnost překousnutí jazyka
 - laryngospasmus přetrvává ⇒ nevynášet!!!
 - 3. Relaxační fáze** – trvá asi 10 minut
 - uvolnění svalů, uvolnění hrtanu, konec laryngospasmu
 - v důsledku vysokého CO₂ následuje hyperventilace
 - možnost vynesení na hladinu, když není dekompresní zastávka
- Postrelaxační fáze
- pocit silné únavy, usínání

ČASOVÝ PRŮBĚH NERVOVÉ TOXICITY KYSLÍKU (3)Záchrana - nespěchat nahoru!

- Zabránit vniknutí vody do úst
 - přidržet (zezadu) náuštek, aby nevypadl
 - držet vzduchovou sprchu, aby se postižený mohl nadechnout
 - případně mu nabídnout dýchací směs s nižší koncentrací O₂
- Počkat 1 až 2 minuty na ukončení křečovitých záchvatů
 - udržet postiženého ve hloubce incidentu
 - držet ho ve vodorovné poloze, ústa doů
 - držet stále vsauchovou sprchu
- Vyzvednout pomalu postiženého
 - na jeho kompenzátor
 - přidržovat náuštek
 - respektovat pouze delší dekompresní zastávky zastávky

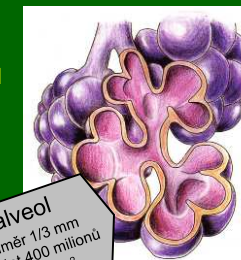
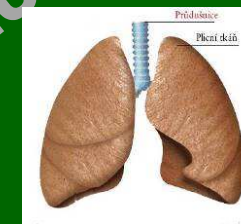
ČASOVÝ PRŮBĚH NERVOVÉ TOXICITY KYSLÍKU (4)Prevence - dobře plánovat a dodržet plán!

- Respektovat při ponoru maximální hloubku - MOD
 - zapsat MOD na destičku, řemínek
 - zkontrolovat MOD na počítači, nastavit hloubkový alarm
- Nepřekračovat limity kyslíkové zátěže organismu
 - neprodlužovat plánovanou dobu ponoru
 - respektovat dostatečné povrchové intervaly
- Zvýšené vzájemné sledování partnerů
 - s ohledem na MOD, dobu ponoru i spotřebu dýchané směsi
- Maximálně 3 ponory denně
 - sledovat a nepřekračovat limity CNS a plicní toxicity
- Použití celoobličejové masky
 - pouze pro speciální účely (vojenští potápěči a jejich limity)

PODSTATA PLICNÍ  TOXICITY KYSLÍKU

Kyslík při dlouhodobém vyšším parciálním tlaku(0,5).

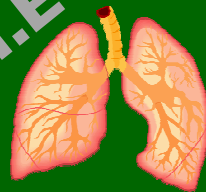
- poškozuje plicní sklípky (alveoly), ničí surfaktant, tedy způsobuje jejich zhroucení
- snižuje vitální kapacitu plic (o 4% = problém)
- způsobuje lokální zaněty plicní tkáně
- to vše zhoršuje výměnu dýchaných plynů
- situaci zhoršuje hyperkapnie (vyšší koncentrace CO₂), tedy fyzická námaha a hypotermie (podchlazení)



alveol
průměr 1/3 mm
počet 400 milionů
plocha 70 m²

**PRŮBĚH PLICNÍ TOXICITY KYSLÍKU****Příznaky** (pomalu nastupující):

- pozvolné dýchací potíže
 - bolest za hrudní kosti
- Projevy:**
- dráždivý kašel
 - otok plic, v extrémním případě trvalé poškození
 - po uvedení do normálu potíže mizí

**Poznámka:**

Při běžném potápění nepravděpodobné, ale význačné při extrémních dekompresích nebo pobytech v habitatech (deko kesonech) a při případné nutné oxygenoterapii v barokomoře.



