



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Vliv fyziologických parametrů hasiče
na spotřebu vzduchu a možnosti
prodloužení ochranné doby dýchacího
přístroje**

**The Impact of Firefighter's Physiological
Parameters on the Air Consumption
and the Possibilities of the Breathing
Apparatus's Usage Time Prolongation**

Diplomová práce

Studijní program:

Civilní nouzové plánování

Autor diplomové práce:

Bc. Dušan Plodr

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Mgr. Hynek Černý, MBA

Kladno 2022



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Plodr** Jméno: **Dušan** Osobní číslo: **478127**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Civilní nouzové plánování**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Vliv fyziologických parametrů hasiče na spotřebu vzduchu a možnosti prodloužení ochranné doby dýchacího přístroje

Název diplomové práce anglicky:

The Impact of Firefighter's Physiological Parameters on the Air Consumption and the Possibilities of the Breathing Apparatus's Usage Time Prolongation

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude výzkum faktorů, které mají vliv na objem spotřeby vzduchu hasiče při použití dýchacího přístroje. V teoretické části bude popsáno složení atmosféry, fyziologie dýchání, druhy dýchacích přístrojů a ochranné protichemické obleky. Posouzen bude vliv těchto prostředků na nositele, způsob jejich možného nasazení a čas, po který chrání svého uživatele. V praktické části bude při zátěžových testech s použitím vzduchových izolačních dýchacích přístrojů měřena ve cvičném polygonu celková i minutová spotřeba dýchacího média všech testovaných. Výsledky budou porovnány s tělesnou hmotností účastníků, jejich fyzickou kondicí a věkem. Bude určeno, jaký vliv mají tyto faktory na množství spotřebovávaného dýchacího média. Výstupem práce bude navržení možností vedoucích k prodloužení ochranné doby izolační dýchací techniky, zejména při jejím použití v protichemickém ochranném obleku, používaném při zásazích s nebezpečím kontaminace CBRN látkami.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ŠÍN, Robin, *Medicína katastrof*, ed. 1, Praha: Galén, 2017, ISBN 978-807-4922-954
- [2] PITSCHMANN, V. a kol, *Chemické zbraně a ochrana proti nim*, MANUS Praha, 2011, 224 s., ISBN 978-80-86571-09-6
- [3] SLAVÍKOVÁ, Jana, Jitka ŠVÍGLEROVÁ, *Fyziologie dýchání*, Praha: Karolinum, 2012, ISBN 978-802462-065-7

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

kpt. Ing. Mgr. Hynek Černý

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

MUDr. Stanislav Brádka, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: **04.10.2021**

Platnost zadání diplomové práce: **22.09.2023**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Vliv fyziologických parametrů hasiče na spotřebu vzduchu a možnosti prodloužení ochranné doby dýchacího přístroje vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 25.04.2022

.....
Bc. Dušan Plodr

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu mé práce panu Ing. Mgr. Hynkovi Černému, MBA za odbornou pomoc, cenné rady a za trpělivost, se kterou se mi v průběhu psaní mé práce věnoval.

Dále bych rád poděkoval MUDr. Stanislavu Brádkovi za možnost odborné konzultace a příslušníkům směny C z požární stanice Beroun, kteří nad rámec svých povinností podstoupili testování s použitím dýchacího přístroje a ochranného protichemického přetlakového obleku a poskytli mi tím potřebné údaje o své spotřebě dýchacího média.

ABSTRAKT

Cílem mé diplomové práce je výzkum vlivu faktorů, které ovlivňují množství dýchacího média spotřebovávaného při použití vzduchového izolačního dýchacího přístroje a výzkum možností vedoucích k prodloužení ochranné doby dýchací techniky. Jako hlavní kritéria, u kterých byl předpoklad, že mají vliv na velikost spotřeby vzduchu, byly určeny tělesná hmotnost uživatele, objektivně změřená úroveň fyzické zdatnosti a věk.

Teoretická část práce se zabývá složením atmosféry, fyziologií dýchání, výměnou dýchacích plynů a vlivem izolačního dýchacího přístroje na svého uživatele. Je zmapován postupný vývoj dýchacích přístrojů používaných jednotkami požární ochrany, jejich schopnost poskytovat nositeli dýchací techniky účinnou ochranu v nedýchatelném prostředí, i vliv na dýchací cesty nositele. Pozornost je věnována také použití ochranných protichemických plynotěsných přetlakových obleků, které je nutné použít v kombinaci s dýchacím přístrojem. Doba možného použití těchto obleků v prostoru s výskytem nebezpečných chemických látek je ovlivněna spotřebou vzduchu každého hasiče ještě výrazněji než u samotné dýchací techniky, a to vzhledem k nutnosti následné dekontaminace.

V praktické části je proveden rozbor spotřeby vzduchu všech příslušníků Hasičského záchranného sboru Středočeského kraje (dále jen „HZS SČK“) z územního odboru Beroun, skládajícího se z požárních stanic Beroun a Hořovice. Měření je provedeno ve cvičném polygonu v areálu požární stanice Příbram, na stejné překážkové dráze, tak aby byly výsledky maximálně objektivní. Je zaznamenána celková spotřeba vzduchu každého účastníka potřebná ke zdolání trati, změřen nutný čas k absolvování a spočtena průměrná minutová spotřeba. Výsledky jsou porovnány s hmotností každého jednotlivce,

jeho fyzickou zdatností a věkem. Tedy s faktory, u kterých bylo předpokládáno, že mají nejvýraznější vliv na spotřebu vzduchu každého hasiče.

Klíčová slova

Dýchací přístroj; spotřeba vzduchu; tlakové lahve; ochranný protichemický oblek; fyziologie dýchání; zemská atmosféra; toxické látky.

ABSTRACT

The aim of my diploma thesis is a study of an impact of factors influencing the quantity of breathing medium consumed by usage of the air insulating breathing apparatus, as well as a study of prolongation possibilities of the safety period of a breathing equipment. The main criteria, where the assumption of influencing the air usage quantity is, are set as: the user's body weight, the objectively measured level of physical condition and the age.

The theoretical part of the study looks into the composition of the atmosphere, the physiology of breathing, the exchange of breathing gases and into the impact of the insulating breathing apparatus on its user. There is mapped a gradual progress of breathing apparatuses used by fire rescue units, their ability to provide the user of breathing equipment the effective protection in unbreathable surroundings, as well as an impact on the air passages of its user. The attention is also paid to the usage of protective anti-chemical pressurized clothes, that is necessary to be used in combination with the breathing apparatus. The time of possible usage of these protective clothes in surroundings with occurrence of dangerous chemical substances is influenced by the air consumption of each of the fire fighters even more than within the breathing equipment, given the fact of the consequent decontamination necessity.

In the practical part, there is done an analysis of the air consumption of all the members of the Fire Rescue Service of the Central Bohemia region (further „FRS CBR“) from the local division in Beroun, including the fire stations Beroun and Hořovice. The measurement was taken in the training polygon of the fire station in Příbram, on the same obstacle course, so to secure the results are the most objective. There was monitored a total air consumption of each of the participants needed for the track conquering, measured the needed time to finish the track and calculated the average minute consumption. The results are

compared with the weight of each individual, his/her physical condition and the age. So with the factors that was assumed to influence the most the air consumption of each fire fighter.

Keywords

The breathing apparatus; the air consumption; the pressure cylinder; protective anti-chemical clothes; the physiology of breathing; the Earth's atmosphere; toxic substances.

Obsah

1	ÚVOD	12
2	CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY	14
3	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU	16
3.1	Zemská atmosféra a její složení	17
3.1.1	Dusík N ₂	18
3.1.2	Kyslík O ₂	18
3.1.3	Argon Ar.....	18
3.1.4	Oxid uhličitý CO ₂	19
3.1.5	Vodík H.....	19
3.1.6	Síra S.....	20
3.2	Vrstvy atmosféry	20
3.3	Atmosférický tlak.....	21
3.4	Fyziologie dýchání	22
3.4.1	Vnější dýchání.....	23
3.4.2	Vnitřní dýchání.....	24
3.4.3	Hypoxie a hyperoxie.....	25
3.4.4	Spotřeba vzduchu	26
3.4.5	Krev	27
3.5	Pracovní dýchací přístroje	27
3.5.1	Autonomní dýchací přístroje	29
3.5.2	Neautonomní dýchací přístroje.....	29
3.5.3	Filtrační dýchací přístroje.....	30
3.5.4	Izolační dýchací přístroje	31

3.5.5	Nepřetlakové izolační dýchací přístroje a jejich činnost	35
3.5.6	Přetlakové izolační dýchací přístroje.....	37
3.6	Tlakové lahve.....	39
3.7	Aerotest	43
3.8	Vzduchový dýchací přístroj Dräger.....	45
3.9	Ochranné protichemické obleky.....	47
3.10	Fyzická připravenost hasičů.....	55
3.11	Cvičný polygon pro uživatele dýchacích přístrojů.....	57
3.11.1	Přípravná místnost.....	58
3.11.2	Zátěžová pracovní místnost.....	58
3.11.3	Cvičební místnost.....	61
3.11.4	Řídící stanoviště.....	64
4	METODIKA	65
5	VÝSLEDKY	69
5.1	Testování ve cvičném polygonu.....	70
5.2	Cvičné testování v dýchacím přístroji Dräger PA 94.....	77
5.3	Testování s použitím dýchacího přístroje Saturn S7	83
5.4	Měření spotřeby vzduchu při použití protichem. ochranného obleku. 85	
5.5	Zkouška maximální spotřeby vzduchu	89
5.6	Zkouška spotřeby vzduchu při nastavení shodné zátěže	91
6	DISKUZE.....	95
7	ZÁVĚR.....	104
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	106
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	107

10	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKU	110
11	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	112
12	SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ	113

1 ÚVOD

Za dobu mého téměř dvacetiletého působení u HZS SČK jsem se setkal s několika typy izolačních dýchacích přístrojů. Podobně jako většina techniky a technických prostředků, prošly i dýchací přístroje přirozeným vývojem, v jehož důsledku se dýchací technika stala uživatelsky podstatně pohodlnější, vlivem náhrady ocelových lahví za kompozitní výrazně lehčí a stále novými typy ochranných prvků pro uživatele i bezpečnější. Zvýšením plnicího tlaku lahví, ve kterých je skladováno dýchací médium, došlo také k prodloužení doby, po kterou dýchací přístroj poskytuje uživateli ochranu v podobě čistého vzduchu v toxickém nebo jinak nedýchatelném prostředí.

