



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

**Vliv dýchací směsi NITROX na psychosomatický stav
potápěče, její příprava a využití v podmínkách
HZS ČR**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: **OCHRANA OBYVATELSTVA**

Autor: Jakub Karvánek

Vedoucí práce: RNDr. Karel Roháček, CSc.

České Budějovice 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „*Vliv dýchací směsi NITROX na psychosomatický stav potápěče, její příprava a využití v podmínkách HZS ČR*“ jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

Poděkování

Největší dík patří především vedoucímu práce panu RNDr. Karlu Roháčkovi, CSc. za jeho odborné vedení, trpělivost, cenné rady a připomínky, které mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval. Dále bych rád poděkoval MUDr. Štěpánovi Novotnému a MUDr. Haně Pácové za jejich čas a odborné rady.

Velké poděkování patří mým dětem Šimonovi, Matoušovi, Emmě a Elle a zejména mé manželce Míše za jejich podporu a trpělivost.

Rád bych poděkoval také jednotlivým respondentům za jejich ochotu při vyplnění dotazníku k praktické části bakalářské práce.

Vliv dýchací směsi NITROX na psychosomatický stav potápěče, její příprava a využití v podmínkách HZS ČR

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je posoudit vliv dýchací směsi NITROX na psychosomatický stav potápěče v porovnání se vzduchem. Ve snaze o zvýšení bezpečnosti a o ulehčení velmi fyzicky a psychicky náročných zásahů mají potápěči možnost používat dýchací směs NITROX (NITrogen - dusík a OXYgen - kyslík), kde je kyslík zastoupen více než 21 %, na rozdíl od běžného vzduchu. Často uváděným přínosem je menší fyzická únava po ponoru s touto směsí. Jedním z úkolů této práce je proto potvrdit či vyvrátit následující hypotézu: „Dýchací směs NITROX má kladný vliv na psychosomatický stav potápěče, který je po ponoru s touto směsí méně subjektivně fyzicky a psychicky unavený.“ Dalším z úkolů práce je zhodnocení přípravy směsi NITROX a její využití u zásahů potápěčských skupin Hasičského záchranného sboru České republiky.

K získání výsledků bylo využito dotazníkového šetření, při kterém potápěči odpovídali na sadu otázek týkajících se jejich subjektivního fyzického a psychického stavu po vykonání dvou nezávislých ponorů. Ponory se lišily pouze v použité dýchací směsi, jejich profil byl totožný. Část týkající se přípravy a využití této směsi byla zpracována na základě pohovorů s potápěči a s vedoucími potápěčských skupin.

Z výsledků práce vyplývá, že po ponorech se směsí NITROX potápěči udávají mírně pozitivnější subjektivní pocity týkající se fyzického stavu. Na druhou stranu výsledky rovněž ukázaly, že NITROX na potápěče působí negativněji z hlediska subjektivního psychického stavu. Směs NITROX je připravována převážně metodou míchání plynů. Při potápěčských zásazích hasičů se využívá zejména jako dekompresní médium.

Závěry této práce nepotvrdily předpokládanou hypotézu. Doporučením pro potápěčské skupiny je tedy: (1) nadále využívat dýchací směs NITROX zejména jako dekompresní médium a (2) zvýšit četnost samostatných ponorů s touto směsí z toho důvodu, aby pro potápěče nebyly v budoucnu tolik stresující.

Klíčová slova: potápění, NITROX, psychosomatika

Influence of the NITROX breathing mixture on the psychosomatic condition of diver, its preparation and usage in FRS CR conditions

Abstract

The aim of this bachelor's thesis is to assess the effect of the NITROX breathing mixture on the diver's psychosomatic state in comparison with air. In an effort to increase safety and facilitate very physically and mentally demanding interventions, divers have the opportunity to use the NITROX breathing mixture (NITrogen - nitrogen and OXYgen - oxygen), where oxygen is represented by more than 21%, unlike ordinary air. A frequently cited benefit is less physical fatigue after a dive with this mixture. One of the tasks of this thesis is therefore to confirm or refute the following hypothesis: "NITROX breathing mixture has a positive effect on the psychosomatic state of the diver, who is less subjectively physically and mentally tired after a dive with this mixture." Another task is to evaluate the preparation of the NITROX mixture and its use in interventions by diving groups of the Fire and Rescue Service of the Czech Republic.

To obtain the results, a questionnaire survey was used, in which divers answered a set of questions concerning their subjective physical and mental condition after performing two independent dives. The dives differed only in the breathing mixture used, their profile was identical. The section relating to the preparation and use of this mixture was prepared on the basis of interviews with divers and leaders of diving groups. The results of the thesis show that after dives with the NITROX mixture, divers report slightly more positive subjective feelings regarding the physical condition. On the other hand, the results also showed that NITROX has a more negative effect on divers in terms of subjective mental state. The NITROX mixture is prepared mainly by the gas mixing method. During diving interventions it is primarily used as a decompression medium.

The conclusions of this thesis did not confirm the assumed hypothesis. The recommendation for diving groups is therefore: (1) to continue to use the NITROX breathing mixture, especially as a decompression medium, and (2) to increase the frequency of separate dives with this mixture so that they are not so stressful for divers in the future.

Keywords: diving, NITROX, psychosomatics

OBSAH

ÚVOD.....	8
1 CÍL PRÁCE, VÝZKUMNÁ OTÁZKA A ŘEŠENÉ ÚKOLY.....	9
1.1 CÍL PRÁCE.....	9
1.2 VÝZKUMNÁ OTÁZKA	9
1.3 ŘEŠENÉ ÚKOLY PRÁCE	9
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	10
2.1 HISTORIE POTÁPĚNÍ.....	10
2.1.1 Počátky a rozvoj potápění a potápěčské techniky	10
2.1.2 Počátky potápění s obohacenou dýchací směsí NITROX.....	11
2.2 ZÁKLADY POTÁPĚČSKÉ FYZIKY	11
2.2.1 Atmosférický tlak.....	12
2.2.2 Hydrostatický tlak	12
2.2.3 Celkový tlak.....	12
2.2.4 Parciální tlak plynů	13
2.3 PLYNOVÉ SMĚSI PRO DÝCHÁNÍ POD VODOU	14
2.3.1 Vzduch.....	14
2.3.2 Trimix, Heliox a jiné směsi určené pro hloubkové potápění	14
2.3.3 NITROX	15
2.4 DUSÍK.....	15
2.4.1 Narkotické účinky dusíku	15
2.4.2 Dusík jako inertní plyn v saturačních procesech.....	16
2.5 KYSLÍK.....	17
2.5.1 Hypoxie a hyperoxie	17
2.5.2 Toxicita kyslíku	18
2.5.3 Limity pro potápění vzhledem k hodnotám parciálního tlaku kyslíku	19
2.6 NITROX (EANx).....	20
2.6.1 Výhody a nevýhody použití dýchací směsi NITROX.....	20
2.6.2 Bezdekompresní čas	21
2.6.3 Maximální operační hloubka	22
2.6.4 Časová expozice O ₂	23
2.6.5 Příprava dýchací směsi NITROX.....	24
2.6.6 Značení a konstrukce tlakových lahví pro NITROX	25
2.6.7 Kontrola před ponorem	26

2.7	POTÁPĚNÍ U HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY.....	26
2.7.1	Výcvik potápěčů u HZS ČR.....	27
2.7.2	Zásahy potápěčů HZS ČR.....	28
2.7.3	Zásahy potápěčů HZS ČR s použitím dýchací směsi NITROX.....	30
3	METODIKA VÝZKUMU.....	30
3.1	REŠERŠE ODBORNÉ LITERATURY.....	31
4	METODICKO-ANALYTICKÁ ČÁST	32
4.1	PROFIL PONORU.....	32
4.2	DOTAZNÍK.....	33
4.2.1	Koncepce dotazníku	33
4.3	VÝSLEDKY.....	36
4.4	VYHODNOCENÍ DOTAZNÍKOVÉHO ŠETŘENÍ.....	36
4.5	PŘÍPRAVA SMĚSI (DLE OPĚRNÝCH BODŮ).....	37
4.6	VYUŽITÍ SMĚSI (DLE OPĚRNÝCH BODŮ).....	38
5	DISKUZE	39
5.1	VLIV DÝCHACÍ SMĚSI NITROX NA PSYCHOSOMATICKÝ STAV POTÁPĚČE	39
5.2	PŘÍPRAVA SMĚSÍ U JEDNOTLIVÝCH OPĚRNÝCH BODŮ.....	42
5.3	VYUŽÍVÁNÍ DÝCHACÍCH SMĚSÍ NITROX V PRAXI.....	43
6	ZÁVĚR	45
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	47
	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A PŘÍLOH.....	50
	PŘÍLOHY.....	51
	SEZNAM ZKRATEK	56

ÚVOD

Již řadu let se věnuji technickému potápění a jsem aktivním členem potápěčské skupiny Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje (HZS Jčk). Tyto praktické zkušenosti mě vedly k rozhodnutí se v této bakalářské práci věnovat situacím ovlivňujícím děje v lidském organismu při této činnosti a to zejména při potápění s hyperoxickou směsí NITROX. Jedná se o směs, ve které je, na rozdíl od vzduchu, zastoupeno větší procento kyslíku než obvyklých 21 %. Tato směs, která v poslední době stoupá v oblíbenosti, jak u rekreačních, tak komerčních potápěčů s sebou nese určitá rizika, ale taktéž celou řadu výhod. Nejvýznamnějším přínosem je především výrazné zkrácení časů dekompresních zastávek při déletrvajících ponorech. Další výhodou při použití této dýchací směsi je subjektivně nižší fyzická a psychická únava potápěče během a po ponoru. Jako třetí nejvýznamnější výhodu bych uvedl eliminaci, při potápění, nežádoucího sycení dusíku a jeho negativních účinků vstupujících do biofyzikálních dějů v těle potápěče při pobytu v hyperbarickém prostředí. Zásadní omezení při použití dýchací směsi NITROX tkví ve zmenšení maximální možné dosažitelné hloubky ponoru v závislosti na obsahu kyslíku v užití směsi. Přes nesporné výhody však platí, že nedodržení předepsaných zásad a pravidel představuje hazard se zdravím potápějící se osoby, přičemž následky bývají často fatální.

Problematika této relativně mladé techniky potápění je poměrně složitá, rozsáhlá a klade na potápěče vysoké nároky, co se týče zkušeností, speciálního výcviku a velké zodpovědnosti. Činnost příslušníků HZS ČR zařazených do potápěčských skupin je jednou z nejnáročnějších profesí u sboru a zásahy, které jsou prováděny pod vodní hladinou, bývají velmi často časově, fyzicky i psychicky náročné, vyčerpávající a mnohdy nebezpečné.

V této práci chci zjistit a popsat, zda (1) příslušníci HZS ČR vyškolení pro použití dýchací směsi NITROX tuto při výcviku a zejména při zásazích využívají, v jakém rozsahu a případně též objasnit důvody, proč směs není využívána vzhledem k jejím uváděným výhodám. Dále se (2) zaměřuji na pozitivní, případně negativní, vliv této směsi na psychosomatický stav potápěče ve srovnání s použitím běžného vzduchu a na to, mohou-li tyto aspekty působit na potápěče z hlediska bezpečnosti, která je, bez rozdílu použití dýchacího média, prvořadá. V neposlední řadě (3) má tato práce přispět ke zjištění současného stavu použití směsi NITROX u jednotlivých HZS krajů.

K objasnění této problematiky využiji zejména mých kontaktů s kolegy hasiči - potápěči a osobních zkušeností, které jsem během své potápěčské praxe jako příslušník HZS ČR nasbíral.

1 CÍL PRÁCE, VÝZKUMNÁ OTÁZKA A ŘEŠENÉ ÚKOLY

1.1 Cíl práce

V této bakalářské práci byly stanoveny tyto dva základní cíle:

- a) Zjištění vlivu používaných dýchacích směsí vzduch a NITROX na psychosomatický stav potápěče.
- b) Prověření způsobu přípravy a využití dýchací směsi NITROX u potápěčských skupin HZS ČR v jednotlivých krajích.

1.2 Výzkumná otázka

Ot. 1: Ověření vlivu dýchací směsi NOTROX na psychosomatický stav potápějící se osoby u vzorku potápěčů HZS ČR.

Ot. 2: Ke splnění tohoto cíle byla zformulována výzkumná otázka: ***Je možné a vhodné rozšířit využití dýchacích směsí NITROX při mimořádných událostech vyžadujících nasazení potápěčských skupin HZS ČR?***

1.3 Řešené úkoly práce

- provést literární rešerši na zadané téma a vyhodnotit relevantní odkazy;
- sestavit vhodné otázky pro dotazníkové šetření k aktuálnímu psychickému stavu potápěče;
- sestavit jednotný profil ponoru pro vybranou skupinu potápěčů;
- provést sběr, vyhodnocení a rozbor získaných dat;
- vypracovat text bakalářské práce.

K řešení uvedených úkolů bylo použito dotazníkové šetření se zvolenou sadou otázek aplikovanou na skupinu min. 20 profesionálních potápěčů, které zahrnovalo dotazy na fyziologickou kondici před a po ponoru a aktuální psychický stav.

2 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část bakalářské práce se zabývá stručným nastíněním historie potápění, rozdělením dýchacích potápěčských směsí, nastíněním jejich výhod, nevýhod a konkrétního použití. Podrobněji jsou zde rozebrány účinky kyslíku a dusíku při potápění a vlivy použití dýchací směsi NITROX.

2.1 Historie potápění

2.1.1 Počátky a rozvoj potápění a potápěčské techniky

Jak staré je lidstvo, tak stará je touha po objevování nového či zkoumání neznámého. Stejně tak je tomu se snahou po odhalování světa ticha, světa pod hladinou. Schopnost plavání je u lidí stejně staré, jako lidstvo samo. To, co nás vedlo k tomu plavat a potápět se, byla v prvobytně pospolné společnosti nutnost zefektivnění rybolovu a sběru potravy. S postupným rozvojem šlo o sběr surovin, korálů, perel. Rozmach mořeplavectví s sebou přinesl zase potřebu vyzvedávání převážených nákladů z potopených lodí a možná na prvním místě se do rozvoje potápění zapsali vojenští a váleční potápěči. Podle archeologických nálezů spolehlivě víme, že se lidé potápěli již před deseti tisíci roky. Pravděpodobně první známé vyobrazení potápěče je zachyceno na hliněné tabulce z Asýrie staré cca 3000 let, která je dodnes uložena v muzeu ve Velké Británii. (Obr. 1)



Obrázek 1: Reliéf asyrského potápěče (převzato z Pinterest.com)

Mezi potápěče můžeme zařadit rovněž Alexandra Velikého, který dle záznamů v kronikách roku 332 před n. l. sestoupil v sudu se skleněnými okny pod vodu, aby kontroloval práci svých bojových potápěčů při likvidaci podmořského opevnění přístavu Tyru. Postupný vývoj zařízení pro potápění směřoval od kožených vaků naplněných vzduchem, přes potápěčské zvony, samostatné potápěčské obleky s dodávkou vzduchu z hladiny, až po autonomní potápěčské přístroje nezávislé na povrchové dodávce vzduchu. O možná největší rozvoj a popularizaci rekreačního, ale i pracovního potápění, se zásadně zasloužila dvojice Jacques - Yves Cousteau a Ěmile Gagnan, kteří během 2. světové války sestrojili potápěčský přístroj s plně funkční automatikou. I přes postupný vývoj a četné inovace zůstává princip potápěčského přístroje stejný dodnes. (Piškula, 1985)

2.1.2 Počátky potápění s obohacenou dýchací směsí NITROX

Kyslík byl objeven v 18. století nejprve jako substance podporující hoření. Paul Bert, významný fyziolog, který se zabýval působením vysokého a nízkého tlaku na organismus a jako jeden z prvních objasnil příčinu vzniku dekompresní choroby, použil v roce 1878 kyslík při dekompresní léčebné proceduře a popsal účinky vysokého parciálního tlaku kyslíku na centrální nervový systém (Bertův jev). První ponor s NITROXEM provedl o rok později Henry Albert Fleuss, přičemž použil dýchací směs obsahující 50 % kyslíku a 50 % dusíku. Od roku 1977 se ve Spojených státech amerických v organizaci NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) vytvářejí první prakticky použitelné procedury pro potápění do hloubky 40m s použitím směsi obsahující 32 % kyslíku a 68 % dusíku. Tuto směs nazvali NOAA NITROX I. Rok 1985 byl přelomový, ředitel výcviku NOAA a expert v oblasti hyperoxie Dick Rutkowski vytvořil první nitroxový manuál určený pro zájemce z řad sportovně rekreačních potápěčů a založil organizaci IANTD (International Association for NITROX & Technical Divers). (ASTD, 2013)

2.2 Základy potápěčské fyziky

Z hlediska potápění je hydrostatický či celkový tlak (p) tou nejdůležitější potápěčskou veličinou. Téměř vše, co je spjato s potápěním, má nějakou souvislost s tlakem. Počínaje plněním tlakových lahví, dýcháním určitého média v hloubce, vlivem parciálních tlaků plynů v dýchací směsi, konče bezpečností při potápění a potápěčskými

nehodami. Jednotkou tlaku dle mezinárodní soustavy jednotek SI je Pascal [Pa], $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$, což je podle vztahu $p=F/S$ tlak vyvolaný působením síly 1N na plochu 1 m^2 .