p_{O_2} (bar)	p_{O_2} (kPa)	příznaky	užití	vzduch	kyslík
0,06	6	kóma nebo smrt	Everest	+ 8,8 km	
0,1	10	bezvědomí		+ 5,5 km	
0,12	12	těžká hypoxie, hyperventilace to zhorší			
0,16	16	lehká hypoxie, možnost nedobrého pocitu	TMX, B737	+ 2,2 km	
0,21	21	normální vzduch (normoxická směs)		± 0 km	
0,35	35	p_{O_2} při saturačním potápění (měsíc)	saturační		
0,40	40	limit trvalého dýchání čistého kyslíku		- 14 m	
0,50	50	limit dýchání kyslíku po 24 hod.			
1,2	120	limit pro rebreathery	RB		
1,4	140	limit pro těžiší a opakované ponory	dno (BG)	- 80 m	
1,5	150	limit pro lehkou námahu		- 82 m	
1,6	160	limit pro optimální potápěčské podmínky	deko (DG)	- 80 m	- 8 m
1,8	180	limit US NAVY pro potápění do 240 min	★		- 8 m
2,5	250	limit US NAVY pro potápění do 10 min	★		- 18 m
2,8	280	oxygenoterapie v barokomoře	rekompr.		- 18 m
2,8	280	советские военные водолазы	★		- 18 m
3,0	300	jistá akutní otrava, nitroxová oxygenoterapie	rekompr.		- 20 m

Volba složení dýchané směsi

**VOLBA OPTIMÁLNÍHO SLOŽENÍ DÝCHANÉ SMĚSI PLYNŮ**

zásady (1):

- co nejdelší pobyt s co nejkratší dekompresí
- vhodná koncentrace O_2 a nutných *diluentů* (ředidel)
- přípustná koncentrace O_2 : $0,16 \text{ bar} \leq p_{O_2} \leq 1,6 \text{ bar}$
- zbytek doplnit vhodnými diluenty bez negativních vlivů
- v případě Nitroxu je diluentem dusík
- v případě Trimixu je diluentem He+N₂
- v případě Helioxu je diluentem He



Basic Nitrox Diver



VOLBA VHODNÉHO SLOŽENÍ DÝCHANÉ SMĚSI PLYNŮ

zásady (2):

- snížit koncentraci nutných vhodných diluentů na minimum kvůli zkrácení dekompresního procesu, tj. zvýšit koncentraci O₂ na maximum, ale nezapomenout na toxicitu vyššího parciálního tlaku kyslíku (závislost na čase)
- ⇒ zvolit maximální možný parciální tlak O₂ (1,4 – 1,6 bar)
- parciální tlak O₂ závisí na hloubce a koncentraci (hloubka se při ponoru mění)
- ideálně lze zajistit po celou dobu v libovolné hloubce ponoru maximální možný parciální tlak O₂ pouze u ECCR nebo přibližně lahvemi s odstupňovanou koncentrací O₂ ve směsi



Basic Nitrox Diver



DEKOMPRESNÍ POSTUPY

- použít vzduchové tabulky s přepočtem reálné hloubky na ekvivalentní vzduchovou hloubku (EAD)
- tabulky Nitrox 32 NOAA/NAUI (± 1%)
- tabulky Nitrox 36 NOAA/NAUI (± 1%)
- francouzské tabulky NM 90
- Draeger tabulky
- IANTD tabulky (po 2% O₂)
- NOAA tabulky (po 1% O₂)
- SW: Suunto DM5, Decoplanner, GAP, V-planner



Basic Nitrox Diver



OPAKOVANÁ DEKOMPRESNÍ S NITROXEM

- První ponor: **NITROX 32 - 31 m - 23 min**
- jen bezpečnostní zastávka 3 min v 5 m
- opakovací skupina na začátku povrchového intervalu je H
- povrchový interval je 4 hod
- opakovací skupina na konci povrchového intervalu je C

1. TABULKY - NITROX 32

poz. max. frekv.	doba ponoru [min]																							
	12	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	180	200	250
0.7	12	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	180	200	250
0.8	15	5	15	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	230
0.9	18	10	15	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	230
1.0	21	10	15	20	25	30	40	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	210
1.1	24	5	10	15	20	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	210
1.2	27	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	210
1.3	30	5	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	210
1.4	33	5	7	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
1.5	36	5	7	10	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
1.6	39	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
1.7	42	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
1.8	45	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
1.9	48	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
2.0	51	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
2.1	54	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
2.2	57	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
2.3	60	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
2.4	63	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
2.5	66	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
2.6	69	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
2.7	72	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
2.8	75	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
2.9	78	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
3.0	81	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
3.1	84	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
3.2	87	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
3.3	90	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
3.4	93	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
3.5	96	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
3.6	99	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
3.7	102	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
3.8	105	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
3.9	108	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
4.0	111	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
4.1	114	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
4.2	117	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
4.3	120	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
4.4	123	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
4.5	126	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
4.6	129	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
4.7	132	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
4.8	135	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
4.9	138	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210
5.0	141	5	7	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	210