Převážnou část z mé pracovní kariéry, kterou jsem celou strávil jako výjezdový hasič na požární stanici Beroun, zastávám funkci hasiče – technika chemické služby. Z této pozice, kdy je jednou z mých hlavních pracovních povinností kontrola, údržba, měření a zajištění připravenosti a akceschopnosti dýchací techniky, pozoruji neustálý pokrok ve většině měřitelných parametrů dýchacích přístrojů. Používaná technika dospěla do stavu zdánlivé dokonalosti, avšak ani to nemá vliv na značné rozdíly v množství spotřebovávaného vzduchu mezi jednotlivými příslušníky Hasičského záchranného sboru (dále jen „HZS“). Nejmodernější dýchací přístroje, které mají mnohem nižší hmotnost a výrazně vyšší uživatelský komfort než technika používaná před několika desítkami let, dokázaly snížit spotřebu vzduchu u všech uživatelů a prodloužit dobu možného nasazení v nebezpečném prostředí. Přesto však velmi často dochází u reálných zásahů jednotek požární ochrany k situacím, kdy některý ze zasahujících hasičů spotřebuje pohotovostní zásobu vzduchu v tlakové lahvi výrazně dříve než zbytek družstva a při dosažení kriticky nízké hodnoty, kterou oznamuje pískání varovné píšťaly, je nucen opustit místo zásahu. To mnohdy vede k nutnosti přerušení nebo dočasnému omezení záchranných prací i v situaci, kdy ostatní

nasazení hasiči mají ještě k dispozici dostatečnou zásobu dýchacího média. Nebezpečí nedostatečného množství dýchacího média se výrazně zvyšuje zejména při použití protichemických přetlakových ochranných obleků, kdy spotřeba vzduchu vzrůstá vlivem zvýšené námahy i vyšší teploty uvnitř oděvu. Při těchto událostech je pak navíc nutné počítat ještě s časem na dekontaminaci obleku při opouštění nebezpečné zóny.

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

Cílem předložené diplomové práce je nalezení možností vedoucích k prodloužení ochranné doby dýchací techniky. Možnosti budou hledány jak v konstrukci dýchacích přístrojů a možném navýšení zásoby dýchacího média, tak i v připravenosti jejich uživatelů a zvýšení efektivnosti při jejich použití. Budou zkoumány faktory, které ovlivňují rozdílnou velikost spotřeby dýchacího média mezi jednotlivými hasiči při použití vzduchového izolačního dýchacího přístroje a určena jejich významnost. Výzkum se zaměří na zjištění velikosti spotřeby při prostém použití dýchacího přístroje i na velikost spotřeby při využití protichemického přetlakového obleku, jehož použití je možné pouze v kombinaci s dýchacím přístrojem. Pro měření je k zajištění maximální objektivity využit speciální cvičný polygon pro výcvik v dýchací technice a všichni testovaní tak absolvují měření ve srovnatelných podmínkách.

Podrobný výzkum má za cíl, s použitím přesně změřených hodnot, porovnat rozdíl ve spotřebě vzduchu mezi hasiči s vysokou fyzickou zdatností, s nadváhou, i s vyšším věkem oproti průměrné spotřebě a z těchto hodnot vyvodit závěr. U příčin, které je možné odstranit, nebo alespoň minimalizovat, je apelováno na změnu životosprávy, v jejímž důsledku by mělo dojít ke snížení hmotnosti některých příslušníků, nebo k omezení kouření.

Cílem je dosažení stavu, kdy budou všichni uživatelé při použití dýchacího přístroje dosahovat maximální pracovní výkonnost při nejnižší možné spotřebě dýchacího média, a tím dojde k prodloužení ochranné doby dýchací techniky. Dále si výzkum klade za cíl seřadit všechny zkoumané absolventy podle velikosti spotřeby vzduchu a při skladbě skupin i družstev přihlížet k této spotřebě. Výsledkem by měla být tvorba skupin a družstev hasičů se stejnou nebo podobnou spotřebou dýchacího média. Tím by došlo k minimalizaci

nasazení příslušníků s výrazně rozdílnou spotřebou v jedné skupině a s tím spojených možných komplikací, které mohou vést k nutnosti přerušení záchranných nebo likvidačních prací z důvodu vyčerpání zásoby vzduchu jednotlivcem s výrazně vyšší spotřebou, než jakou mají ostatní členové zášahové skupiny nebo družstva.

Práce zkoumá také vliv dýchacích přístrojů na organismus uživatele a popisuje jejich rozdělení. Pozorováno je také množství spotřebovaného vzduchu v závislosti na druhu použité dýchací techniky i individuálních dispozicích každého hasiče.

Před započítáním vlastního výzkumu byly stanoveny následující hypotézy:

1. Uživatelé dýchacích přístrojů s vysokou fyzickou zdatností budou při maximálním pracovním nasazení vykazovat nižší minutovou spotřebu dýchacího média, než zbytek testované skupiny (hypotéza se nepotvrdí).
2. Při použití moderního přetlakového dýchacího přístroje se u všech testovaných sníží průměrná minutová spotřeba vzduchu oproti použití staršího nepřetlakového dýchacího přístroje (hypotéza se potvrdí).
3. Při použití dvoumontáže pomocí „T“ spojky, která umožňuje osazení dýchacího přístroje dvěma standardními lahvemi současně, dojde u zásahu v ochranném protichemickém obleku vlivem nárůstu nesené hmotnosti k značnému zvýšení minutové spotřeby dýchacího média a nedojde tak k výraznému prodloužení ochranné doby dýchacího přístroje (hypotéza se nepotvrdí).
4. Hasiči s vyšším věkem budou vykazovat při zátěži větší minutovou spotřebu vzduchu než mladší kolegové (hypotéza se nepotvrdí).

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

Respirace je po celou dobu evoluce až do dnešní doby vůbec nejdůležitější potřebou každého člověka. V případě zástavy dechu je každý jedinec okamžitě ohrožen na životě. Dýcháním je výměna plynů mezi organismem a okolním prostředím. Při nádechu člověk nasává vzduch s přibližným obsahem 21 % kyslíku, který je nutný pro zajištění fungování buněk a tkání. Lidské tělo je schopno využít 3-4 % tohoto kyslíku, které jsou při výdechu nahrazeny stejným množstvím oxidu uhličitého, který je odpadním produktem lidského metabolismu.

Řídící dechové centrum je uloženo v prodloužené míše, odkud dává pomocí neuronů signály ke způsobu a frekvenci dýchání. Při vzrůstající zátěži roste i množství potřebného kyslíku, které je zajišťováno zvýšením dechové frekvence. Neurony přenášejí z řídicího centra i signály, které ovlivňují roztahování a stlačování hrudního koše i plic. Při nádechu jde zejména o bránici a vnější mezižeberní svaly. U výdechu jsou při standartním dýchání svaly pasivní, při námaze se aktivují svaly mezižeberního lisu a vnitřní mezižeberní svaly.

K využití kyslíku dochází v plicích, odkud se přenáší do krve. Ta jej transportuje oběhovým systémem po celém organismu. Oproti tomu oxid uhličitý se vylučuje do plic a při výdechu do okolí. Celé dýchání probíhá většinou zcela automaticky. I tak však lze dýchání do určité míry ovlivnit vědomě, ať už zrychlením nebo zpomalením dechu, tak třeba i jeho dočasným zadržením [1].

Dýchání je typické pro aerobní organismy, jejichž buňky využívají kyslík k výrobě adenosin trifosfátu (ATP). Zdrojem kyslíku nemusí být pouze vzduch, tak jak je tomu v případě suchozemských živočichů, ale také voda. Suchozemské organismy využívají k dýchání plíce, vodní pak žábry.

Mezi vdechové svaly člověka patří zejména bránice, oddělující hrudní dutinu od břišní. V plicních sklípcích kyslík přestupuje do krve pomocí difuze, kdy má v odkysličené krvi nižší parciální tlak. Naopak oxid uhličitý díky vyššímu parciálnímu tlaku uniká z kapilár. Dýchacím pigmentem využívajícím k přenosu kyslíku krve je hemoglobin v červených krvinkách. Každá molekula hemoglobinu může nést čtyři molekuly kyslíku [2].

3.1 Zemská atmosféra a její složení

Atmosféra je vrstva plynů obklopující naši planetu. Na svém místě je udržována zemskou gravitací. Nad rámec dýchání má atmosféra ochrannou úlohu před kosmickou a sluneční radiací. Snižuje také teplotní rozdíly mezi dnem a nocí. Atmosféra s přibývajícím vzdáleností od zemského povrchu řídne a plynule přechází do vesmíru, aniž by měla pevnou hranici. Většina atmosférické hmoty leží do 10 km nad povrchem Země. Vzdálenost 100 km od zemského povrchu bývá označována jako začátek vesmírného prostoru, ačkoli se nejedná o konec horních vrstev atmosféry a začátek vesmírného vakua. Stejně jako planeta Země, i její atmosféra prošla dlouhým postupným vývojem s řadou změn v jejím složení. Pro život v dnešní podobě byl rozhodujícím faktorem nárůst koncentrace kyslíku. K tomu došlo v souvislosti s rozšířením zelených řas v oceánech, které produkují kyslík v důsledku fotosyntézy. Původní zemská atmosféra byla pro život v dnešní podobě zcela toxická. Atmosféra se v blízkosti zemského povrchu skládá z cca 78 % dusíku, cca 21 % kyslíku a cca 1 % vzácných plynů, z nichž má největší zastoupení argon. V koncentraci cca 0,03 % je obsažen oxid uhličitý, který je při dýchání odpadním produktem lidského metabolismu [3, 4].

3.1.1 Dusík N₂

Dusík je nejvýznamnější složkou zemské atmosféry. Jde o bezbarvý plynný prvek, který je sám o sobě lehčí než vzduch, jehož je převážnou součástí. Dusík nepodporuje dýchání ani hoření, nemá žádnou z nebezpečných vlastností a pro člověka ani chuť a zápach. V atmosféře je zastoupen dvouatomovými molekulami. 97 % hmotnosti veškerého dusíku v atmosféře je tvořeno oxidem dusným (N₂O), který je nejběžnější složkou dusíku v atmosféře [3].

