

Posouzení rizik při technickém potápění

Erik Crhonek

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav krizového řízení

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Erik Crhonek
Osobní číslo:	L22676
Studijní program:	B1022A020002 Management rizik
Specializace:	Management rizik
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Posouzení rizik při technickém potápění

Zásady pro vypracování

- Zpracujte teoretickou část ve vztahu k tématu bakalářské práce.
- Proveďte posouzení rizik při technickém potápění.
- Navrhněte vhodná opatření k redukci identifikovaných rizik na základě posouzení efektivity navržených opatření s ohledem na náklady vynaložené při jejich realizaci.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. CARAMANNA, Giorgio a STRICKLAND, Brian. *Risk Management for Diving Operations: How to Enhance the Safety and Proficiency of Diving Teams*. International Academy of Underwater Sciences and Techniques, 2023. ISBN 979-8-9883996-1-2.
2. FERRERI, Claudio Gino. *Scuba Diving Operational Risk Management: An SAS Approach to Principles, Techniques and Application*. Dived Up Publications, 2024. ISBN 978-1-909455-50-4.
3. KORECKÝ, Michal a TRNAVSKÝ, Václav. *Management rizik projektů*. Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-7527-2.
4. HUTŇAN, Daniel; HOCHMUTH, Zdenka; HOVORKA, Jiří; JAKOUBEK, Miroslav a PHILLIPS, Bil. *Cave Diving Manual*. Galén, 2018. ISBN 978-80-7492-390-6.
5. ŠPALEK, Jiří. *Výstroj pro rekreační, technické, vrakové a jeskynní potápění*. Restart project, 2018. ISBN 978-80-270-4238-8.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Mgr. Tomáš Zeman, Ph.D. et Ph.D.**
Ústav krizového řízení

Datum zadání bakalářské práce: **2. prosince 2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne 02.05.2025

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaměřuje na posouzení rizik v oblasti technického potápění. Cílem práce je identifikovat nejzávažnější rizika, která mohou vzniknout při přípravě a provádění technického ponoru, a navrhnout konkrétní opatření ke zvýšení bezpečnosti při potápění. Praktická část je zaměřena na modelový ponor ve vodní nádrži Slezská Harta, kde byly analyzovány klíčové fáze přípravy a kontroly výstroje. Byly vytvořeny kontrolní seznamy tzv. checklisty pro fázi předponorové přípravy a fázi kontroly těsně před zanořením. Následně byla provedena identifikace rizik a aplikována metoda FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). Analýza odhalila pět nejzávažnějších rizik s nejvyšší hodnotou RPN, ke kterým byla navržena konkrétní opatření. Výsledky práce potvrzují, že systematický přístup ke kontrole výstroje a hodnocení rizik výrazně snižuje pravděpodobnost krizových situací při technickém potápění.

Klíčová slova: technické potápění, kontrolní seznam, identifikace a analýza rizik, FMEA analýza, hodnocení rizik, opatření.

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on the risk assessment in the field of technical diving. The aim of the work is to identify the most critical risks that may arise during the preparation and execution of a technical dive and to propose specific measures to increase diving safety. The practical part is focused on a model dive conducted at the Slezská Harta reservoir, where key phases of equipment preparation and pre-dive checks were analyzed. Control lists, so-called checklists, were created for the pre-dive preparation phase and the final check phase just before submersion. Subsequently, risk identification was performed and the FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) method was applied. The analysis identified five major risks with the highest RPN values, for which specific preventive measures were proposed. The results of the thesis confirm that a systematic approach to equipment control and risk assessment significantly reduces the probability of crisis situations during technical diving.

Keywords: technical diving, checklist, risk identification and analysis, FMEA analysis, risk assessment, preventive measures

Touto cestou bych rád poděkoval panu doc. Mgr. Tomáši Zemanovi, Ph.D. et Ph.D., za vedení práce a vstřícný přístup. Dále bych chtěl poděkovat mým kolegům za inspirativní diskuze a v neposlední řadě děkuji své rodině a blízkým za trpělivost a podporu.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 VYMEZENÍ TECHNICKÉHO POTÁPĚNÍ.....	13
1.1 ZÁKLADNÍ KATEGORIE POTÁPĚNÍ	14
2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ BEZPEČNOST PONORU	19
3 MANAGEMENT RIZIK V RÁMCI ZAJIŠŤOVÁNÍ BEZPEČNOSTI PŘI TECHNICKÉM POTÁPĚNÍ	26
3.1 POSOUZENÍ RIZIK V TECHNICKÉM POTÁPĚNÍ.....	26
4 OPATŘENÍ K REDUKCI RIZIK	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
5 POSOUZENÍ RIZIK PŘI MODELOVÉM TECHNICKÉM PONORU	33
5.1 POPIS MODELOVÉHO TECHNICKÉHO PONORU.....	34
5.1.1 Plán modelového ponoru.....	36
6 IDENTIFIKACE A ANALÝZA RIZIK MODELOVÉHO TECHNICKÉHO PONORU	42
7 NÁVRHY OPATŘENÍ K REDUKCI RIZIK.....	48
ZÁVĚR	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
SEZNAM OBRÁZKŮ	58
SEZNAM TABULEK.....	59
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	60

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá oblastí technického potápění, jeho specifiky a posuzuje rizika, která jsou beze sporu spjata s touto činností. Technické potápění jako takové představuje pro mnohé jednu z nejrizikovějších forem potápění. Je to druh riskantního adrenalinového sportu, i profesní činnosti, který vyžaduje naprosto dokonalé plánování, důkladnou přípravu, a především hluboké znalosti nejen samotného potápění, ale i rizik s ním spojených.

Technické potápění se na rozdíl od toho rekreačního mnohdy odehrává ve větších hloubkách, v prostorech s omezeným přístupem a za použití speciálních směsí dýchacích plynů. Toto vše nahrává pravděpodobnosti vzniku velmi nebezpečných rizikových situací, které často vedou až k ohrožení života potápěče.

Bakalářská práce je zpracována na základě mých vlastních praktických zkušeností a zkušeností odborníků z oblasti technického potápění, získaných během výkonu služby u Armády České republiky.

Hlavním cílem bakalářské práce je posouzení rizik při modelovém technickém ponoru ve fázi předponorové kontroly a následně jsou navržena opatření ke snížení či eliminaci těchto rizik. V práci je stanovena výzkumná otázka: „Jaká rizika hrozí v souvislosti se selháním technického vybavení při modelovém ponoru a jakými opatřeními lze tato rizika účinně redukovat nebo zmírnit?“

V teoretické části této práce je v první kapitole na základě dostupné literatury a odborných zdrojů zpracováno vymezení technického potápění a jeho základní kategorie. Následně jsou rozebrány faktory ovlivňující bezpečnost ponoru při technickém potápění jako např. konfigurace výstroje, plánování a řízení dýchacích směsí, fyziologická a psychologická příprava, využití speciálního vybavení, bezpečnostní postupy a řízení rizik v průběhu ponoru. Další kapitola teoretické části pojednává o současném pohledu na management rizik v rámci zajišťování bezpečnosti, posouzení rizik a opatření k redukci rizik při technickém potápění.

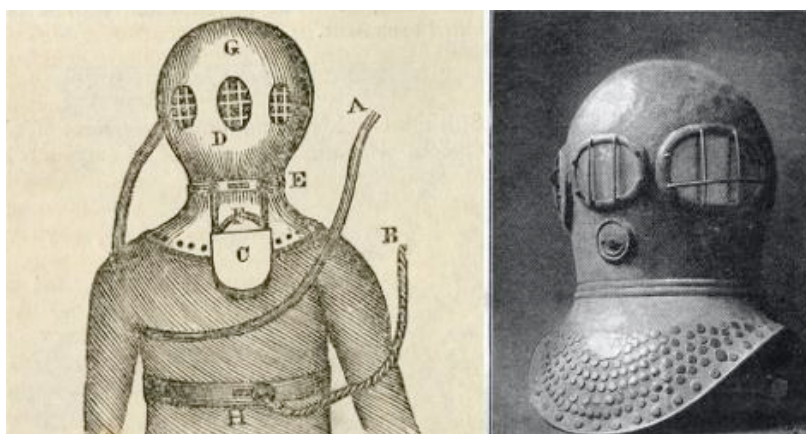
Praktická část bakalářské práce se zabývá identifikací a analýzou rizik v oblasti technického potápění. V rámci této části je představen modelový ponor k zatopenému mostu na vodní nádrži Slezská Harta. Je zde sestaven vlastní kontrolní seznam tzv. checklist na základě kterého je následně provedena identifikace možných selhání a jejich příčin. Pro

detailní analýzu je v závěrečné části praktické části aplikována metoda FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), pomocí které jsou určeny nejzávažnější rizika. Výsledky analýzy složí k návrhu konkrétních opatření k redukci rizik při technickém potápění.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VYMEZENÍ TECHNICKÉHO POTÁPĚNÍ

První zmínky a techniky pocházejí ze starověku, kde již v dávných dobách lidé toužili prozkoumávat podvodní svět. Používali k tomu různé předměty pro pohyb a výdrž pod vodní hladinou. Ať už se potápěli kvůli obživě nebo pro vojenské účely jejich pokusy se dostával pod vodní hladinu a vydržet tam co nejdéle neznali meze. Historie potápění sahá hluboko do minulosti dle nejstarší dochované a vědci odkryté vyobrazení potápěče pochází z asyrského reliéfu z roku 885 př. n. l., kde je vyobrazení skupiny zřejmě mužského pohlaví dýchající pod vodní hladinou pomocí předmětu připomínající nafouklý vak, zřejmě vyroben ze zvířecí kůže. Dále v historické posloupnosti jsou zmínky od Aristotela, pověsti o Alexandru Velikém až k Leonardu da Vinci, který navrhnul potápěčský oblek s dýchací trubicí, která byla připevněna plovákem tak, aby zůstal zajištěn přísun vzduchu do obleku. Je spousta velkých vynálezců, kteří stojí za zmínku, ale to je na samostatnou práci týkající se historie potápění. Před 18. a 19. stoletím byla spousta významných jmen, která jak navrhla, zkonstruovala tak i vyzkoušela své návrhy, které buď to dopadly nešťastně, nebo měly pro potápěče doživotní následky, ale to vše pomohlo k vývoji a zdokonalování potápění. V roce 1797 Karl Heinrich Klingert zkonstruoval první potápěčský systém umožňující volný pohyb pod vodou. Augustus Siebe v roce 1837 vytvořil první použitelný potápěčský oblek, který vznikl na základě první přilby od bratrů Deaneových. Henry Fleuss si v roce 1878 nechal patentovat uzavřený dýchací systém, který se následně používal a vyvíjel během druhé světové války (Novomeský et al., 2024).



Obrázek 1: Přilba bratrů Deaneových přetvořená Augustem Siebem

Zdroj: Novomeský et al., 2024

V roce 1942 Jacques-Yves Cousteau a Émile Gagnan vytvořili první potápěčský systém s otevřeným okruhem známý jako akvalung, kterým odstartovali éru sportovního potápění a ten se tak stal bezpečnější pro volný pohyb pod vodní hladinou (Novomeský et al., 2024). Od té doby se vývoj potápěčské technologie neustále zlepšuje, ať už v oblasti výstroje, dýchacích směsí nebo bezpečnostních opatření.

V dnešním pojetí je potápění oblíbenou rekreační i sportovní aktivitou. Díky novým technologiím, různým poznatkům a zkušenostem od ostatních potápěčů, nadšenců, vědců, ale i vojenských potápěčů se vytváří úplně jiné bezpečné potápění dostupné snad pro každého nadšence podvodního světa. Potápění se stalo přístupné široké veřejnosti za pomoci cestovního ruchu nabízí nespočet možností pro objevování podvodního světa.

1.1 Základní kategorie potápění

Potápění je lidská činnost, při které se člověk ponořuje pod vodní hladinu za účelem průzkumu, sportu, výzkumu, práce nebo záchranných operací a diverzní činnosti. Takle forma ponoření člověka pod vodní hladinu může být prováděna různými způsoby, včetně nádechového potápění tzv. (freediving) nebo za použití dýchacího přístroje tzv. (scuba). Potápění můžeme rozdělit na rekreační, technické, pracovní a vojenské. Všechny tyto formy potápění se mohou lišit dle dýchaného média, vybavení, prostředí a účelu.

Obecně lze potápění rozdělit na:

- 1) potápění na nádech (freediving),
- 2) potápění s dýchacím přístrojem.

Potápění na nádech (freediving) je potápění, při kterém potápěč využívá svoji kapacitu plic k zadržení dechu, tedy při potápění pod vodu nevyužívá přístrojové vybavení, ale spoléhají se tak na zásobu vzduchu, kterou mají v plicích. Tento typ potápění se vyznačuje extrémní fyzickou a mentální disciplínou a je často považován za jednu z nejčistších forem spojení člověka s vodním prostředím. Technika, kterou potápěči na nádech využívají a zdokonalují se v ní se nazývá apnoe. Je to základní technika pro dosažení delších a hlubších ponorů za pomoci tréninku kontroly dechu a relaxace, potápěči za pomoci této metody dosahují lepších výkonů a zlepšují tím svojí fyzickou a duševní zdatnost při potápění (Molchanovs, © 2025).