(Novomeský, 2013)

2.2.1 Atmosférický tlak

Hodnota tlaku vzduchu u hladiny moře (normobarický tlak) je 101 325 Pa. Se vzrůstající nadmořskou výškou se tlak vzduchu snižuje. Pro výpočet tlaku v nadmořských výškách do 800 m n. m. se používá hodnota normobarického tlaku pro hladinu moře. (Dobeš, 2005)

$p_{\text{atm}} = 101\,335\text{ Pa}; = 101,3\text{ kPa}; = 0,103\text{ MPa}; = 1,013\text{ bar}; = 10\text{ m vodního sloupce sladké vody}$

2.2.2 Hydrostatický tlak

Hydrostatický tlak (p_h) je vyvolán hmotností sloupce tekutiny působící na plochu v gravitačním poli Země. Hodnota hydrostatického tlaku se spolu se vzrůstající hloubkou lineárně zvětšuje a je závislá na hustotě kapaliny (ρ), gravitačním zrychlení (g) a na hloubce (h): $p_h = \rho * h * g$. U vody při sestoupení do hloubky 10 m vzroste hydrostatický tlak přibližně o stejnou hodnotu, jakou měl hladinový atmosférický tlak, tedy o 100 kPa (0,1 MPa; 1 bar). Při jemnějším dělení můžeme říct, že s každým metrem hloubky vzroste hydrostatický tlak o 10 kPa (0,01 MPa; 0,1 bar). Při výpočtech s hydrostatickým tlakem zanedbáváme rozdíl hustoty sladké a slané vody. (Novomeský, 2013)

2.2.3 Celkový tlak

Celkový (absolutní) tlak (p_{abs}) působící v dané hloubce na tělo ponořeného potápečce je součtem dvou veličin: atmosférického tlaku (p_{atm}) a hydrostatického tlaku (p_h) pro danou hloubku: $p = p_{\text{atm}} + p_h$. (viz Tab. 1)

Tabulka 1: Porovnávací tabulka tlaků v hloubkách 0 - 100m

Hloubka vody v metrech	Atmosférický tlak v MPa	Hydrostatický tlak v MPa	Celkový tlak v MPa
0	0,1	0,00	0,10
5	0,1	0,05	0,15
10	0,1	0,10	0,20

Hloubka vody v metrech	Atmosférický tlak v MPa	Hydrostatický tlak v MPa	Celkový tlak v MPa
15	0,1	0,15	0,25
20	0,1	0,20	0,30
30	0,1	0,30	0,40
40	0,1	0,40	0,50
66	0,1	0,66	0,76
100	0,1	1,00	1,10

Zdroj: Novomeský, 2013

2.2.4 Parciální tlak plynů

Až na jednu výjimku, a tou je potápění s čistým kyslíkem, se vždy používají směsi plynů. Nejrozšířenější dýchací směsí je běžný vzduch. Působení jednotlivých plynů na organismus potápeče závisí na jejich parciálních (dílčích) tlacích. Znalost parciálních tlaků je významná zejména proto, že fyziologické účinky jednotlivých plynů jsou úměrně závislé na jejich parciálním tlaku. Toto popisuje Daltonův zákon:

Ve směsi ideálních plynů, které spolu chemicky nereagují, se každá z plynných složek chová tak, jakoby daný objem zaujíkala sama a řídí se svou vlastní stavovou rovnicí. Přitom se celkový tlak směsi rovná součtu parciálních tlaků všech složek směsi.

Daltonův zákon je možno vyjádřit vztahem: $p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n$, kde p je celkový tlak směsi a $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ jsou parciální tlaky první až n -té složky směsi. Každá ze složek plynné směsi se chová tak, jakoby celý objem zaujíkala sama. Parciální tlak jednotlivých složek vypočítáme z procentuální objemové koncentrace ($x_V/100$) dané složky. (Dobeš et al., 2013)

$$p_i = p * \frac{x_V [\%]}{100} [MPa]$$

Příklad 1: Vypočítejte parciální tlak kyslíku ve vzduchu, který vdechuje potápeč v hloubce 50 m. Objem kyslíku ve vzdušné směsi počítejte 21 %.

Řešení:

$p_{O_2} = ?$ [MPa] parciální tlak O_2

$p = 0,6$ [MPa] absolutní tlak v hloubce 50 m

$x_V = 21$ % procentuální objem O_2 ve vdechované směsi

$$p_{O_2} = p * \frac{x_V [\%]}{100}; p_{O_2} = 0,6 * \frac{21}{100}; \underline{\underline{p_{O_2} = 0,126 MPa}}$$

Parciální tlak kyslíku ve vzduchu vdechovaném v hloubce 50 m je 0,126 MPa.

Příklad 2: Vypočtete, do jaké maximální hloubky může sestoupit potápeč se vzduchem, víme-li, že limitní hranice parciálního tlaku pro kyslík je 0,16 MPa.

$$p_{O_2} = (p_h + p_a) * \frac{x_v [\%]}{100}$$

Řešení:

$$p_{O_2} = 0,16 \text{ [MPa]}$$

$$p_h = ? \text{ [MPa]} \text{ hydrostatický tlak v hloubce ? m}$$

$$p_a = 0,1 \text{ [MPa]} \text{ atmosférický tlak}$$

$$x_v = 21 \%$$

$$p_h = \frac{100 * p_{O_2}}{x_v [\%]} - p_a; p_h = \frac{100 * 0,16}{21} - 0,1; \underline{\underline{p_h = 0,66 \text{ MPa}}}$$

Hydrostatický tlak 0,66 MPa odpovídá hloubce 66 m.

Limitní hranicí pro potápění se vzduchovým přístrojem je hloubka 66 m.

2.3 Plynové směsi pro dýchání pod vodou

2.3.1 Vzduch

Je pro člověka přirozené atmosférické plynné prostředí, v němž prožívá celý svůj život. V potápění se jedná o nejčastěji používané, nejdostupnější a ekonomicky nejvýhodnější dýchací médium. Vzduch používají milióny rekreačních potápečů po celém světě a také většina komerčních (pracovních) potápečů v hloubkách do 50 m. Složení atmosférického vzduchu činí (dle kvantitativního zastoupení): dusík 78,03 %, kyslík 20,99 %, argon 0,933 %, CO₂ 0,033 %, neon 0,0018 %, hélium 0,0005 %, krypton 0,0001 % a vodík 0,00005 %. Ve vzduchu stlačeném v potápečských lahvích se chovají tyto jednotlivé složky dle Daltonova zákona jako samostatné plyny a uplatňují své specifické účinky na lidský organismus. Vzduch považujeme za **normoxickou** dýchací směs. (Novomeský, 2013)

2.3.2 Trimix, Heliox a jiné směsi určené pro hloubkové potápění

Dalšími zástupci jsou směsi určené pro hloubkové potápění. Jedná se o směsi dvou a více plynů, kde jsou postupně se vzrůstající hloubkou kyslík a dusík nahrazovány netečnými plyny jako je helium nebo argon. Směsi jsou tudíž **hypoxické** (s nižším obsahem kyslíku oproti vzduchu). Nevýhodou těchto plynů je špatná dostupnost a vysoká cena.

Příklad 3: Určete % obsah kyslíku ve směsi Trimix pro ponor do 155 m, je-li při tomto ponoru stanoven maximální parciální tlak kyslíku 0,13 MPa.

$$p_{O_2} = p * \frac{x_V [\%]}{100}$$

Řešení:

$$p_{O_2} = 0,13 \text{ [MPa]}$$

$p = 1,65 \text{ [MPa]}$ absolutní tlak v hloubce 155 m

$$x_V = ? \%$$

$$x_V = \frac{p_{O_2}}{p} * 100; x_V = \frac{0,13}{1,65} * 100; \underline{\underline{x_V = 7,87}}$$

Pro ponor do 155 m, při určeném maximálním parciálním tlaku kyslíku 0,13 MPa použijeme směs Trimix s obsahem kyslíku cca 8 %. Jedná se o hypoxickou směs.

2.3.3 NITROX

Obecně lze říci, že NITROX je jakákoli směs dusíku (NITrogen) a kyslíku (OXYgen), tudíž i vzduch lze takto považovat za NITROX. Ale mluvíme-li o NITROXU z hlediska potápění, je považován za směs dusíku a kyslíku, která je vždy **hyperoxická**, tudíž obsahuje více než 21 % O₂. (UDI, 2010)

2.4 Dusík

Atmosférický vzduch obsahuje 78,03 % plynného dusíku N₂, tudíž je jeho hlavní komponentou. Jedná se o inertní plyn nevstupující do metabolických dějů lidského organismu. Avšak inertnost tohoto plynu v kombinaci s jeho dobrou rozpustností v krvi, a celkově v lidském organismu, s sebou nese řadu možných problémů při návratu potápěče na hladinu. Naopak vliv narkotického efektu dusíku dokáže způsobit nesnáze před samotnou výstupovou fází ponoru. Zkoumání účinků dusíku na lidský organismus při zvýšeném tlaku tvoří důležitou kapitolu potápěčské medicíny. (Novotný, 2012)

2.4.1 Narkotické účinky dusíku

Změny v psychosomatickém stavu potápěčů při hlubších ponorech byly známy již od prvopočátků potápění, avšak nevědělo se, čím jsou způsobeny. Podrobněji však byl tento efekt popsán až v roce 1935 u potápěčů Amerického válečného námořnictva US NAVY (United States Navy). (Novomeský, 2013)

Zde se také začal používat pojem **dusíková narkóza** nebo též **hloubkové opojení**, neboť bylo spolehlivě prokázáno, že všechny psycho-motorické poruchy mají svou příčinu v dusíku obsaženém ve vzduchu, který potápěči dýchali pod zvýšeným tlakem. Projevy hloubkového opojení na potápěče jsou velmi individuální. Závisí na mnoha faktorech (stres, fyzická a psychická únava, teplota vody, fyzická zátěž pod vodou, trénovanost) a i u jednoho potápěče mohou být rozdílné příznaky při opakování ponoru s totožným profilem. (viz Tab. 2) Teorií o příčinách narkotického efektu dusíku je celá řada. Realitou však zůstává fakt, že biofyzikální princip účinku dusíku na tkáně CNS zůstává i dnes vědecky neověřen a nepotvrzen a tyto teorie jsou z vědeckého hlediska nejednoznačné a neúplné. Odpověď na otázku, v jaké hloubce, či zdali vůbec se dostaví příznaky hloubkového opojení, nelze předem dát a symptomy narkotického efektu dusíku v následující tabulce jsou pouze orientační. Největší hloubky (137 m) při potápění se stlačeným vzduchem dosáhl v roce 1990 Bret Gilliam. (Edmonds, 2010)

Tabulka 2: Projevy narkotického efektu dusíku ve stlačeném vzduchu

Hloubka	Klinické příznaky
30 m	Mírná euforie, lehce opožděná reakce na vizuální i akustické podněty.
40 m	Stav připomínající alkoholové opojení. Povznesená nálada, bezdůvodné exploze smíchu. Utkvělé myšlení, chyby v úsudku. Prodloužená reakční doba na audio-vizuální podněty. Poruchy v koordinaci pohybů jemné motoriky.
50 m	Výrazné poruchy a chyby v úsudku, chyby v matematických výpočtech. Spavost, nebo naopak zvýšená hovornost, hlučný verbální projev. Výraznější poruchy motorické koordinace.
60 m	Celkový útlum s výrazným prodloužením reakční doby, exploze smíchu. Výrazně narušená motorická koordinace (neharmonické, trhavé pohyby končetin), zapomínání naučených úkonů, lhostejnost k osobní situaci (vypadnutí náustku z úst), zpomalené dýchání.
70 m	Těžké narušení intelektuální výkonnosti. Spavost, malátnost, apatie. Závažné narušení schopnosti koncentrace i na jednoduché úkoly. Projevy agrese. Někdy závratě bez zvracení.
80 - 120 m	Značné časové opoždění reakce na vnější podněty. Rozpad schopnosti praktické aktivity a úsudku, výpadky paměti, zmatenost. Totální ztráta intelektuálních kapacit. Někdy ataky těžkých halucinací. Možné zrakové poruchy, případně ztráta zraku. Někdy pomalá nebo náhlá ztráta vědomí s rizikem sekundárního utonutí.