3.1.2 Kyslík O₂

Kyslík je s 21 % druhou nejhojnější složkou vzduchu. Jde o plynný prvek, který je podmínkou života na Zemi v nám známé podobě. Při jeho dlouhodobém dýchání ve vysokých koncentracích při běžném tlaku však způsobuje u člověka poškození plic. Kyslík je bezbarvý plyn, který má mírně větší hmotnost než vzduch a podporuje hoření. Jeho přítomnost je nezbytná ke spalování fosilních paliv. V podobě tříatomové molekuly – ozónu, má zaznamenanatelný zápach, běžná atmosférická dvouatomová molekula je bez zápachu. Jde o velmi reaktivní prvek, ve vysokých koncentracích hrozící nebezpečím prudkého hoření nebo výbuchu. Kyslík tvoří 90 % hmotnosti vody, obrovské množství je obsaženo ve sloučenině s vodíkem v oceánech, které pokrývají 70 % povrchu Země. Zdrojem kyslíku je fotosyntéza suchozemských i mořských zelených rostlin a fytoplanktonu [3].

3.1.3 Argon Ar

Argon je prvek, který bývá řazen do skupiny vzácných plynů, které tvoří cca 1 % zemské atmosféry. Přes 90 % množství těchto vzácných plynů tvoří právě argon, jeho přesný obsah v atmosféře je 0,93 %. Jde o málo reaktivní plyn bez chuti a zápachu. Oproti hlavním složkám atmosféry má argon výrazně vyšší

relativní atomovou hmotnost. V průmyslu bývá využívána jeho netečnost, na běžné dýchání nemá téměř žádný vliv [3].

3.1.4 Oxid uhličitý CO₂

CO₂ je plyn bez barvy, těžší než vzduch, při vyšších koncentracích má nakyslou chuť. Při dýchání většiny živočichů je konečným produktem metabolické přeměny živin. V zelených rostlinách je nezbytný při fotosyntéze. Pro živočichy je nedýchatelný a při vyšších koncentracích může způsobit ztrátu vědomí až smrt. Jeho množství v atmosféře je 0,03 % a roste, zejména vlivem lidské činnosti, nejvíce průmyslovými emisemi [6].

3.1.5 Vodík H

Vodík tvoří převážnou část hmoty ve vesmíru. Jde o plyn, který je nejlehčím a nejjednodušším prvkem, bezbarvý, bez chuti a zápachu. Vodík je mnohonásobně lehčí než vzduch, cca 14krát. Nepodporuje hoření, ale sám je hořlavý. Jde o jediný prvek, jehož izotopy mají vlastní značky a chemické názvy. Běžný vodík – H se nazývá protium a je složen z jednoho elektronu v atomovém obalu a z jednoho protonu v jádře. Jedná se o nejjednodušší atom ve vesmíru. V takovéto podobě se vodík vyskytuje v drtivé převaze. Deuterium – 2H je izotop, který má na rozdíl od protia navíc v atomovém jádře jeden neutron. Jedná se o přirozený izotop, zastoupený ale v nepatrné koncentraci. Jen cca jeden atom vodíku z 10 000 má v jádře neutron a je deuteriem. Izotop 3H- tritium, je většinou uměle vytvořen a v nejnižších vrstvách atmosféry se přirozeně téměř nevyskytuje. V atomovém jádru má dva neutrony a je nestabilní. Jde o β zářič, avšak s minimální nebezpečností. Deuterium a tritium se využívají v jaderné fyzice. Mají vyšší atomovou hmotnost než běžné protium. Deuterium přibližně dvojnásobně, tritium trojnásobně. Plynný vodík se přirozeně vyskytuje v podobě dvouatomových molekul H₂, elementární vodík je zastoupen minimálně.

Jde o základní stavební prvek celého vesmíru, který je však v čisté podobě výbušný, což bylo např. příčinou konce plnění vzducholodí a létajících balónů vodíkem. Vhodný je naopak díky své nízké hustotě k hloubkovému potápění, kde se využívají směsi kyslíku, vodíku a helia. V atmosféře se vodík nachází převážně jako voda, která může mít pevné, kapalné, nebo plynné skupenství [3, 4].

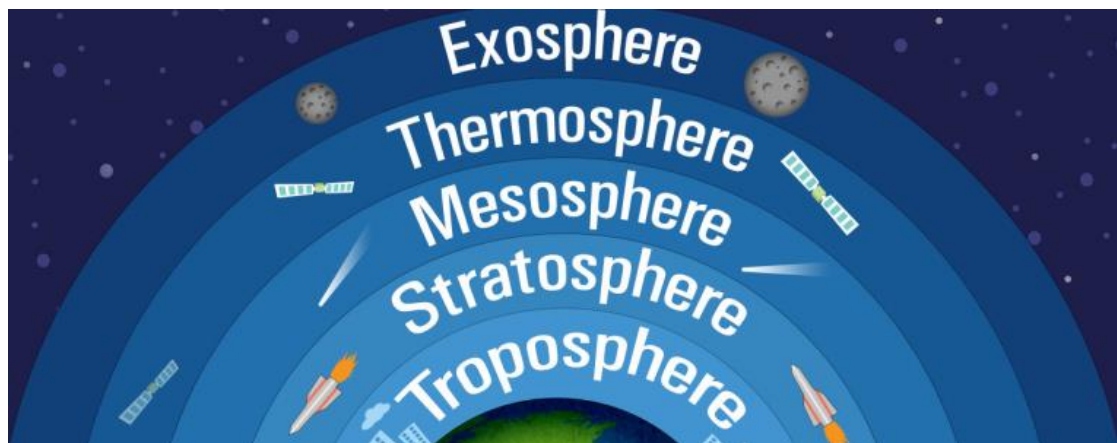
3.1.6 Síra S

V atmosféře se síra vyskytuje především v podobě oxidu siřičitého a oxidu sírového v důsledku vulkanické činnosti a spalování některých fosilních paliv, zejména uhlí a ropy. Oxid siřičitý je jedním z největších znečišťovatelů atmosféry. V reakci s vodní párou je pak i základem pro vznik kyseliny siřičité a kyseliny sírové, které zapříčiňují kyselé deště s devastujícím vlivem na vegetaci. V čisté podobě se síra vyskytuje v okolí sopek a minerálních pramenů [3].

3.2 Vrstvy atmosféry

Zemská atmosféra není ve všech vrstvách totožná, viz obrázek 1, a v různých výškách od povrchu Země má odlišné složení a panují v ní i značně rozdílné teploty. Nejnižší vrstvou atmosféry je troposféra, která v oblastech kolem rovníku sahá až do výše 18 km. V oblastech obou zemských pólů je její výše okolo 7 km. Průměrná teplota v troposféře je 14 °C a platí zde známý fakt, že s přibývajícím nadmořskou výškou klesá teplota. Na každých 100 metrů výšky o 0,6 – 0,7 °C. Navazující vrstvou je stratosféra, která sahá do vzdálenosti 60 km od zemského povrchu. Zde naopak s nadmořskou výškou teplota vzrůstá. Součástí této části atmosféry je ve výšce od 25 do 30 km ozónová vrstva, ve které je výrazně vyšší koncentrace tříatomového kyslíku – ozónu, oproti běžnému kyslíku s dvěma atomy. Další vrstvou je mezosféra, zaujímající prostor od stratosféry do výše 80 – 85 km. S nadmořskou výškou zde teplota klesá.

Do vzdálenosti cca 650 km od povrchu Země sahá termosféra, ve které teplota stoupá s nadmořskou výškou. Většina této vrstvy se již nachází ve vesmírném prostoru, za jehož hranici považujeme vzdálenost 100 km od Země. Od konce termosféry do vzdálenosti, ve které stále ještě převažuje gravitační působení Země, se nachází exosféra, ve které je konstantní teplota. Tato vrstva atmosféry má horní hranici ve výšce přes 10 000 km nad povrchem naší planety [3, 5].



Obrázek 1 – Vrstvy zemské atmosféry [7]

3.3 Atmosférický tlak

Hodnota atmosférického tlaku na úrovni moře je při teplotě 0 °C 101 325 Pa. S nadmořskou výškou tlak v troposféře klesá, což je možné pozorovat na ztíženém dýchání při pohybu ve vysokohorském terénu. Ve výšce 5 000 metrů nad mořem už je hodnota tlaku pouze poloviční. Atmosférický tlak je tvořen tíhou plynné atmosféry, která působí svou hmotností na zemský povrch a předměty. Se stoupající nadmořskou výškou tak působí nižší vrstva atmosféry a tlak přirozeně ubývá. Jednotlivé vrstvy atmosféry nemají ve všech zeměpisných polohách stejnou mocnost, a tak ani atmosférický tlak není ve srovnatelných podmínkách všude stejný [8].

3.4 Fyziologie dýchání

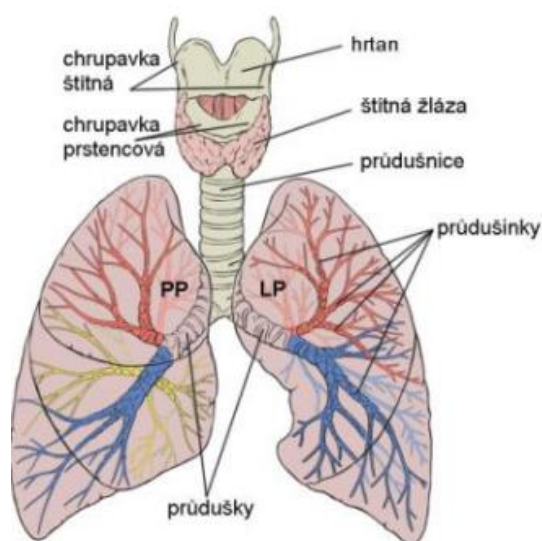
Pro zajištění fungování lidského organismu je dýchání zcela zásadní.

“Základní úlohou dýchacího systému je dopravit kyslík ze zevního prostředí do krve a produkováný oxid uhličitý z krve do zevního prostředí. Tento proces se skládá z ventilace a difúze. Ventilace je výměna plynů mezi plicními sklípkami a zevním prostředím a prochází skrze dýchací cesty složené z průdušnice a průdušek. Samotné proudění vzduchu jedním či druhým směrem je zprostředkováno činností dýchacích svalů. Jejich činností se mění hodnoty tlaku uvnitř hrudníku a potažmo v plicních sklípkách. Tyto tlakové rozdíly jsou hnací silou průtoku vzduchu z plic či dovnitř plic. Dýchací svaly jsou ovládány nervy mající své řízení v dýchacím centru v prodloužené míše mozku. Mezi krví a plicními sklípkami se plyny vyměňují difúzí a hnací silou jsou zde koncentrační rozdíly v obou prostorech. Tyto prostory (krevní cévy a plicní sklípky) odděluje tenká a pro plyny propustná tzv. alveolo-kapilární membrána. Selhání těchto funkcí označujeme jako respirační insuficience a následkem je ve větší či menší míře nedostatečné okysličení krve (hypoxémie) a následně orgánová hypoxie, ale též hromadění oxidu uhličitého (hyperkapnie), který negativně působí na funkci mozku a mění vnitřní prostředí (snižuje pH krve.) [9, s. 40-41]“.