Freediving zahrnuje široké spektrum disciplín, které se liší v technikách ponoru, hloubkách a použití přídavných zařízení. Mezi hlavní disciplíny patří:

- **statická apnoe (STA)** – cílem je co nejdelší zadržení dechu ve statické poloze na hladině,
- **dynamická apnoe (DYN/DNF)** – měří se vzdálenost uplavaná pod vodou buď s ploutvemi (DYN) nebo bez nich (DNF),
- **konstantní zátěž (CWT/CNF)** – potápěč sestupuje a vystupuje vlastní silou, s ploutvemi (CWT) nebo bez nich (CNF),
- **volný ponor (FIM)** – potápěč se přitahuje po laně směrem dolů i nahoru,
- **variabilní zátěž (VWT)** – sestup s pomocí závaží a vlastní výstup,
- **no limits (NLT)** – sestup pomocí závaží a výstup za pomoci nafukovacího vaku (Apneaman, © 2025).



Obrázek 2: Freediving

Zdroj: Dan, © 2025

Potápění s dýchacím přístrojem (SCUBA – Self Contained Underwater Breathing Apparatus) je forma potápění, při které potápěč využívá samostatný dýchací přístroj obsahující stlačený vzduch nebo různé směsi plynů. Potápění s dýchacím přístrojem je široce rozšířené v rekreačním, technickém, profesionálním a vojenském potápění. Jde o potápění, kdy si nese potápěč vlastní zásobu dýchacího média v tlakových lahvích, které jsou obvykle naplněny stlačeným vzduchem nebo jinou směsí plynů, jako je například nitrox, trimix, heliox. Tenhle přístroj umožňuje kontrolované dýchání prostřednictvím regulátoru, který redukuje tlak plynu z lahve na okolní tlak vody (Stranypotápěčské, © 2025).

Potápění s dýchacím přístrojem lze dle účelu rozdělit do několika základních kategorií, kterými jsou:

- 1) rekreační potápění,
- 2) technické potápění,
- 3) komerční a průmyslové potápění,
- 4) vojenské a záchranné potápění.

Rekreační potápění je zaměřeno primárně na zážitek a průzkum podvodního světa bez složitých dekompresních procedur. Díky rozvoji cestovního ruchu je tahle forma potápění nejžádanější po celém světě pro mnoho lidí. Rekreační potápění je potápění pro zábavu, relaxaci, objevování krás podvodního světa jak ve sladkých vodách u nás v České republice jezerech, vodní nádržích a zatopených lomech, tak i hlavně ve státech přímořských, kde potápěč odkrývá krásy mořských slaných vod. Na rozdíl od technického, vojenského, záchranného a pracovního potápění se rekreační potápění zaměřuje na bezpečné a jednoduché ponory v mělkých vodách, menších hloubkách, takřka bez nutnosti dekompresních zastávek, ovšem tohle omezení je určeno dle dosažené kvalifikace výcviku potápěče.

Pro rekreační potápění je nezbytnou součástí potápěče absolvovat základní výcvik s certifikací často označována jako OWD (Open Water Diver), kterou nabízejí snad všechny potápěčské organizace PADI (Professional Association of Diving Instructors), CMAS (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques), SSI (Scuba Schools International), NAUI (National Association of Underwater Instructors), SDI (Scuba Diving International), IANTD (International Association of Nitrox and Technical Divers), EDS (European Diving School), ASTD (Association of Sport and Technical Divers) a další. Většina organizací umožňuje po absolvování výcviku a získání pokročilých AOWD (Advance Open Water Diver) rekreačních certifikací ponory do maximální hloubku 30-40 metrů bez nutnosti dekompresních zastávek. Ovšem pro získání takovéto kvalifikace musí potápěč absolvovat odborné výcviky, které má každá organizace odlišné. Co se neliší, jsou normy, které organizace musí dodržovat dle ČSN EN ISO 24801-1 (761301) Služby v rekreačním potápění – požadavky na výcvik rekreačních potápěčů pro dosažení certifikace. Tato norma (Technické normy ČSN, 2023) specifikuje kompetence požadované od potápěče s dýchacím přístrojem, aby získal kvalifikaci úrovně 1, která je známá jako „Potápěč s doprovodem“.

Hlavními body normy pro získání první úrovně – Potápěč s doprovodem jsou teoretické znalosti problematiky fyziky potápění, kde je definován tlak, vztlak, objemové změny plynů a fyziologie potápěče, tedy dýchání pod vodní hladinou a rizika spojená s dekompresí. Dále to jsou praktické dovednosti, kde je popsáno, jak správně sestavit a používat potápěčskou výstroj, ovládání vztlaku, nouzové výstupy, sdílení vzduchu, nouzové vynoření a nedílnou součástí i komunikace pod vodou pomocí ručních signálů. Tato norma také stanovuje podmínky výcviku pro zajištění efektivnosti a bezpečnosti kurzanta. Po dosažení této certifikace norma stanovuje potápěči určitá omezení, která by měl dodržovat pro svoji bezpečnost, a to je potápění pouze pod přímým dohledem kvalifikovaného potápěče nebo instruktora, maximální hloubka ponoru je omezena (obvykle do 12metrů, dle specifik výcvikových organizací) a vyhýbání se náročnějším potápěčským podmínkám, jako jsou silné proudy, špatná viditelnost a chladné vody (Technické normy ČSN, 2023).

Technické potápění je pokročilá forma potápění, která překračuje často s mnoha podobami limity rekreačního potápění a vyžaduje v obou případech znalosti fyziky, bezpečnostní postupy, fyzické a zdravotní aspekty potápěče. Technické potápění zahrnuje hlubinné ponory, za použití speciálních směsí plynů a pokročilé výstroje pro průzkum jeskynních systémů, podvodních staveb a vraků (Hutňan, 2018).

Pro tak náročné ponory jsou zapotřebí i speciální směsi plynů, jako je například trimix, který obsahuje hélium, dusík a kyslík, nebo heliox, který obsahuje helium a kyslík, vysokoprocenní nitrox je obohacený vzduch kyslíkem, nebo čistý kyslík pro zkrácení doby strávené na dekompresních zastávkách. Technické potápění můžeme rozlišit i dle prostředí, ve kterém se budeme potápět, jako je například jeskynní systémy, vrakové potápění či potápění pod ledem. Pro takovéto ponory se nejvíce používají konfigurace systémů lahví známé jako dvojčata, sidemount, rebreathery a záložní regulátory pro minimalizaci rizika selhání (Caramanna, 2023).

Na rozdíl od rekreačního potápění, kde se potápěč může kvalifikovat poměrně rychle, a to v návaznosti na úspěších absolvovaných kurzech, u technického potápění je vyžadován dlouhodobý výcvik a zkušenosti. Po absolvování jedné z pokročilých certifikací v rekreačním potápění AOWD, které nabízejí potápěčské organizace jako PADI, SSI, NAUI, CMAS a další, se potápěč přibližuje možnosti sestupu do větších hloubek, či průzkumu vodního prostředí s restrikcí (vraky, jeskyně, doly, štol). Při absolvování dalšího kurzu na plyny typu advance nitrox nebo deep diver se otevírají dveře do technického potápění. Dle Ferreri (2024) je obecně známo, že při absolvování složitějších kurzů technického potápění

je trénink či výcvik náročnější a je kladen velký důraz na bezpečnost, plánování a krizové scénáře.

Dle organizace ASTD jsou minimální požadavky na to, jak se stát technickým potápěčem, mít odpotápěno minimálně sto ponorů a z toho třicet ponorů do hloubek až čtyřiceti metrů, věk osmnáct let, zdravotní způsobilost a mít již zmiňované potápěčské kvalifikace. Na základě těchto specifikací jsou mu otevřeny technické kurzy pro zdokonalování a objevování hlubších koutů podvodního světa (ASTD, © 2025).

Komerční a průmyslové potápění zahrnuje širokou škálu činností, při nichž se potápěči věnují pracím pod vodou i v různých průmyslových odvětvích. Provádí podvodní práce od inspekci, svařování, stavby různých konstrukcí, oprav, monitorování stavu staveb a mnoho dalšího. Všechny tyto činnosti vykonávají jak za pomoci přístrojového potápění, tak v těžkých uzavřených skafandrech připomínající astronauty. Často pro svojí práci využívají směsi plynů pro snížení dusíkové narkózy ve větších hloubkách. Tato forma potápění je fyzicky i psychicky náročná, vyžaduje specializované vybavení a školení, protože se často provádí v nebezpečných podmínkách, kde ohrožují potápěče silné proudy, omezená viditelnost, nízké teploty okolního prostředí, kontaminovaná voda a podobně. Pracovní potápěči jsou vysoce školení a kvalifikovaní a svojí práci musí provádět v souladu s právními předpisy dle ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 (Potápěčská stanice, © 2025).

Vojenské a záchranné potápění zahrnuje speciální operace vojenských jednotek, policejních složek a záchranných týmů. Patří mezi nejintenzivnější a nejrozšířenější disciplíny podvodních operací. Potápěči v těchto odvětvích často operují ve stresových situacích, neznámých podmínkách a nebezpečných prostředích, kde je potřeba rychle a efektivně reagovat (U.S. diving manual, 2023). Jednou z nejlepších potápěčských jednotek jsou Navy SEALs, kteří už dlouhá léta určují směr a techniku, kterou v přiměřené míře přebírají i některé organizace do civilního potápění. Vojenské a záchranné potápění vyžaduje extrémní fyzickou i psychickou připravenost, špičkové vybavení a speciální taktiky.

2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ BEZPEČNOST PONORU

Potápění s sebou nese celou řadu zdravotních a bezpečnostních rizik, která mohou mít vážné i fatální následky. Nejzávažnější nebezpečí ohrožující potápěče během ponoru mohou být zdravotní komplikace a fyzikální rizika, která působí na potápěče během celého ponoru. Mezi nejzávažnější rizika ohrožující potápěče během ponoru patří např. dekompresní nemoc, barotrauma, otravy dýchacími plyny nebo svalové křeče, hypotermie, hyperventilace.

Nemoc z dekomprese DCS (Decompression sickness), je jednou z nejzávažnějších komplikací. Dochází k ní při příliš rychlém výstupu na hladinu, kdy se v těle uvolňují bublinky inertního plynu (nejčastěji dusíku), které se za vyššího tlaku rozpustily v tělních tkáních. Tyto bubliny mohou způsobit bolest kloubů, neurologické symptomy, dechové obtíže, až smrt.

Barotrauma vzniká v důsledku rozdílu tlaků mezi tělními dutinami a okolním prostředím. Dělí se na:

- **barotrauma z přetlaku** – např. při nekontrolovaném výstupu může dojít k prasknutí plicních sklípků (tzv. plicní hyperinflace), což vede k úniku vzduchu do hrudníku, mediastina nebo dokonce do krevního oběhu – vzduchová embolie,
- **barotrauma z podtlaku** – při sestupu, pokud potápěč nevyrovnává tlak v dutinách (např. v uchu, vedlejších nosních dutinách), může dojít k bolestivému poškození membrán (např. protržení bubínku).

Otravy dýchacími plyny se dělí na:

- **kyslíková toxicita (oxygen toxicity)** – vzniká při dýchání směsí s vysokým parciálním tlakem kyslíku (obvykle >1,4 ATA). Může vyvolat záchvaty, poruchy vědomí, ztrátu kontroly a následné utonutí,
- **otrava oxidem uhelnatým** – vyskytuje se zejména při kontaminaci dýchacích plynů, špatné údržbě kompresorů nebo v uzavřených systémech. Vede ke ztrátě vědomí bez varování,
- **narkóza z dusíku (nitrogen narcosis)** – při dýchání vzduchu v hloubkách obvykle nad 30 m. Projevuje se jako euforie, zpomalené reakce, špatné rozhodování – může vést ke špatné orientaci a fatálním chybám.

Svalové křeče nejčastěji postihují lýtkové nebo stehenní svaly, zejména při dehydrataci, přetížení nebo nedostatečném zahřátí. Pod vodou mohou výrazně ohrozit schopnost plavat nebo provádět činnost, a mohou vést k panice (Žen-24-6, 2019).

Hypotermie je stav, kdy tělesná teplota klesne pod 35 stupňů. Podle Brubakk et al. (2003) jde o závažný fyziologický stav, který může výrazně ovlivnit výkon potápěče. Při potápění snižuje schopnost reagovat na krizové situace, zpomaluje rozhodování a zvyšuje riziko nehod včetně dekompresní nemoci. Chlad také může způsobit vazokonstrikci (stažení cév), což mění distribuci plynů v těle, a zvyšuje riziko plynové embolie či jiných dekompresních poruch. Navíc, snížení tělesné teploty negativně ovlivňuje zvládání stresových podnětů.

Hyperventilace dle Brubakk et al. (2003) může hyperventilace vést také k cerebrální vazokonstrikci – zúžení mozkových cév v důsledku nízké hladiny CO₂. To způsobuje snížení perfúze mozku, které se může projevit jako závratě, zmatenost, poruchy koordinace či dokonce synkopa (krátkodobá ztráta vědomí). V přístrojovém potápění může být hyperventilace reakcí na: psychologický stres nebo paniku, zvýšený dýchací odpor, vysokou fyzickou námahu, špatně nastavený nebo nevhodně zvolený dýchací systém. Brubakk et al. (2003) důrazně upozorňují, že hyperventilace spojená se zvýšením výdrže pod vodou je nebezpečnou praktikou, která byla v minulosti opakovaně spojována s tragickými nehodami.

Nedílnou součástí technického potápěče je znalost zdravotních následků a rizik z porušení zásad či bezpečnostních postupů. Novomeský, Rybářová a Toklu (2024) v knize zmiňují, že rekreační potápění má relativně nízkou úroveň rizika, zatím co technické potápění zahrnuje mnohem vyšší rizika, jako jsou hypoxie, plynová narkóza, syndrom vysokotlakého nervového vzrušení HPNS (High-Pressure Nervous Syndrome) a další rizika, která mohou být spojená i s potápěním na otevřeném tak i na uzavřeném okruhu. Proto je velice důležité zahrnout bezpečnostní postupy, které budou dále popsány v praktické části této bakalářské práce.