Basic Nitrox Diver

Druhý ponor: NITROX 36 - 16 m - 80 min

V tabulce Nitrox 36 v řádku **C** nalezneme časovou přírážku **+21 min** pro 18 m

sečteme dobu ponoru + časovou přírážku:

80 min
+21 min
101 min

18 m, 101 min
→ 10 min v 5 m

→ opakovací skupina M

DEKOMPRESNÍ TABULKY - NITROX 36



START XX max. doba bezdeko doba ponoru s dekompresí 150 doba na dekompresí v 5 m 5

Je možno s písmenem opakovací skupiny na konci povrchového intervalu přecházet do jiných tabulek NOAA / NAUI

doba opakovaného ponoru se v tabulce vpravo hledá jako součet reálné doby ponoru + časové přírážky z níže uvedené tabulky

START	12	15	18	21	24	27	30	33
A	+7	+7	+5	+5	+4	+4	+3	
B	133	193	31	55	55	45	36	27
C	+17	+17	+3	+11	+9	+8	+7	
D	163	183	49	49	41	32	23	
E	+25	+25	+21	+17	+15	+13	+11	
F	175	175	45	45	35	27	19	
G	+37	+37	+29	+24	+24	+20	+18	+16
H	163	163	71	36	36	22	14	
I	+49	+49	+36	+30	+26	+23	+20	
J	151	151	59	59	50	40	31	22
K								
L								
M								
N								
O								
P								

Basic Nitrox Diver

PODROBNÉ BEZDEKOMPRESNÍ TABULKY IANTD

Hĺbková (stopy)	Hĺbková (metry)											Repetiční grupa		
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	36	33	A	B	
12	15	18	21	24	27	30	33	36						
154	125	75	51	35	25	20	20	17						
BOTTOM TIME	25	19	16	14	12	11	10	10	9					
	37	25	20	17	15	13	12	12	11					
	56	37	29	25	22	20	18	18	16					
	81	57	41	33	28	24	19	19	17					
	105	82	59	44	35	25	20	20						
	130	111	65	51										
	154	125	75											

Tyto tabulky jsou určeny pro použití EAN32 a EAN32. Jako dekompresním plynem nebo jako urychlovačem dekomprese. Při použití EAN 50% či směs s vyšším obsahem kyslíku jsou nutné zastávky v hloubkách 6 a 4,5 metru (20 a 15 stop). Zastávka na 4,5 metru (15 stop) MUSÍ být provedena skutečně v této hloubce. Tyto tabulky vycházejí z Büchmannova algoritmu ZH-16 pro sestavy v nadmořských výškách 0 - 300 metrů (0-1000 stop) a byly sestaveny pomocí softwaru poskytnutého IANTD, Inc. rešitíve dive groups. Nejsou převoditelné do ŽÁDNÝCH

Basic Nitrox Diver

NEJPODROBNĚJŠÍ DEKOMPRESNÍ TABULKY NOAA

NO-DECOMPRESSION TABLE

NOAA NITROX 29

ONLY FOR 29% O₂, 71% N₂ MIXTURES

WARNING: EVEN STRICT COMPLIANCE WITH THESE CHARTS WILL NOT GUARANTEE AVOIDANCE OF DECOMPRESSION SICKNESS. CONSERVATIVE USAGE IS STRONGLY RECOMMENDED.

RNT RESIDUAL NITROGEN TIME

+ABT ACTUAL
ESDT EQUIV
DIVE



PO ₂	START DEPTH		RNT			
	msw	fsw	00	15	30	45
0.64	12.3	40	14	23	32	41
0.69	13.8	45	12	20	27	34
0.73	15.3	50	11	17	24	31
0.77	16.9	55	9	15	21	28
0.82	18.4	60	8	14	19	25
0.91	21.4	70	7	12	17	22
0.99	24.5	80	6	10	14	19
1.08	27.6	90	5	9	12	16
1.17	30.6	100	4	7	11	14
1.26	33.7	110	4	6	9	12
1.34	36.8	120	3	6	8	11
1.43	39.8	130	3	5	7	10