Centrum dýchání, které je řídicím orgánem, reguluje také frekvenci dýchání podle koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého v krvi. Na vůli vědomí člověka je dýchání nezávislé, ačkoli lze vědomě měnit frekvenci dechu, a to jeho zadržet, nebo naopak zrychlit. Dýchání se rozděluje na vnější, kterým je výměna dýchacích plynů mezi organismem a okolním prostředím a vnitřní, které představuje rozvod kyslíku krevním oběhem k tkáním a následně k jednotlivým buňkám [9].

3.4.1 Vnější dýchání

Účelem vnějšího dýchání je transport vzduchu do plic, viz obrázek 2. K tomu dochází dýchacími cestami, kde dochází k úpravě teploty vzduchu na tělesnou teplotu, čištění vzduchu od mechanických nečistot i jeho zvlhčování. Dýchací cesty se dělí na horní a dolní. Horní dýchací cesty, kterými vzduch vstupuje do organismu, jsou tvořeny nosní dutinou, ústní dutinou a nosohltanem. Dolní dýchací cesty, kam vzduch následně putuje po průchodu cestami horními, se skládají z hrtanu, průdušnice a průdušek. Odtud vdechovaný vzduch putuje do plic, kde dýchací cesty mezi plicními sklípky pravé a levé plíce končí. Kapacita plic se pohybuje u mužů mezi 5 – 6 litry, u žen je mírně nižší. Vytrvalostní sportovci mají plicní kapacitu běžně okolo 7 litrů. Trénovaný člověk dokáže do plic vdechnout výrazně větší množství vzduchu a ty tak mohou odčerpat více kyslíku pro pracující svaly. Celková kapacita plic však není při dýchání nikdy využita. Při běžném klidném dýchání je nasáváno pouze okolo 0,5 litru vzduchu, což je hodnota běžného dechového objemu. Při maximálním úsilí můžeme navíc vdechnout 2 litry vzduchu nad rámec běžného dechového objemu. Tato hodnota se nazývá inspirační rezervní objem. Jedná se celkem cca o 2,5 litru vzduchu. Z klidové výdechové polohy lze vydechnout navíc cca 1,5 litru vzduchu, který tvoří expirační rezervní objem. K využití inspiračního a expiračního rezervního objemu dochází v momentě, kdy tělu nestačí běžný dechový objem. Nejčastěji při zvýšené fyzické námaze. I po usilovném výdechu zůstává v plicích určité množství vzduchu, které je nazýváno reziduálním objemem. Množství vzduchu, které lze vyměnit maximálním výdechem po maximálním vdechu je vitální kapacitou plic. Součet vitální kapacity a reziduálního objemu tak udává celkovou plicní kapacitu. Plíce jsou párovým orgánem. Pravá plíce má tři laloky, což je rozdíl oproti levé, která nechává v levé straně hrudního koše místo pro srdce a laloky má pouze dva [10].



Obrázek 2 – Dýchací cesty a plíce [11]

3.4.2 Vnitřní dýchání

Vnitřní dýchání začíná v plicních sklípcích – alveolách. Velikost jednotlivých alveol se pohybuje pouze okolo třech setin milimetru. Celková plocha těchto sklípků však u dospělého člověka přesahuje 80 m² a obtéká je obrovské množství cév. Kyslík obsažený ve vdechovaném vzduchu zde má vhodné podmínky navázat se na červené krvinky. Krevním oběhem je pak transportován k buňkám všech tkání v těle. Největším spotřebitelem kyslíku je u člověka mozek. Ačkoli se kyslík na červené krvinky neváže zdaleka tak účinně jako některé jiné látky (např. oxid uhličitý se váže 200–300krát účinněji a tvoří pevnější a stálější vazbu), jde za běžných okolností o spolehlivé zajištění dostatečného množství energie pro fungování buněk. Přenos kyslíku zabezpečuje hemoglobin – červené krevní barvivo. Při dýchání proniká vzduch s obsahem kyslíku do plicních sklípků, protkaných hustou sítí vlásečnicových cév. Tlakem se menší množství kyslíku rozpouští v krevní plazmě a krvinky se tímto kyslíkem nasytí. Okysličená krev je rozváděna do všech částí organismu, ve tkáních se dostává do kontaktu s buňkami a umožňuje látkovou výměnu.

Kyslík tak z krve přestupuje do tkání k buňkám, oxid uhličitý, který je odpadním produktem buněčné činnosti, je naopak navázán a odplavován zpět do plic, odkud je vydechnutím vyloučen do atmosféry. S dalším nádechem se pak kyslík opětovně váže na červené krvinky. Proces dýchání má za následek uvolňování tepla, což je důvodem naší tělesné teploty okolo 36,6 °C. Teplota vzrůstá při zvýšené fyzické námaze, kdy je organismus neustále se opakující koloběh dýchání pro zajištění dostatku kyslíku nucen zrychlit. Vydechovaný vzduch obsahuje bez ohledu na dechovou frekvenci standardních 78 % dusíku, 1 % vzácných plynů, ale pouze cca 17 – 18 % kyslíku. Chybějící cca 3 - 4 % jsou buňkami spotřebovány a nahrazeny odpadním oxidem uhličitým [10].

3.4.3 Hypoxie a hyperoxie

Nedostatečné okysličování buněk v tkáních se nazývá hypoxie. Taková situace může nastat v důsledku onemocnění jedince, které má za následek nedostatečnou funkci dýchacích orgánů nebo srdce, ale také z důvodu vnějších podmínek. Těmi mohou být nedostatek kyslíku v dýchané atmosféře, nebo ve směsi použité k plnění tlakové lahve dýchacím médiem, ale také přebytek oxidu uhličitého v dýchaném vzduchu nebo směsi. Důsledkem hypoxie může být zvýšená aktivita, ale mnohem častěji snížená pracovní výkonnost, unavenost a zhoršená koordinace pohybů. Běžný je takovýto stav při pobytu ve vysokohorském prostředí, kde je výrazně nižší tlak ve vzduchu.

Opakem hypoxie je otrava přebytkem kyslíku – hyperoxie. K její akutní formě může dojít již po několika desítkách minut při vysokém parciálním tlaku kyslíku. Typicky třeba při hloubkovém potápění s nevhodnou dýchací směsí. Chronická forma hyperoxie nastává při mnohadenní expozici v prostředí s mírně zvýšeným parciálním tlakem kyslíku. Jde o pomalý způsob otravy, který vede k otoku plic a následné poruše výměny dýchacích plynů. Důsledkem může být

až selhání dýchání. Projevy hyperoxie jsou sucho v dýchacích cestách, smyslové poruchy, závratě, dušnost a tunelové vidění [10].

3.4.4 Spotřeba vzduchu

V klidovém režimu, kdy člověk nevyvíjí žádnou aktivitu a dýchá běžnou frekvencí okolo patnácti nádechů za minutu, pohybuje se minutová spotřeba vzduchu pouze okolo 10 litrů. I v tomto režimu ale dochází ke spotřebě 600 litrů vzduchu za hodinu a 14 400 litrů za den. Taková spotřeba však postačuje pouze k přežití člověka v nečinnosti, nebo pokrytí jeho potřeby ve spánku. Reálně je však spotřeba vzduchu každého jedince výrazně větší a se zvyšující se zátěží dále vzrůstá. Při namáhavé činnosti pak několikanásobně. Výrazně rozdílnou spotřebu vzduchu pak má i každý jednotlivec. Rozdíl může být ještě více umocněn použitím dýchací techniky, což vede k velmi odlišným časům, po které je dýchací technika schopna jednotlivé nositele zásobovat dýchacím médiem. Faktory ovlivňujícími spotřebu dýchacího média při použití dýchací techniky jsou i zkušenosti s jejím použitím, psychická pohoda, nebo naopak stres uživatele, zdravotní stav a případné momentální indispozice a také teplota dýchaného média.

Dalším a mnohem výraznějším faktorem ovlivňujícím množství spotřebovaného dýchacího média je typ použitého dýchacího přístroje. U starší techniky, vybavené těžkými ocelovými lahvemi a méně pohodlným nosičem i upínacím systémem, je uživatel v mírném stresu už z pouhé nekomfortnosti a nepohodlnosti přístroje. Pokud jde o techniku s podtlakovou dýchací automatikou, vyžaduje pak mírné fyzické úsilí už samotné dýchání.

Rozdílná bývá i reakce jednotlivců na práci v prostředí s vysokou teplotou. Odolnější a zkušenější jedinci vykazují minimální obtíže i malý nárůst spotřeby vzduchu, u ostatních je však běžné zvýšení srdeční frekvence

a produkce potu pouze vlivem okolního tepla. Tepelná zátěž nezvyšuje srdeční frekvenci tolik jako zátěž pracovní, ale v kombinaci obou zátěží dochází k výraznému zvýšení spotřeby dýchacích plynů. Po určitém čase se poté organismus nedokáže zátěži přizpůsobit a přestane ji zvládat. Pod tíhou vnitřního vypětí organismu a okolní teploty reagují někteří jedinci sníženou pracovní výkonností a zvýšenou produkcí potu. Účelem pocení je odběr povrchové tělesné teploty a podpora ochlazování organismu [12].

3.4.5 Krev

Krev, která zajišťuje přenos dýchacích plynů, je tekutou tkání. V lidském těle jí koluje 5 – 6 litrů. Délka všech cév v těle, kterými krev rozvádí kyslík a odvádí CO₂ se u dospělého člověka pohybuje v závislosti na jeho velikosti mezi 150 000 – 250 000 km. Naprostou většinu této vzdálenosti tvoří nepatrné vlásečnice (kapiláry), které prostupují všemi oblastmi těla. Nejtenčí z nich mají pro usnadnění látkové výměny vnitřní rozměr pouze ve velikosti červené krvinky.

Největším příjemcem kyslíku je mozek. Proteče jím téměř jeden litr krve za minutu a spotřebuje celých 20 % kyslíku. Červené krvinky také odvádějí žilním systémem odpadní oxid uhličitý z celého těla zpět do plic. Zde začíná výměna plynů znovu jeho vydechnutím plícemi do atmosféry a následným nádechem, po kterém se kyslík z nasátého vzduchu opět váže na hemoglobin a koloběh se stále opakuje [13].