Technické potápění zahrnuje širokou škálu aspektů, které ovlivňují bezpečnost a efektivitu ponorů. Na rozdíl od rekreačního potápění zde hraje zásadní roli vybrání a sestavení správné konfigurace výstroje, plánování a řízení dýchacích směsí pro ponor, fyziologická a psychologická příprava, využití speciálního vybavení, jako jsou potápěčské

skútry nebo vyhřívané systémy pro každý typ ponoru, bezpečnostní postupy a řízení rizik v průběhu ponoru.

Každý z těchto aspektů je klíčový pro bezpečný a bezproblémový průběh ponoru. Mezi nejdůležitější prvky technického potápění patří potápěčské láhve a jejich konfigurace, regulátory, potápěčský počítač, suché obleky, podobleky, masky, ploutve, záložní výstroj a další specializované vybavení.

Jednotlivá opatření můžeme rozdělit na:

- 1) plánování ponorů a řízení plynů,
- 2) psychologická a fyziologická příprava,
- 3) bezpečnostní postupy a řízení rizik,
- 4) výběr vhodné výstroje a konfigurace.

Plánování ponorů a řízení spotřeby dýchacích plynů představuje klíčový aspekt bezpečnosti při technickém potápění, kde hloubky často dosahují 50 až 100 metrů i více. U takových hloubek je nesmírně důležité plánování dekompresních zastávek pro bezpečný návrat na vodní hladinu po případě je možné využít i při neplánovaných ponorech třetinové pravidlo na úkor zkrácení doby pobytu pod vodní hladinou. Toto třetinové pravidlo se obvykle využívá jako pomocné, pro bezpečný plynový management. Kdy 1/3 dýchaného média slouží pro sestup a průzkum, 1/3 slouží pro návrat, 1/3 jako bezpečnostní rezerva (Dewi Nusantara, © 2020-2025).

Technické potápění vyžaduje důkladné plánování, zejména v oblasti výpočtu spotřeby plynu, dekomprese a zajištění nouzových zásob. Používají se pokročilé dekompresní algoritmy, které určují optimální postup výstupu (Ferreri, 2024).

Psychologická a fyziologická příprava – ponory do velkých hloubek a v náročném prostředí vyžadují mentální odolnost a fyzickou připravenost. Potápěči musí být schopni řešit krizové situace pod stresem a správně reagovat na změny podmínek (Novomeský & Rybářová, 2024).

Bezpečnostní postupy a řízení rizik – každý ponor by měl zahrnovat detailní rizikovou analýzu, včetně scénářů nouzových situací, plánů pro ztrátu plynu nebo výpadek výstroje (Caramanna, 2023).

Výběr vhodné výstroje a konfigurace je zásadní pro bezpečné provádění technických ponorů. Její hlavní prvky zahrnují správné konfigurace lahví, kde v technickém potápění využíváme tzv. backmount (zadní montáž dvojčat), který se více využívá pro hlubinné potápění nebo sidemount (boční montáž lahví), který se nejvíce používá v jeskyním potápění, protože umožňuje lepší průchodnost a manipulaci v prostorech, které jsou úzké (Hutňan, 2018). Dále jsou to stage lahve, které se plní dekompresními plyny nebo záložní dýchací směsí a jsou připevněny k tělu potápěče pro bezpečné přecházení mezi směsmi.

Další nedílnou složkou vybavení, na kterém je potápěč životně závislý, jsou regulátory, které hrají klíčovou roli v dodávce plynu potápěči. V technickém potápění se používají dva hlavní typy regulátorů. Primární regulátor, který je připojen k hlavnímu ventilu lahve, s obvyklou délkou hadice dva metry pro snadné sdílení média v nouzových situacích. Záložní regulátor, který je připojený k druhému ventilu lahve tzv. sekundární zdroj média slouží jako záložní bezpečnostní opatření při selhání primárního regulátoru (U.S. Navy Diving Manual, 2023).

Potápění ve studených vodách vyžaduje ochranu před tepelnými ztrátami, proto se používají suché potápěčské obleky vyrobené z materiálu trilaminátu, cordůry, pryže, neoprénu a dalších látek, které jsou lehké, odolné a flexibilní. Jejich izolační vrstvy podobleky, které se nosí pod suchým oblekem poskytují spolu se vzduchovou vrstvou mezi oběma obleky a tělem dostatečnou tepelnou izolaci a ochranu i při vniknutí studené vody (Špalek, 2018). V dnešní době je nepředstavitelné se potápět ve studených vodách bez použití vyhřívacího systému, který poskytuje ještě větší teplotní komfort, navozuje lepší psychický klid a výrazně prodlužuje dobu strávenou pod vodní hladinou.

Dalšími klíčovými součástmi výstroje jsou potápěčské masky, které rozdělujeme na hlavní a záložní, správné zvolení ploutví dle typu pohybu pod vodou, plánované vzdálenosti pro přesun. SMB (Surface Marker Buoy) dekompresní bóje, která zajišťuje potápěči na volné vodě bezpečný statický bod pro udržení hloubky a napomáhá k dosažení hladiny, označení pozice na hladině, hlavní a záložní osvětlení, které slouží i jako jeden ze způsobů dorozumívání se mezi potápěči pod vodou (Špalek, 2018). Trasovací bubínek neboli reel, je jednou z nejdůležitějších pomůcek při jeskyním a vrakovém potápění. Slouží k natahování vodící šňůry pod vodní hladinou, která umožňuje bezpečný návrat k výchozímu bodu. Jsou dlouhé bubínky s desítkami až stovkami metrů šňůry pro označení nových jeskyních chodeb nebo se používají krátké cívky s menším množstvím namotané šňůry pro přechod mezi

vodícími linkami nebo odskočení ze stávající vodící šňůry. Krom trasovacího bubínku je důležité pro bezpečný návrat si označovat cestu pomocí šipek, remek a cookies, které pomáhají zabránit dezorientaci v prostředí se sníženou viditelností (Hutňan, 2018).

Dalším klíčové prvkem vybavení je **potápěčský počítač**, kde přesné sledování času, hloubky a dekompresního profilu výrazně přispívá k bezpečnosti. Jeho hlavním úkolem je sledování profilu ponoru v reálném čase a výpočet aktuální dekompresní povinnosti. Výpočty jsou prováděny dle zvoleného algoritmu, mezi nejčastější algoritmus patří Bühlmann ZHL-16C, často v kombinaci s gradient faktory, který se dělí na vysoký a nízký a určují čas strávený na dekompresní zastávce a v jaké hloubce provést dekompresní zastávku při výstupu. V technickém potápění nabízí pokročilé funkce také možnost přepnout do „bailout“ nouzového výstupu. Dále umožňuje nastavení varování a hlídání limitů PO_2 , nasycení centrálního nervového systému, tkání a dalších kritických parametrů (Garmin, © 2024).



Obrázek 3: Technické potápění

Zdroj: expedice-remarque, © 2012

Správná volba a výběr **dýchací směsi plynu** pro technické potápění zaleží na konkrétním plánovaném ponoru. Dýchací směsi jsou pečlivě vybírány na základě hloubky ponoru, požadované doby ponoru a dekompresních požadavků. Každá směs má své specifické vlastnosti, výhody a rizika. Výběr směsi závisí na parciálním tlaku kyslíku (pO_2), dusíku (pN_2) a helia (pHe), které určují bezpečnost a efektivitu dýchání směsi v dané hloubce. Vzduch je použitelný do 40 metrů, ale s vysokým narkotickým efektem dusíku. Nitrox a jeho zvýšený podíl kyslíku umožňuje delší bezdekompresní limity, ale nelze ho použít ve velkých hloubkách kvůli hyperoxii. Je oblíbený, protože zrychluje odstraňování dusíku z těla. Trimix je směs dusíku, kyslíku a helia, která snižuje narkotické účinky a riziko

HPNS při hloubkových ponorech. Heliox je směs kyslíku a helia používaná v extrémních hloubkách (Wienke, 2001).

Tabulka 1 znázorňuje dýchací směsi pro potápění, které obsahují jejich složení a maximální operační hloubky MOD (Maximum Operation Deep) pro bezpečné dýchání při různých parciálních tlacích kyslíku (1.4 a 1,6 bar.).

Tabulka 1: Složení dýchacích směsí pro potápění

	Směs plynu	Kyslík (%)	Dusík (%)	Helium (%)	MOD při pO ₂ = 1.4 bar (m)	MOD při pO ₂ =1.6 bar (m)
1	Vzduch	21	79	0	56	66
2	EAN 26 (Nitrox 26)	26	74	0	43	51
3	EAN 28 (Nitrox 28)	28	72	0	40	47
4	EAN 30 (Nitrox 30)	36	64	0	36	43
5	EAN 32 (Nitrox 32)	32	68	0	33	40
6	EAN 34 (Nitrox 34)	34	66	0	31	37
7	EAN 36 (Nitrox 36)	36	64	0	28	34
8	EAN 38 (Nitrox 38)	38	62	0	26	32
9	EAN 40 (Nitrox 40)	40	60	0	25	30
10	EAN50 (Nitrox 50)	50	50	0	21	24
11	100 % Kyslík	100	0	0	6	6
12	Trimix 21/35	21	44	35	57	67
13	Trimix 18/45	18	37	45	63	74
14	Trimix 15/55	15	30	55	73	85
15	Trimix 10/70	10	20	70	90	105

Zdroj: vlastní na základě IANTD CENTRAL EUROPE NITROX MANUAL (2011) a BÜHLMANOVA algoritmu ZH-L 16.

Při jakémkoli dýchacím mediu je důležité uvědomit si jejich rizika při překročení bezpečnostních hranic jeho užívání. **Vzduch**, který se skládá z 21 % kyslíku a 79 % dusíku se používá běžně a jeho riziko se s rostoucí hloubkou zvyšuje, protože obsahuje 79 % dusíku,

který způsobí potápěči dusíkovou narkózu. **Nitrox** (22-40 % kyslíku, zbytek dusík) se používá od hloubek 20-50 metrů. Kvůli sníženému obsahu dusíku prodlužuje bezdekompresní limity, ale není použitelný v hloubkách 50 metrů a více, kde vzniká riziko toxicity kyslíku, který způsobuje poškození CNS (centrálního nervového systému) (U.S. Navy Diving Manual, © 2023).

Trimix je klíčovou směsí v technickém potápění, protože umožňuje bezpečné dýchání při hlubších ponorech ovšem je zapotřebí mít i vyšší kvalifikaci technického potápění. Standartní směsi trimixu se označují podle obsahu kyslíku a helia. Označení trimix 21/35 znamená 21 % kyslíku, 35 % helia, zbytek dusík. Tato směs se hodí pro ponory do hloubek 57 metrů. Její limity jsou ale dané toxicitou kyslíku. Při větších hloubkách už by parciální tlak kyslíku přesahoval bezpečné hodnoty, a proto je nutné obsah kyslíku ve směsi snižovat. Jakmile však snížíme kyslík pod určitou mez, směs se stává nevhodnou pro dýchání na hladině nebo v malých hloubkách – může hrozit hypoxie. Takové směsi se používají výhradně pro pobyt v největší hloubce ponoru (Octopus CB, © 2015).

Správný přechod na dekompresní plyny musí být přesně načasován a naplánován podle výpočtů dekompresních algoritmů Bühlmann ZHL-16, RGBM, které by měly být nastavitelné v potápěčských počítačích, které zobrazují čas strávený pod vodou, hloubku, graf ponoru, výpočet dekompresních zastávek, čas strávený na zastávce a hloubku pro dekompresní zastávku, upozorňují na překročení výstupové rychlosti a mnoho dalšího, vše závisí na typu a výrobci potápěčského počítače.

Je velice důležité **speciální či pokročilé vybavení potápěče**, které usnadňuje orientaci, zvyšuje efektivitu pohybu a umožňuje bezpečnější zvládání dlouhých ponorů v náročném prostředí. Speciální vybavení zahrnuje potápěčský skútr DPV (Diver Propulsion Vehicle), který umožňuje rychlejší pohyb ve vodě, snižují spotřebu dýchaného média a je užitečný zejména při jeskyních a hloubkových vrakových ponorech (Hutňan, 2018).

3 MANAGEMENT RIZIK V RÁMCI ZAJIŠŤOVÁNÍ BEZPEČNOSTI PŘI TECHNICKÉM POTÁPĚNÍ

Posouzení rizik je klíčovým procesem v řízení bezpečnosti a prevence nehod v technickém potápění. Cílem je identifikovat hrozby, které mohou nastat v průběhu ponoru, analyzovat jejich dopad a pravděpodobnost výskytu a následně stanovit opatření ke zmírnění nebo eliminaci těchto rizik. Tento proces umožňuje systematicky předcházet nevyžádaným situacím a zlepšovat bezpečnostní opatření při potápění.

3.1 Posouzení rizik v technickém potápění

Caramanna (2023) zdůrazňuje, že v potápěčských operacích je důležité nejen formální vyhodnocení, ale také praktické zohlednění lidského faktoru, technických aspektů výstroje a prostředí. Ferreri (2024) v rámci SAS přístupu (Systematic Approach to Safety) upozorňuje, že kvalitní posouzení rizik vyžaduje nejen teoretické znalosti, ale také zkušenosti a důkladnou zpětnou vazbu z reálných situací.

Celý proces posouzení rizik v potápění se stále opakuje s měnícím se kontextem pro dosažení žádoucího výsledku a měl by být pravidelně aktualizován na základě nových zkušeností, vývoje technologií a změn v metodikách potápění. Riziko nelze nikdy zcela eliminovat, ale správným přístupem lze minimalizovat jeho dopady a zajistit vyšší bezpečnost při ponorech (Caramanna, 2023).