Zdroj: Novomeský, 2013

2.4.2 Dusík jako inertní plyn v saturačních procesech

Dusík v podmínkách přetlaku difunduje z alveolárního vzduchu, kde je pod vyšším parciálním tlakem přes alveokapilární membrány do krve, kde se rozpouští v krevní

plazmě. Dochází tedy k saturaci krve plynným N_2 . Krevním oběhem je tento plyn dále distribuován do orgánů a tkání potápěče. Dochází k postupnému nasycování (saturaci) organismu potápěče. Při změně tlakových poměrů se dusík dostává do relativního kvantitativního přebytku v organismu a reverzně přestupuje z tkání zpět do krve a poté z krve do plic a následně je vydechován. Je-li však porušen proces postupného a plynulého uvolňování (vysycování) dusíku z organismu, například rychlým výstupem potápěče z hloubky, vzniká nebezpečí přeměny rozpuštěného dusíku do formy bublin s reálným rizikem vzniku příznaků dekompresní nemoci, DCS (decompression sickness). (Novomeský, 2013)

2.5 Kyslík

Kyslík (O_2) je po uhlíku druhým nejrozšířenějším prvkem na Zemi. V zemské atmosféře je zastoupen 20,99 %. Ve větším množství je však kyslík rozpuštěn ve vodě. Jedná se o vysoce reaktivní prvek, obvykle v exotermických reakcích. Jako základní dýchatelný plyn je nezbytný pro život člověka. V klidovém stavu spotřebovává lidské tělo přibližně 250 ml kyslíku za minutu. Kyslík proniká stejně jako dusík z plic do orgánů a tkání skrze cirkulující krev, kde se vyskytuje ve dvou formách. Jako chemicky vázaný na hemoglobin a jako fyzikálně rozpuštěný v krevní plazmě. Za normobarických tlakových podmínek je výrazně vyšší procento kyslíku vázáno chemicky. Množství kyslíku v plazmě se však lineárně zvyšuje při pobytu v přetlaku. Tohoto efektu se využívá a je základním terapeutickým postupem, například při hyperbarické oxygenoterapii. (Kübeck s. r. o., oddělení hyperbarické a potápěčské medicíny) Pro potápěče je též nezbytnou podmínkou pro přežití dostatečný přísun kyslíku. Toto je zabezpečeno dvěma faktory: dostatečným procentuálním zastoupením kyslíku ve vdechované směsi a jeho náležitým parciálním tlakem, tudíž v každém okamžiku ponoru musí příslušná dýchací směs obsahovat kyslík v přiměřeném objemovém procentu a parciálním tlaku. (Novomeský, 2002; Novomeský, 2013; Nachtigal, 2004)

2.5.1 Hypoxie a hyperoxie

Hypoxie je stav nedostatku kyslíku v tkáních, naopak hyperoxie je stav zvýšeného obsahu tkáňového kyslíku. Ani jeden z těchto stavů nemůže nastat při dýchání atmosférického vzduchu za normobarických podmínek. Oba tyto stavy však mohou nastat při potápění, a to v souvislosti s použitím nevhodné dýchací směsi. Toto se může přihodit například chybou potápěče, při přechodu z jedné dýchací směsi na druhou, dále

technologickou chybou při přípravě dýchací směsi pro ponor, nebo vlivem koroze tlakových lahví a s tím souvisejícím snížením obsahu kyslíku v dlouhodobě skladované láhvi. Hypoxie je stav při tkáňovém nedostatku kyslíku, který nastává při dýchání směsi "chudé" na kyslík. Jako příklad můžeme uvést situaci, kdy má hloubkový potápěč při výstupu v 50 m přejít na čistý vzduch a omylem přejde na hloubkovou směs z příkladu č. 3 s obsahem kyslíku 8 %. Pro tuto hloubku je směs naprosto nevyhovující a u potápěče v krátké době nastává stav hypoxie. Naopak hyperoxie může nastat například při dlouhodobé inhalaci čistého kyslíku, nebo při použití nesprávné směsi při potápění. Opět mohu uvést příklad s hloubkovým potápěčem, který má v hloubce 150 m přejít na směs TRIMIX s obsahem kyslíku 8 % a omylem začne dýchat čistý vzduch. Takovýto přehmat by pro tohoto potápěče byl zřejmě fatální a skončil tragicky. Společným znakem hypo a hyperoxie je vždy negativní účinek na CNS (centrální nervová soustava). Tato práce je zaměřena na potápění se směsí Nitrox, kde je hlavním rizikem hyperoxie. (Novomeský, 2013)

2.5.2 Toxicita kyslíku

Hovoříme-li o toxicitě kyslíku, je nejprve nutné rozlišit dvě základní formy intoxikace. Méně častým případem je **chronická intoxikace kyslíkem**. V tomto případě se jedná o následky dlouhodobé inhalace kyslíku se zvýšeným parciálním tlakem. Změny se u této formy intoxikace projevují především změnami plicní tkáně. Při běžném rekreačním potápění nemůže tento stav nastat, a to ani při použití obohacených dýchacích směsí NITROX, vzhledem k jejich krátkodobému použití. Vznik chronické formy otravy je však možný u potápěčů technických, zejména při absolvování mnohahodinových dekompresních procedur po hloubkových, nebo opakovaných ponorech. Dekomprese prováděná čistým kyslíkem nebo hyperoxickou směsí sice výrazně zkrátí a zefektivní samotnou proceduru dekomprese, je zde však reálné riziko vzniku již zmíněné intoxikace a nástupu pulmonálních lézí. Další možností vzniku je použití kyslíkových dýchacích přístrojů v normobarických podmínkách (báňský nebo hasičský záchranný sbor) a také inhalace čistého kyslíku v léčebných procesech. **Akutní intoxikace kyslíkem** je další formou možné intoxikace představující riziko i pro "běžné", rekreační potápěče. U potápěčů se nejčastěji vyskytují dvě základní formy akutní kyslíkové toxicity, jež hrozí bezprostřední smrtí, nebo závažným poškozením zdraví. Jedná se o toxický účinek kyslíku na **CNS** a na **respirační systém**. Přesný patofyziologický mechanismus toxického účinku kyslíku na tkáň a zejména na

tkáně CNS není dodnes přesně objasněn. Je však prokázáno, že tato toxicita je přímo úměrná hodnotě parciálního tlaku kyslíku ve vdechované směsi. Obecně lze však říci, že se jedná o celkové poškození nervových buněk a jejich následné odumření. V těle člověka existují sice antioxidační mechanismy zabezpečující likvidaci volných kyslíkových radikálů, tyto však selhávají v případě masivního ataku hyperbarického kyslíku. Exponovaná osoba prochází při intoxikaci pěti fázemi (viz Tab. 3). Jsou to:

- 1) **pretonická fáze** - krátká, několikvteřinová fáze s příznaky změn vidění a lehkými svalovými záškuby,
- 2) **tonická fáze** - od 20 vteřin do 2 minut, projevuje se ztrátou vědomí, bezdeším a ztuhlostí těla (přirovnává se k rigor mortis),
- 3) **konvulzivní fáze (křeče)** - trvá 1 - 2 minuty s přetrvávajícím bezvědomím s návratem dechu, jež provázejí mohutné záškrbové křeče, často přirovnávané k epileptickému záchvatu,
- 4) **postkonvulzivní deprese** - trvá 5 - 30 minut, se stále přetrvávajícím bezvědomím, uvolňováním svalstva, které je ochablé a neaktivní, zrychleným (chrčivým) dechem,
- 5) **nabývání vědomí** - může přetrvávat až několik hodin po příhodě, projevuje se postupným nabýváním vědomí, zmateností, vyčerpaností, celkovou dezorientací. (Novomeský, 2013)

Tabulka 3: Neurologické příznaky kyslíkové intoxikace CNS (CONVENTID)

Convulsions	Křeče všech svalových skupin těla
Visual disturbances	Tunelové vidění, červené skvrny, jiskření
Ears	Poruchy sluchu, zvonění v uších
Nausea	Nutkání ke zvracení
Twitching	Záškuby malých svalů (oční víčka, rty)
Irritability	Zvýšená dráždivost, neklid, euforie
Dizzines	Závratě (vertigo)

Zdroj: Novomeský, 2013

2.5.3 Limity pro potápění vzhledem k hodnotám parciálního tlaku kyslíku

Z výše uvedených příkladů pro použití jednotlivých směsí vyplývá, že účinky kyslíku se mění s hodnotou jeho parciálního tlaku. Při potápění musíme sledovat zejména hraniční hodnoty parciálního tlaku v hyperoxických směsích. Tyto hodnoty jsou jiné pro použití v rekreačním potápění, pracovním potápění, pro dekompresní postupy, pro medicínální použití a liší se i v případě je-li exponovaný subjekt ve vodě, nebo v hyperbarické komoře (na suchu). Některé z hodnot jsou uvedeny v následující tabulce. (viz Tab. 4)

Tabulka 4: Hraniční hodnoty pO₂ a využití dané směsi

pO ₂ (kPa / bar)	Charakter plynové směsi	Účinek použité plynové směsi
10,1 / 0,10	Hypoxická	Bezvědomí, těžká hypoxie, nepoužitelné k dýchání
12,1 / 0,12	Hypoxická	Příznaky těžké hypoxie, nepoužitelné k dýchání
16,1 / 0,16	Hypoxická	Příznaky hypoxie, možné klidové dýchání
21,2 / 0,21	Normoxická	Atmosférický vzduch
50,5 / 0,50	Hyperoxická	Saturační potápění
141,4 / 1,40	Hyperoxická	Maximální expozice O ₂ v rekreačním potápění
161,6 / 1,60	Hyperoxická	Maximální expozice O ₂ v dekompresním režimu
202,0 / 2,00	Hyperoxická	Výjimečné krátkodobé expozice (armáda)
252,5 / 2,50	Hyperoxická	Hyperbarická oxygenoterapie
282,8 / 2,80	Hyperoxická	Kyslíkový toleranční test
303,0 / 3,00	Hyperoxická	Léčebná rekompresa, krátkodobá expozice

Zdroj: Novomeský, 2013

2.6 NITROX (EAN_x)

Jak již bylo řečeno, jedná se o **hyperoxickou** dýchací směs (> 21 % O₂) používanou ve všech oblastech potápění, dnes již s celosvětovým rozšířením. Pro označení NITROXU je zavedeno jednotné označení EAN, nebo EAN_x, vycházející z anglického ENRICHED AIR to NITROX kde x značí proměnnou veličinu směsi (% obsah O₂). Dýchací směs NITROX byla původně určena pro potápěče NOAA a postupně došlo k jejímu rozšíření i do oblasti pracovního a následně rekreačního potápění. Právě NOAA zavedla dnes nejpoužívanější označení směsí **NITROX I** (EAN 32) s obsahem 32 % O₂ a **NITROX II** (EAN 36) s obsahem 36 % O₂. Jako dekompresní se také často používá směs EAN 50 a 100 % O₂. Používání směsi NITROX s sebou kromě výhod nese značná rizika a pro možnost jejího použití je zapotřebí speciálního výcviku, zkušeností a zodpovědného přístupu. (IANTD, 2006)

2.6.1 Výhody a nevýhody použití dýchací směsi NITROX

Je vhodné položit si otázku, proč vlastně používat tuto směs pro potápění. V předchozí kapitole bylo popsáno riziko, které představuje při potápění toxicita kyslíku, důsledkem čehož je každoroční řada obětí z řad potápěčů. Při potápění se směsí NITROX do stejných hloubek jako se vzduchem riskujeme akutní kyslíkovou intoxikací. Odpověď

se tudíž skrývá v dusíku N₂. Tento plyn obecně způsobuje nejvíce problémů a je také mnohem větším "zabijákem" než kyslík. Dýchací směs NITROX tento plyn částečně eliminuje a jeho riziko snižuje. Vše tkví ve faktu, že se tělo méně sytí dusíkem, jelikož je ve směsi nahrazeno kyslíkem. V kapitole 2.4 jsou podrobněji popsány účinky dusíku při potápění. Jedná se o jeho narkotické účinky a o negativa při jeho postupné desaturaci. Ta se po náročnějších ponorech může protáhnout až na mnoho hodin, neboť při takzvané stupňovité dekompresi se ve tkáních saturovaný dusík uvolňuje velmi pomalu. Jak je to ale s hloubkou ponoru, když nahrazujeme dusík kyslíkem? Odpověď je, že čím více dusíku ve směsi nahradíme kyslíkem, tím se sníží maximální možná hloubka ponoru. (PADI, 2011)

Výhody směsi NITROX jsou tedy následující:

- Prodloužení nulového času - jedná se o dobu, kterou může potápeč strávit na dně, bez nutnosti dekompese
- Zkrácení dekompresních zastávek při překročení nulového času
- Redukce zbytkového dusíku v těle po ponoru
- Snížení rizika tvorby dusíkových mikrobublin
- Minimalizace rizika hloubkového opojení
- Následné snížení rizika vzniku DCI
- Snížení tělesné únavy po ponoru

2.6.2 Bezdekompresní čas

Jedná se o čas, někdy nazývaný jako nulový, který může potápeč strávit na dně, neboli v určité dané hloubce (bottom time), aniž by při výstupu musel absolvovat nutnou dekompresi. Tento čas je závislý na faktu, jakou měrou je tělo syceno dusíkem. Závisí tudíž na hloubce a na parciálním tlaku dusíku ve vdechované směsi. Z tohoto vyplývá, že hyperoxická směs prodlužuje nulové časy. Jako poznámku lze uvést, že při potápění se vzduchem se hloubka do 10 metrů považuje za bezdekompresní při jakékoli délce ponoru. V následující tabulce jsou vidět rozdíly v použití jednotlivých směsí. Za povšimnutí stojí zejména rozdíly nulových časů při potápění do menších hloubek. (Novomeský, 2003)

Tabulka 5: Přehled bezdekompresních časů pro Vzduch a NITROX I, II

Hloubka v m	Vzduch 21% O ₂	NITROX I 32% O ₂	NITROX II 36% O ₂
15 m	100 min	200 min	310 min
18 m	60 min	100 min	100 min
22 m	50 min	60 min	60 min
25 m	40 min	50 min	60 min
28 m	30 min	40 min	50 min
31 m	25 min	30 min	40 min
34 m	20 min	25 min	30 min
37 m	15 min	25 min	-
40 m	10 min	20 min	-

Zdroj: Novomeský, 2003

2.6.3 Maximální operační hloubka

Maximální operační hloubkou označovanou MOD (Maximal Operating Depth) rozumíme maximální hloubku, do které se můžeme s danou směsí **bezpečně** potápět. Zde se dostáváme k největšímu riziku, které je spojené s potápěním se směsí NITROX a které přímo souvisí s akutní toxicitou kyslíku. Rizika kyslíkové toxicity již známe a nyní musíme upřesnit, kdy, respektive při jaké hloubce, se při potápění stává kyslík toxickým. Odpověď by správně měla znít - nevíme. Je to dáno faktem, že každý jedinec má jinou kyslíkovou toleranci a dokonce u každého jednoho jedince se tato kyslíková tolerance mění s věkem, fyzickou únavou a celkovou kondicí, momentálním psychickým rozpoložením, trénovaností a s mnoha dalšími souvisejícími faktory. Z tohoto důvodu byly stanoveny limitní hodnoty pro rekreační a pracovní potápění s dýchací směsí NITROX. (Black, 2011)

- **0,14 MPa (1,4 bar) - pro rekreační potápění**
- **0,16 MPa (1,6 bar) - pro pracovní potápění**

Při předpokládané velké fyzické zátěži si může, a obvykle se to tak děje, sám pracovní potápeč snížit pomyslnou hranici maximálního parciálního tlaku kyslíku. Tyto limity by měly být teoreticky bezpečné a kalkulované s jistou rezervou, měly by však být důsledně dodržovány. Jejich nerespektování je pouze hazard s vlastním zdravím a životem. Níže je uveden obecný výpočet MOD a tabulka MOD (Tab. 6) pro vybrané EANx. Při výpočtu se, vzhledem k bezpečnosti, maximální operační hloubka zaokrouhluje vždy na nejbližší nižší hodnotu. (Black, 2011)

$$MOD = \left(\frac{100 * p_{O_2}}{\%O_2} - 0,1 \right) * 100 [MPa]$$

$$MOD = \left(\frac{100 * p_{O_2}}{\%O_2} - 1 \right) * 10 [bar]$$

$$MOD = \left(\frac{100 * p_{O_2}}{\%O_2} - 100 \right) * 0,1 [kPa]$$

Tabulka 6: MOD pro různé typy EANx a pO₂

Typ dýchací směsi	MOD - ppO ₂ = 1,4 bar	MOD - ppO ₂ = 1,6 bar
Vzduch, 21% O ₂	56 m	66 m
NITROX I, 32% O ₂	33 m	40 m
NITROX II, 36% O ₂	36 m	34 m
NITROX 50, 50% O ₂	18 m	22 m

Zdroj: Novomeský, 2003

2.6.4 Časová expozice O₂

Nyní již víme, nebo si dokážeme spočítat, do jaké hloubky se s jakou směsí NITROX můžeme potápět. Je však potřeba zdůraznit, že potápění s obohacenou směsí NITROX s sebou nese ještě jedno omezení, a to v podobě času. Abychom předešli akutní, nebo chronické intoxikaci, je nutné dodržovat, krom hloubkových limitů, také limity časové. Při potápění se vzduchem ve velmi malé hloubce je čas ponoru teoreticky neomezený, předpokládáme-li stálý přísun dýchacího média a zanedbáme-li chlad, únavu a jiné skutečnosti. Se vzrůstající hloubkou, resp. se vzrůstajícím parciálním tlakem kyslíku ve vdechované směsi, se však zkracuje maximální možná doba expozice. Tato skutečnost se však rekreačních potápěčů týká pouze okrajově, neboť většinou se při potápění s dýchacím přístrojem s otevřeným okruhem limitním časům nedokáží přiblížit, zejména vzhledem k nedostatečné zásobě dýchacího média. Mezní hodnoty však musí sledovat komerční potápěči pracující v režimu saturačního potápění, kteří pod vodou pobývají i mnoho dní (viz Tab. č. 7). (Novomeský, 2003)