3.5 Pracovní dýchací přístroje

Dýchací přístroje slouží k ochraně svého uživatele v prostředí, ve kterém se vyskytují nebezpečné toxické látky, prach, nebo je zde vlivem různých okolností snížena standartní hladina kyslíku v atmosféře. Mohou být vyráběny

jako neautonomní přístroje, kdy je uživateli dodáváno dýchací médium prostřednictvím hadice, nebo v autonomní podobě, kdy není nositel limitován v pohybu délkou této hadice a zásobu dýchacího média si nosí s sebou v tlakové lahvi připevněné k dýchacímu přístroji. Oba typy přístrojů mohou být v rovnotlakém nebo přetlakovém provedení. Jednotky požární ochrany v České republice používají výhradně autonomní dýchací přístroje, tak aby hasiči nebyli při provádění záchranných a likvidačních prací omezeni v pohybu.

Při použití dýchacích přístrojů dochází k dodávce bezpečného dýchacího média a ochraně dýchacích cest před vnikem toxických látek. Bez použití dalších ochranných prostředků však při prostém použití nezajišťují bezpečí před toxickými látkami, které mají schopnost pronikat do organismu i jinými branami vstupu než dýchacími cestami. Může se jednat o běžné průmyslové škodliviny ve vyšších koncentracích, nebo super toxické bojové chemické látky vyvíjené k vojenským účelům. Při výrobě ultra toxických látek slouží běžné chemické průmyslové látky často jako prekursory. Velké množství těchto látek jsou jednotky Hasičského záchranného sboru České republiky schopny zaznamenat již při minimálních koncentracích pomocí detekčních trubiček, detekčních proužků a dalších analyzátorů. V takových případech je mnohdy nutné i při minimálních koncentracích použití izolačních dýchacích přístrojů v kombinaci s ochrannými protichemickými obleky schopnými odolávat působení agresivních chemických látek. Nejčastěji se zasahující jednotky setkávají s toxickými látkami při jejich úniku ze stacionárních zásobníků, nebo v případě havárií při jejich přepravě. Zcela vyloučit však nelze ani jejich cílené použití v případě teroristického útoku, kdy by mohly být použity jak běžné průmyslové škodliviny, tak i super toxické látky schopné letálních účinků i při minimálních koncentracích [14, 15, 16].

3.5.1 Autonomní dýchací přístroje

Tento typ přístrojů se vyrábí v provedení s otevřeným nebo uzavřeným dýchacím okruhem jako izolační dýchací přístroje. Pro oba modely je společná vlastní zásoba dýchacího plynu, která je skladována v tlakové láhvi. U přístroje s uzavřeným dýchacím okruhem je vydechnutý vzduch vrácen zpět do přístroje, kde dochází k zachytávání oxidu uhličitého a obohacování dýchací směsi o kyslík. Takto fungují kyslíkové dýchací přístroje, používané např. báňskou záchrannou službou při déletrvajících záchranných činnostech. Provedení může být v podobě s kapalným kyslíkem, vyvíjeným kyslíkem, nebo tlakovým kyslíkem.

Častěji používány jsou izolační dýchací přístroje s otevřeným dýchacím okruhem. Jedná se většinou o vzduchové dýchací přístroje, kdy uživatel při nádechu čerpá vzduch ze zásobníku, ale vydechovaný vzduch odchází do okolní atmosféry. Doba použití tohoto typu přístroje je výrazně kratší než u kyslíkového s uzavřeným okruhem, avšak v běžných podmínkách činnosti jednotek požární ochrany většinou poskytuje dostatečně dlouhou ochranu. Výhodou je pak zejména výrazně snadnější údržba a plnění tlakových lahví, které lze provádět téměř na každé stanici HZS.

Autonomními dýchacími přístroji jsou pak i všechny filtrační dýchací přístroje, používané k zachytávání různých konkrétních škodlivin podle druhu filtru. Takové přístroje však neposkytují ochranu při snížené koncentraci kyslíku v atmosféře a pro většinu zásahů jednotek požární ochrany jsou nevhodné [17, 18].

3.5.2 Neautonomní dýchací přístroje

Neautonomní dýchací přístroje nemají vlastní zásobník s dýchacím médiem a jejich uživatel je odkázán na přívod tohoto média hadicí z bezpečného

prostoru. Takový způsob zásobování jejich uživatele dýchacím médiem umožňuje výrazně delší dobu nasazení než v případě autonomních dýchacích přístrojů a čas pobytu uživatele v nedýchatelném prostředí je limitován prakticky pouze jeho fyzickou výdrží a schopností snášet okolní podmínky. Tato nesporná výhoda je však v podmínkách reálného nasazení hasičů předčena mnoha možnými problémy, které jsou příčinou toho, že nejsou jednotkami požární ochrany používány. Hadice, kterou je přiváděn vzduch nebo jiné dýchací médium, omezuje nositele v pohybu a ten je tak odkázán na jejím maximálním dosahu, který nemusí být vždy dostatečný. U požárů a jiných mimořádných událostí řešených hasičskými jednotkami navíc hrozí její přehoření, nebo jiné poškození, vedoucí k omezení nebo úplnému přerušení dodávky dýchacího média. Problém pak představuje i hrozba zamotání této hadice v členitém terénu. Vlivem těchto okolností jsou mnohem vhodnější volbou pro potřeby zasahujících hasičů v současnosti používané autonomní dýchací přístroje [18].

3.5.3 Filtrační dýchací přístroje

Filtrační dýchací přístroje jsou většinou vyráběny v podobě obličejové masky s připevněným příslušným filtrem, který zachytává po určitou dobu vybrané nebezpečné toxické látky podle svého druhu, viz obrázek 3. Výhodou takového zařízení je naprostá volnost uživatele v pohybu, ale také skutečnost, že nositel není zatížen žádným těžkým přístrojem se zásobníkem dýchacího média. Filtry vydrží v exponovaném prostředí zachytávat škodliviny několik hodin, což je dostatečná doba pro provedení zásahu. Uživatel navíc není omezen ani zásobou dýchacího média v tlakové lahvi jako u přístrojů izolačních.

Obrovskou nevýhodou tohoto typu přístrojů je však skutečnost, že jsou použitelné pouze v prostředí s dostatečným obsahem kyslíku. Jedná se pouze o ochranný prostředek dýchacích orgánů. To v podmínkách jednotek požární ochrany, které dýchací přístroje používají většinou při likvidaci požárů,

představuje obrovský problém, který filtrační dýchací přístroje řadí na okraj zájmu. V bezprostředním okolí požáru je totiž vlivem hoření snížená hladina kyslíku, a i pokud by filtrační přístroj fungoval zcela spolehlivě, jeho uživatel by v takovém prostředí trpěl kritickým nedostatkem kyslíku. Problémem je i skutečnost, že filtry nejsou univerzální a zachytávají pouze vybrané látky podle svého druhu. I při dostatečné koncentraci kyslíku je tak nutné detekovat všechny přítomné škodliviny a použít vhodný typ filtru. Komplikací pak může být také nádechový odpor, který se zejména při zvýšené fyzické aktivitě a zrychlené frekvenci dýchání u některých filtrů projevuje. Tím dochází k znesnadnění dýchání a následnému poklesu pracovní výkonnosti. V běžných podmínkách práce hasičů se tak filtrační přístroje používají jen velmi omezeně a u jiných událostí než je likvidace nežádoucího hoření [18].



Obrázek 3 – Filtr MOF s maskou CM4 a moderní evakuační kukla

3.5.4 Izolační dýchací přístroje

Nejběžnějšími dýchacími přístroji používanými jednotkami požární ochrany jsou přístroje izolační, které se skládají z obličejové masky, zásobníku dýchacího média v podobě tlakové lahve, a nosiče, který je základem vlastního přístroje. Uživatel těchto přístrojů není omezen v pohybu, ani není závislý

na okolním složení atmosféry, protože dýchací orgány jsou od okolního prostředí odděleny a k dýchání je použita vlastní zásoba dýchacího média. Tím je ve většině případů vzduch. Nevýhodou takového zařízení je částečně hmotnost, která se i u nových odlehčených přístrojů pohybuje se všemi nutnými součástmi okolo 10 kg, ale zejména omezená zásoba vzduchu v tlakové lahvi, která umožňuje reálné nasazení zasahujícího pouze v časovém intervalu okolo 30 - 35 minut. Proto některé jednotky, které zasahují v podmínkách s nutností déletrvajícího nasazení, používají kyslíkové izolační dýchací přístroje, které umožňují nepřetržitou činnost i několik hodin.

Složení vzduchového izolačního dýchacího přístroje

Složení všech izolačních dýchacích přístrojů i mechanismus jejich fungování jsou velmi podobné. Základem každého přístroje je anatomický nosič. U starších typů přístrojů byl vyráběn z plechu nebo duralu, u novějších modelů bývají používány tvrzené plasty a kompozitní materiály, které musí splňovat kritéria odolnosti proti vysokým teplotám, chemickým látkám i jinak agresivnímu okolnímu prostředí a zároveň musí být odolné proti mechanickému poškození. Každý nosič je vybaven ramenními popruhy s přezkami, které umožňují dotažení popruhů podle tělesné velikosti a potřeby každého uživatele. Stabilitu přístroje na zádech uživatele zajišťují také bederní popruhy, které se podobně jako ramenní snadno upravují podle obvodu pasu uživatele a spojují pomocí přezky v úrovni břicha. Největší a nejtěžší částí je tlaková lahev. Dříve byly používány lahve ocelové, které jsou postupně nahrazovány lahvemi vyrobenými z kompozitních materiálů. Standartní objem lahví se bez ohledu na výrobní materiál pohybuje podle výrobců v rozmezí 5 – 9 litrů. Zásadní rozdíl je v hmotnosti, kdy kompozitní láhev stejného objemu je cca dvakrát lehčí než lahev ocelová. Běžný plnicí tlak lahví se pohybuje podle typu v rozmezí 200 – 300 barů. Lahve se připojují k nosiči dýchacího přístroje pomocí šroubení. Standartní závit na vzduchové lahve má průměr 5/8 palce. Ihned za závitem je redukční

ventil, který redukuje vysoký tlak z lahve na hodnotu okolo 10 barů. Neredukovaný tlak prochází pouze k manometru, na kterém je znázorňována hodnota momentálního tlaku v lahvi. Hadice k manometru je tak jedinou, která je z přístroje vyvedena ještě před redukčním ventilem. Součástí této hadice je i zařízení, které upozorňuje na kriticky nízkou hladinu zbytkového vzduchu v lahvi a při stanovených hodnotách uživatele varuje hlasitým pískotem.