Technické potápění představuje komplexní činnost spojenou s významnou mírou rizika, které vyplývá nejen ze samotného prostředí pod vodou, ale i z použité technologie, fyziologických omezení člověka a jeho rozhodování v reálném čase. Posouzení rizik v tomto odvětví musí proto kombinovat systematické a analytické nástroje s praktickými zkušenostmi a prediktivním uvažováním. V posledních letech došlo k významnému posunu v přístupu k hodnocení rizik, jak z hlediska teorie, tak praktických doporučení, a to na základě odborných prací autorů Giorgio Caramanny (2023) a Cladia Gina Ferreriho (2024), ale také zásluhou výstupů profesních organizací, jako je výroční zpráva nehod DAN Europe (2025).

Podle Ferreriho (2024) je základním požadavkem moderního řízení rizik v technickém potápění zavedení systemického a analytického rámce, který propojuje všechny prvky technického potápění – plánování, vybavení, lidský faktor, prostředí i specifika daného ponoru. Ferreri (2024) pracuje s konceptem SAS – Systemic-Analytic

Strategy. Ten spočívá v tom, že si celý potápěčský systém rozdělí na jednotlivé logické části a zkoumá, jak spolu souvisí a kde by mohlo dojít k potenciálnímu selhání. Jako hlavní nástroj při této analýze využívá metodu FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). Ta slouží k tomu, aby bylo možné už před zahájením ponoru odhalit, co by se mohlo pokazit, proč by se to mohlo stát a jaké to může mít následky. FMEA se podle něj nehodí jen na kontrolu výstroje, ale je lepší ji použít při plánování složitých technických ponorů, kde je potřeba mít všechno co nejvíc pod kontrolou.

Naopak Caramanna (2023) akcentuje více praktické, operativní přístupy, založené na dlouhodobém sledování incidentů a nehod při potápění. Ve své knize rozebírá několik konkrétních případů a ukazuje, že většina vážných incidentů nevzniká kvůli extrémním podmínkám, ale selháním běžných činností při potápění a nedostatečným předvídáním. Podle něj jsou nejnebezpečnější právě ty věci, které se dělají pravidelně, třeba špatně nastavená komunikace mezi členy týmu, chyby při plánování dekomprese, nebo to, že někdo podcení psychický stav potápěče před ponorem. Klíčem je proto podle Caramanny (2023) naučit se všimnout i těch skrytých detailů, které na první pohled nevypadají nebezpečně. Ale právě tyto chyby se často stanou spouštěčem větších problémů při potápění.

Oba autoři Caramanna (2023) a Ferreri (2024) se shodují v tom, že současné rizikové faktory v technickém potápění nejsou vůbec jednoduchá a nelze je označit jen jako „technické poruchy“. Ferreri (2024) rozděluje rizika do čtyř oblastí:

- lidský faktor (stres, únava, chybná rozhodnutí, přecenění schopností),
- technologie (poruchy výstroje, neadekvátní konfigurace, údržba),
- prostředí (hloubka, viditelnost, teplota, proudy, prostorová orientace),
- organizace ponoru (nedostatečná komunikace, chybný plán, slabá role vedoucího ponoru).

Caramanna (2024) k tomu navíc přidává varování před tzv. **kumulativními riziky**. To jsou situace, kdy jednotlivé problémy samy o sobě nejsou fatální, ale když se sejdou, můžou spustit vážný incident. Uvádí třeba případ, kdy potápěč nezvládl stres, udělal chybu při manipulaci s výstrojí, dostal se do paniky a celé to skončilo porušením dekompresního plánu. Podle něj je klíčové naučit se vnímat nejen jednotlivá rizika, ale i to, jak se můžou řetězit a vzájemně zvyšovat.

V technickém potápění dnes existuje více metod a standardů, jak rizika systematicky vyhodnocovat. Žádná z nich však není univerzální nebo jediná správná. V praxi se používají různé přístupy podle toho, o jaký typ ponoru se jedná, jak složité jsou podmínky ponoru nebo co konkrétně se má analyzovat. Mezi nejčastěji využívané metody patří:

- FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) – tahle metoda se zaměřuje na hledání možných chyb nebo poruch a co se může stát, když k nim dojde. Tato metoda je vhodná pro velmi složité ponory, především když se používají uzavřené okruhy (rebreathery) nebo vícesystémová výstroj (Ferreri, 2024),
- SWIFT (Structured What-If Technique) – týmová brainstormingová metoda založená na „co kdyby“ scénářích: „Co když se tohle pokazí?“ nebo „Co když nastane tahle situace?“. Pomáhá hlavně v případech, kdy se řeší méně obvyklé nebo nečekané situace (Caramanna, 2023),
- Bow-tie analýza – metoda vizuálně zachycující kauzální vztahy mezi hrozbami, opatřeními a následky, doporučována zejména pro výcvik a školení nových členů teamu (DAN Europe, © 2025).

Dále je velmi podstatné využívání check-listů a historických dat z předchozích ponorů, protože právě z nich se dá hodně vyčíst a předvídat, co by se mohlo stát příště.

Současný přístup ke zvládání rizik chápe riziko jako něco, co se neustále vyvíjí – není to statická věc. Podle Ferreriho (2024) se situace mění pokaždé, když se změní nějaký prvek v systému: třeba nové vybavení, jiný člen týmu, jiná lokalita nebo jiná hloubka. Každá taková změna znamená, že je potřeba rizika znovu přehodnotit. Caramanna (2023) pak zdůrazňuje, že monitoring rizik by měl probíhat i během ponoru samotného. Nejen že se má sledovat situace, ale členové týmu by měli průběžně komunikovat, dávat si zpětnou vazbu a využívat jednoduché rozhodovací protokoly – třeba předem domluvené signály nebo hesla pro různé situace. V neposlední řadě zásadní roli sehrává kultura bezpečnosti – jak upozorňuje DAN Europe (2025), bez aktivního přístupu jednotlivců a bez otevřené komunikace v týmu nelze dosáhnout skutečně efektivního řízení rizik.

4 OPATŘENÍ K REDUKCI RIZIK

Efektivní řízení rizik v technickém potápění nekončí jejich identifikací a analýzou, ale cílem je buď je úplně odstranit, nebo alespoň výrazně snížit jejich dopad. Současný přístup k bezpečnosti při potápění klade důraz na psychickou odolnost potápěče, fungující týmovou spolupráci, otevřenou komunikaci a celkovou kulturu bezpečnosti. Důležitou roli hraje i pravidelný trénink a uplatňování jasně nastavených postupů během všech fází ponoru od plánování až po vynoření.

V následující kapitole jsou shrnuty hlavní strategie a doporučení, která odrážejí současný stav odborné literatury a praxe, zejména podle autorů Ferreri (2024) a Caramanna (2023).

Jak uvádí Ferreri (2024), klíčem k efektivnímu **systémovému zvládání rizik pomocí analytických nástrojů** je to, že již při plánování se už dopředu navrhnou různé scénáře, ke kterým může během ponoru dojít, ještě předtím, než k samotnému ponoru dojde. Základem jeho přístupu SAS (Systemic-Analytic Strategy) je důkladná analýza celého potápěčského systému a nastavení kontrolních mechanismů na všech úrovních. Doporučuje vytvářet tzv. preventivní bariéry, které snižují pravděpodobnost, že dojde k chybě, a zároveň detekční a zmírňující (mitigační) bariéry, které pomáhají rychle reagovat, pokud už se něco pokazí.

Základní rozdělení opatření pro poruchy v technickém potápění:

- použití záložních systémů,
- důkladné otestování výstroje před každým ponorem pomocí přehledných checklistů,
- dodržování zásady „abort on doubt“ která znamená přerušování ponoru při jakémkoli náznaku problému nebo nejistoty potápěče,
- pravidelný trénink krizových situací naslepo, bez vizuálních podnětů. Pro správnou reakci potápěče ve stresu (Ferreri, 2024).

Caramann (2023) přináší praktický pohled vycházející z analýzy reálných incidentů. Zdůrazňuje, že mnoho z těchto událostí by se vůbec nestalo, kdyby byly dodrženy základní provozní zásady. Mezi nejefektivnější opatření podle něj patří:

- stanovení a dodržení bezpečnostních limitů – maximální hloubka, čas na dně, dekompresní plán, dostatečná plynová rezerva,

- vzájemná kontrola výstroje mezi členy týmu (team check),
- plánování s rezervou tzn. vždy počítat s možností selhání primárního systému,
- jasné rozdělení rolí v týmu tzn. kdo vede, kdo naviguje, kdo hlídá čas, kdo sleduje plyny.

Dále upozorňuje na důležitost tzv. kritických rozhodovacích bodů, tedy momentů, kdy je potřeba si znovu ověřit, jestli je bezpečné pokračovat dál. Typicky jde o situace, jako je vstup do dekompresní fáze, přechod do uzavřeného prostoru, nebo změna plynové směsi. V těchto chvílích by měl celý tým provést „go/no-go“ kontrolu – buď slovně, nebo pomocí signálů. Cílem je, aby se všichni shodli, že je situace pod kontrolou a má smysl pokračovat (Caramanna, 2023).

Vzdělávání a nácvik jako prevence selhání

DAN Europe (2025) a jeho výroční zpráva z roku 2018 ukazuje, že technické selhání je méně časté než selhání člověka. Proto je kladen důraz na důsledný výcvik a trénink krizových situací. Odborné organizace jako IANTD (2024), GUE (1998-2023) nebo TDI/SDI (2025) přizpůsobují výukové programy, aby potápěč nebyl jen technicky vybaven, ale i prakticky připraven.

Ferreri (2024) uvádí, že i ten nejlépe naplánovaný ponor může skončit špatně, pokud potápěč nedokáže ve stresové situaci správně zareagovat a uplatnit naučené standartní postupy. Z tohoto důvodu je důležité rozvíjet odolnost a psychiku potápěčů, držet se bezpečnostních zásad a nejednat zbrkle. Odolný a dobře vycvičený tým zvládne krizi řešit efektivně, aniž by situaci ještě zhoršil.

Organizační a strukturální opatření

Moderní bezpečnostní systémy propojují řízení rizik na úrovni celé organizace. To zahrnuje:

- zavedení jasně daných operačních standardů a směrnic např. SOP – Standard Operating Procedures),
- pravidelné kontroly výstroje i postupů, včetně záznamů o servisu,
- a stále častěji se využívají digitální nástroje, které pomáhají řídit informace o ponorech, trénincích, plynovém managementu nebo údržbu výstroje (Ferreri, 2024).

Důležitou součástí v tomhle směru je například DAN Europe (2025), který pravidelně zveřejňuje přehledy incidentů, a podporuje otevřené sdílení chyb potápěčů. Tohle funguje jako nástroj učení a poučení se z chyb ostatních potápěčů.

Posilování kultury bezpečnosti

Jak Ferreri (2024) i Caramanna (2023), zdůrazňují, žádné bezpečnostní opatření nebude fungovat, pokud ho sami potápěči nevezmou za své. Klíčová je proto kultura bezpečnosti, která podporuje nejen otevřenou komunikaci o chybách a selháních, ale i schopnost přiznat si vlastní limity, které jsou jak fyzické, tak i psychické a také nebát se ponor zrušit, když se potápěč necítí ve své kůži nebo se mu něco nezdá. Současné přístupy k eliminaci rizik v technickém potápění ukazují, že efektivní bezpečnost nevzniká kvůli jednomu opatření, ale je výsledkem kombinací systémových, lidských, technických a organizačních faktorů. Zásadní je předcházet problémům dřív, než nastanou.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 POSOUZENÍ RIZIK PŘI MODELOVÉM TECHNICKÉM PONORU

V rámci praktické části bude provedeno posouzení rizik pro zvolený modelový technický ponor. Na základě výsledků posouzení rizik budou následně navržena vhodná opatření k redukci identifikovaných rizik.

Modelový technický ponor bude realizován v údolní nádrži Slezská Harta, která se nachází v Moravskoslezském kraji na řece Moravici. Dle oficiálních zdrojů Slezské Harty je maximální hloubka vodní nádrže 65 metrů. Nádrž slouží jako významný zdroj pitné vody či protipovodňová ochrana, využívá se pro výrobu energie, pro chov ryb nebo sportovní rybolov. Tato lokalita je velmi atraktivní k potápění. Nabízí členité dno, zajímavé potopené objekty, jako jsou základy zatopených staveb obcí, zbytky původních cest či původní kamenný most, který se nachází v jedné z nejhlubších částí přehrady (Mikroregion Slezská Harta, © 2021).

Tento ponor bude proveden z důvodu snahy rozšířit potápěčské zkušenosti mimo běžně navštěvované oblasti této lokality, jako jsou hráz nebo mělké okraje nádrže. Vzhledem k tomu, že v těchto částech Slezské Harty již naše skupina provedla řadu ponorů, bylo cílem posunout se k náročnějším a technicky zajímavějším cílům. Zatopený most představoval ideální příležitost k výcviku hloubkového technického potápění s využitím nitridové směsi, a zároveň umožnil procvičení plánování, krizových scénářů i týmové spolupráce v reálných podmínkách. Kombinace hloubky, orientace v prostředí a potřeby přesného dodržení postupu z něj činila výcvikově hodnotný technický ponor.