Tabulka 7: Maximální časové expozice pro různé parciální tlaky O₂

pO ₂ vdechované směsi	Maximální jednotlivá expozice	Expozice za 24 hodin
1,6 bar	45 min	150 min
1,4 bar	150 min	180 min
1,3 bar	180 min	210 min

pO ₂ vdechované směsi	Maximální jednotlivá expozice	Expozice za 24 hodin
1,2 bar	210 min	240 min
1,1 bar	240 min	270 min
1,0 bar	300 min	300 min
0,9 bar	360 min	360 min
0,8 bar	450 min	450 min
0,7 bar	570 min	570 min
0,6 bar	720 min	720 min

Zdroj: Novomeský, 2003

2.6.5 Příprava dýchací směsi NITROX

Je několik způsobů jak pro účely potápění vyrobit směs NITROX. (ASTD, 2013)

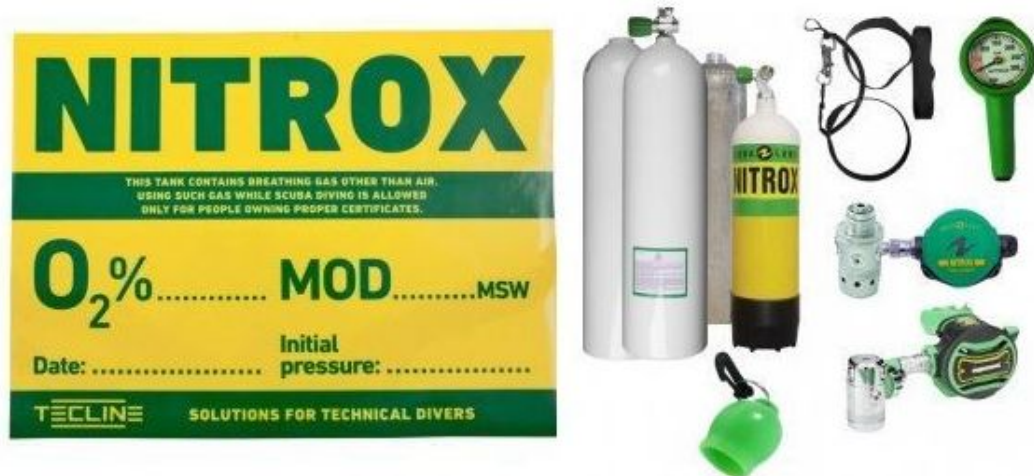
- Míchání dýchacích plynů podle parciálních tlaků - do tlakové láhve je dle tabulek, nebo výpočtů postupně přepouštěn kyslík a vzduch. Určeným poměrem se snažíme co nejvíce přiblížit požadované hodnotě EAN.
- Míchání vzduchu a NITROXU - již "namíchanou" směs můžeme použít dále k ředění a k výrobě dalšího NITROXU, ovšem vždy s nižším podílem kyslíku.
- Metoda kontinuálního míchání - před vstupem do kompresoru plnicího tlakovou láhev je NITROX předmíchán z kyslíku a ze vzduchu ve speciálním zařízení a následně je kompresorem naplněn do tlakových lahví.
- Separace plynů - metoda přímého plnění, kdy vzduch přímo v kompresoru prochází přes membránová síta, která určují množství odebraného dusíku. Tento o dusík ochuzený vzduch je následně plněn do tlakových lahví. Tato metoda je nejpřesnější.
- Míchání pomocí hmotnostní frakce - tato technicky náročná metoda vyžadující velmi přesné váhy a konstantní teplotu se prakticky nepoužívá. Jedná se o podobný princip míchání jako podle parciálních tlaků, ale založený na principu hmotnosti jednotlivých frakcí (vzduch, kyslík).
- Adsorpce - metoda vyžadující velmi složité zařízení, fungující na principu zachytávání částic (sorpce atomů, molekul) na určitých látkách.
- Nákup - bez rozlišení primární výroby.

2.6.6 Značení a konstrukce tlakových lahví pro NITROX

Dá se říci, že se pro potápění se směsí NITROX používají běžné potápěčské tlakové láhve, což je do jisté míry pravda, až na několik velmi důležitých odlišností. Je známo, že kyslík podporuje hoření a to značně. Vzhledem k tomu, že bezpečnost řadíme vždy na první místo, je potřeba dodržovat určitá pravidla.

(Lukš, 2006; MV - GŘ HZS ČR, 2017)

- a) Kyslíková čistota - tímto rozumíme, že všechna zařízení přicházející do styku s kyslíkem musí být ošetřena takovým způsobem, že jsou zbavena všech látek podporujících hoření, přičemž pro uživatele jsou nejdůležitější tuky. Dá se říci, že vše musí být dokonale odmaštěno. Toto vyžaduje použití speciálního maziva odpovídajícího normám pro použití pro styk s kyslíkem. Také materiály pro výrobu ventilů aj. musí odpovídat těmto předpisům. Technika určená pro potápění s NITROXEM má velmi často zelenou barvu. Toto je doporučeno u všech druhů NITROXU, ale od NITROXU 40 je naprostou nutností. Důležitá je též kontrola tlakových lahví, která je prováděna v pravidelných intervalech. U HZS ČR jsou povinné intervaly a druhy kontrol předepsány Řádem chemické služby Hasičského záchranného sboru ČR. Z tohoto řádu vychází rovněž předpisy převzaté do "civilního" potápění.
- b) Při míchání a prepouštění tlakových lahví je potřeba vyhýbat se tlakovým rázům a samotné prepouštění provádět pomalu a plynuje. Doporučená maximální rychlost je 5 bar / min. Vznik tlakových rázů je častou příčinou zahoření.



Obrázek 2: Značení tlakových lahví NITROX (Zdroj: <https://www.diveshop4u.eu>)

- c) Značení tlakových láhví pro NITROX je jedním z nejdůležitějších bezpečnostních prvků při potápění s NITROXem. Každá láhev musí být po naplnění opatřena nálepkou se specifikací dýchacího média. Na nálepce je uvedeno EAN, MOD, p_{maxO_2} , datum plnění. Dále by na tlakové láhvi mělo být vyznačeno jméno majitele a zejména velká, přehledná nálepka s označením NITROX. Vše by mělo být nalepeno viditelně a čitelně (Obr. 2).

2.6.7 Kontrola před ponorem

Po naplnění tlakových láhví musí být pomocí kyslíkového analyzátoru změřen obsah kyslíku v láhvi a vše se zaznamenává přímo na tlakovou lahev na pro to určené nálepky, nebo přímo na tělo tlakové láhve. Další a nejdůležitější kontrola probíhá přímo před ponorem opět změřením obsahu kyslíku analyzátozem. Tento postup je nutný z důvodu možného úbytku kyslíku v déle skladovaných tlakových láhvích. Důvodem může být například netěsnost soustavy, nebo častěji koroze vnitřku tlakové láhve. Před ponorem platí, že každý potápeč si měří vlastní láhev, za kterou zodpovídá, a láhev, která není změřena, nesmí pod vodu.

2.7 Potápění u Hasičského záchranného sboru České republiky

První potápěčská skupina byla zřízena v roce 1975 u požárního sboru v Českých Budějovicích. Po několikaletém působení nastala delší odmlka a zpět do úkolů HZS ČR byla potápěčská činnost zařazena kolem roku 1994, kdy se začala opět systematicky rozvíjet. V dnešní době má tato specializace své pevné místo v řadách hasičů a je jedním z technicky, fyzicky i psychicky nejnáročnějších oborů. Jejich činnost má oporu v příslušných interních aktech řízení: Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR č. 16/2013, kterým se stanoví opěrné body Hasičského záchranného sboru České republiky a typy předurčenosti jednotek požární ochrany pro záchranné práce a Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR č. 45/2013, kterým se stanovují pravidla pro činnost potápěčských skupin u Hasičského záchranného sboru ČR. (Karda, 2016; Szaszo, 2010)

Potápěči jsou nyní dislokováni ve čtyřech opěrných bodech a šesti potápěčských skupinách. Jsou to: Praha, České Budějovice, Hradec Králové, Pardubice, Olomouc a Hlučín, přičemž Praha a České Budějovice jsou samostatné opěrné body a Hradec Králové s Pardubicemi a Olomouc s Hlučínem tvoří vždy jeden opěrný bod. U HZS ČR

je přes 100 příslušníků se specializací potápěč. Tito potápěči jsou však v první řadě hasiči a vykonávají běžnou činnost zasahujících hasičů, řidičů, strojníků, techniků i velitelů, přičemž specializaci potápěče vykonávají nad rámec svých všedních povinností. Tato činnost je vykonávána dobrovolně a příslušníkovi nemůže být účast v potápěčské skupině nařízena. O náročnosti této práce svědčí fakt, že jen velmi malé procento nově nastupujících hasičů se o získání kvalifikace potápěče pokusí a pouze zlomek uspěje a je poté oprávněn vykonávat práce pod vodní hladinou. Dalšími z řady odborných činností, se kterými se můžeme u HZS ČR setkat, jsou například lezci, pyrotechnici a kynologové. (MV - GŘ HZS ČR, 2006)

2.7.1 Výcvik potápěčů u HZS ČR

Výcvik hasičů - potápěčů v počátcích vycházel z nejrozšířenějšího civilního systému zašitovaného mezinárodní organizací CMAS (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques), ale poté se začal ubírat vlastní cestou a dnešní oprávnění hasičů - potápěčů je platné pouze pro výcviky a zásahy v rámci činnosti HZS ČR, i když téměř všichni potápěči mají i své soukromé civilní kvalifikace a potápění je jim, dá se říci, prací i koníčkem. Naopak civilní kvalifikace neopravňuje příslušníky k vykonávání činností pod vodní hladinou v rámci HZS ČR a v případě zájmu musí projít odbornou přípravou ve Školících a výcvikových zařízeních HZS ČR. Kvalifikace je rozdělena do několika stupňů a odborností s postupně se zvyšující odborností a možností vykonávat náročnější zásahy. Rozdělení je následující:

- Potápěč I. stupně - u zásahu může zastávat funkci návodčího, při výcviku se potápí do maximální hloubky 10 m v doprovodu potápěče II. stupně a do 30 m v doprovodu potápěče III. stupně, nebo instruktora.
- Potápěč II. stupně - u zásahu a při výcviku se může potápět do maximální hloubky 40 m s otevřeným přístupem k hladině.
- Potápěč III. stupně - provádí potápěčské práce do hloubek přes 40 m i v prostředí neumožňujícím přímý výstup k hladině. Od tohoto stupně kvalifikace může být potápěč vedoucím potápěčem a u zásahu velet potápěčské skupině. Tuto činnost nesmí provádět příslušník bez odpovídající potápěčské kvalifikace, tudíž ani velitel zásahu.
- Potápěč instruktor - provádí potápěčské práce v rozsahu potápěče III. st. a podílí se na odborné přípravě příslušníků nižších odborných kvalifikací.

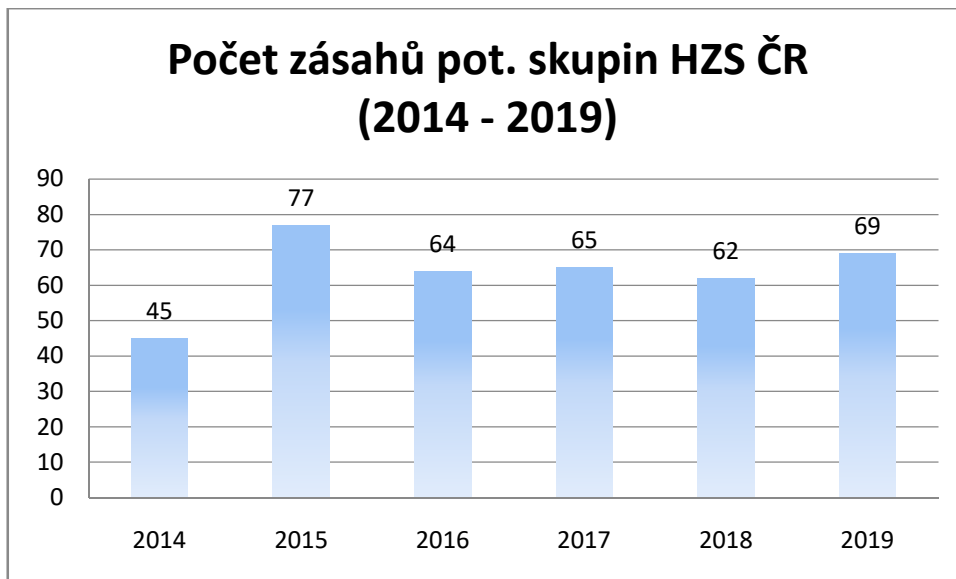
- NITROX - na potápění s dýchací směsí NITROX mohou být vyškoleni potápěči s odborností POT III: a instruktor a po absolvování odborné přípravy mohou používat jako dýchací médium tuto směs.
- Obsluhovatel barokomory - v potápěčských skupinách, které mají ve svém vybavení barokomoru, jsou příslušníci školení na její obsluhu.
- Potápěč a obsluha přilbového potápění - po absolvování tohoto kurzu a získání kvalifikace může potápěč používat těžkou soupravu Kirby Morgan určenou pro potápění do prostředí Hazmat (HAZardous MATerials), to je do silně znečištěných a jinak kontaminovaných vod. (MV - GŘ HZS ČR, 2016; Kemrová, 2014)



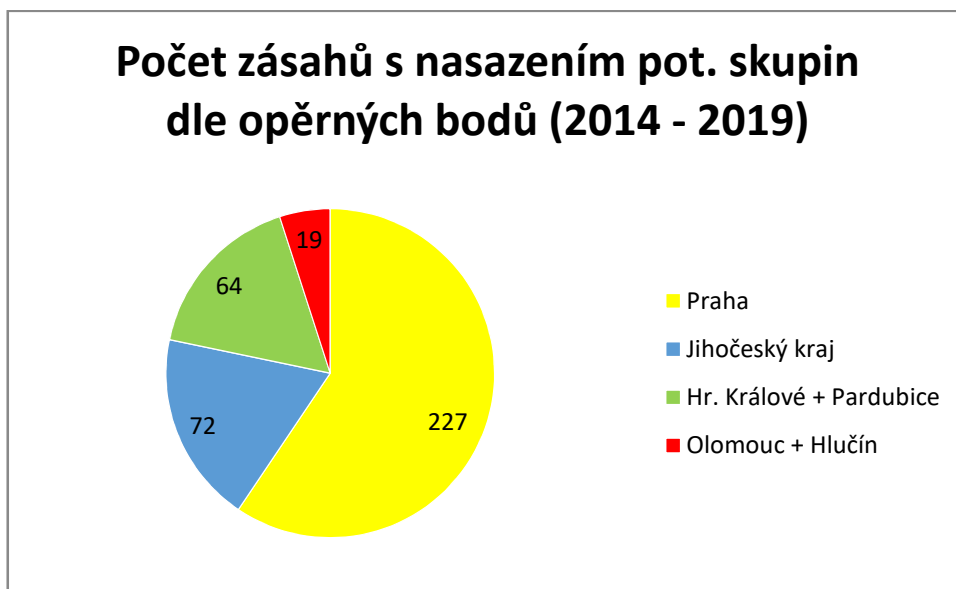
Obrázek 3: Potápěč s přilbou Kirby Morgan 97 SS (Foto: Karvánek)

2.7.2 Zásahy potápěčů HZS ČR

V letech 2014 - 2019 se dle statistik GŘ HZS jednotlivé opěrné body účastnily celkem 382 zásahů s nasazením potápěčských skupin (Graf č. 1). Ve statistikách zaujímá pomyslné první místo Praha (Graf č. 2). Ve statistikách vydávaných Ministerstvem vnitra - Generálním ředitelstvím HZS ČR není rozlišeno, o jaký druh potápěčských zásahů se jedná (záchrana, vyhledávání, vyzvednutí předmětu, odstranění překážek, apod.). (Statistické ročenky MV GŘ HZS ČR, 2019)



Graf 1: Celkový počet zásahů potápěčských skupin HZS ČR (2014 - 2019)



Graf 2: Počet zásahů pot. skupin dle opěrných bodů HZS ČR (2014 - 2019)

Zásahy potápěčských skupin HZS ČR lze rozdělit do dvou hlavních skupin:

- Záchrana osob a vyhledávání pohřešovaných osob
- Technické zásahy - vyzvedávání ponořených břemen, kontrola technologických zařízení, odstraňování překážek, potápění Hazmat, apod.