START DEPTH	NO-STOP TIME	DIVE TIME REQUIRING DECOMPRESSION - Top	DIVE TIME REQUIRING DECOMPRESSION - Bottom
msw	fsw	00	00
0.64 12.3	40 14	23 32	42 52
0.69 13.8	45 12	20 27	36 44
0.73 15.3	50 11	17 24	31 39
0.77 16.9	55 9	15 21	28 34
0.82 18.4	60 8	14 19	25 31
0.91 21.4	70 7	12 17	22 28
0.99 24.5	80 6	10 14	19 23
1.08 27.6	90 5	9 12	16 20
1.17 30.6	100 4	7 11	14 17
1.26 33.7	110 4	6 9	12 15
1.34 36.8	120 3	6 8	11 14
1.43 39.8	130 3	5 7	10 12

CHART 1 - DIVE TIMES WITH END-OF-DIVE GROUP LETTER



Basic Nitrox Diver

PRINCIP POUŽITÍ VZDUCHOVÝCH DEKOMPRESNÍCH TABULEK PRO NITROX

- ☐ jde o vysycování dusíku
- ☐ dusíku je v nitroxu méně
- ☐ takže v dané hloubce je také nižší parciální tlak dusíku p_{N_2}
- ☐ stejný parciální tlak dusíku s nitroxem by byl ve větší nebo menší hloubce než se vzduchem?
- ☐ a tuto fiktivní hloubku hledáme ve vzduchových dekompresních tabulkách, které jsou sestaveny pro parciální tlak dusíku směsi s $c_{N_2} = 79\%$!

Basic Nitrox Diver

PRINCIP POUŽITÍ VZDUCHOVÝCH DEKOMPRESNÍCH TABULEK PRO NITROX



Basic Nitrox Diver

PRINCIP EKVIVALENTNÍ VZDUCHOVÉ HLOUBKY

rovnost parciálních tlaků dusíku

vzduch

EAN

$$p_{N_2}^{vzd} = p_{N_2}^{EAN}$$

$$p^{vzd} \cdot c_{N_2}^{vzd} (\%) / 100 = p^{EAN} \cdot c_{N_2}^{EAN} (\%) / 100$$

$$p^{vzd} \cdot 0,79 = p^{EAN} \cdot (100 - c_{O_2}^{EAN} (\%)) / 100$$

$$(h^{vzd} + 10) \cdot 0,79 = (h^{EAN} + 10) \cdot (1 - f_{O_2}^{EAN})$$

$$EAD = h^{vzd} = \frac{(h+10) \cdot (100 - c_{O_2} (\%))}{79} - 10$$

Basic Nitrox Diver

TABULKY EKVIVALENTNÍ VZDUCHOVÉ HLOUBKY

EAD

reálná hloubka h (m)	koncentrace O ₂ (%)																%		
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		38	39
12	12	12	12	11	11	11	11	10	10	10	9	9	9	8	8	8	7	7	7
13	13	13	13	12	12	12	11	11	11	11	10	10	10	9	9	9	8	8	8
14	14	14	14	13	13	13	12	12	12	11	11	11	10	10	10	9	9	9	9
15	15	15	15	14	14	14	13	13	12	12	11	11	11	10	10	10	9	9	9
16	16	16	16	15	15	15	14	14	14	13	13	12	12	11	11	11	10	10	10
17	17	17	16	16	16	16	15	15	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	11
18	18	18	17	17	17	17	16	16	16	15	15	15	14	14	14	13	13	12	12
19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	14	14	14	13	13	13
20	20	20	19	19	19	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	14	14	14	13
21	21	21	20	20	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16	15	15	14
22	22	22	21	21	21	20	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16	15
23	23	23	22	22	22	21	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16
24	24	24	23	23	22	22	21	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16
25	25	25	24	24	23	22	22	22	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17	17
26	26	26	25	25	24	24	23	22	22	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17
27	27	27	26	26	25	24	24	23	22	22	21	21	20	20	19	19	18	18	17
28	28	28	27	27	26	26	25	24	24	23	22	22	21	21	20	20	19	19	18
29	29	29	28	28	27	27	26	26	25	24	24	23	22	22	21	21	20	20	19
30	30	29	29	28	28	27	27	26	26	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20
31	31	30	30	29	29	28	28	27	27	26	26	25	24	24	23	23	22	21	21
32	32	31	31	30	29	29	28	28	27	27	26	26	25	24	24	23	23	22	22
33	33	32	32	31	31	30	30	29	29	28	28	27	26	26	25	24	24	23	23
34	34	33	33	32	32	31	31	30	30	29	29	28	28	27	26	26	25	24	24
35	35	34	34	33	33	32	32	31	30	30	29	29	28	28	27	26	26	25	24

A na co nesmíme zapomenout?