Obrázek 4: Vodní nádrž Slezská Harta

Zdroj: Kudyznudy.cz

5.1 Popis modelového technického ponoru

Cílem ponoru je průzkum konstrukce mostu a testování výstroje. V podmínkách studené a hluboké vody, omezené viditelnosti a logistické náročnosti je ponor k mostu vhodný výhradně pro zkušené a technicky vybavené potápěče. Maximální hloubka, která je stanovena pro daný ponor je 50 metrů, celková délka pobytu pod hladinou vody je stanovena přibližně na 80 minut. Takto náročný ponor bude proveden ve dvoučlenném týmu s rozdílnou potápěčskou kvalifikací v konfiguraci backmount o dvou lahví s objemem 12 litrů natlakované na 200 barů, doplněné o jednu stage láhev o objemu 11 l natlakovanou na 200 barů se směsí nitrox (dále jen „EAN“), koncentrace nitroxu bude stanovena dle dekompresní strategie. Tato konfigurace by měla poskytnout dostatečnou zásobu plynu v případě poruchy primárního systému.

Předpokládaná teplota vody v cílové hloubce jsou 4 °C, což významně ovlivňuje nejen výběr výstroje, ale i celkovou strategii ponoru, zejména z hlediska bezpečnosti a prevence hypotermie. Veškeré kroky ponoru budou plánovány s využitím dekompresních tabulek a algoritmů odpovídající zvolené směsi a plánovanému profilu.

Ponor bude veden zkušeným týmem technických potápěčů, přičemž každý člen absolvuje detailní přípravu včetně kontroly výstroje pro snížení možnosti vzniku krizové situace, stanovení možných krizových scénářů. Tým bude ve složení vedoucí potápěč s dosaženou civilní kvalifikací od organizace ASTD technický jeskynní / důlní potápěč. Druhý Potápěč s dlouholetou praxí v oblasti vojenského potápění a s dosaženou vojenskou potápěčskou kvalifikací – potápěč cvičitel, zabezpečující pomocný personál, zdravotník s orientací na hyperbarickou medicínu.

Bezpečný průběh technického ponoru do hloubky 50 metrů závisí na důkladné a systematické přípravě potápěče, která má určité podmínky. Tato činnost zahrnuje nejen kontrolu veškerého vybavení a příslušenství, které potápěč potřebuje pro daný ponor, ale také fyzickou a psychickou připravenost, plánování postupů, stanovení si komunikační podmínky v týmu a zajištění nouzových scénářů, které mohou nastat v průběhu ponoru a když nastanou, jaký bude postup pro minimalizaci rizik. Příprava celého ponoru má obvykle nějakou posloupnost dle standartních operačních postupů (SOP) a měla by zahrnovat následující kroky:

1) Příprava ponoru

- Seznámení plánu ponoru včetně hloubky, časového rámce, bodu návratu, limitů, komunikace a procedur pod vodou a krizových postupů.
- Kontrola a dokumentace spotřeby plynů.
- Plná kontrola konfigurace.
- Kontrola osobní a týmové bezpečnostní výstroje.
- Stanovení minimálního tlaku v lahvích pro zahájení výstupu a minimálního rezervního plynu pro krizové situace a dekompresních zastávek.
- Kontrola prostředí a povrchového zabezpečení.

2) Sestup

- Vstup do vody synchronizovaně, vzájemná kontrola před sestupem.
- Sestup kontrolovaným tempem.
- Kontrola spotřeby plynu během sestupu.

3) Průzkum dna / hlavní činnost

- Průzkum mostu.
- Vzájemný vizuální kontakt a navigační orientace (pomocí kompasu a referencí).
- Respektování plánované hloubky, časového limitu a bodu návratu.

4) Výstup a dekomprese

- Zahájení výstupu.
- Přejít na EAN50 směs ve 18 metrech, po opětovné kontrole lahve se správnou dýchací směsí.
- Dodržení dekompresního plánu dle GF 20/80 (Bühlmann ZHL-16C).
- Použití časovačů nebo potápěčských počítačů ke sledování zastávek.

5) Vynoření a ukončení ponoru

- Kontrolované vynoření, poslední zastávka ve 3 metrech.
- Oznámení vynoření podpůrnému týmu.

- Vyhodnocení ponoru, záznam do logbooku, kontrola výstroje.

6) Nouzové postupy

- Ztráta buddyho: 1 minuta hledání, poté zahájení výstupu.
- Ztráta dekompresního plynu: výstup podle konzervativního dekompresního plánu na hlavní dýchací směs „bottom gas“.
- Zásoba plynu pro dekompresní zastávky pod limit: výstup zahájit dle GF 90/90 (Bühlmann ZHL-16C) čímž se zkrátí celková doba výstupu na hladinu (hloubky dekompresních zastávek a čas strávený na zastávce).
- Zásoba plynu pod minimem: sdílení plynu, výstup ve dvojici (DAN Europe, © 2025).

Týmová příprava se provádí formou briefingu všech členů týmu jak potápěčských, tak i zabezpečovacího personálu, během kterého je upřesněn cíl ponoru, role každého člena týmu, upřesnění komunikačních signálů a nouzového scénáře.

5.1.1 Plán modelového ponoru

Aby bylo dosaženo nejlepších výsledků, je třeba ponor naplánovat tak, aby byl pro potápěče co nejvíce bezpečný. Proto plánování ponoru představuje jeden z nejzásadnějších kroků bezpečnostního managementu v technickém potápění. V rámci tohoto procesu je nutné respektovat existující standardní postupy, kterými se musíme řídit. Plán ponoru standardně zahrnuje následující kroky:

- stanovení cíle ponoru,
- stanovení časového rámce a bodu návratu,
- plán spotřeby plynů,
- dekompresní zastávky,
- bod návratu a limity,
- komunikaci a procedury pod vodou
- krizové scénáře a záložní plány,
- fyzická a psychická připravenost potápěče,
- kontrola výstroje,
- povrchové zabezpečení (Carramana, 2023).

Stanovení cíle ponoru

Modelový ponor do hloubky 50 metrů k zatopenému kamennému mostu na Slezské Hartě má průzkumný a cvičný charakter, proto bude prováděn týmem zkušených potápěčů a zabezpečujícího personálu. Cílem ponoru je vizuální průzkum konstrukce a stav zatopeného mostu, testování výstroje v prostředí studené a hluboké vody.

Stanovení časového rámce a bodu návratu

- 0:00 – 6:00 min: sestup do hloubky 50 metrech
- 6:00 – 25:00 min: pobyt v 50 metrech, průzkum stavu kamenného mostu
- 25:00 min: zahájení výstupu s plánovanými dekompresními zastávkami
- 26:00–28:00 min: deep stop ve 24 metrech
- 29:00–30:00 min: deep stop ve 21 metrech
- 30:00–32:00 min: přechod na EAN50 a dekompresní zastávka v 18 metrech
- 32:00–35:00 min: dekompresní zastávka v 15 metrech
- 35:00–38:00 min: dekompresní zastávka ve 12 metrech
- 38:00–43:00 min: dekompresní zastávka v 9 metrech
- 43:00–51:00 min: dekompresní zastávka v 6 metrech
- 51:00–69:00 min: dekompresní zastávka ve 3 metrech
- 69:00–70:00 min: vynoření na hladinu.

Plán spotřeby plynů pro daný ponor

Výpočet je stanovený na jednoho potápěče s průměrnou minutovou ventilací 20 litrů/minuta a za použití vybavení beck mount konfigurace o objemech lahví 2x12 litrů natlakované na 200 bar (vzduch), dekompresní stage láhev o objemu 11 litrů natlakované na 200 barů s obsahem plynu EAN50, která se bude používat po celou dobu od 18 metrů do výstupu na hladinu. Tabulka 2 zobrazuje spotřebu media pro modelový ponor a její hodnoty byly stanoveny dle vzorce 1:

$$X(l) = Y(l) \times Z(bar) \times t(min), \quad (1)$$

kde X značí celkovou spotřebu plynu, Y značí průměrnou minutovou ventilaci, Z značí absolutní tlak v hloubce, t značí čas strávený pod vodní hladinou (Wienke, 2001).

Tabulka 2: Plán spotřeby plynů

	Fáze ponoru	Použití média	Průměrný tlak (bar)	Doba (min)	Spotřeba média (l)
1	Sestup (do 50 m)	Vzduch	5,2	6	624
2	Čas strávený na dně (50 m)	Vzduch	6,0	19	2280
3	Výstup (do 18 m)	Vzduch	3,0	5	300
4	Dekompresní zastávky (od 18 m do 0 m)	EAN50	2,1	40	1680

*Zdroj: vlastní***Stanovení doby dekompresních zastávek**

Dekompresní zastávky byly stanoveny dle dekompresního algoritmu Bühlmann ZHL-16C (Subsurface, 2025) s gradientem 20/80 a plánovaných zastávkách tzv. „Deepstopech“, což znamená, že potápěč se zastaví při výstupu na poloviční hloubce maximální hloubky ponoru. Plán je založen na hloubce 50 metrů, délce pobytu u dna 25 minut a s použitím výstupového dekompresního plynu EAN50. V průběhu ponoru jsou stanoveny dekompresní zastávky následovně dle tabulky 3.

Tabulka 3: Dekompresní zastávky

Hloubka zastávky v metrech	Délka zastávky v minutách
24	2
21	1
18 Přejít na EAN50	2
15	3
12	3
9	5
6	8
3	18
Celkový dekompresní čas:	42

Zdroj: vlastní

Bod návratu a limity

V průběhu ponoru se bod návratu a limity nepřekračují kvůli bezpečnosti. Byly stanoveny následovně: pokud jeden z dvojce potápěčů překročí plánovaný čas pobytu na dně, překročí limity dekompresních rezerv, ztráta partnera, zdravotní obtíže, poruší třetinového pravidla řízení plynů bude ponor přerušen a zahájen výstup na hladinu.

Nastavení komunikačních procedur

Pro zajištění efektivní komunikace pod vodou budou během ponoru využívány tři základní komunikační prostředky. Prvním jsou ruční signály jako „OK“, „jdu nahoru“, „jdu dolů“, „mám problém“, „sdílej plyn“ nebo „přecházím na stage láhev“. Druhým prostředkem jsou světelné signály, které slouží především v podmínkách se sníženou viditelností nebo při nočních ponorech. Krouživý pohyb světelného kuželu bude znamenat „OK“, vertikální pohyb nahoru a dolů bude značit „mám problém“ a horizontální pohyb ze strany na stranu bude vyjadřovat „nouze“. Třetím komunikačním prostředkem bude wetnotes, tedy voděodolný zápisník umožňující snadnou a přesnou komunikaci mezi potápěči.

Krizové scénáře a záložní plány

Potápěčský tým následně podrobně diskutuje o možných problémech při plánování ponoru, které by mohly v průběhu ponoru nastat. Účelem této diskuse je identifikovat možné krizové scénáře a sestavit záložní plány pro jejich řešení, které jsou obsaženy v tabulce 4.

Možné scénáře při plnění úkolu byly stanoveny:

Tabulka 4: Krizové scénáře a jejich řešení

Scénář	Řešení
Ztráta světla, selhání	- Použití záložního světla, případné rozhodnutí o ukončení ponoru.
Ztráta plynu	- Sdílení plynu s buddym, výstup na hladinu.
Ztráta buddyho	- Hledání po dobu 1 minuty, návrat na hladinu dle stanoveného plánu ponoru (dodržení všech zásad a dekompresních tabulek).
Nevolnost / hypotermie	- Přerušení ponoru, asistovaný výstup.

Porušení dekompresních zastávek	- Neodkladná lékařská péče, léčba v dekompresní komoře.
---------------------------------	---

Zdroj: vlastní

Fyzická a psychická připravenost potápěče

Zde by měl mít potápěč lékařskou prohlídkou se specializací na potápěčskou medicínu. Tato lékařská zpráva nesmí být starší než 12 měsíců. Potápěč by měl být bez známek nachlazení, vyčerpání, stresu nebo psychické nepohody před samotným ponorem. Vhodné je dodržovat pitný režim a vyváženou stravu s omezením alkoholických nápojů, kofeinu a dalších látek.

Kontrola výstroje

Tato kontrola probíhá ve dvou fázích. První fáze je individuální kontrola výstroje, která se provádí na souši. Tabulka 5 zahrnuje jednotlivé kroky kontroly.

Tabulka 5: Kontrolované prvky výstroje

Oblast	Kontrolované prvky
Plynové systémy	- Před připojením prvních stupňů regulátoru na lahve se kontrolují nečistoty ventilů. - Funkčnost ventilů, tedy otevření lahví a poslech možných netěsností/únik plynu z hadic a spojů. - Kontrola tlaku/ zásoby média v lahvích.
Potápěčský počítač	- Kontrola kapacity baterie. - Kalibrace počítače. - Kontrola nastavení směsí. - Nastavení gradient faktoru na stanovené hodnoty dle SOP (20/80). - Kontrola upevnění.
Potápěčský oblek a teplotní komfort	- Izolační vrstva podobleku. - Těsnost a neporušenost suchého obleku. - Kontrola funkčnosti napouštěcího a vypouštěcího ventilu. - Kontrola neporušenosti suchých rukavic a čistota těsnícího systému.

	- Kukla a její neporušenost.
Zajištění výstroje	- Kontrola D-kroužků. - Funkčnost karabin. - Kontrola symetrie výstroje, hadice nesmí být nikde ohnuta, případně zamotaná. - Řezací nástroje a jejich umístění. - Kontrola záložní masky a její umístění pro snadný přístup.
Signalizační a značkovací prostředky	- Kontrola stavu funkčnosti a kapacity baterie u světla (hlavní a záložní světlo), jejich uchycení. - Kontrola stavu vodícího lanka na reelku, chodu navíjení. - Kontrola SMB (Surface Marker Buoy) - Wetnotes s plánem ponoru a dekompresními zastávkami.