Veškerým zásahům potápěčských skupin HZS krajů velí příslušník HZS kraje dle §21 odst. 1 zákona č. 247/2001 Sb. o organizaci a činnosti jednotek PO ve znění pozdějších předpisů. Při spolupráci složek IZS náleží koordinování záchranných a likvidačních

prací v místě nasazení složek IZS veliteli nebo vedoucímu zasahujících sil a prostředků složky IZS, která v místě zásahu provádí převažující činnost. (§19 odst. 2 zákona 239/2000 Sb. o IZS ve znění pozdějších předpisů)

2.7.3 Zásahy potápěčů HZS ČR s použitím dýchací směsi NITROX

O potápěčských zásazích vedených s použitím NITROXU jako s hlavním dýchacím médiem, nebo jako dekompresním médiem, nejsou vedeny statistiky a tato problematika bude řešena v dotazníkovém šetření. Například u HZS Jčk, kde profesně působím, se NITROX u zásahů i přes své výhody používá velmi málo.

3 METODIKA VÝZKUMU

Tato bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a metodicko-analytickou část. K vypracování teoretické části bylo využito publikací získaných z odborných časopisů, on-line zdrojů, metodických příruček a osobních konzultací. Vypracování metodicko-analytické části předcházela rešerše odborné literatury (viz kap. 3.1). Během ní nebyla nalezena žádná odborná práce, která by tuto problematiku řešila stejným nebo obdobným přístupem, to znamená ve vodním prostředí a se zaměřením na subjektivní pocity potápěče. Metodicko-analytická část je vypracována zejména s využitím dotazníkového šetření mezi potápěči HZS ČR, na základě zhodnocení osobních zkušeností a reálných možností jednotlivých potápěčských skupin, které byly konzultovány s vedoucími potápěčských skupin. Dotazníkové šetření bylo koncipováno na uskutečnění dvou ponorů, při kterých potápěč odpovídal na sérii otázek před a po ponoru. Samotné ponory byly koncipovány jako (ideálně) totožné, pouze s rozdílnou dýchací směsí. Mezi ponory měla být dostatečně dlouhá pauza (min 24 h), a to proto, aby nedošlo k ovlivnění druhého ponoru ponorem předcházejícím. Ponory měly být uskutečněny za pokud možno identických podmínek (teplota, denní doba, výstroj, buddy, apod.). Samotné otázky byly sestaveny po konzultaci s psychologem tak, aby co možná nejobjektivněji vystihovaly stav potápěče před a po ponoru a odpovědi byly obsahově uchopitelné a dobře zpracovatelné. Také okruh otázek týkající se fyzického stavu potápěče byl vystaven stejným způsobem. V dotazníku bylo jednoznačně rozlišeno, o jaký ponor se jedná (1., nebo 2.). V případě druhého ponoru bylo zjištěno, byl-li dodržen stejný profil jako u prvního. Tento fakt je považován za nejdůležitější pro to, aby oba ponory mohly být vzájemně porovnány a zhodnoceny. V ideálním případě

by jediný rozdíl v ponorech měl být v užití dýchací směsi. Ponor č. 1 měl být uskutečněn se vzduchem a ponor č. 2 s hyperoxickou směsí NITROX (EAN 36 %). Předpoklad u všech zúčastněných respondentů byl absolvovaný výcvik pro potápění se směsí NITROX a dobrý zdravotní stav umožňující bezpečný ponor.

Další šetření ohledně přípravy a samotného využívání směsí NITROX na jednotlivých opěrných bodech HZS ČR probíhalo už formou konzultací a osobních pohovorů, zejména se zaměřením na důvody používání či nepoužívání směsi NITROX při potápěčských zásazích.

Bohužel, sběr a zpracování dotazníků k této práci byly výrazně ovlivněny vyhlášeným nouzovým stavem, když vzhledem k pandemii SARS CoVID-2 (Severe acute respiratory syndrome CoRonaVIrus Disease) bylo interním aktem řízení generálního ředitele HZS ČR nařízeno přerušení výcviků, včetně potápěčských, a to až do odvolání.

3.1 Rešerše odborné literatury

Pro rešerši odborné literatury byly použity následující zdroje: Web of Science, Google Scholar, Kopernio a Kramerius. Touto rešerší bylo zjištěno, že výzkumy porovnávající rozdíly, jak působí na potápěče vzduch a NITROX, se v naprosté většině odehrávají pouze jako simulované ponory v suché komoře, nikoli v přímo ve vodě. Zaměření relevantních prací je pouze v jednom případě koncipováno tak, aby se zaměřovalo na subjektivní pocity potápěče. Vždy se vychází z empirických měření, zejména z laboratorních rozborů krve, nebo z měření bublin v krevním řečišti pomocí ultrazvukového vyšetření. Tímto si také vysvětlují fakt simulovaných ponorů. Obecně lze říci, že práce zkoumají pouze měřitelné hodnoty, nikoli subjektivní pocity samotných aktérů. Pouze v práci autorů Harrise et al., (2003) byl výzkum koncipován obdobným způsobem, a to dotazníkovým šetřením na skupině dvanácti potápěčů při simulovaném ponoru se vzduchem a s NITROXEM EAN 36 %. Simulovaný ponor probíhal do hloubky 18 metrů. Dle výsledků tohoto výzkumu nebyl zaznamenán výrazný rozdíl v těchto ponorech. Cit.: „In summary, diving to 18m while breathing air produced no measurable difference in fatigue, attention levels, ability to concentrate, compared with EANx 36 % in this study.“

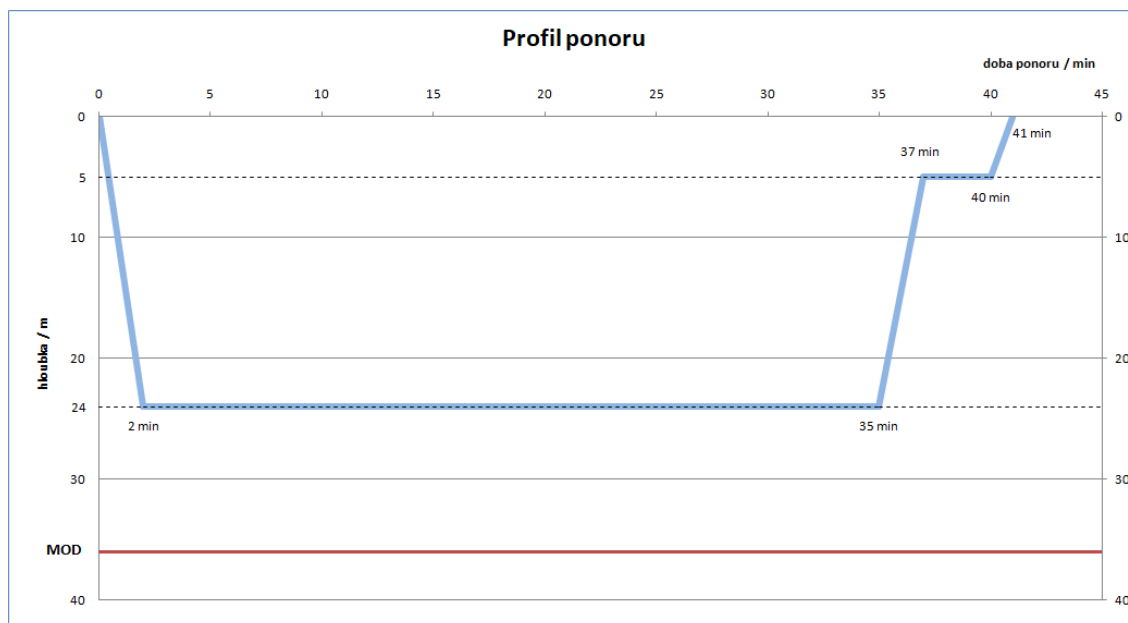
4 METODICKO-ANALYTICKÁ ČÁST

V této části práce je rozebrán profil ponoru, dotazníkové šetření včetně zhodnocení výsledků a vyhodnocení osobních pohovorů týkajících se přípravy a využití směsi NITROX.

Pro samotné dotazníkové šetření bylo využito osobních kontaktů mezi hasiči potápěči, kteří byli osloveni s žádostí o provedení dvou totožných ponorů, pouze s rozdílnou dýchací směsí. Před a po uskutečnění každého ponoru potápěč zodpověděl sérii otázek, které jsem sestavil ve spolupráci s odborným psychologem.

4.1 Profil ponoru

Profil ponoru byl stanoven s ohledem na co nejjednodušší provedení, s dostatečnou bezpečnostní časovou rezervou. Maximální hloubka ponoru byla stanovena na 24m, přičemž maximální operační hloubka MOD pro směs EAN 36 je 36m. Ponor byl plánován jako bezdekompresní, toto bylo ověřeno dle dekompresních tabulek SPČR, přičemž limitní čas pro bezdekompresní ponor v hloubce 24m = 60 min. Plán ponoru se dá ztotožnit kupříkladu s reálným zásahem, jako je vyhledávání pohřešované osoby, anebo hledání předmětu na dně přehrady. (SPČR, 2016; SPČR, 2018)



Graf 3: Profil ponoru

V první fázi provede potápěč zanoření ($t=0$) a následuje sestup do hloubky 24m. Této hloubky by měl potápěč dosáhnout přibližně v čase $t=2$ minuty. Po dosažení stanovené

hloubky provede potápěč vyrovnání a pokračuje po libovolně zvolené trase, ovšem v konstantní hloubce, až do času $t = 35$ min. Následuje zahájení výstupové fáze. Potápěč vystupuje maximální předepsanou rychlostí 10m/min až do hloubky 5m, čas přibližně $t = 37$ min. Zde je provedena doporučená bezpečnostní zastávka (pozn., nejedná se o dekompresní zastávku) po dobu 3 minut. Po vykonání bezpečnostní zastávky provede potápěč vynoření, celková doba ponoru přibližně $t = 41$ minut. Druhý ponor by měl být ideálně se stejným profilem jako byl první. Při domlouvání experimentu byl na tento fakt kladen velký důraz, jelikož je považován za stěžejní faktor pro možnost porovnání obou ponorů. V případě, že došlo k odchylce od profilu ponoru č. 1, měl toto potápěč uvést v dotazníku, včetně uvedení důvodu. V případě nedokončení jednoho z ponorů tuto skutečnost uvedl potápěč v dotazníku - ponor nebyl následně zahrnut do vyhodnocení výsledků. Mezi ponory měla být dodržena dostatečně dlouhá pauza pro regeneraci organismu, a to minimálně 24 hodin, aby tak nedocházelo ke zkreslení potápěčových vjemů. Podmínky během potápění měly být voleny opět s ohledem na totožnost profilu obou ponorů. Jedná se například o stejnou denní dobu, roční období, teplotu vzduchu a vody, proudění, apod. Dle doporučení měl být ponor proveden na stejné lokalitě a po stejné trase.

4.2 Dotazník

4.2.1 Koncepce dotazníku

Dotazník obsahoval celkem 20 otázek rozdělených do deseti sekcí. Na většinu otázek byla povinná odpověď. Na 5 otázek bylo možno odpovědět volnou formou, přičemž 1. otázka se týkala identifikace potápěče, 2. přesné hodnoty EANx, v případě ponoru se směsí NITROX, 3. a 4. otázka směřovala na faktor, který způsobil největší fyzickou

The image shows a screenshot of a web-based questionnaire. The title is "NITROX vs AIR" and the subtitle is "Vliv dýchací směsi NITROX na psychosomatický stav potápěče". There is a red asterisk indicating a required field. The form contains two text input fields labeled "Identifikátor 1*" and "Identifikátor 2*". Below these is a question: "S jakou dýchací směsí se budete potápět? *". The options are radio buttons for "Vzduch", "EAN 32", "EAN 36", "EAN 50", and "Other:" followed by a text input field.

a psychickou únavu během ponoru a 5. volnou otázku vyplňoval potápěč dobrovolně, a to v případě, že došlo k nedokončení ponoru, anebo k nedodržení předepsaného profilu (viz Obr. 4 - 8).

V úvodu vyplnil potápěč identifikační údaje týkající se jeho osoby tak, aby

Obrázek 4: Dotazník - Identifikátor a určení směsi

mohlo dojít ke spárování dotazníků za 1. a 2. ponor. Údaje obsahovaly mnou vytvořenou zkratku pro opěrný bod a směnu, kde dotyčný potápěč slouží (např. PHA A) a dále část osobního evidenčního čísla potápěče. Po sběru dotazníků a spárování ponorů byly tyto údaje z důvodu ochrany osobních údajů vymazány a nebyly nikterak použity v této práci a nejsou zde uváděny. Další otázka úvodní části se týkala směsi, se kterou se chystal vykonat potápěč ponor.



EANX?

Jaká je skutečná hodnota vaší směsi před ponorem? *

Zaokrouhlete na celé číslo.

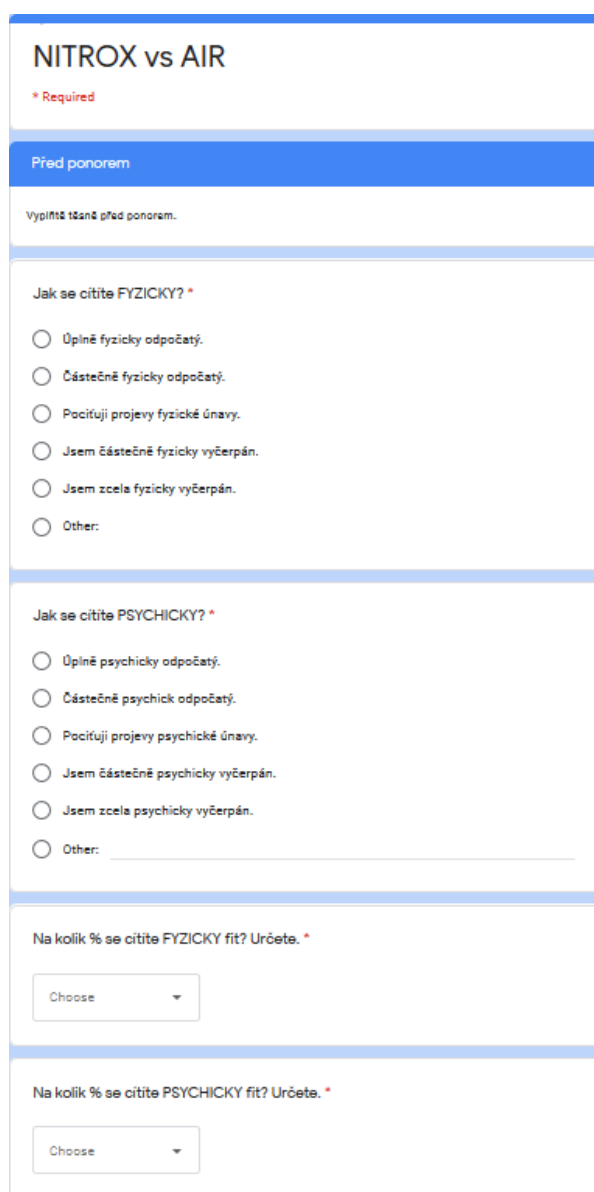
Your answer

Obrázek 5: Dotazník - Přesná hodnota EANX

Při odpovědi Vzduch, nebo po vyplnění hodnoty EANx, následovala část otázek, kterou vyplňoval tázaný před ponorem (Obr. 6).