Na maximální přípustnou hloubku!

MOD

DEKOMPRESNÍ TABULKY

pro potápění se vzduchem do 300 m n. m.

zaokrouhuje se vždy na nejbližší větší hloubku

dobu opakovaného ponoru se v tabulce hledá jako součet **reálné doby ponoru** + časové přírůžky z níže uvedené tabulky

max. hloubka	5	15	25	30	40	50	70	80	100	110	130	150
12	5	15	25	30	40	50	70	80	100	110	130	150
15	10	15	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110
18	10	15	20	25	30	40	50	55	65	75	85	95
21	5	10	15	20	30	35	40	45	50	55	60	65
24	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
27	5	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	55
30	5	7	10	15	20	22	25	30	35	40	45	50
33	5	10	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50
36	5	10	12	15	20	22	25	30	35	40	45	50
40	5	10	13	15	20	22	25	30	35	40	45	50

časové přírůžky + XYZ'

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
+7	+6	+5	+4	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
+17	+13	+11	+9	+8	+7	+7	+6	+6	+6	+6	+6	+6
+25	+21	+17	+15	+13	+11	+10	+10	+9	+8	+8	+8	+8
+37	+29	+24	+20	+18	+16	+14	+13	+12	+11	+11	+11	+11
+49	+38	+30	+26	+23	+20	+18	+16	+15	+13	+13	+13	+13
+61	+47	+36	+31	+28	+24	+22	+20	+18	+16	+16	+16	+16
+73	+56	+44	+37	+32	+29	+26	+24	+21	+19	+19	+19	+19
+87	+66	+52	+43	+38	+33	+30	+27	+25	+22	+22	+22	+22
+101	+76	+61	+50	+43	+38	+34	+31	+28	+25	+25	+25	+25
+116	+87	+70	+57	+48	+43	+38	+34	+31	+28	+28	+28	+28
+138	+99	+79	+64	+54	+47	+42	+38	+34	+31	+31	+31	+31
+161	+111	+88	+72	+61	+53	+47	+42	+38	+34	+34	+34	+34

bezpečnostní zastávka 5 m / 3 min

po 1 ponoru 12 hod. neletět
po opakovaném nebo vícedenním 24 hod. neletět

Za nepříznivých okolností pro dekompresní proces hledat v tabulce hloubku o jeden řádek nižší

Dekompresní tabulky vycházejí z Haldanova modelu pro potápění se vzduchem

Zaokrouhlování při výpočtech

ZAOROUHLOVÁNÍ PŘI NITROXOVÝCH VÝPOČTECH

Zásady při zaokrouhlování: vyšší konzervatismus = bezpečnost

- ❑ **parciální tlak p_{O_2} matematicky na 2 desetinná místa ...**
1,354 → 1,35 bar a 1,357 → 1,36 bar
- ❑ **MOD (max. přípustná hloubka pro daný parciální tlak kyslíku) zaokrouhlit na celé číslo směrem dolu**
(= menší hloubka): 22,8 → 22 m
- ❑ **tzv. „ideální směs“ (= max. možná koncentrace O_2): zaokrouhlit na celé číslo dolů:** 33,8 → 33 %
- ❑ **EAD (ekvivalentní vzduchová hloubka) pro hledání dekomprese u Nitroxu ve vzduchových deko tabulkách: zaokrouhlit na celé číslo směrem nahoru**
(= větší hloubka): 22,1 → 23 m

Analýza směsí



Basic Nitrox Diver

ANALÝZA NITROXOVÉ SMĚSI

1. oxymetr
2. oxyheliometr



principy

1. palivový článek (měří p_{O_2})
2. měření rychlosti zvuku nebo tepelné vodivosti