Zdroj: vlastní

Druhá fáze, již těsně před zanořením potápěče, se provádí ve vodě formou vzájemné týmové kontroly tzv. buddy check. Oba potápěči si navzájem zkontrolují těsnost hadic a spojů, funkčnost systému dodávky média potápěči, správné uchycení výstroje a funkčnost napouštěcích a vypouštěcích systémů u suchého obleku a u kompenzátoru vztlaku. Následně probíhá kontrolní zanoření cca do hloubky 3 metrů, kde si potápěč kontroluje funkčnost dodávky plynů, a správné uspořádání hadic pro hladké poskytnutí dýchacího média druhému potápěči při krizové situaci takzvaný S-Drill. Poté probíhá kontrola chodu uzavíracích ventilů na lahvích takzvaný V-Drill.

Povrchové zabezpečení

Pro daný ponor bylo stanoveno povrchové zabezpečení, které se skládá z pětičlenné osádky, která bude rozdělena do dvou stanovišť. V případě jakéhokoliv problému při ponoru spolupracují a jsou podřízeni lékaři-zdravotníkovi. První stanoviště je osádka člunu: strojník člunu, lékař-zdravotník, pomocník. Druhé stanoviště je na souši u břehu: obsluha mobilní dekompresní komory, pomocník.

6 IDENTIFIKACE A ANALÝZA RIZIK MODELOVÉHO TECHNICKÉHO PONORU

Technické potápění je činnost náročná na plánování, vybavení i fyzickou a psychickou připravenost potápěče. V každé fázi od plánování přes přípravu výstroje, samotný ponor až po výstup a dekompresi existuje celá řada potenciálních rizik a možných selhání, která mohou vést k nehodám s vážnými následky. Tato rizika se mohou týkat technického vybavení, prostředí, fyzického stavu potápěče nebo třeba jen selhání v komunikaci. V rámci praktické části práce byla zvolena oblast zaměřená pouze na rizika spojená s předponorovou kontrolou a kontrolou před sestupem, a to v oblasti technického selhání výstroje. Důraz je kladen na prevenci mechanických poruch, které mohou být identifikovány ještě před zanořením, kdy je jejich řešení ještě reálné a bez vážných důsledků.

K minimalizaci rizik spojených s technickým potápěním ještě před samotným zanořením musí potápěč věnovat dostatečnou pozornost systematické kontrole výstroje. K tomuto účelu se využívá tzv. checklist, který zaznamenává seznamy kroků pro důslednou kontrolu.

Následný obrázek 5 a 6 zobrazuje checklist, který jsem sestavil s expertní skupinou v rámci společného brainstormingu pro identifikaci potencionálních rizik během přípravy potápěčského vybavení a kontrolou před samotným zanořením.

Fáze 1: Předponorová kontrola		
☒	Oblast kontroly	Kontrolní bod
☐	Láhve a ventily	Vizuální kontrola: mechanické poškození, důlky, koroze
☐		Kontrola revizí
☐		Označení lahví: směs, MOD, čitelnost
☐		Ventily: hladký chod, těsnící kroužky, bez úniků
☐	Stage a dekompresní láhev	Kontrola správného plynu
☐		Označení, MOD, stav ventilů
☐		Regulátory a manometry: funkční, správné upevnění
☐		Kontrola upevňovacího systému
☐	Regulátory	Spoje dotažené, hadice bez poškození, bez bublin
☐		Funkční test automatik: nádech, průtok, reakce
☐		Manometry: funkční, přesné, bez mlžení
☐	Kompenzátor vztlaku	Nafouknutí, únik vzduchu, test napouštěcího a vypouštěcího ventilu
☐	Suchý oblek	Suchý oblek: zipy, kontrola těsnosti manžet
☐	Světla a příslušenství	Hlavní a záložní světlo: nabití, funkčnost, uchycení
☐		Wetnotes: plán ponoru
☐		Záložní maska: neporušenost
☐		Navíjecí bubínek s lankem: neporušenost trasovacího lanka
☐		Dekompresní bóje: kontrola napouštěcího a vypouštěcího ventilu, kontrola reel lanka, kontrola vnějšího obalu a umístění
☐	Celková konfigurace	Kontrola odpovídá plánovanému ponoru

Obrázek 5: Checklist první fáze kontroly

Zdroj: vlastní

Fáze 2: Kontrola před sestupem		
☒	Oblast kontroly	Kontrolní bod
☐	Manometry a tlak	Ověření tlaku v lahvích, kontrola úniků
☐	Ventily	Plně otevřené, nebo připravené k otevření (stage)
☐	Automatiky	Nádech z každé automatiky, sledování manometru
☐	Kompenzátor vztlaku	Test inflace/odfuku, kontrola ventilů
☐	Suchý oblek	Kontrola napouštěcího a vypouštěcího ventilu
☐	Světla a signály	Zapnutí světla, dohoda o signálech
☐	Bubble check	Ověření netěsností ve vodě
☐		Pozorování ostatních potápěčů
☐	Stage a výstroj	Karabiny, wetnotes, záložní maska, řezací nástroje

Obrázek 6: Checklist druhá fáze kontroly

Zdroj: vlastní

Na základě výše uvedené identifikace možných technických selhání v rámci předponorové kontroly a kontroly před sestupem byla provedena analýza rizik metodou FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). Tato metoda je jednou z nejpoužívanějších

technik analýzy rizik v průmyslu i technickém potápění. Cílem této analýzy bylo kvantifikovat rizika jednotlivých závad pomocí tří základních parametrů závažnosti (S), jak velký dopad by měl daný typ selhání, určení pravděpodobnosti výskytu (O), tedy jak často se může dané selhání stát, určení detekce (D), jak snadno lze problém odhalit před tím, než způsobí škodu. Výsledkem je tzv. RPN (Risk Priority Number), který slouží k určení priorit pro preventivní opatření (ISO Certifikace a ESG, © 2025).

Caramanna (2023) doporučuje využití FMEA v potápění pro analýzu selhání životně důležitých systémů, jako jsou dýchací okruhy, regulátory, vzduchové lahve, počítače a osvětlovací systémy.

Cílem analýzy je nejen identifikovat kritické body, kde může dojít k poruše nebo nebezpečné situaci, ale zároveň vytvořit praktická doporučení a týmové standartní operační postupy spojené s technickým potápěním.

Na základě strukturovaného brainstormingu v rámci expertního týmu, který tvořil vedoucí potápěč s dosaženou civilní kvalifikací od organizace ASTD technický jeskynní / důlní potápěč. Druhý Potápěč s dlouholetou praxí v oblasti vojenského potápění a s dosaženou vojenskou potápěčskou kvalifikací potápěč cvičitel, zabezpečující pomocný personál, zdravotník s orientací na hyperbarickou medicínu, byla provedena identifikace možných selhání a příčin vycházející z checklistů uvedena v tabulce 6.

Tabulka 6: Identifikace možných selhání a příčin

Možné selhání	Příčina
Netěsnost na ventilu	Opotřebený nebo poškozený O-kroužek, který ztratil pružnost, byl špatně usazen nebo znečištěn, což vede k úniku plynu.
Selhání regulátoru	Vnitřní zanesení nečistotami, poškození membrány nebo jiných citlivých částí, často způsobené nedostatečnou údržbou nebo stářím výstroje.
Prasklá hadice	Stáří materiálu, dlouhodobé mechanické namáhání, špatné skladování (ohnutí, vystavení slunci), nebo neodhalené mikrotrhliny.
Nedrží karabina	Uvolnění nebo opotřebené spoje, nefunkční pojistky, chybné zavěšení nebo záměna nekompatibilních typů karabin.
Neotevřený ventil	Lidská chyba – často kvůli nedůsledné kontrole před ponorem.
Nesprávné zapojení hadice	Nesprávné zapojení během přípravy výstroje, spěch, nepozornost nebo nedostatečné označení hadic.

Možné selhání	Příčina
Vadný inflátor	Zaseknutý ventil nebo mechanické poškození v důsledku znečištění, oxidace, nárazů nebo dlouhodobého opotřebení.
Poškozený zip obleku	Nešetrné zacházení, časté tahání za zip bez použití maziva, zanedbaná údržba nebo dlouhodobé opotřebení materiálu.
Neoznačená lahev	Ztráta štítku/nálepky, zapomenutí označení plynu, špatná organizace výstroje; může vést k záměně dýchací směsi.
Nefunkční světlo	Vybitá baterie, koroze kontaktů, volný spoj, nebo selhání elektroniky; často v důsledku špatného skladování nebo kontroly.
Netěsnost u stage	Chybná montáž automatiky, nedotažené spoje nebo nesprávně zvolený O-kroužek, který nezajišťuje těsnost.
Nefunkční vypouštěcí ventil	Zaseknutí ventilkou nečistotami (např. pískem, solí), nebo mechanické opotřebení či ztráta pružnosti pružiny.
Nezabezpečený manometr	Volná nebo špatně upevněná hadice, která se může zachytit o překážku, což vede k ohrožení stability nebo poškození systému.
Nesprávně umístěný přístroj	Chybná montáž, která ztěžuje přístup nebo čtení hodnot během ponoru, případně způsobuje neergonomické chování výstroje.
Ztracená záložní maska	Nedostatečně upevněná nebo nezajištěná maska, která se uvolní při vstupu do vody nebo během pohybu.
Nesprávně připevněná stage	Chybná manipulace s karabinou, špatné zajištění ventilu nebo nekontrolovaný pohyb láhve během ponoru.
Zapomenutý wetnotes	Nedostatečná příprava, nekompletní kontrola výstroje nebo přenesení poznámek mimo hlavní check-list.
Poškozený suchý zip na vybavení	Opotřebení způsobené častým používáním, znečištěním nebo chybnou údržbou; zip nedrží a hrozí ztráta příslušenství.
Vadné O-kroužky	Nesprávná velikost, stárnutí materiálu, použití nevhodného maziva nebo špatné usazení v drážce.
Mikrobublínky u spoje	Nedotažené nebo poškozené spojení, netěsnost na závitě nebo v oblasti O-kroužku; někdy lze detekovat pouze pod tlakem.

Zdroj: vlastní

Tabulka 7: Analýza FMEA

Možné selhání	Důsledek selhání	O (Pravděpodobnost)	S (Závažnost důsledků)	D (Detekovatelnost)	RPN	Navrhovaná opatření
Netěsnost na ventilu	Únik plynu, snížení dostupnosti dýchací směsi	5	7	3	105	Pravidelná výměna a kontrola O-kroužků
Selhání regulátoru	Ztráta možnosti dýchat, nekontrolovaný únik média, ohrožení života	3	9	6	162	Čištění a revize automatik, včasná výměna
Prasklá hadice	Náhlá ztráta média, riziko paniky	4	8	4	128	Kontrola stáří hadic, vizuální inspekce
Nefunkční karabina	Ztráta vybavení, zhoršená pohyblivost	4	3	3	36	Zkontrolovat spoje, vyměnit opotřebované karabiny
Neotevřený ventil	Nemožnost dýchání, nečekaný návrat na hladinu	6	8	2	96	Zavedení přísné kontroly ventilů v checklistu
Nesprávné zapojení hadice	Únik média, nefunkční přísun média	3	8	4	96	Barevné značení a dvojité kontrola zapojení
Porucha kompenzátoru vztlaku	Špatná manipulace s výstrojí, opomenutá před ponorová kontrola	5	8	4	160	Test funkčnosti inflátoru před každým ponorem
Poškozený zip obleku	Zatékání do obleku, podchlazení	4	5	4	80	Používání maziva, šetrná manipulace se zipy, opravitelná údržba
Neoznačená lahev	Záměna směsí, nesprávná dekomprese, intoxikace nebo hypoxie	6	8	3	126	Zavedení systému označování lahví
Nefunkční světlo	Ztráta vidění, zhoršená orientace	5	4	2	40	Výměna baterií před ponorem, záložní světlo
Netěsnost u stage	Únik plynu ze záložní láhve	4	8	3	96	Kontrola spojů a těsnosti před ponorem
Nefunkční vypouštěcí ventil	Nemožnost ovládat výtlak, riziko výstupu	4	7	3	84	Vyčistit ventil, pravidelná kontrola funkčnosti
Nezabezpečený manometr	Poškození manometru, ztráta informací o tlaku, zaseknutí se	2	7	3	42	Upevnit manometr bezpečně k výstroji
Poškozená haupna	Ztráta teplotního komfortu	3	5	3	45	Výměna
Ztracená záložní maska	Nemožnost použití záložního vybavení	2	6	2	24	Zajistit masku karabinou nebo gumičkou

Možné selhání	Důsledek selhání	O (Pravděpodobnost)	S (Závažnost důsledků)	D (Detekovatelnost)	RPN	Navrhovaná opatření
Nesprávně připevněná stage	Ztráta nebo špatná poloha stage lahve	3	6	3	54	Pevné uchycení stage lahve, kontrola uchycení, nácviky
Zapomenutý wetnotes	Nemožnost rozšířené komunikace, ztráta pomocných dekompresních plánů	2	3	2	12	Kontrola výstroje podle checklistu
Poškozená kapsa na suchém obleku	Ztráta vybavení, omezení funkčnosti	3	4	3	36	Výměna zipu, dodržování údržby
Vadné O-kroužky	Únik plynu, selhání těsnosti systému	4	7	3	84	Používat správnou velikost a typ O-kroužků, pravidelná výměna
Mikrobublínky u spoje	Postupná ztráta plynu, snížená bezpečnost	3	6	2	36	Důkladné dotažení spojů a test pod tlakem
RPN ≤ 70		70 < RPN ≤ 100			RPN > 100	

Zdroj: vlastní

Tabulka byla vytvořena vlastní tvorbou za pomoci předlohy ISO Certifikace a ESG (2025) a určení jednotlivých prvků (závažnost, pravděpodobnost a detekovatelnost) pro výpočet RPN bylo stanoveno v rámci diskuze potápěčským týmem dle jejich zkušeností za dlouhá léta potápění. Diskuze v týmu při sestavení FMEA přinesla nejen konkrétní výstup, ale i zvýšení povědomí o možných krizových scénářích. Výsledkem není jen vytvořená tabulka pro závěrečnou práci studia, ale i funkční nástroj prevence a zamyšlení nad jednotlivými úkony, které potápěč musí vnímat a nebrat na lehkou váhu před zahájením sestupu.