Samotná část určená pro výzkum a hodnocení byla koncipována takovým způsobem, aby dotazník v co možná největší míře vystihoval subjektivní psychický a fyzický stav potápěče před a po ponoru. Otázky byly vytvořeny ve spolupráci s psychologem Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje. Na jeho doporučení byly možnosti odpovědí pouze jako volba možnosti nebo výběr z procentuálních hodnot. Otevřená odpověď nebyla přípustná. Dle této koncepce byla vytvořena i dotazníková část týkající se subjektivního fyzického stavu (Obr. 6).

V případě odpovědi NITROX následoval dotaz na skutečnou hodnotu naměřenou před ponorem (Obr. 5).



NITROX vs AIR

* Required

Před ponorem

Vypiště těsně před ponorem.

Jak se cítíte FYZICKY? *

Úplně fyzicky odpočatý.

Částečně fyzicky odpočatý.

Pociťuji projevy fyzické únavy.

Jsem částečně fyzicky vyčerpán.

Jsem zcela fyzicky vyčerpán.

Other:

Jak se cítíte PSYCHICKY? *

Úplně psychicky odpočatý.

Částečně psychicky odpočatý.

Pociťuji projevy psychické únavy.

Jsem částečně psychicky vyčerpán.

Jsem zcela psychicky vyčerpán.

Other: _____

Na kolik % se cítíte FYZICKY fit? Určete. *

Choose

Na kolik % se cítíte PSYCHICKY fit? Určete. *

Choose

Obrázek 6: Dotazník - Otázky před ponorem

Obrázek 7: Dotazník - Otázky na průběh ponoru

Další dotazy směřovaly na průběh ponoru a uvedení nejvýznamnějších příčin vyčerpání. Jednalo se o otázky otevřené s možností pokračování bez uvedení odpovědi (Obr. 7).

Následující otázky byly rozhodující pro určení, o kolikátý ponor se jednalo. V případě 1. ponoru potápěč část otázek týkajících se 2. ponoru nevyplňoval. Při nedodržení profilu ponoru následovala poslední otevřená (opět dobrovolná) otázka na důvod jeho nedodržení (Obr. 8).

Obrázek 8: Dotazník - Určení pořadí ponoru a dodržení profilu

Poslední část otázek byla opět společná pro 1. i 2. ponor a potápěč zde odpovídal na totožné otázky jako před ponorem. Tyto měly za úkol zhodnotit jeho fyzický a psychický stav ve srovnání se situací před ponorem. Jednalo se o čistě subjektivní a neměřitelné pocity. Na dvě otázky odpovídal potápěč výběrem z možností a na další dvě procentuálním určením, a to ve srovnání se stavem před ponorem, za předpokladu,

že před ponorem byl potápěčův fyzický i psychický stav roven pomyslným 100 %. Tímto se tázaný dostal k posledním dvěma otázkám, kde měl určit, za jakou dobu bude teoreticky opět ve stejném psychické a fyzickém stavu jako byl před ponorem. U toho výběru byly možnosti odpovědí v rozmezí, 0-2h, 2-4h, 4-6h, 6-8h, 8-10h, 10-12h. Potápěč prováděl výběr hodnoty na základě vlastních zkušeností z předešlých ponorů (Obr. 9).

Obrázek 9: Dotazník - Otázky po ponoru

4.3 Výsledky

Uváděné výsledky jsou souhrnem sběru dat dotazníkového šetření, osobních zkušeností a rozbohem problematiky s hasiči potápěči a s vedoucími potápěčských skupin HZS ČR.

4.4 Vyhodnocení dotazníkového šetření

Do projektu se zapojilo celkem 29 potápěčů. Dle výsledků získaných v dotazníkovém šetření bylo uskutečněno:

- 57 ponorů celkem
- 29 ponorů s dýchací směsí NITROX
- 28 ponorů se vzduchem
- 52 ponorů bylo označeno za platné
- 5 ponorů nebylo započítáno do šetření
- 2 potápěči nedokončili druhý ponor
- 1 potápěč uskutečnil pouze jeden ponor

- 35,59 % byla prům. hodnota směsi NITROX, se směrodatnou odchylkou $\pm 0,5$ %
- 2 profily druhých ponorů byly označeny jako podobné, ne totožné,
- ve 48 případech zahajovali potápěči ponor jako *Úplně fyzicky odpočatí*
- v 8 případech zahajovali potápěči ponor jako *Částečně fyzicky odpočatí*
- v 1 případě zahajoval potápěč ponor *S projevy fyzické únavy*
- v 55 případech zahajovali potápěči ponor jako *Úplně psychicky odpočatí*
- ve 2 případech zahajovali potápěči ponor jako *Částečně psychicky odpočatí*

Tabulka 8: Přehled subjektivní fyzické a psychické únavy po ponoru

Vzduch x NITROX		
FYZICKÝ STAV	VZDUCH	16 % je průměrná hodnota potápěči udávaného zhoršení subjektivního <u>fyzického</u> stavu po ponoru se <u>vzduchem</u> (směrodatná odchylka $\pm 6,7$ %)
		6,3 hodiny je průměrná odhadovaná doba, za kterou se potápěč zregeneruje do subjektivně stejného <u>fyzického</u> stavu jako před ponorem (směrodatná odchylka $\pm 1,3$ %)
	NITROX	12 % je průměrná hodnota potápěči udávaného zhoršení subjektivního <u>fyzického</u> stavu po ponoru s dýchací směsí <u>NITROX</u> (směrodatná odchylka $\pm 4,8$ %)
		5,3 hodiny je průměrná odhadovaná doba, za kterou se potápěč zregeneruje do subjektivně stejného <u>fyzického</u> stavu jako před ponorem (směrodatná odchylka $\pm 1,4$ %)
PSYCHICKÝ STAV	VZDUCH	4,6 % je průměrná hodnota potápěči udávaného zhoršení subjektivního <u>psychického</u> stavu po ponoru se <u>vzduchem</u> (směrodatná odchylka $\pm 3,4$ %)
		2,0 hodiny je průměrná odhadovaná doba, za kterou se potápěč zregeneruje do subjektivně stejného <u>psychického</u> stavu jako před ponorem (směrodatná odchylka $\pm 0,4$ %)
	NITROX	6,0 % je průměrná hodnota potápěči udávaného zhoršení subjektivního <u>psychického</u> stavu po ponoru s dýchací směsí <u>NITROX</u> (směrodatná odchylka $\pm 5,9$ %)
		2,2 hodiny je průměrná odhadovaná doba, za kterou se potápěč zregeneruje do subjektivně stejného <u>psychického</u> stavu jako před ponorem (směrodatná odchylka $\pm 0,5$ %)

4.5 Příprava směsi (dle opěrných bodů)

HZS Jěk - dýchací směs NITROX je zde vyráběna pomocí kompresoru COLTRI MCH 14 TECH NITROX, který dokáže vyrobit obohacenou směs až na hodnotu 40 % O₂. Směs s vyšším podílem kyslíku zde potápěči k ponorům nevyužívají, jelikož zde není vyškolený blender (míchač), který by zajistil výrobu směsi s vyšším podílem O₂.

HZS hl. m. Prahy - dýchací směs NITROX je zde vyráběna metodou míchání z tlakových lahví. Přepouštěním 100 % kyslíku, případně směsi s jiným než 21 % parciálním tlakem kyslíku a vzduchu, je získávána potřebná výsledná směs s požadovaným procentuelním zastoupením O₂.

HZS Pak - v Pardubickém kraji jsou nově (zima 2020) vyškolení blendeři, tudíž zde s vlastní výrobou teprve začínají. Toto bylo v současné době zbrzděno vlivem pandemie SARS CoVID-2. Předtím získávali dýchací směs NITROX nákupem.

HZS KHk - vzhledem k tomu, že Královéhradecký kraj tvoří spolu s Pardubickým jeden opěrný bod, situace je zde totožná jako u HZS Pardubice.

HZS Olk - potápěčská skupina Olomouckého kraje nemá v současné době vyškoleného žádného blendera a dýchací směs NITROX získává plněním tlakových lahví u Záchraného útvaru HZS ČR v Hlučíně.

4.6 Využití směsi (dle opěrných bodů)

HZS Jčk - u této potápěčské skupiny se dýchací směs NITROX využívá zejména k výcvikům, které členové skupiny pravidelně absolvují. U zásahů se NITROX využívá pouze jako dekompresní směs a to při zásazích do velkých hloubek, většinou v případě dopředu plánovaných ponorů.

HZS hl. m. Prahy - příslušníci jsou zde pravidelně školeni a provádějí zdokonalovací výcviky na potápění s touto směsí. Využita je ponejvíce při výcviku. U zásahů se používá nejčastěji směs EANx 50 % jako dekompresní směs při výstupu. V tomto opěrném bodě je zřejmě nejrozšířenější používání dýchacích směsí při potápění.

HZS Pak - Opět je využití směsi NITROX zejména u výcviků. U zásahů se prakticky zatím nevyužívá.

HZS KHk - Stejně jako Pardubický kraj, vzhledem k tomu, že spolu vzájemně tvoří jeden opěrný bod.

HZS Olk - Olomoucký kraj, využívá tuto směs minimálně při výcviku a u zásahů prakticky vůbec.

5 DISKUZE

Cílem šetření provedeného v bakalářské práci bylo posoudit a zhodnotit:

- 1) vliv dýchací směsi NITROX na psychosomatický stav potápěče,
- 2) způsoby výroby nebo získání směsi NITROX,
- 3) využití směsi NITROX při potápění s uvedením důvodů pro použití této směsi.

Výsledky jsou souhrnem sběru dat v provedeném dotazníkovém šetření, osobních zkušeností, konzultací s lékaři zabývajícími se problematikou potápěčské medicíny a rozbořem problematiky s hasiči potápěči a s vedoucími potápěčských skupin HZS ČR.

5.1 Vliv dýchací směsi NITROX na psychosomatický stav potápěče

Tato práce vychází z obecných předpokladů a tvrzení, že dýchací směs NITROX usnadňuje proces potápění z hlediska nižší, zejména fyzické zátěže na organismus potápěče. (IANTD, 2006) Dle těchto předpokladů je potápění s NITROXEM méně fyzicky náročné a potápěč po ponoru pocítuje subjektivně nižší únavu oproti ponoru se vzduchem.

Dalším efektem je posun hranice nulového času. To znamená prodloužení doby, po kterou se potápěč může potápět, aniž by šlo o ponor v dekompresním režimu. Tyto jevy jsou připisovány potlačení vlivu plynného dusíku N_2 ve vdechované směsi a naopak jeho nahrazení kyslíkem O_2 . Tímto dochází k rychlejšímu vylučování dusíku při návratu na hladinu a tkáně jsou více saturovány kyslíkem, což přispívá k menší tělesné únavě.

Zjištění, zda je rozdíl ve fyzické únavě po ponoru se vzduchem a s NITROXEM takový, aby mělo smysl využívat NITROX při potápěčských zásazích HZS ČR, bylo hlavním úkolem tohoto výzkumu. Potápěči po vykonání dvou profilově identických ponorů (se vzduchem a s NITROXEM) vyplnili dotazník s 20 otázkami týkajícími se zejména fyzického a psychického stavu před a po ponoru. Zpracováním a vyhodnocením těchto výsledků mělo dojít k potvrzení nebo vyvrácení výše uvedených předpokladů.

Ve studii (Harris et al., 2003), která se zabývá podobným tématem, došli autoři k závěru, že potápění v 18 metrové hloubce nepřineslo žádné měřitelné rozdíly v únavě, pozornosti a schopnosti koncentrace při srovnání dýchání vzduchu a EANx36%. Studie byla uskutečněna v suché barokomoře, pouze jako simulace skutečného ponoru.

Simulovaný ponor probíhal v ekvivalentní hloubce odpovídající 18 metrům (slané vody), po dobu 40 minut, v konstantní teplotě 22 - 24°C. Potápěči předem nevěděli, s jakou dýchací směsí se právě „potápějí“.

V této práci byly hodnoceny výsledky z klasického „mokrého“ ponoru v různých teplotách a potápěči z důvodů bezpečnosti věděli, s jakým dýchacím médiem se potápějí. Hloubka ponoru byla stanovena na 24 metrů a celková doba ponoru na 41 minut, viz profil ponoru (Graf č. 3).

Domnívám se, že v tomto případě jsou výsledky věrohodnější, vzhledem k tomu, že ponory probíhaly v reálných podmínkách. Z dotazníkového šetření jsou po zpracování dat získány následující výsledky: Po ponoru se vzduchem uváděli potápěči zhoršení fyzické kondice v průměru o 16 %, oproti 12 % po ponoru s NITROXEM. Rozdíl činí tedy pouhá 4 %. S přihlédnutím ke směrodatné odchylce 7 %, resp. 4 % lze výsledek považovat za totožný (tj. statisticky neprůkazný). Toto je z mého pohledu poměrně překvapující výsledek a je v rozporu s výhodami avizovanými propagátory NITROXU. Jednou z teorií, ke kterým se někteří vědci přiklánějí (Nochetto, 2014), je, že ponoru s NITROXEM může být dokonce únava vlivem oxidačního stresu vyšší, než po ponoru se vzduchem. Jedná se ovšem o velmi dlouhé ponory. Avšak, jak bylo již dříve uvedeno, na obhajobu tohoto tvrzení, ale ani k jeho vyvrácení, neexistují žádné prokazatelné vědecké studie.

Zajímavé je rovněž porovnání času, který potápěči udávají jako čas, za který dosáhnou stejného fyzického stavu, v jakém se cítili před ponorem. Tento čas byl odhadován na základě zkušeností respondentů z mnoha předešlých ponorů. Domnívám se, že neexistuje metoda, která by bez důkladného psychofyzilogického vyšetření tento subjektivní stav dokázala popsat, či definovat přesně měřitelnou hodnotou. Výsledný rozdíl jedné hodiny (Tab. 8) byl vypočítán jako rozdíl průměrných časů udávaných k potřebné regeneraci, tj. 6,3 hodiny (vzduch) a 5,3 hodiny (NITROX). Tato velmi krátká doba pouze podtrhuje předešlé výsledky udávající subjektivní procentuelní rozdíl ve fyzické únavě při ponorech se vzduchem a s NITROXEM. Za povšimnutí však stojí tyto hodnoty z jiného hlediska. V obou případech se jedná o poměrně krátký čas, což svědčí o trénovanosti a dobré fyzické kondici hasičů potápěčů. V řeči laika - sportovce bychom mohli říct, že na poli fyzické kondice vítězí dýchací směs NITROX, i když s minimálním rozdílem.