Za redukčním ventilem navazuje středotlaká hadice, která vede vzduch do plicní automatiky. Ta je společně s maskou po redukčním ventilu druhým a finálním stupněm regulace tlaku a upravuje jej do hodnot přijatelných pro lidský organismus. U některých zejména starších typů přístrojů bývá plicní automatika umístěna přímo na nosiči. Dalšími částmi dýchacího přístroje jsou upínací pásy, které brání pohybu lahve na nosiči, modernější typy jsou vybaveny vývodovou hadicí pro připojení evakuační kukly, používané v případech nalezení osob v nedýchatelném prostředí a nutnosti jejich záchrany vyvedením nebo vnesením s připojením na dýchací přístroj záchranáře. Součástí některých přístrojů je i detektor pohybu, který se hlasitě rozezní v případě, že se zasahující hasič stanovenou dobu nehýbá.

Nezbytnou součástí každého dýchacího přístroje je obličejová maska. Vzduch je do ní přiváděn nádechovým ventilem, výdechovým je poté vylučován do okolí. Masky mohou být podle typu přístrojů, pro které jsou určeny, buď rovnotlaké, nebo přetlakové. Přetlaková maska udržuje ve své vnitřní části určitý minimální přetlak, který není nebezpečný pro lidský organismus. Hodnota tohoto přetlaku, který usnadňuje dýchání, je stanovena každým konkrétním výrobcem. Zpravidla nesmí překračovat 500 Pascalů. (cca 0,5 % běžného atmosférického tlaku) Výhodou přetlaku je i další ochrana dýchacích cest uživatele, a to v případě, pokud by maska netěsnila. Vlivem přetlaku dochází k proudění vzduchu pouze jedním směrem, a to ven z masky. Orientace

v prostoru je při nasazení masky zajištěna skleněným zorníkem. U starších typů byly používány dva menší zorníky, pro každé oko zvlášť. Novější typy masek mají jeden velký zorník přes celé zorné pole obou očí a zajišťují tak mnohem lepší orientaci v prostoru.

Na hlavu uživatele se masky nasazují pomocí náhlavního kříže, u modernějších výrobků pak bývá upřednostněno připevnění pomocí kandahárového systému, kdy se maska nasadí na obličej a pomocí mechanismu s pružinami zahákne do určeného místa na hasičské přilbě. Výhodou je rychlé nasazení i sejmutí masky bez nutnosti sundání přilby. Spojení masky s dýchacím přístrojem je zajištěno prostřednictvím hadice, která je u některých přístrojů připevněna pomocí šroubení, spíše však bývá používána rychlospojka na konci plicní automatiky, která se zapojuje do nádechového ventilu masky.

Typy izolačních dýchacích přístrojů

Izolační dýchací přístroje jsou vyráběny jako přetlakové, kdy má uživatel pod nasazenou maskou určitý stanovený přetlak, nebo jako rovnotlaké, kdy je hodnota tlaku pod maskou stejná jako okolní atmosférický tlak. U novějších a modernějších typů izolačních dýchacích přístrojů je preferována přetlaková verze, která uživateli usnadňuje dýchání a zároveň působením přetlaku poskytuje ochranu před vdechnutím škodlivin z okolí i v případě netěsnosti nebo drobného poškození masky. Starší, nepřetlakové typy dýchací techniky, znesnadňují dýchání nutností vytvoření určitého minimálního podtlaku při každém nádechu a kladou i větší požadavky na správné nasazení a utěsnění masky, tak aby bylo eliminováno riziko přisátí vzduchu z okolní atmosféry. Většina přetlakové techniky je navíc dodávána s tlakovými lahvemi určenými k plnění na tlak 300 barů a tím disponují větší zásobou dýchacího média oproti lahvím používaným u rovnotlakých přístrojů, které jsou ve většině případů určeny k plnění na tlak 200 barů.

Přetlakové dýchací přístroje také snižují nutnost požadavku na hladké oholení tváře svého nositele. Případná netěsnost masky má za následek pouze nepatrné zvýšení spotřeby vzduchu v důsledku jeho unikání mezi lícnicí masky a obličejem uživatele.

Následkem déletrvajícího použití izolačního dýchacího přístroje, bez ohledu na to, zda se jedná o přetlakovou nebo nepřetlakovou verzi, může být podráždění dýchacích cest uživatele, které je způsobeno technickým vzduchem, skladovaným v zásobníku. Při plnění lahví je v kompresoru ze vzduchu zachytávána přirozená vlhkost, která by mohla způsobovat vnitřní korozi lahve. Zejména při namáhavější činnosti, spojené s vyšším odběrem dýchacího média však může nositel dýchací techniky pociťovat nepříjemné škrábání v oblasti horních dýchacích cest, způsobené takto upraveným vzduchem.

Izolační dýchací přístroje je nutné užít v prostředí s výskytem nebezpečných toxických látek, bez ohledu na to, zda se jedná o zplodiny hoření, nebo únik těchto látek ze zásobníků nebo rozvodů. Použití je možné také k ochraně dýchacích cest před jemnými netoxickými mechanickými nečistotami a prachy. Nenahraditelnou úlohu pak mají i v prostředí se sníženou koncentrací kyslíku v okolní atmosféře, např. ve studnách, starých štolách a jiných málo větraných prostorech.

3.5.5 Nepřetlakové izolační dýchací přístroje a jejich činnost

Nejrozšířenějším přístrojem této skupiny v České republice je dýchací přístroj Saturn, viz obrázek 4. Jeho výrobce, Meva Roudnice nad Labem byla dlouhou dobu jediným dodavatelem dýchacích přístrojů jednotkám požární ochrany v České republice. Jako velice spolehlivý a odolný přístroj tak byl ve výbavě každé profesionální i dobrovolné jednotky požární ochrany vybavené dýchací technikou. V dnešní době byl u profesionálních sborů z velké části

nahrazen modernějšími a komfortnějšími přístroji s větší zásobou vzduchu v tlakové lahvi, u jednotek sborů dobrovolných hasičů obcí je však stále nejrozšířenějším typem dýchací techniky. Kromě spolehlivosti je výhodou i jeho nízká ekonomická náročnost na provoz. Opravy, servis i pravidelná údržba jsou výrazně levnější než u novějších přístrojů. Nevýhodou je však malá zásoba dýchacího média, vyšší hmotnost i menší uživatelská pohodlnost. Saturn byl vyráběn pod označeními S5 a S7, kdy číslo označovalo objem tlakové lahve, kterou byl přístroj vybaven.

Svému nositeli poskytuje Saturn úplnou nezávislost na okolní atmosféře, bez ohledu na koncentraci škodlivin nebo obsahu kyslíku v prostoru. Tlakové lahve používané k tomuto přístroji se plní na 200 barů. Saturn s lahví o objemu 5 litrů tak disponuje zásobou vzduchu 1 000 litrů, v sedmilitrové lahvi je pak zásoba 1 400 litrů vzduchu. Pohotovostní váha přístroje se pohybuje u S5 v rozmezí 12 – 13 kg, u S7 pak mezi 14 – 15 kg. Hlavní vliv na ni má hmotnost ocelové tlakové lahve, která se mezi jednotlivými kusy pohybuje v rozmezí 8 – 10 kg. Naopak nevelký vliv na celkové hmotnosti má natlakovaný vzduch. 1 000 litrů váží cca 1,3 kg. Při poklesu tlaku v lahvi důsledkem dýchání se na hodnotě mezi 60 – 50 bar rozezní varovná píšťala, která nositele upozorňuje na nízkou hladinu zbytkového vzduchu a nutnost návratu z nedýchatelného prostředí.

Činnost přístroje zahájí jeho uživatel při nádechu, kdy vytvoří podtlak, který se z jeho úst přenesou vrapovou hadicí pod membránu plicní automatiky. Zde působí na membránu, která se začne pohybovat a speciálním pákovým mechanismem otevře kuželku automatiky, která jinak brání průtoku vzduchu z tlakové lahve do automatiky. Velikost vytvořeného podtlaku pod membránou určuje, jaké množství vzduchu proudí do automatiky, přes injektor prochází do vrapové hadice a dále do dýchacích cest a plic uživatele. Po ukončení nádechu zanikne pod membránou podtlak, ta se navrátí do původní polohy a průtok

vzduchu je kuželkou automaticky uzavřen. Při vydechování vzniká v dýchacím systému přetlak, jehož působením se v masce otvírá ventilové komory a vzduch, který byl vydechnut, uniká do okolní atmosféry. Při následném nádechu se celý cyklus opakuje. Hodnota podtlaku nutného k nasátí vzduchu je stanovena v rozmezí 50 – 250 Pa. Takto nízké nádechové odpory s dostatečným průtokem vzduchu, který přístroj zajišťuje, umožňují i těžkou práci v nedýchatelném prostředí.



Obrázek 4 – Nepřetlakový DP Saturn S7

3.5.6 Přetlakové izolační dýchací přístroje

Přetlakové izolační dýchací přístroje dnes již patří do výbavy každé profesionální jednotky požární ochrany v České republice a jsou i součástí výbavy spousty jednotek sborů dobrovolných hasičů, zejména těch, které jsou zařazeny ve vyšších kategoriích JPO s větší operační hodnotou. Podobně jako podtlakové přístroje zajišťují svému uživateli dýchatelný vzduch z tlakové lahve se stlačeným vzduchem. Pod maskou nositele však udržují činností přetlakové plicní automatiky pozitivní přetlak, který usnadňuje dýchání. Samozřejmostí všech nejnovějších typů přetlakových izolačních přístrojů je minimální hmotnost tlakové lahve i vlastního nosiče, který je konstruován tak, aby vyhovoval individuálním požadavkům každého nositele bez ohledu na jeho fyzické

parametry. Běžná je tak kromě moderní ergonomie i široká škála konfigurací a možností nastavení. Tlakové lahve k přístrojům jsou dodávány ve formě odlehčených, slabostěnných, takzvaných ultralehkých ocelových lahví, nebo častěji v podobě lahví vyrobených z kompozitních materiálů. V obou typech provedení se zpravidla jedná o lahve s plnicím tlakem 300 bar, což zajišťuje uživateli při větším komfortu a nižší hmotnosti přístroje i vyšší zásobu vzduchu.