7 NÁVRHY OPATŘENÍ K REDUKCI RIZIK

Technické potápění je vysoce komplexní činnost, která nevyhnutelně přináší i řadu vážných rizik. Výsledky FMEA analýzy, provedené na základě modelového ponoru, umožnily kvantifikovat a systematicky vyhodnotit jednotlivé druhy selhání. Pět z nich dosáhlo nejvyšších hodnot RPN, čímž se zařadily mezi kritické oblasti, které vyžadují okamžitou pozornost. Tato kapitola se věnuje právě těmto pěti nejvýznamnějším selháním jejich charakteristice, dopadům na bezpečnost a návrhům konkrétních opatření k jejich minimalizaci nebo úplnému vyloučení.

Selhání regulátoru (RPN 162)

Selhání regulátoru (automatiky) představuje jedno z nejzávažnějších rizik v technickém potápění. Automatika je životně důležitý prvek, který zajišťuje dýchání pod vodou. V případě jejího náhlého selhání může potápečč čelit bezprostřednímu ohrožení života a způsobit tak ohrožení celé skupiny, zejména pokud se nachází v hloubkách, kde není možný okamžitý výstup bez dekompresních zastávek. Selhání může být způsobeno vnitřními nečistotami, zanesením ventilu, poškozením membrány nebo nevhodným skladováním či údržbou.

Navrhovaným opatřením je především pravidelný servis automatických dýchacích přístrojů v autorizovaném servisu. Výrobci jako například Apeks doporučují provádět kompletní servis minimálně jednou ročně, nebo dříve v závislosti na množství používání a na podmínkách prostředí ve kterém byla používána (např. chladná nebo znečištěná voda, slaná voda) (Apeks, © 2025). Je třeba vybírat regulátory, které jsou certifikovány podle normy ČSN EN 250:2014. Tato technická norma stanovuje požadavky na bezpečnost, provozní teploty, průtok dýchacího média, výkon dýchacího systému a definuje zkoušky pro použití ve studené vodě (Technické normy ČSN, 2014).

V Armádě České republiky je každoroční odborný servis regulátorů standardní součástí údržby potápěčské výstroje, čímž je zajištěna jejich spolehlivost i v extrémních podmínkách operačního nasazení.

Z mého pohledu je klíčovým opatřením vizuální a funkční kontrola před každým ponorem, které se provádí v obou fázích předponorové kontroly. Dále jsou nezbytná pravidelná školení a nácviky potápeččů na krizové postupy v případě selhání primární automatiky, včetně nácviku přechodu na záložní automatiku či sdílení automatiky

s partnerem v reálném prostředí a za stresových podmínek. A v neposlední řadě je důležité vedení servisních záznamů a intervalů regulátorů formou servisního deníku nebo digitální aplikace pro lepší sledování údržby a včasné plánování revize v závislosti na podmínkách a náročnosti daných ponorů.

Porucha kompenzátoru vztlaku (RPN 160)

Vadný kompenzátor vztlaku představuje závažné riziko v technickém potápění, které může výrazně ovlivnit schopnost potápěče bezpečně regulovat svou polohu pod vodou. Selhání kompenzátoru vztlaku může mít různé formy od úniku média přes poškození materiálu, až po zaseknutí vypouštěcích ventilů nebo selhání inflátorové hadice. Podle výrobce kompenzátoru vztlaku DTD (Dare To Dive) je v důsledku častého používání třeba kompenzátor vztlaku podrobit odborným servisem jednou za šest měsíců (DTD, © 2020). V důsledku těchto závad hrozí potápěči ztráta kontroly a nekontrolovaný výstup nebo sestupu, který může vést k dekompresní nemoci, barotraumatu plic, ztrátě orientace. Tato porucha bývá spojena se špatnou kontrolou výstroje v předponorové fázi. Jeho detekovatelnost bývá vesměs ještě na hladině, a tak málo kdo tomuto problému věnuje pozornost. Riziko, které je s tím spojené spočívá v neudržení vztlaku. Ovšem tohle riziko lze částečně snížit použitím záložního kompenzátoru vztlaku, kterým je suchý oblek.

Z mého pohledu by navrhovaná opatření měla být postavena na pravidelné a důsledné předponorové a po ponorové kontrole a údržbě. Konkrétně doporučují vizuální a funkční kontrola kompenzátoru vztlaku před každým ponorem a tím snížit riziko poruchy kompenzátoru vztlaku na minimum. Jako klíčový prvek prevence poruchy kompenzátoru navrhuji zaměřit se zejména na pečlivou kontrolu inflátorové hadice, ověřit její hladký chod při připojení a odpojení, provést tlakovou zkoušku a kontrolu funkčnosti a čistoty vypouštěcích ventilů. Součástí této kontroly by mělo být i posouzení celkového stavu pláště a kontrola neporušenosti švů. Dále doporučuji klást důraz na přípravu potápěče a jeho výcvik ve zvládání krizových situací, kdy kompenzátor vztlaku selže. V takové chvíli je důležité umět plynule přejít na použití suchého obleku k řízení vztlaku a bezpečně se vynořit na hladinu.

Prasklá hadice (RPN 128)

Prasknutí hadice během ponoru může vést k náhlému úniku plynu, následné panice a v krajním případě i k ohrožení života zejména v hloubce nebo uzavřených prostorech, kde je spotřeba média vyšší a návrat na hladinu vyžaduje řízený výstup nebo složité týmové

postupy. Tento typ selhání bývá nejčastěji důsledkem stárnutí materiálu, špatné manipulace, mechanického poškození nebo dlouhodobého vystavení nepříznivým podmínkám, jako je UV záření, slaná voda, teplotní výkyvy.

Navrhovaným opatřením je zavedení pravidelné výměny hadic každé 3 až 4 roky, a to i v případě, že nejsou viditelně poškozené (Delphin Sub, © 2014).

Z mého pohledu navrhuji důslednou vizuální kontrolu před každým ponorem, zaměřenou na trhliny, ztvrdnutí, bublinky nebo známky únavy materiálu. Zároveň navrhuji dbát na správné uložení hadic, aby nebyly ohýbány do ostrých úhlů a měly dostatek prostoru pro volný pohyb bez tahání. Jako vhodné opatření doporučuji použití ochranných návleků nebo vodicích úchytů, které minimalizují kontakt s ostrými předměty. Součástí prevence je i vzdělávání potápěčů v oblasti správné manipulace s hadicemi, či zvolení správné délky potřebnou pro výstroj a vzdělávání v oblasti sestavování konfigurace a vedení hadic pro správné používání.

Neoznačená lahev (RPN 126)

Ztráta nebo absence označení plynové lahve může vést k fatálním následkům např. záměně plynů při hloubkovém ponoru, kdy potápěč nechtěně použije směs nevhodnou pro danou hloubku (např. kyslíkovou směs v hloubce nad maximální operační hloubkou), což může vést k toxické reakci nebo hypoxii. Jde o chybu organizačního a lidského charakteru, kterou je přitom velmi snadné eliminovat důslednou předponorovou přípravou a následnou kontrolou.

Dle doporučení potápěčských organizací, jako IANTD nebo TDI je nezbytné nezaměnitelně označit lahev typem plynu, jeho složením (například 21/35, EAN 50) a jménem potápěče, dle normy ČSN EN 1089-3 (2012) je doporučeno barevné označení lahve.

V Armádě České republiky se tato označení můžou lišit, protože barevné označení se bere jako demaskující prostředek, ale každá tlaková nádoba má evidenční číslo, záznam o pravidelné revizi a označení směsi formou typ plynu, MOD (Maximum Operating Depth) a jméno či číselné označení potápěče. Označení se provádí pomocí voděodolných a otěru vzdorných nálepek. Tato označení mají místo kolem krku lahve, což je blíže k ventilu. Doporučuji ověřit za pomoci analyzátoru správnou koncentraci směsi a její označení na lahvi

před každým ponorem. Dále doporučuji provést kontrolní dýchání z každé láhve a provést kontrolu podle plánovaného dekompresního profilu.

Zároveň navrhuji zavedení pravidla dvojí kontroly plynu dvěma různými osobami v předponorové fázi. Při samotném ponoru, zejména při přechodu na jiné dýchací medium, doporučuji využít předem smluvené signály ke vzájemnému potvrzení, jakou směs jednotliví členové týmu právě používají, aby nedošlo k záměně dýchacího media a tím i nastaveného MOD a ohrožení bezpečnosti ponoru.

Netěsnost ventilu (RPN 105)

Netěsnost ventilu je dalším závažným problémem. Je-li způsobena opotřebovaným nebo nevhodně zvoleným O-kroužkem, může během ponoru docházet k postupné, obtížně detekovatelné ztrátě media. Zvláště při technickém ponoru, kde je plánování spotřeby media striktně spojeno s hloubkou, časem a dekompresním plánem. V extrémním případě může mít za následek úplné vyčerpání plynové zásoby, a tím i život ohrožující situaci, zejména v hloubkách.

Zásadním preventivním krokem je zavedení rutinní výměny všech O-kroužků v kontaktu s vysokotlakými a středotlakými spoji, ideálně před každým ponorem, a i po jejich demontáži. Vždy by měly být používány O-kroužky vyrobené z materiálů určených pro daný typ plynu např. Viton pro vysoké koncentrace kyslíku.

Navrhuji fyzicky zkontrolovat každý spoj před ponorem, jeho dotažení, a provést tlakový test systému. Lze jej provést pomocí nanesení jemného saponátu na spoje a následným sledováním případného výskytu bublin, což umožní rychlou detekci netěsností ještě před vstupem do vody. Současně doporučuji používat výhradně O-kroužky vyrobené z materiálů kompatibilních s konkrétním typem plynu např. Viton pro směsi s vysokou koncentrací kyslíku, kde je klíčová zvýšená odolnost vůči oxidaci a teplotní stabilita. Dále navrhuji je také používat záznamový systém pro evidenci výměn O-kroužků a kontrolních procedur.

Shrnutí a integrace do potápěčské praxe

Z výše uvedeného vyplývá, že rizika nelze odstranit dosažením jednoho opatření nebo rozhodnutí, ale skutečná prevence vychází ze soustavného uplatňování více vrstev prevence a přijetím vhodných postupů. Z hlediska systémového přístupu lze opatření rozdělit do čtyř kategorií:

- 1) **Technická opatření:** použití kvalitní a spolehlivé výstroje, zavedení redundance (např. záložní systémy) a pravidelnou údržbu vybavení.
- 2) **Procedurální opatření:** důsledné používání checklistů, standardizovaných operačních postupů (SOP), pečlivé plánování, týmová koordinace.
- 3) **Výcviková opatření:** simulace krizových situací, trénink ve stresu, nácvik sdílení plynu nebo zřetelné a jasné předávání signálů v rámci komunikace,
- 4) **Vedení záznamů:** záznamy a evidence o revizích a výměnách.

Implementace těchto opatření významně zvyšuje bezpečnost celého ponoru, zvyšuje bezpečnost týmu a snižuje riziko, že dojde k nehodě, která by mohla ohrozit zdraví nebo život potápěče. Součástí těchto opatření je i vědomé přemýšlení nad rutinou, která bývá často zrádná. Největší nebezpečí totiž často přichází ve chvíli, kdy se potápěč přestane ptát „co když?“ a začne si říkat „tohle přece vždycky fungovalo“. Stejně důležitý je zdravý odstup od rutiny jako správně nastavená výstroj, protože právě důvěra v zaběhnuté postupy bez kritického pohledu může vést k přehlédnutí varovných signálů.

Zavádění preventivních a ochranných opatření v oblasti technického potápění je nezbytné pro zvýšení bezpečnosti, ale zároveň s sebou nese i určité finanční náklady. Z ekonomického hlediska implementace navrhovaných bezpečnostních opatření v technickém potápění představuje nezanedbatelnou finanční investici. Největší položky by tvořily např. náklady na pořízení záložní výstroje (zejména záložního počítače) nebo náklady spojené s údržbou materiálu např. revize automatik a tlakových lahví, či tlaková zkouška suchého obleku, zatímco méně nákladná opatření souvisí s organizací SOP a výcvikem v běžných podmínkách. Výhodou však je, že mnoho z těchto opatření má dlouhodobý charakter a po jejich zavedení není třeba je opakovaně financovat ve stejném rozsahu.

Náklady na bezpečnostní opatření je nutné porovnávat s potenciálními důsledky nehody, s náklady na záchrannou operaci, léčbu dekompresní nemoci, právní důsledky nebo ztrátu života jsou vždy nesrovnatelně vyšší. Lidský život se nedá objektivně vyčíslit peněžní hodnotou. Zatímco lze určit výdaje na výcvik, výstroj nebo organizaci ponorů, důsledky závažné nehody, jako je trvalé postižení, invalidita nebo smrt představují nenahraditelnou ztrátu, která přesahuje jakékoliv finanční srovnání.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala posouzením rizik při technickém potápění, přičemž cílem bylo nejen identifikovat hlavní rizikové faktory, ale také navrhnout systémová opatření pro jejich eliminaci nebo zmírnění. Práce byla rozdělena do dvou základních částí teoretické a praktické.