Výsledky zkoumající rozdíly psychického stavu potápěče před ponorem a po ponoru jsou z tohoto hlediska ještě zajímavější než rozdíly ve fyzické kondici. Diference je zde skutečně minimální, pouhé 1 % (viz Tab. 8). Tentokrát však potápěči udávali větší psychickou pohodu po ponoru se vzduchem oproti ponoru s NITROXEM. V prvním případě došlo k průměrnému zhoršení psychického stavu o 5 %, s předpokládanou návratností do původního stavu za 2 hodiny. V druhém případě šlo o 6 % a 2,2 hodiny. Jedná se o poměrně překvapující fakt, jelikož jsem předpokládal, že psychický stav bude více méně kopírovat fyzický stav a bude jeho obrazem. Důvod, proč tomu tak není, jsem se rozhodl zjistit osobním pohovorem s několika potápěči. Shodně udávali jako důvod právě dýchací směs NITROX. Resp. ne směs samotnou, ale fakt, že při ponoru s tímto médiem je složitější příprava na ponor, důkladnější kontrola vybavení, několikrát měření připravené směsi z hlediska hodnoty parciálního tlaku kyslíku, včetně pro někoho složitých výpočtů MOD a stanovení bezpečné hloubky ponoru. Již tento proces probíhající před ponorem může pro některé potápěče představovat poměrně velkou stresovou zátěž. Při ponoru se vzduchem, vzhledem k bohatým a letitým zkušenostem, toto všechno odpadá.

Osobně bych si dovolil odhadnout, že i když se směsí NITROX hasiči pravidelně trénují, tak poměr ponorů vzduch vs. NITROX se bude blížit hodnotám 95 % ku 5 %. A právě v tomto poměru spatřuji onen důvod větší psychické zátěže. Potápěči disponují mnohem většími zkušenostmi s používáním vzduchu, než se směsí EANx. Část potápěčů také udávala zvýšený stres i během ponoru vzhledem k nutnosti častější a důkladnější kontroly aktuální hloubky, a to i přes dostatečnou rezervu od maximální operační hloubky. Řekl bych, že tím pověstným svazujícím faktorem je v tomto případě respekt k dýchací směsi NITROX, i když tento je určitě na místě vzhledem k bezpečnosti potápějící se osoby. Směs EANx je v konečném důsledku mírně stresující, což může vést k situaci, že se potápěč soustředí více na samotný ponor než na vykonávanou činnost.

Při pohledu na tato získaná data (Tab. 8) je vhodné vyzdvihnout vynikající psychickou odolnost, kterou hasiči potápěči projevují, bez rozdílu s jakou směsí se potápějí. Ale abych opět shrnul výsledek sportovní terminologií, tak v tomto kole vyhrál vzduch a „stav je nerozhodný“.

V konečném důsledku lze konstatovat, že vliv na psychosomatický stav potápěče při použití dýchací směsi NITROX je totožný jako při použití klasického vzduchu. V této studii provedené ve vodním prostředí se neprokázaly uváděné údajné výhody této směsi vzhledem k menší únavě po ponoru. To, že se někteří potápěči cítí subjektivně méně unavení po ponoru s NITROXEM, lze zřejmě připsat i faktoru placebo efektu. Závěrem je však nutné podotknout, že i když prakticky všechny výcvikové systémy propagují skutečnost nižší únavy jako jednu z předností, tak na prvních místech vždy shodně uvádějí prodloužení nulového času ponoru a zkrácení doby nutné k vykonání dekompresních zastávek.

5.2 Příprava směsí u jednotlivých opěrných bodů

U potápěčských skupin HZS ČR se setkáváme s několika způsoby výroby, popřípadě získání dýchací směsi NITROX. Nejrozšířenější je v současné době metoda míchání vlastními vyškolenými blendery (míchači). Jedná se rovněž o metodu nejlevnější, jelikož vstupní náklady jsou pouze za nákup kyslíku. Všechny hasičské stanice jsou dnes již vybaveny kompresory, využívanými zejména k plnění tlakových lahví dýchacích přístrojů určených pro běžnou hasičskou činnost.

Pro větší efektivitu míchání se využívají kyslíkové plničky, tzv. boostery. Těmito však disponuje pouze HZS hl. m. Prahy a Hradce Králové. Nevýhodou u toho způsobu přípravy dýchací směsi spatřuji v možné větší míře chybovosti a nepřesnosti oproti výrobě pomocí kompresoru. Veškeré úkony jsou zde řízeny blenderem, který zodpovídá za postupné přepouštění jednotlivých směsí, a výsledek závisí na jeho propočtech a zručnosti. Tento způsob výroby je využíván u potápěčských skupin v Praze, Hradci Králové a v Pardubicích.

Výroba NITROXU pomocí kompresoru má velkou výhodu ve velké přesnosti namíchané směsi. Je-li kompresor udržovaný a v dobrém technickém stavu, tak směs bývá většinou velmi kvalitní. Bez vzdušné vlhkosti, bez nežádoucích příměsí, aj. Nevýhodou je však poměrně velká pořizovací cena kompresoru a náklady spojené s jeho provozem a údržbou. Tímto způsobem se dnes NITROX vyrábí pouze u HZS Jihočeského kraje, který získal kompresor převodem ze zrušeného Odborného učiliště požární ochrany MV ČR v Borovanech. Obsluha kompresoru je velmi jednoduchá a procentuelní obsah kyslíku ve výsledné směsi se určuje pomocí digitálního voliče, což

minimalizuje možnost chyby obsluhy. Veliký problém této potápěčské skupiny spatřuji ve faktu, že nedisponují žádným vyškoleným blenderem a nejsou tudíž schopni míchat směsi s vyšším procentuelním zastoupením kyslíku než je 40 %. Toto je totiž limitní hodnota kompresoru. Nemají tudíž možnost přípravy kvalitní směsi pro případné dekompresní ponory probíhající s využitím NITROXU jako dekompresního média, neboť v tomto případě se nejčastěji využívá směs EAN 50 %.

Jako poslední zůstává HZS Olomouckého kraje, kde nejsou žádní vyškolení blenděři a potápěčská skupina nedisponuje ani kompresorem uzpůsobeným k výrobě NITROXU. V případě potřeby plnění tlakových lahví dýchací směsí NITROX musejí vážít poměrně zdoluhavou cestu do Hlučína, kde sídlí Záchranný útvar HZS ČR a kde příslušníci tlakové láhve plní. Tento způsob získání je velmi časově náročný a není pod kontrolou potápěčské skupiny HZS Olk.

V této části byly popsány různé druhy přípravy dýchací směsi NITROX, využívané potápěčskými skupinami napříč republikou. Ve většině případů převládá míchání pomocí vyškolených příslušníků HZS ČR. Pouze v jednom případě je využíván speciální kompresor, který však dokáže obohatit směs pouze na 40%, a v jednom případě nemá potápěčská skupina možnost získat NITROX vlastními silami. Doporučením ke zlepšení situace je doškolení příslušníků ve dvou opěrných bodech a případné zvážení pořízení boostru pro zefektivnění využití zakoupeného kyslíku. Závěrem je nutno dodat, že i přes veškeré zkušenosti blendrů, či dokonalosti moderních kompresorů, zůstává povinnost provedení kontroly a přeměření směsi přímo před ponorem.

5.3 Využívání dýchacích směsí NITROX v praxi

V tomto bodě narážíme na problematiku nasazení potápěčských skupin u zásahů. Respektive na problematiku hasičských zásahů jako takových. Základním předpokladem je fakt, že žádný zásah není stejný a že hasič nikdy neví, kam k zásahu pojede a co ho tam čeká. Stejně tak je tomu u naprosté většiny potápěčských zásahů. Nedá se předem říci, kdy a kam se pojede, jak bude vypadat činnost v místě mimořádné události, jací potápěči a s jakou kvalifikací budou přítomni. Největší neznámou však zůstává lokalita a zejména její hloubka. Všichni v této studii oslovení se shodují, že toto

je jeden z rozhodujících faktorů, proč je NITROX u zásahů používán tak málo. Už zde byl vysvětlen pojem maximální operační hloubka. Ale pro úplnost, jedná se o hloubku, do níž je možné se z hlediska bezpečnosti, zanořit, s tou kterou obohacenou směsí NITROX. Tato hloubka je závislá na parciálním tlaku kyslíku ve směsi určené pro ponor. Potápěč však předem neví, v jaké hloubce bude ponor probíhat, jak bude dlouho trvat a ani, zda bude veden v normálním, nebo dekompresním režimu. Toto se dozvídá zpravidla až na místě zásahu. Předem udávané hloubky jsou většinou jenom orientační a počítat se musí vždy s nejhorsí, tedy nejhlubší možnou variantou. A to v případě, je-li hloubka u této lokality známa. Vzhledem k rozlehlostem operačních prostorů jednotlivých opěrných bodů nelze znát všechny lokality pro případný potápěčský zásah. U většiny zásahů je důležitá rychlost nasazení potápěče k záchranným pracím. Není možno před ponorem připravovat ve spěchu směs s vhodným poměrem $O_2 \times N_2$. I standardizované směsi NITROX I a II se musí před každým ponorem přeměřovat, kontrolovat a případně přepočítávat hodnoty MOD. Všechny tyto úkony jsou časově zdoluhavé a oddalují co možná nejrychlejší nasazení potápěče. Možnost využití těchto směsí spatřuji například při nasazení potápěčů v bezpečně mělkých lokalitách, jako jsou řeky, rybníky, nebo jiné opravdu známé lokality.

Jiná situace je však u zásahů předem plánovaných. Jedná se v naprosté většině o zásahy na žádost Policie ČR. Nejčastěji při pátrání po pohřešovaných osobách, nebo ztracených předmětech. V tomto případě je však v naprosté většině případů známa hloubka lokality, je zhruba zmapovaný terén, dopředu je stanoven plán ponoru, včetně vykonávaných činností a jiných podrobností. Za takovéto situace, kdy je známa hloubka a příprava na ponor probíhá i několik dnů dopředu, je dostatek času na přípravu dýchacích směsí. Je-li ponor plánovaný jako dekompresní, tak jsou vždy připravovány tlakové lahve se směsmi na dekompresní zastávky. Tyto lahve zvané stage, jsou umístěny buď na výstupovém laně v předem určených hloubkách vypočtených jako dekompresní zastávky, nebo je potápěč nese s sebou během celého ponoru. V prvním případě s sebou nenese potápěč zátěž navíc, ve druhém případě má však dekompresní směs stále u sebe i při ztrátě orientace, či ztrátě výstupového lana.

Je však také nutné podívat se na danou problematiku alespoň okrajově i z hlediska finančního. Každý potápěč by měl mít svou vlastní výstroj uzpůsobenou svým zvyklostem, potřebám a odpovídající tělesné velikosti. Toto je velmi důležité při

náročných ponorech a v krizových situacích je fakt dokonalé znalosti výstroje často život zachraňující. V případě, že by měl potápeč další výstroj určenou pro dýchací směs NITROX, která je finančně náročnější než vybavení určené pro potápění se vzduchem, neúměrně by to prodražilo tuto činnost. A s přihlédnutím k faktu, že tato směs není tak často využívána, by se toto jevilo jako plýtvání. Nejčastěji se NITROX plní do menších dekompresních lahví, nebo do univerzálních sestav určených pro více potápěčů. Toto však není z hlediska bezpečnosti ideálním řešením.

6 ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se zaměřil na zhodnocení rozdílů v psychosomatickém stavu potápěčů, členů HZS ČR při potápění se vzduchem a s dýchací směsí NITROX. Vzhledem k tomu, že v přípravné literární rešerši byla nalezena pouze jediná obdobná studie, která však nebyla realizována v přírodním vodním prostředí, nýbrž v simulační suché barokomoře, obsahuje tato má práce originální výsledky, jež bude vhodné porovnat s následně publikovanými výzkumy.

Po vyhodnocení získaných dat mohu konstatovat, že jsem nezjistil statisticky významné rozdíly ve vlivu při ponorech s běžně používaným vzduchem ve srovnání se směsí NITROX na psychosomatický stav potápeče. Z výsledků uvedených v Tab. 8 lze usuzovat na, v mezích chyby, pozitivnější vliv NITROXU na fyzický stav potápeče. U vlivu na psychický stav je naopak mírně příznivější vliv vzduchu, neboť příprava na ponor je mnohem kratší, tudíž méně stresující než při užití směsi EANx a také průběh ponoru neklade takové nároky na pozornost potápeče.

V souvislosti s prací potápečů doporučuji směs NITROX nadále používat jako dekompresní médium, kde má svojí nezastupitelnou a neocenitelnou roli. Je vhodné provést doškolení příslušníku, aby na všech opěrných bodech byla možnost výroby této směsi a rozšířilo se využití v praxi, zejména u zásahů. Jako námět je možné v navazující práci posoudit rozdíl v působení směsi s výrazně vyšším parciálním tlakem O₂, např. 50 % a výše. Toto nejlépe pod odborným vedením lékaře zabývajícího se potápečskou problematikou.

Závěrem lze shrnout, že z mého pohledu je velmi výhodné využívat dýchací směs NITROX u zásahů, ovšem pouze jako dekompresní médium. Důvodem je především bezpečnost. Proti využití NITROXU jako hlavního dýchacího média u zásahu v terénu

působí řada negativních faktorů, jako je např. neznalost lokality zásahu předem, nutná rychlost nasazení a vše zastřešující bezpečnost.

Doporučuji rovněž navýšit počet ponorů se směsí NITROX vzhledem k dosud převažujícímu využívání vzduchu (5% NITROX vs. 95% vzduch), aby se tyto ponory staly rutinními a byl tak snížen přípravný stres před ponorem se směsí EANx.

Tímto způsobem by se mohla zvýšit rychlost psychické regenerace u potápěčů a pozitivní vliv směsí EANx na celkový psychosomatický stav potápějící se osoby by se tak potvrdil.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- ASTD, 2013. *Nitrox Diver - Potápěč s Nitroxem / EAN, EANx: ASTD Nitrox manuál.*
- Aquabaltic. In: *Diveshop4U* [online]. [cit. 2020-05-2]. Dostupné z: <https://www.diveshop4u.eu/eng/?page=catalog&sec=3&sub=308&act=309&cond=2344>
- BALCAR, Rudolf, Milada EMMEROVÁ a Milan HADRAVSKÝ, 2000. *Hyperbarie a hyperbarická oxygenoterapie.* Plzeň: V. Kuna. ISBN 80-902017-7-6.
- BLACK, Ray, Harry AVERILL, Scott EVANS a David WEISMAN, 2011. *Nitrox Diver Manual.* Jacksonville: NASE Worldwide.
- DOBEŠ, Dušan, 2005. *Přístrojové potápění: praktická příručka pro každého potápěče.* Brno: CP Books. Hobby (CP Books). ISBN 80-251-0700-0.
- DOBEŠ, Dušan, Josef SKALKA, David VRATISLAVSKÝ, et al., 2013. *Učební texty pro potápěče v podmínkách Hasičského záchranného sboru České republiky.* Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. ISBN 978-80-86466-32-3.
- EDMONDS, Carl, Bart MCKENZIE, Robert THOMAS a John PENNEFATHER, 2010. *Diving Medicine for Scuba Divers.* 3rd ed. Australia. ISBN 978-0-646-52726-0.
- HARRIS, Richard, D.J. DOOLETTE, D.C. WILKINSON, D.J. WILLIAMS, 2003. Measurement of fatigue following 18 msw dry chamber dives breathing air or enriched air nitrox. *Undersea & hyperbaric medicine : journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc.* 30. 285-91.
- IANTD, 2006. *Nitrox Diver Student Manual.* 6th edition. Miami.
- KARDA, Ladislav a Vlastimil LENC, 2016. *150 let profesionálních hasičů v Českých Budějovicích.* České Budějovice: Hasičský záchranný sbor Jihočeského kraje. ISBN 978-80-260-9541-5.
- KEMROVÁ, Jana, 2014. Přílbové potápění umožní hasičům zasahovat v silně kontaminovaných vodách. In: *HZS ČR* [online]. Praha, 12/2014 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xiii-cislo-12-2014.aspx>

- *Kübeck s. r. o., oddělení hyperbarické a potápěčské medicíny* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.hyperbarickakomora.cz/>
- LUKŠ, Oldřich, 2006. *Tlakové láhve, uzavírací ventily a plnění dýchacích směsí potápěčských dýchacích přístrojů*. Praha: Svaz českých potápěčů.
- MV - GŘ HZS ČR, 2017. *Řád chemické služby Hasičského záchranného sboru ČR*. Praha: Ministerstvo vnitra. ISBN 978-80-87544-49-5.
- MV - GŘ HZS ČR, 2006. *Koncepce Činnosti hasičů při práci pod vodní hladinou*. Praha: Ministerstvo vnitra, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR.
- MV - GŘ HZS ČR, 2016. *Sbírka interních aktů řízení generálního ředitele HZS ČR - částka 16/2013*. Praha: MV - GŘ HZS ČR.
- MV - GŘ HZS ČR, 2016. *Sbírka interních aktů řízení generálního ředitele HZS ČR - částka 25/2016*. Praha: MV - GŘ HZS ČR.
- MV - GŘ HZS ČR, 2019. *Statistická data MV - GŘ HZS ČR (2014 - 2019)*. Praha.
- NACHTIGAL, Milan, 2004. *Použití kyslíku pro první pomoc při potápěčských nehodách*. Praha: Svaz potápěčů české republiky.
- NOCHETTO, Matias, 2014. *Vzduch, nitrox a únava*. *AlertDiver* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://alertydiver.eu/cs_CZ/clanky/vzduch-nitrox-a-unava
- NOVOMESKÝ, František, 2002. *Potápění a jeho vliv na lidský organismus*. *Interní medicína* [online]. 2002 [cit. 2020-04-16]. Dostupné z: <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2002/05/04.pdf>
- NOVOMESKÝ, František, 2013. *Potápěčská medicína*. Martin: Vydavatelství Osveta. ISBN 978-80-8063-397-4.
- NOVOTNÝ, Štěpán a Hana PÁCOVÁ, 2012. *TBM: práce v hyperbarickém prostředí*. Kladno: Kübeck. ISBN 978-80-260-1358-7.
- PADI, 2011. *Enriched Air Diver Manual*. Rancho Santa Margarita: PADI. ISBN 978-1-878663-85-6.
- PIŠKULA, František, Michal PIŠKULA a Jiří ŠTĚTINA, 1985. *Sportovní potápění*. Praha: Naše vojsko. Knižnice svazarmu. ISBN 28-105-85.
- SPČR, 2016. *Bezpečnostní směrnice SPČR*. Praha: Svaz potápěčů České republiky.