Basic Nitrox Diver

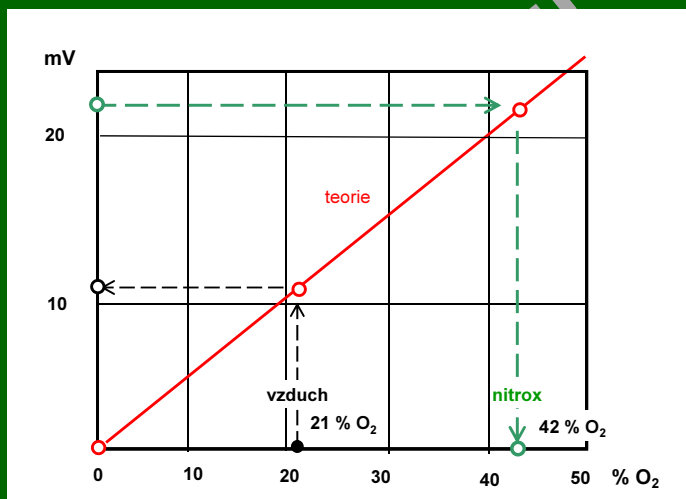
POKYNY PRO MĚŘENÍ OXYMETREM

- přečíst si návod dříve než to pokazíme (skladování, výměna baterie, čidla)
- osobní měření směsi uživatelem
- výstup z ventilu láhve suchý a čistý, též vzduch
- před měřením kalibrace dle návodu, při teplotě vzduchu $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ kalibrovat suchým vzduchem z láhve, ale nejlépe vždy, nejlépe každý den
- kalibrovat při změně nadmořské výšky a případně při velké změně teploty
- udávaná přesnost $\pm 0,1\%$ po dobu měsíce
- přípustná tolerance měření $\pm 1\%$
- nedýchat do oxymetru (CO_2 a vlhkost)
- vyvarovat se tlakových rázů: 1. otevřít, 2. přiložit
- správný průtok (omezovače na 2 l / min)
- měřit po ustálení hodnot (1/2 až 1 min)
- dříve: opakovat 3x (?), brát nejvyšší hodnotu
- zapsat do knihy plnění a na láhev
- nastavit si dekompresní počítač, ev. signalizaci



Basic Nitrox Diver

OXYMETR - kalibrace



Basic Nitrox Diver

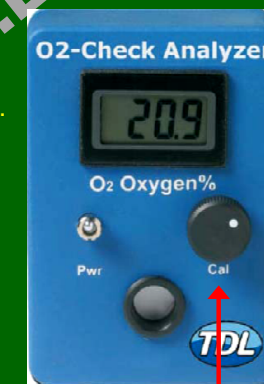
OXYMETR - kalibrace

Správnost měření závisí na kalibraci

Napětí na palivovém článku je úměrné parciálnímu tlaku kyslíku pouze teoreticky, proto nutná kalibrace, tím se vyloučí vliv nadm. výšky, vlhkosti, stáří čidla a napětí baterie.

- kalibrovat před měřením, dle doporučení výrobce denně měsíčně
- 1, 2, 3 bodová kalibrace
- kalibrační směsi:

vzduch, kyslík, He, kalibrační směsi





Basic Nitrox Diver

OMEZOVAČE PRŮTOKU



tryska stálého průtoku



T - kus



tryska stálého průtoku



redukční ventil 1. st. automatiky



Basic Nitrox Diver

NASTAVENÍ NITROXOVÉ SMĚSI NA POČÍTAČI



Basic Nitrox Diver

MĚŘENÍ NITROXOVÉ SMĚSI POČÍTAČEM FREEDOM



Basic Nitrox Diver

MĚŘENÍ NITROXOVÉ SMĚSI POČÍTAČEM FREEDOM





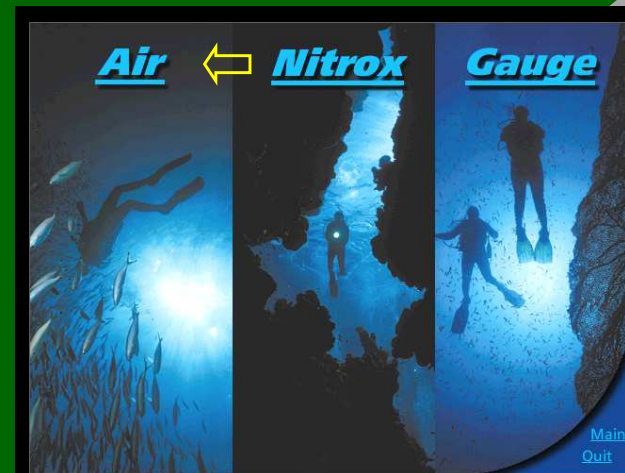
Basic Nitrox Diver

NASTAVENÍ NITROXOVÉ SMĚSI NA POČÍTAČI



Basic Nitrox Diver

NASTAVENÍ POČÍTAČE PO NITROXOVÉ SMĚSI



pozor :
přechod na
vzduch až za
24 hod!