V teoretické části byla představena specifika technického potápění a vymezeny klíčové rozdíly oproti potápění rekreačnímu. Následně byl podrobně popsán současný přístup k posouzení rizik. V práci se opírám mimo jiné o přístup Ferreriho a Caramanny, kteří upozorňují, že samotná technika nestačí, skutečné pochopení rizik vyžaduje širší pohled na celý systém potápění a jeho nejslabší článek: člověka.

Praktická část byla zaměřena na posouzení rizik pro modelový ponor k zatopenému mostu ve vodní nádrži Slezská Harta, kde potápěčský tým prováděl zanoření k zatopenému mostu v hloubce přibližně 50 metrů. Tento ponor poskytl ideální podmínky pro ověření navržených postupů a následné posouzení možných rizik spojených s jednotlivými fázemi přípravy.

V rámci přípravy byl vytvořen detailní checklist zaměřený na dvě klíčové fáze ponoru, a to předponorovou kontrolu a kontrolu těsně před samotným zanořením. Tento checklist sloužil nejen k ověření správného sestavení výstroje, ale také jako nástroj ke snížení pravděpodobnosti lidských chyb v kritických okamžicích. Následně na základě tohoto seznamu byla provedena identifikace dvaceti možných selhání a jejich příčin, přičemž důraz byl kladen na nejčastější a nejzávažnější scénáře, které mohou vést k ohrožení bezpečnosti potápěče.

Následně byla aplikována metoda FMEA na základě, které byly jednotlivým selháním přiřazeny hodnoty závažnosti, pravděpodobnosti výskytu a detekovatelnosti. Z analýzy vyplynulo pět nejkritičtějších rizik s nejvyšší hodnotou RPN, konkrétně se jednalo o selhání automatiky s hodnotou RPN 162, které bylo vyhodnoceno jako nejzávažnější riziko. Navržená opatření zahrnují pravidelný odborný servis dle doporučení výrobce, vizuální a funkční kontrolu před každým ponorem, důsledné vedení servisního záznamu a zejména výcvik potápěčů na krizové postupy při selhání primární automatiky, včetně sdílení plynu s partnerem. Jako další vysoké riziko představuje porucha kompenzátoru vztaku s RPN 160, což může vést k nekontrolovanému výstupu nebo sestupu. Důraz byl kladen na pravidelnou údržbu, pečlivou kontrolu inflátorové hadice, ventilů a celistvosti materiálu. Klíčové je

rovněž zaškolení potápěče ve využití záložního vztlaku pomocí suchého obleku. Dále bylo identifikováno riziko prasklé hadice s RPN 128, jehož následky mohou být vážné zejména v hloubkách a uzavřených prostorech. Mezi doporučená navrhovaná opatření patří pravidelná výměna hadic v intervalu 3–4 let, vizuální kontrola před ponorem a používání ochranných prvků, jako jsou návleky nebo úchyty. Zásadní je správná manipulace s hadicemi a prevence jejich poškození. Dalším rizikem je neoznačená lahev s RPN 126, které bylo identifikováno jako jedno z organizačních selhání, jež může vést k záměně plynů. Navrhovaným opatřením je dvojí kontrola směsi, dvěma různými osobami a vzájemné potvrzení použité směsi během ponoru prostřednictvím jasných signálů. Posledním z pěti nejkritičtějších rizik je netěsnost ventilu s RPN 105, které může způsobit skryté úniky plynu. Navržená opatření spočívají v pravidelné kontrole a výměně O-kroužků z vhodného materiálu a pravidelná tlaková zkouška spojů před ponorem.

Z dosažených výsledků je zřejmé, že bezpečnost technického ponoru nelze zajistit pouze jedním opatřením, ale jejich kombinací, které se navzájem doplňují jako technická opatření, důsledné dodržování standardizovaných operačních postupů, či pravidelného výcviku se zaměřením na zvládnutí krizových situací.

Klíčovým prvkem je také kritický přístup k rutině, protože právě důvěra v zaběhnuté postupy bez aktuální kontroly může vést k přehlédnutí varovných signálů. Pravidelná zpětná vazba v týmu, otevřená komunikace o chybách a ochota přiznat si limity jsou proto stejně důležité jako kvalitní technika.

V práci nebylo provedeno přesné finanční vyčíslení navržených opatření, neboť zásadním východiskem celé analýzy je fakt, že lidský život a zdraví nelze redukovat na ekonomickou hodnotu. V kontextu technického potápění, kde i drobná chyba může mít fatální následky, je jakékoli bezpečnostní opatření oprávněné bez ohledu na jeho cenu.

Zásadním poznatkem práce je, že skutečně efektivní řízení rizik je dynamický a dlouhodobý proces, který musí být přirozenou součástí každé fáze potápěčské činnosti od plánování přes realizaci až po debriefing. Z toho vyplývá potřeba další profesionalizace technického potápění, včetně kvalitního vzdělávání s důrazem na sdílení chyb potápěčů a poučení se z nich, standardizace postupů a budování bezpečnostní kultury napříč potápěčskou společností.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

APEKS. *Apeks*. Online. Dostupné z: <https://uk.apeksdiving.com>. [cit. 2025-29-04].

APNEAMAN. *Apneaman*. Online. Dostupné z: <https://apneaman.cz>. [cit. 2025-22-03].

ASTD. *Association of Sport and Technical Divers*. Online. Dostupné z: <https://astd.eu>. [cit. 2025-10-04].

BRUBAKK, Alf O. a NEUMAN, Tom S., *Bennett and Elliott's Physiology and medicine of diving*. 5th edition. Toronto: Saunders Elsevier, 2003. ISBN 978-0-7020-2571-6.

CARAMANNA, Giorgio a STRICKLAND, Brian. *Risk Management for Diving Operations: How to Enhance the Safety and Proficiency of Diving Teams*. International Academy of Underwater Sciences and Techniques, 2023. ISBN 979-8-9883996-1-2.

ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. *ČSN EN 1089-3 Lahve na přepravu plynů – Označování lahví na plyny*. Brno: Český normalizační institut, 2012.

ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. *ČSN EN 24801-1 Služby v rekreačním potápění*. Praha: Český normalizační institut, 2023.

ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. *ČSN EN 250 (832242) Dýchací přístroj*. Praha: Český normalizační institut, 2014.

ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. *ČSN ISO 31000:2018 – Management rizik – Směrnice pro řízení rizik*. Praha: Český normalizační institut, 2018.

DAN EUROPE. *Divers Alert Network Europe*. Online. Dostupné z: <https://www.daneurope.org/cs/home>. [cit. 2025-11-04].

Delphin Sub. *Služby*. Online. Dostupné z: (https://www.delphinsub.cz/sluzby/?utm_source=chatgpt.com). [cit. 2025-11-04].

DEWI NUSANTARA. *A brief overview of the 1/3 rule in diving* Online. Dostupné z: <https://dewi-nusantara.com/2024/07/a-brief-overview-of-the-1-3-rule-in-diving>. [cit. 2025-11-04].

DTD. *Dare To Dive: Příručka ke kompenzátoru vztlaku*. Online. Dostupné z: http://www.daretodive.eu/wp-content/uploads/2020/05/navod_2020.pdf. [cit. 2025-30-04].

FERRERI, Claudio Gino. *Scuba Diving Operational Risk Management: An SAS Approach to Principles, Techniques and Application*. Dived Up Publications, 2024. ISBN 978-1-909455-50-4.

GARMIN. *Descent X50i – Uživatelská příručka*. Online. Dostupné z: https://www8.garmin.com/manuals/webhelp/GUID-D6BA1847-E20D-4241-B08C-DF0D8B052B28/CS-CZ/Descent_X50i_OM_CS-CZ.pdf. [cit. 2025-10-04].

GUE. *Global Underwater Explorers*. Online. Dostupné z: <https://www.gue.com>. [cit. 2025-10-04].

HUTŇAN, Daniel; HOCHMUTH, Zdenka; HOVORKA, Jiří; JAKOUBEK, Miroslav a PHILLIPS, Bil. *Cave diving manual*. Praha: Galén, 2018. ISBN 978-80-7492-390-6.

IANTD. *International Association of Nitrox and Technical Divers*. Online. Dostupné z: <https://iantd.com>. [cit. 2025-11-04].

ISO Certifikace a ESG. *ISO 9001 FMEA*. Online. Dostupné z: https://iso-certifikace.cz/iso-9001/fmea/#3_Systemova_FMEA_SFMEA. [cit. 2025-11-04].

KUDYZNUDY.CZ. *Vodní nádrž Slezská Harta*. Online. Dostupné z: <https://www.kudyznudy.cz/aktivity/vodni-nadrz-slezska-harta>. [cit. 2025-10-04].

MOLCHANOV. *What is Freediving?* Online. Dostupné z: <https://molchanovs.com/blogs/latest/what-is-freediving>. [cit. 2025-11-04].

NAVSEA. *U.S. Navy Diving Manual*. Online. Dostupné z: <https://www.navsea.navy.mil>. [cit. 2025-05-04].

NITROX MAGAZINE. *Nitrox Magazine – IANTD*. Online. Dostupné z: <https://nitroxmagazine.iantd.com>. [cit. 2025-10-04].

NOVOMESKY, František; RYBÁŘOVÁ, Veronika a TOKLU, Akin Savaş. *Potápačská medicína*. 3. vydanie. Martin: Osveta, spol. s. r. o., 2024. ISBN 978-80-8063-531-2.

OCTOPUS CB. *Plyny v Potápění*. Online. Dostupné z: <http://www.octopus-cb.cz/otazky-a-odpovedi/o-pristrojovem-potapeni/plyny-v-potapeni.html>. [cit. 2025-22-03].

SLEZSKÁ HARTA. *Historie mikroregionu*. Online. Dostupné z: <https://slezskaharta.cz/o-mikroregionu/historie-mikroregionu>. [cit. 2025-05-04].

STRANY POTÁPEČSKÉ. *Úvodník*. Online. Dostupné z: <https://stranypotapecske.cz/uvodnik/default.asp>. [cit. 2025-10-04].

SUBSURFACE. *Subsurface – dive log and dive planner*. Online. Dostupné z: <https://subsurface-divelog.org>. [cit. 2025-05-04].

TDI/SDI. *Scuba Diving International*. Online. Dostupné z: <https://www.tdisdi.com/sdi/?lang=cs>. [cit. 2025-11-04].

TECHNICAL DIVER. *Tech diving equipment*. Online. Dostupné z: <https://thetechnicaldiver.com/tech-diving-equipment/>. [cit. 2025-11-04].

VIRT, Roman. IANTD CENTRAL EUROPE NITROX MANUAL. PRAHA: Galén, 2011.

WIENKE, Bruce R. *Technical Diving in Depth*. USA: Best Publishing Company, 2001. ISBN 0-941332-97-7.

MINISTERSTVO OBRANY. *Vojenské potápění Žen-24-6*. Praha, 2019.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Přilba bratrů Deaneových přetvořená Augustem Siebem	13
Obrázek 2: Freediving.....	15
Obrázek 3: Technické potápění.....	23
Obrázek 4: Vodní nádrž Slezská Harta	33
Obrázek 5: Checklist první fáze kontroly	43
Obrázek 6: Checklist druhá fáze kontroly.....	43

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Složení dýchacích směsí pro potápění	24
Tabulka 2: Plán spotřeby plynů	38
Tabulka 3: Dekompresní zastávky	38
Tabulka 4: Krizové scénáře a jejich řešení	39
Tabulka 5: Kontrolované prvky výstroje	40
Tabulka 6: Identifikace možných selhání a příčin	44
Tabulka 7: Analýza FMEA	46

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

°C	Stupeň celsia
ANTD	International Association of Nitrox and Technical Divers
AOWD	Advance Open Water Diver
ASTD	Association of Sport and Technical Divers
ATA	Absolutní tlak
CMAS	Confédération Modiale des Activités Subaquatiques
CNS	Centrální nervový systém
CO₂	Oxid uhličitý
CWT/CNF	Konstantní zátěž
ČSN	České technické normy
DAN	Divers Alert Network Europe
DCS	Decompression sickness
DPV	Diver Propulsion Vehicle
DYN/DNF	Dynamická apnoe
DTD	Dare To Dive
EAN	Enriched Air Nitrox
EDS	European Diving School
FIM	Volný ponor
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis
GF	Gradient Factors
GUE	Global Underwater Explorers
HPNS	High-Pressure Nervous Syndrome
IANTD	International Association of Nitrox and Technical Divers
ISO	International Organization for Standardization
MOD	Maximum Operating Depth
NAUI	National Association of Underwater Instructors
NAVSEA	Naval Sea Systems Command
NLT	No limits
OWD	Open Water Diver
PADI	Proffesional Association of Diving Instructors
PHe	Helium
PN₂	Dusík

PO₂	Kyslík
PPO₂	Partial Pressure of Oxygen
RGBM	The Reduced Gradient Bubble Mode
RMV	Respiratory Minute Volume
RPN	Risk Priority Number
SAS	Systematic Approach to Safety
SCUBA	Self Contained Underwater Breathing
SDI/TDI	Scuba Diving International / Technical Diving International
SMB	Surface Marker Buoy
SOP	Standard Operating Procedures
SSI	Scuba Schools International
STA	Statická apnoe
SWIFT	Structured What-If Technique
U.S. Navy	United States Navy
VPM	Variable Permeability Model
VWT	Variabilní zátěž
ZHL	Zürcher-Hugenschmidt-Lang model
Žen	Ženijní