- SPČR, 2018. *Dekompresní tabulky SPČR 2018*. Praha: Svaz potápěčů České republiky.
- SZASZO, Zoltán, 2010. *Stručná historie profesionální požární ochrany v českých zemích*. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. ISBN 978-80-86640-60-0.
- UDI, 2010. *Specializační kurz NITROX * DIVER*.
- Vyhláška MV č. 328/2001 Sb, o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany, In: Sbírka zákonů. 17. 11. 2019. ISSN 1211-1244
- Vyhláška č. 328/2001 Sb, o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému. In: Sbírka zákonů. 17. 11. 2019. ISSN 1211-1244
- Zákon č. 239/2000 Sb. Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: Sbírka zákonů. 8. 3. 2020. ISSN 1211-1244
- Zákon č. 320/2015 Sb. Zákon o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru). In: Sbírka zákonů. 17. 11. 2019. ISSN 1211-1244

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A PŘÍLOH

Obrázek 1: Reliéf asyrského potápěče (převzato z Pinterest.com).....	10
Obrázek 2: Značení tlakových lahví NITROX (Zdroj: https://www.diveshop4u.eu).....	25
Obrázek 3: Potápěč s přilbou Kirby Morgan 97 SS (Foto: Karvánek).....	28
Obrázek 4: Dotazník - Identifikátor a určení směsi.....	33
Obrázek 5: Dotazník - Přesná hodnota EANX.....	34
Obrázek 6: Dotazník - Otázky před ponorem.....	34
Obrázek 7: Dotazník - Otázky na průběh ponoru.....	35
Obrázek 8: Dotazník - Určení pořadí ponoru a dodržení profilu.....	35
Obrázek 9: Dotazník - Otázky po ponoru.....	36
Tabulka 1: Porovnávací tabulka tlaků v hloubkách 0 - 100m.....	12
Tabulka 2: Projevy narkotického efektu dusíku ve stlačeném vzduchu.....	16
Tabulka 3: Neurologické příznaky kyslíkové intoxikace CNS (CONVENTID).....	19
Tabulka 4: Hraniční hodnoty pO ₂ a využití dané směsi.....	20
Tabulka 5: Přehled bezdekompresních časů pro Vzduch a NITROX I, II.....	22
Tabulka 6: MOD pro různé typy EANx a pO ₂	23
Tabulka 7: Maximální časové expozice pro různé parciální tlaky O ₂	23
Tabulka 8: Přehled subjektivní fyzické a psychické únavy po ponoru.....	37
Graf 1: Celkový počet zásahů potápěčských skupin HZS ČR (2014 - 2019).....	29
Graf 2: Počet zásahů pot. skupin dle opěrných bodů HZS ČR (2014 - 2019).....	29
Graf 3: Profil ponoru.....	32
Příloha 1: Dotazník NITROX vs. AIR.....	51
Příloha 2: Tabulka s výsledky dotazníku po ponoru se vzduchem.....	54
Příloha 3: Tabulka s výsledky dotazníku po ponoru s dýchací směsí NITROX.	55

PŘÍLOHY

Příloha 1: Dotazník NITROX vs. AIR

Identifikace potápěče:

- 1) Identifikátor 1
- 2) Identifikátor 2
- 3) S jakou dýchací směsí se budete potápět?
 - Vzduch
 - EAN 32
 - EAN 36
 - EAN 50

Odpověď EANx?

- 4) Jaká je skutečná hodnota vaší směsi EANx před ponorem?
(Zaokrouhlete na celé číslo.)

Před ponorem.

(Vyplňte těsně před ponorem.)

- 5) Jak se cítíte FYZICKY?
 - Úplně fyzicky odpočatý.
 - Částečně fyzicky odpočatý.
 - Pociťuji projevy fyzické únavy.
 - Jsem částečně fyzicky vyčerpán.
 - Jsem zcela fyzicky vyčerpán.
- 6) Jak se cítíte PSYCHICKY?
 - Úplně psychicky odpočatý.
 - Částečně psychicky odpočatý.
 - Pociťuji projevy psychické únavy.
 - Jsem částečně psychicky vyčerpán.
 - Jsem zcela psychicky vyčerpán.
- 7) Na kolik % se cítíte FYZICKY fit? Určete.
 - Na výběr 0 - 100 % (odstupňováno po 5 %)

8) Na kolik % se cítíte PSYCHICKY fit? Určete.

- Na výběr 0 - 100 % (odstupňováno po 5 %)

Během ponoru

(Vyplňte bezprostředně po ponoru.)

9) Co vás během ponoru FYZICKY nejvíc vyčerpalo?

- Volná odpověď - nepovinná.

10) Co vás během ponoru PSYCHICKY nejvíc vyčerpalo?

- Volná odpověď - nepovinná.

Po ponoru

(Vyplňte bezprostředně po ponoru.)

11) O kolikátý ponor se jednalo?

- 1. ponor
- 2. ponor

V případě druhého ponoru

(Tázaný vyplňuje v případě, že se jednalo o druhý ponor.)

12) Dodržel jsi při 2. ponoru stejný profil, jako při 1. ponoru?

- Ano
- Ne

V případě odpovědi Ne

13) Je profil 2. ponoru alespoň podobný profilu 1. ponoru?

- Ano
- Ne

14) Jiný profil - nepodobný

Uveďte důvod nedodržení předepsaného profilu ponoru.

- Volná odpověď - nepovinná

15) Jak se cítíte FYZICKY?

- Úplně fyzicky odpočatý.
- Částečně fyzicky odpočatý.
- Pociťuji projevy fyzické únavy.

- Jsem částečně fyzicky vyčerpán.
- Jsem zcela fyzicky vyčerpán.

16) Jak se cítíte PSYCHICKY?

- Úplně psychicky odpočatý.
- Částečně psychicky odpočatý.
- Pociťuji projevy psychické únavy.
- Jsem částečně psychicky vyčerpán.
- Jsem zcela psychicky vyčerpán.

17) Váš FYZICKÝ stav před ponorem byl pomyslných 100 %, určete na kolik % se cítíte po ponoru.

- Na výběr 0 - 100 % (odstupňováno po 5 %)

18) Váš PSYCHICKÝ stav před ponorem byl pomyslných 100 %, určete na kolik % se cítíte po ponoru.

- Na výběr 0 - 100 % (odstupňováno po 5 %)

19) Představte si, že po ponoru máte možnost si jít odpočinout, odhadněte, kolik času budete potřebovat k návratu ke stejnému FYZICKÉMU stavu jako před ponorem.

- 0 - 2 hodiny
- 2 - 4 hodiny
- 4 - 6 hodin
- 6 - 8 hodin
- 8 - 10 hodin
- 10 - 12 hodin

20) Představte si, že po ponoru máte možnost si jít odpočinout, odhadněte, kolik času budete potřebovat k návratu ke stejnému PSYCHICKÉMU stavu jako před ponorem.

- 0 - 2 hodiny
- 2 - 4 hodiny
- 4 - 6 hodin
- 6 - 8 hodin
- 8 - 10 hodin
- 10 - 12 hodin

:

Příloha 2: Tabulka s výsledky dotazníku po ponoru se vzduchem.

ID	Dýchací směs	Před ponorem				Důvod Fyz. únavy	Důvod Psy. únavy	Po ponoru				Regenerace	
		Jak se cítíte FYZICKY?	Jak se cítíte PSYCHICKY?	Fyzický stav %	Psychický stav %			Jak se cítíte FYZICKY?	Jak se cítíte PSYCHICKY?	Fyzický stav před ponorem 100%, nyní ? %	Psychický . stav před ponorem 100%, nyní ? %	Fyzická reg.	Psychická reg.
1	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	95%	100%	Zima	Tma	Pocítuji projevy fyzické únavy.	Částečně psychick odpočatý.	70%	95%	6 - 8 hodin	0 - 2 hodiny
2	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	Zamotání do vlasce	Zamotání do vlasce	Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	80%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
3	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	CVhľad		Pocítuji projevy fyzické únavy.	Úplně psychicky odpočatý.	85%	95%	6 - 8 hodin	0 - 2 hodiny
4	Vzduch	Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
5	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	95%	100%	Stage		Pocítuji projevy fyzické únavy.	Úplně psychicky odpočatý.	85%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
6	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	95%	100%			Pocítuji projevy fyzické únavy.	Částečně psychick odpočatý.	80%	90%	6 - 8 hodin	0 - 2 hodiny
7	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	Budy	Budy	Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	85%	90%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
8	Vzduch	Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	100%			Pocítuji projevy fyzické únavy.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	100%	6 - 8 hodin	0 - 2 hodiny
9	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	Byla mi zima		Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	85%	100%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
10	Vzduch	Pocítuji projevy fyzické únavy.	Úplně psychicky odpočatý.	75%	100%			Pocítuji projevy fyzické únavy.	Částečně psychick odpočatý.	75%	95%	6 - 8 hodin	2 - 4 hodiny
11	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	95%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	85%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
12	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	85%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
13	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	85%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
14	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	85%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
15	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	silny proud		Pocítuji projevy fyzické únavy.	Částečně psychick odpočatý.	70%	90%	6 - 8 hodin	0 - 2 hodiny
16	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	proud		Pocítuji projevy fyzické únavy.	Úplně psychicky odpočatý.	75%	95%	6 - 8 hodin	0 - 2 hodiny
17	Vzduch	Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	tekoucí voda	tekoucí vosa	Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	85%	100%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
18	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	ze tece hodne vody		Pocítuji projevy fyzické únavy.	Částečně psychick odpočatý.	75%	95%	6 - 8 hodin	0 - 2 hodiny
19	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	85%	100%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
20	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	80%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
21	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	100%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
22	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	100%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
23	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	Běžná únava obvyklá při lehkém potápění.	Nic, klidný a bezproblémový	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
24	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	Dekobojka	Prace s dekobojkou	Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	85%	90%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
25	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	prace s dekoboji	prace s dekoboji	Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	85%	90%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
26	Vzduch	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	Práce s dekem		Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	95%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny

Příloha 3: Tabulka s výsledky dotazníku po ponoru s dýchací směsí NITROX.

ID	Dýchací směs	Skutečná hodnota EANx	Před ponorem				Důvod Fyz. únavy	Důvod Psy. únavy	Po ponoru				Regenerace	
			Jak se cítíte FYZICKY?	Jak se cítíte PSYCHICKY?	Fyzický stav %	Psychický stav %			Jak se cítíte FYZICKY?	Jak se cítíte PSYCHICKY?	Fyzický stav před ponorem 100 %, nyní ? %	Psychický . stav před ponorem 100 %, nyní ? %	Fyzická reg.	Psychická reg.
1	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	95%	100%	Zima	Tma	Pocítuji projevy fyzické únavy.	Částečně psychick odpočatý.	80%	95%	6 - 8 hodin	0 - 2 hodiny
2	EAN 36	35	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
3	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	Chlad		Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	90%	80%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
4	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	90%	90%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
5	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	Stage		Částečně fyzicky odpočatý.	Pocítuji projevy psychické únavy.	90%	80%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
6	EAN 36	36	Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	85%		Sledovat hloubku	Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	90%	90%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
7	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	90%	Budy	Budy	Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	90%	90%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
8	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	95%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
9	EAN 36	35	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	Byla mi zima		Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	100%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
10	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	90%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
11	EAN 36	35	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	90%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
12	EAN 36	36	Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	100%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
13	EAN 36	35	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	95%	100%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
14	EAN 36	35	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	100%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
15	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	95%	100%	silny proud		Pocítuji projevy fyzické únavy.	Částečně psychick odpočatý.	70%	90%	6 - 8 hodin	2 - 4 hodiny
16	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	proud		Pocítuji projevy fyzické únavy.	Pocítuji projevy psychické únavy.	85%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
17	EAN 36	35	Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	95%	100%	tekoucí voda	tekoucí voda	Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	85%	100%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
18	EAN 36	35	Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	95%	100%	jak teče voda		Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	85%	95%	6 - 8 hodin	0 - 2 hodiny
19	EAN 36	36	Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	100%	95%		nitrox	Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	90%	85%	2 - 4 hodiny	2 - 4 hodiny
20	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	100%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
21	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	100%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
22	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%			Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	95%	100%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
23	EAN 36	35	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	Ponor klidný, bez zátěže.	Častější hlídání aktuální hloubky během potápění.	Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	90%	90%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny
24	EAN 36	35	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	dekobojka	Prace s dekobojkou	Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	85%	95%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
25	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	prace s dekoboji	prace s dekoboji	Částečně fyzicky odpočatý.	Částečně psychick odpočatý.	90%	90%	4 - 6 hodin	0 - 2 hodiny
26	EAN 36	36	Úplně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	100%	100%	manipulace s dekem		Částečně fyzicky odpočatý.	Úplně psychicky odpočatý.	90%	100%	2 - 4 hodiny	0 - 2 hodiny

SEZNAM ZKRATEK

NITROX - NITROgen + OXYgen

EAN, EANx - Enriched Air to Nitrox

MOD - Maximal operating depth (maximální operační hloubka)

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

IANTD - International Association for NITROX & Technical Divers

ASTD - Association of Sports and Technical Divers

UDI - United Diving Instructors

IZS – integrovaný záchranný systém

HZS ČR – Hasičský záchranný sbor České republiky

PČR – Policie České republiky

US NAVY - United States Navy

CNS - centrální nervová soustava

DCS - decompression sickness

CMAS - Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques

SPČR - Svaz potápěčů České republiky

HAZMAT - HAZardous MATerials

MV GŘ HZS ČR - Ministerstvo vnitra Generální ředitelství HZS ČR

PO - požární ochrana

SARS COVID - Severe acute respiratory syndrome CORonaVirus Disease