Přetlakové dýchací přístroje dodává na český trh několik výrobců. Nejrozšířenější jsou přístroje od německé firmy Dräger, viz obrázek 5, a to v několika modernizacích podle roku výroby. Ovšem větším rozdílem pro uživatele je zpravidla pouze nový tvar zádového nosiče. Dále bývají upravovány a vylepšovány manometry ukazující momentální stav vzduchu v lahvi, popř. dýchací masky. Princip fungování přístrojů se však nemění. Z českých výrobků je v některých krajích a u mnoha sborů dobrovolných hasičů používán přístroj Pluto od firmy Meva Roudnice nad Labem, který se stal nástupcem podtlakového přístroje Saturn. I přístroj Pluto je zcela spolehlivý a komfortní, výhodou je pak ve srovnání s Drägerem zejména mnohem levnější pravidelný povinný servis u výrobce a případné opravy. Rozšířené jsou i německé přístroje MSA od firmy Auer, některé sbory jsou vybaveny francouzskými přístroji Fenzy. Zastoupeny jsou i britské přístroje Racal, používající standardně lahve o objemu 9 litrů. Při běžném plnicím tlaku 300 barů tak přístroj nabízí nositeli 2 700 litrů vzduchu, což je zdaleka nejvíce ze všech u nás běžných typů. V menší míře je pak ve výbavě hasičských jednotek zastoupena i mírně atypická dýchací technika od firmy Scott ze Spojených států amerických.

Bez ohledu na výrobce a konkrétní druh vzduchového izolačního dýchacího přístroje, fungují všechny typy této techniky používané v České

republiky na velice podobném principu a v souladu s povinnými normami. Nositeli zajišťují přijatelný uživatelský komfort, s výjimkou přístroje Racal pak ve standardním vybavení s běžně dodávanou tlakovou lahví i podobnou zásobu dýchacího média a i hmotnost všech přístrojů se od sebe výrazně neliší. Viditelný rozdíl je zejména ve tvaru a designu nosiče dýchacího přístroje, rozdílný může být i materiál použitý k jejich výrobě. Většinou jde o různé typy tvrzených plastů doplněných o kompozitní materiály. Podmínkou je odolnost použitých komponentů v extrémním prostředí. Mírně rozdílné bývají plicní automatiky a dýchací masky. Při nákupu konkrétní techniky tak z důvodu značné podobnosti všech užitných vlastností často hraje roli pořizovací cena přístroje. Zejména se tak stává u sborů dobrovolných hasičů obcí. Výsledkem je však v mnoha případech nákup zdánlivě levných přístrojů, jejichž pořízení se však mnohdy prodraží následným povinným servisem.



Obrázek 5 – Přetlakový DP Dräger s maskou a evakuační kuklou

3.6 Tlakové lahve

Tlakové lahve jsou nádoby určené ke skladování dýchacího média. Tímto médiem je v podmínkách jednotek Hasičského záchranného sboru ČR ve většině případů vzduch. Pouze křísící dýchací přístroje, určené k záchraně osob

s dechovou nedostatečností využívají lahve plněné kyslíkem. Zpravidla se jedná o lahve s vnitřním objemem 2 litry a maximálním plnicím tlakem 150 nebo 200 barů.

Ostatní tlakové lahve jsou plněné atmosférickým vzduchem přímo na stanicích HZS. To umožňuje v případě potřeby jejich okamžité plnění, ať už byl jejich obsah spotřebován pro potřeby uživatele u reálného zásahu, nebo při výcviku. Plnění je prováděno vysokotlakými kompresory, určenou a proškolenou osobou. Tou je zpravidla směnový technik chemické služby, který zajišťuje nad rámec místně příslušných lahví HZS také plnění lahví všem sborům dobrovolných hasičů v příslušném hasebnímu obvodu.

Kompresory poháněné elektrickým proudem nasávají vzduch z okolní atmosféry a přes kombinované filtry jej na několika stupních stlačují na požadovaný výstupní tlak. Filtry odstraňují zejména vzdušnou vlhkost, která by se v lahvích hromadila a způsobovala vnitřní korozi a pomocí aktivního uhlí také snižují na přípustnou úroveň koncentraci pachových i prachových částic a dalších zdraví škodlivých látek, kterými jsou např. CO, nebo CO₂. Na výstupových ventilech kompresoru tak do lahví přechází čistější vzduch, než který se nachází v okolním prostředí.

Tlakové lahve používané jednotkami požární ochrany jsou dodávány v ocelovém nebo kompozitním provedení, viz obrázek 6. Ocelové tlakové lahve jsou vyrobeny z uhlíkových nebo legovaných ocelí a do hrdla je jim vyřezán závit pro upevnění lahvového ventilu. Původní ocelové lahve, používané k dýchacím přístrojům Saturn byly vyráběny s vnitřním objemem 5 nebo 7 litrů a plnicím tlakem 200 bar. Jejich výrobcem byly železárny Vítkovice. Novější ocelové tlakové lahve umožňují podle svého typu a dispozic i plnění na tlak 300 barů a jsou vyráběny v různých velikostech. Nejčastěji s vnitřním objemem 6 litrů.

Výrobci těchto lahví jsou kromě českých Vítkovic i mnohé zahraniční firmy jako např. Manesmann, Haiser apd. Hlavní výhodou ocelových tlakových lahví je jejich odolnost, a to jak proti mechanickému poškození, zejména poškrábání a vrypům, tak i odolnost proti chemicky agresivnímu okolnímu prostředí. Nevýhodou je naopak jejich vyšší hmotnost v porovnání s lahvemi kompozitními. Uvedený nedostatek je u modernějších typů ocelových lahví částečně eliminován jejich výrobou v provedení ultra lehkých ocelových lahví. Hmotnost je u takových lahví snížena zmenšením mocnosti profilu jejich stěn. I tak však mají odlehčené ocelové lahve větší hmotnost než kompozitní a používány jsou převážně sbory dobrovolných hasičů obcí, v podmínkách HZS ČR pak jen minimálně.

Životnost ocelových tlakových lahví bývá 40 let. Po uplynutí této doby je nutné lahve znehodnotit takovým způsobem, který spolehlivě zamezí jejich možnému dalšímu plnění. V průběhu doby své životnosti navíc lahve v pravidelných pětiletých cyklech podstupují hydraulickou přetlakovou zkoušku na 1,5násobek jejich běžného provozního tlaku. Úspěšné absolvování tohoto testu je podmínkou dalšího možného používání lahve.

Kompozitní tlakové lahve mají na rozdíl od ocelových více vrstev. Jsou složeny z jádra, vyrobeného z hliníkové slitiny nebo tvrzené pryže a mnoha vrstev vláken zalitých v epoxidové pryskyřici. Těchto mikroskopických, nejčastěji kevlarových nebo uhlíkových vláken je na každé kompozitní lahvi navinuto několik tisíc km. V hliníkovém hrdle lahve je pak vyřezán standardní závit pro připevnění lahvového ventilu. Tento typ lahví se standardně vyrábí na plnicí tlak 300 bar. Nejčastějším vnitřním objemem je velikost 6,8 nebo 6,9 litru. Méně jsou pak vyráběny lahve s objemem 9 litrů. Na českém trhu se nejběžněji objevují lahve od výrobců Epic a Luxfer. Původní typy kompozitních lahví byly vyráběny pouze s životností 15 let. Modernější lahve

mají plánovanou životnost v rozpětí 20 až 40 let, v některých případech není životnost omezena vůbec. Podmínkou je však u všech typů, stejně jako u lahví ocelových, úspěšné absolvování přetlakové hydraulické zkoušky na 1,5násobek provozního tlaku pravidelně každých 5 let.

Hlavní výhodou kompozitních tlakových lahví je oproti ocelovým jejich nízká hmotnost. Lahve o standartní velikosti 6,8 litru svou vahou jen těsně překračují hmotnost 4 kg, čímž jsou dvojnásobně lehčí než srovnatelně velké lahve ocelové. V případě destrukce např. při plnění, by pak mělo dojít pouze k roztěsnění těla těchto lahví, a ne k explozi s odletem střepin, jako u lahví ocelových.



Obrázek 6 – Porovnání ocelových lahví 5 a 7 litrů a kompozitních lahví 6,8 a 9 litrů

Nevýhodou těchto lahví je naopak jejich náchylnost k poškození např. v důsledku oděru o hrubý povrch a zejména nebezpečí hlubšího vrypu při kontaktu s tvrdým ostrým předmětem. Takovéto poškození je nutným důvodem pro vyřazení lahve. Z těchto důvodů se kompozitní tlakové lahve používané jednotkami požární ochrany navlékají do ochranných textilních obalů, které brání jejich přímému kontaktu s nebezpečnými předměty a částečně brání

také případnému působení nebezpečných chemických látek na povrchu lahví, viz obrázek 7.

Ocelové i kompozitní tlakové lahve plněné vzduchem musí splňovat podmínky na barevné označení. Plášť těchto lahví by měl být ve žluté barvě, hrdlo a vrchlík lahve pak v barvě bílé s černými segmenty nebo kruhy. V horní části obou typů lahví musí být povinně vyznačeno výrobní číslo lahve, rok a měsíc výroby, datum poslední hydraulické přetlakové zkoušky, hmotnost lahve, její objem, maximální plnicí tlak a zkušební přetlak. Všechny povinné údaje by měli být snadno vyhledatelné a čitelné, což však v praxi zejména u starších ocelových lahví mnohdy není pravidlem [19].



Obrázek 7 – Kompozitní láhve jsou při zásahu vloženy do textilního ochranného obalu

3.7 Aerotest

K ověřování kvality vzduchu v tlakových lahvích slouží systém Aerotest, viz obrázek 8. Jedná se o zařízení používané k analýze tlakových plynů, schopné detekovat látky, které by ve zvýšené koncentraci negativně ovlivňovali kvalitu vzduchu a mohli ohrozit zdraví uživatele dýchacího přístroje. Kontrola kvality vzduchu může být provedena z tlakové lahve, nebo přímo na výstupu plnicího zařízení. Po nasátí vzduchu Aerotest rychle indikuje zvýšenou přítomnost

nežádoucích látek. Standardně bývají aerotesty osazeny čidly zaznamenávajícími hladinu CO (oxidu uhelnatého), CO₂(oxidu uhličitého), vody a oleje, který může být přisáván z mazaných částí kompresorů. Přístroj je schopen měřit přítomnost jedné i všech těchto nežádoucích látek současně.

Voda v případě průniku do plněné tlakové lahve sice nemá negativní dopad na zdraví uživatele, ale zejména u ocelových lahví může být příčinou koroze a při větší kumulaci v lahvi snižuje její vnitřní objem. Pro zachytávání vody jsou kompresory vybaveny silikagelovými filtry nebo kombinovanými filtračními patronami, a do plněných lahví tak při správném fungování kompresoru míří pouze vzduch zbavený přirozené vzdušné vlhkosti.