řešení ?



nastavit
Nitrox 21



Basic Nitrox Diver

ZNAČENÍ LÁHVE S NITROXEM

začátky

NOAA

a

IANTD



IANTD aj.



ČSN

směs KYSLÍK + DUSÍK

ČSN

a

EN

CMAS - CONFÉDÉRATION MONDIALE DES ACTIVITÉS SUBAQUATIQUES WORLD UNDERWATER FEDERATION

Basic Nitrox Diver

ZNAČENÍ SMĚSÍ

podle ČSN a ČSN EN podle IANTD a TDI DIR

M26 x 2

CMAS - CONFÉDÉRATION MONDIALE DES ACTIVITÉS SUBAQUATIQUES WORLD UNDERWATER FEDERATION

Basic Nitrox Diver

ZNAČENÍ NITROXOVÉ SMĚSÍ

1 izolepa s údaji:

<input type="checkbox"/> MOD	<input type="checkbox"/> datum
<input type="checkbox"/> c _{O2} (%)	<input type="checkbox"/> podpis

MOD 33 m
30.2.08 JH
32% O₂

3 OXY CLEAN
2014 2015 2016 2017 2018 2019

2 samolepka na láhvi

NITROX

CMAS - CONFÉDÉRATION MONDIALE DES ACTIVITÉS SUBAQUATIQUES WORLD UNDERWATER FEDERATION

Basic Nitrox Diver

Značení složení obsahu EAN36

MOD 28 m

35,9 % O₂

28.1.16 JH

- ⇨ nejprve výrazně MOD
- ⇨ změřené složení
- ⇨ datum
- ⇨ jméno měřitele

poznámky:

- napsat text solidně na rovné podložce
- orientace na výšku
- dole samolepku podhrnout, za to ji pak lze snadno odtrhnout
- nalepit ji na vrchlík láhve tak, aby to buddy dobře přečetl
- nastavit koncentraci kyslíku na potápěčském počítači

CMAS - CONFÉDÉRATION MONDIALE DES ACTIVITÉS SUBAQUATIQUES WORLD UNDERWATER FEDERATION

Basic Nitrox Diver

NASTAVENÍ NITROXOVÉ SMĚSÍ NA POČÍTAČI



ZNAČENÍ DEKOMPRESNÍCH LAHVÍ



Potápěčská technika pro NITROX



POTÁPĚČSKÁ TECHNIKA pro NITROX

Jak je to s kyslíkem?

Proč může být nebezpečný?

Kyslík sám o sobě nehoří,
ale podporuje hoření



Předpoklady hoření :

1. hořlavá látka
2. oxidační prostředek
3. zdroj iniciace



POTÁPĚČSKÁ TECHNIKA pro NITROX

Jak je to v potápěčské praxi s předpoklady k hoření?

zápalná teplota: je snadno dosažena zahřátím při stlačování plynu, tedy tlakovým rázem, rychlým a nerovnoměrným otevíráním kuželek ventilu



okysličovadlo : kyslík z použité směsi:

Nitrox 40%
a více,
čistý kyslík

hořlavá látka: mastnota, silikonová vazelína, prachové a kovové částice v láhvi



POTÁPĚČSKÁ TECHNIKA pro NITROX

Kdy jde o zvýšené riziko?

- podle ČSN/EN se s každou směsí plynů s obsahem >21% O₂ musí zacházet jako s kyslíkem
- podle OSHA (U.S. Department of Labor, Commercial Diving Operations) jen pro plyn s >40% O₂
- podle NOAA, IANTD, NAUI aj. také



POTÁPĚČSKÁ TECHNIKA pro NITROX

Kdy se nás zvýšené riziko týká?

Při používání a manipulaci

1. s Nitroxem s více než 40 % kyslíku
2. s čistým kyslíkem



POTÁPĚČSKÁ TECHNIKA pro NITROX

Zásady používání směsí s vyšším obsahem kyslíku dle legislativy nebo pravidel systému:

všechny části, které přicházejí do styku se směsí :

- přepouštěčky
- kontrolní manometry
- lahve
- automatiky (1. i 2. stupeň, manometr, inflátor)
- kompenzátory

> 40% O₂ se používá jen ve stage

musí být :

1. kyslíkově čisté
2. kyslíkově kompatibilní



TECHNIKA pro KYSLÍK

O4 doporučení pro bezpečné používání kyslíku

O1 – design pro kyslík

minimum plastů, oblé hrany bez ořtů, zajištění nízké rychlosti proudění, nezvyšování koncentrace O₂, bez tlakových rázů a adiabatické komprese, bez možnosti vzniku „kyslíkových vláken“, bez možnosti vzniku statické elektřiny, čistota bez možnosti kontaminace, snadné a dokonalé čištění

O2 – kyslíkově kompatibilní materiály

kyslíkový index, bod vzplanutí, samozápaly, škodlivost zplodin, bezpečný kontakt pohyblivých součástí

O3 – kyslíkově čisté

dokonalé odstranění mastnot a prachových částic

O4 – schváleno pro kyslík

po testech nutnost schválení výrobku podle národních norem dle pokynů EU, musí odpovídat ČSN EN, certifikáty

POTÁPĚČSKÁ TECHNIKA pro NITROX

.... Na závěr po kyslíkovém čištění :

- označit jako kyslíkově čisté a chránit před znečištěním Jak ?



Velice důležité při provozu lahví: jejich plnění z neověřených zdrojů

Prevence:

použít osobní (přídavný) filtr s molekulárním sítím a aktivním uhlím

Pozor na rychlost přepouštění



POTÁPĚČSKÁ TECHNIKA pro NITROX

Co to znamená ?

1. kyslíkově čisté

Zbavení součástí výstroje

- masnoty** (vazelína, olej z kompresoru)
- prachových částic** (nečistoty, špony, prach, mouka)



POTÁPĚČSKÁ TECHNIKA pro NITROX

Lahve pro Nitrox a kyslík

kyslíkově čisté (z výroby nebo kyslíkový servis) **pozor na špony!!!**

- vyražené značení
- barevné značení

Enriched Air Nitrox

- samolepky NITROX, OXYGEN6

MOD 33 m
30.2.08 JH
32% O₂

NITROX

OXYGEN 6

POTÁPĚČSKÁ TECHNIKA pro NITROX

Uzavírací ventily pro Nitrox a kyslík

- kyslíkově čisté** (výroba nebo kyslíkový servis, ultrazvuk, kyselina)
- kyslíkově kompatibilní** (Viton A)
- zelený design točtek
- pouze na tyto účely
- boční přípojka M 26x2 vnitřní
- zabránit znečištění
- pomalou otevřít !** (ventily nesmí zůstat „viset“)





POTÁPĚČSKÁ TECHNIKA pro NITROX

Automatiky pro Nitrox >40 a kyslík

- kyslíkově čisté (výroba nebo kyslíkový servis, ultrazvuk, kyselina)
- kyslíkově kompatibilní (Viton)
- barevný design
- pouze na tyto účely
- přípojka M 26x2 vnější
- zabrání znečištění



POTÁPĚČSKÁ TECHNIKA pro NITROX

Automatiky pro vzduch, Nitrox a kyslík

- barevný design



POTÁPĚČSKÁ TECHNIKA pro NITROX

Manometry pro Nitrox >40 a kyslík

- kyslíkově čisté (z výroby, nelze čistit Bourdonovu trubici!)
- kyslíkově kompatibilní (Viton A)
- zelený design
- pouze na tyto účely
- zabrání znečištění



Plánování ponorů



PLÁN PONORU S UMĚLOU DÝCHACÍ SMĚSÍ

1. plán předběžných parametrů ponoru: doba a hloubka
2. volba maximálního přípustného parciálního tlaku O_2 (1,4)
3. výpočet optimální nitroxové směsi
4. změření skutečné koncentrace O_2 v namíchané směsi
5. zjištění maximální přípustné hloubky (MOD)
6. zjištění parciálního tlaku O_2 v plánované hloubce
7. zjištění kyslíkové zátěže CNS pro ponor (D_{CNS} v %)
8. zjištění kyslíkové zátěže plic pro ponor (D_{pl} v % nebo OTU)
9. určení dekompresního postupu (tabulky, EAD, SW)
10. po ponoru zjištění doby do odletu, spotřeby, D_{CNS} , D_{pl}