Naměřené hodnoty jsou na aerotestech snadno odečitatelné na příslušných detekčních trubičkách, v případě modernějších typů pak na digitálním displeji. Přestože se jedná o jednoduchý a rychlý způsob ověření kvality používaného vzduchu, není prostředek ve výbavě většiny stanic Hasičského záchranného sboru České republiky (dále jen „HZS ČR“).



Obrázek 8 – Systém pro ověřování kvality vzduchu Aerotest od výrobce Dräger [20]

3.8 Vzduchový dýchací přístroj Dräger

Dýchací přístroje vyráběné Německou firmou Dräger jsou v současné době nejrozšířenější a nejčastěji používanou dýchací technikou u HZS ČR. Vybavena je jimi v různých modifikacích většina HZS krajů. Nejčastěji jsou zastoupeny modely PA 94, PSS 90, PSS 3000, nebo PSS 7000.

Ve všech provedeních se jedná o přetlakové vzduchové izolační dýchací přístroje, které jsou autonomní, s otevřeným dýchacím okruhem nezávislým na okolní atmosféře. Dodávka vzduchu je uživateli zajištěna hadicí z vyměnitelné tlakové lahve, která je umístěna na venkovní zádové části nosiče.

Přístroj a jeho plicní automatika jsou aktivovány při prvním nádechu, kdy nositel vyvolá pokles tlaku, což vede přes středotlaký obvod až k otevření redukčního ventilu, do kterého začne proudit vzduch. Možností je i aktivace přístroje promáčknutím spínače umístěného ve středu přední části plicní automatiky, což následně vede ke stejnému mechanismu spuštění jako v případě nádechu. Tímto způsobem lze v průběhu zásahu také zvýšit přísun vzduchu do masky v podobě vzduchové sprchy. V masce je pro snadnější dýchání a větší bezpečnost uživatele při její netěsnosti udržován malý statický přetlak, jehož hodnota nesmí překročit výrobcem stanovenou hladinu 390 Pa. Výdech odchází plynule přes jednosměrný výdechový ventil.

Všechny dodávané modifikace dýchacích přístrojů Dräger se skládají ze tří základních částí, kterými jsou zádový nosič, tlakový zásobník vzduchu a obličejová maska.

Nosiče jsou vyráběny z lehkých kompozitních materiálů, které jsou schopné odolávat mechanickému poškození, chemikáliím i vysokým teplotám. Zároveň jsou nosiče i přijatelně lehké, ergonomicky tvarované a uživateli zajišťují

určitý komfort i při delším použití. Ramenní i bederní popruhy vyrobené z nehořlavých látkových a u novějších typů z kompozitních vláken, zajišťují pevné usazení na zádech. Utahovací přezky pak zajišťují snadnou manipulaci i v rukavicích. U starších typů byly vyráběny z ocele, novější typy jsou vybaveny lehčími kompozitními.

Součástí nosiče je redukční ventil a následný systém středotlakých hadic, zakončený plicní automatikou, která je spolu s maskou po redukčním ventilu druhým stupněm regulace tlaku. Dále je nosič osazen manometrem s možností snadné kontroly aktuálního stavu hodnoty tlaku v lahvi, integrovanou píšťalou zabudovanou v manometru, která slouží jako varovný signál při dosažení kriticky nízké hodnoty zbytkového tlaku vzduchu a vývodem tlakové hadice, na kterou lze v případě záchrany osob v nebezpečném okolním prostředí přes rychlospojku snadno připevnit evakuační kuklu.

Nespornou výhodou těchto nosičů je zejména u novějších verzí snadná údržba, kdy nosič i popruhy lze jednoduše omýt, aniž by docházelo k nasáknutí většího množství vody a nečistot.

Zásobníkem vzduchu může být kompozitní nebo ocelová lahev, která se na nosič upíná šroubením na rozměrově typizovaném ventilu a pomocí rychlospony s popruhem, příklad na obrázku 9. Výrobce doporučuje jako minimální tlak v lahvi před použitím hodnotu 280 barů. Použitelné tak jsou všechny lahve plněné standardně na tlak 300 bar. Nouzově lze na přístroj připevnit také u jednotek sborů dobrovolných hasičů nejrozšířenější ocelové lahve z Vítkovic, plněné pouze tlakem 200 bar. Důsledkem je však výrazně kratší ochranná doba přístroje i citelně vyšší celková hmotnost.

Poslední z hlavních částí přístroje je celoobličejová maska. Původní modely Panorama Nova jsou postupně nahrazovány maskou typu FPS 7000.

Bez ohledu na model však všechny masky poskytují uživateli solidní komfort a přes jednodílný velký polykarbonátový zorník i slušnou viditelnost a dostatečné zorné pole. Nedostatkem je snadné poškrábání zorníku, což se v podmínkách reálných zásahů stává velmi často. Následkem je pak zhoršená viditelnost i orientace v prostoru. Materiál, ze kterého je zorník vyráběn, se jeví jako měkký a mechanicky málo odolný.

K upínání mohou být masky vybaveny klasickým náhlavním křížem, častěji je však využíván rychloupínací systém nazývaný kandahár, kdy uživatel masku přiloží na obličej a kandaháry nasadí do upínače na hasičské přilbě. Takovéto nasazení masky vyžaduje určitou sílu a grif. Po natrénování je však velice rychlé a v případě potřeby umožňuje na rozdíl od náhlavního kříže sejmутí masky bez nutnosti sundání přilby.



Obrázek 9 – DP Dräger s tzv. dvoumontáží tlakových lahví

3.9 Ochranné protichemické obleky

S dynamickým rozvojem chemického průmyslu vzniká mnoho nebezpečných látek, které se i přes všechna bezpečnostní opatření při výrobě, přepravě nebo skladování vlivem havárií občas dostanou mimo kontrolu

a ohrožují životy a zdraví lidí, zvířat, nebo životní prostředí. Ve většině případů se jedná o běžné průmyslové škodliviny s jednou nebo více nebezpečnými vlastnostmi. Při likvidaci těchto havárií se s účinky nebezpečných chemických látek musejí vyrovnávat především příslušníci HZS ČR, kteří mají jako jediná ze základních složek integrovaného záchranného systému k dispozici vhodné ochranné prostředky.

S ohledem na skutečnost, že některé z těchto nebezpečných chemických látek, jako jsou třeba chlór, amoniak, nebo kyanovodík, mají schopnost pronikat do organismu i jinými branami vstupu než pouze dýchacími cestami, je proto nutné při kontaktu s nimi použít navíc i protichemické ochranné obleky, které svého uživatele chrání před nebezpečnými látkami ve všech skupenstvích. Takové obleky svému nositeli poskytují celotělovou ochranu proti žíravosti, toxicitě a dalším nebezpečným vlastnostem chemických látek ve vyšších koncentracích, kdy tvoří nepropustnou bariéru mezi zasahujícím a okolím. Nebývají však určeny do prostředí s nebezpečím výbuchu.

Vstupní branou nebezpečných chemických látek do organismu jsou především dýchací cesty, které si zasahující chrání použitím izolačního dýchacího přístroje, který prostřednictvím celo obličejové masky, ochraňuje také oči. U látek, které pronikají do těla i přes kůži je však nutné použití komplexní ochrany v podobě protichemických oděvů.

Řád chemické služby HZS ČR uvádí limitní koncentrace škodlivých plynů v ovzduší, kterým se hasiči mohou v případě záchrany osob vystavit bez ochranných prostředků po dobu maximálně 10 minut, popř. 60 minut. Při překročení těchto informativních hodnot zvaných havarijní přípustná koncentrace, je nutné použití prostředků individuální ochrany.

V nejzávažnějších případech jsou touto ochranou právě celotělové přetlakové protichemické obleky [21, 22].

První provizorní ochranné obleky proti chemickým látkám vznikaly již v průběhu 1. světové války jako reakce na použití chemických látek v zákopové válce. Šlo zejména o ochranu před chlórem, fosgenem a později yperitem, která však z dnešního pohledu byla velice provizorní a také málo účinná [14, 16, 25].

Pro ochranu v životu nebezpečném prostředí s výskytem neznámých nebo nebezpečných chemických látek používají dnes jednotky požární ochrany značně propracovanější protichemické obleky. V poslední dekádě se zejména v prostředí hasičského záchranného sboru České republiky jedná téměř výhradně o přetlakové, plynotěsné, hermeticky uzavřené obleky, které jsou nejvyšším stupněm běžně dostupné protichemické ochrany. Přívod vzduchu do obleku je nezávislý na okolní atmosféře a dochází k němu vydechovaným vzduchem z dýchacího přístroje neseného uvnitř obleku. Dalším stupněm ochrany je vytvořený přetlak, který v případě netěsnosti brání průniku nebezpečných látek do obleku. Každý z výjezdových příslušníků musí v rámci skutečného zásahu nebo výcviku použít ochranný protichemický oděv minimálně jednou za 6 měsíců.

Obleky poskytují ochranu v prostředí s obsahem chemických látek v kapalném i plynném skupenství. Užití obleku je možné pouze v dýchacím přístroji s maskou, umístěnými vně obleku. Pro snadné oblékání jsou novější typy vyráběny jako jednodílná kombinéza s velkým panoramatickým zorníkem. Nositel je do obleku uzavírán podélně zabudovaným plynotěsným zipem, krytým ochrannou manžetou. Trénovaný uživatel je schopen se kompletně vystrojít a obléci zcela sám, ačkoli zapnutí plynotěsného zipu vyžaduje zručnost i fyzickou sílu. Proto je v případě možnosti vhodné využít pomoci další osoby.

Nohavice obleků jsou pevně spojeny s bytelnými ochrannými holínkami odolnými proti mechanickému i chemickému poškození. Ruce jsou chráněny pětiprstými ochrannými rukavicemi, napevno spojenými s rukávy obleku. U většiny typů obleků bývají navíc rukavice zdvojeny. Přes pevně přidělanou rukavici bývá navíc navlečena ještě jedna rukavice, která brání mechanickému poškození vnitřní rukavice při pracovní činnosti, s cílem nenarušit plynutěnost obleku. Uživatel má při použití obleku navlečeny ještě podvlékačí textilní rukavice. Maximální povolený přetlak regulují dva výpustné ventily umístěné většinou v zadní horní části kombinézy. Obleky může uživatel navléci na staniční ústroj i pracovní kombinézu, vhodnější je však použití určené celotělové podvlékačí kombinézy. V některých typech obleků je zabudována pružná šle, která slouží uživatelům menšího vzrůstu k vymezení výškových rozdílů. Většina výrobců dodává obleky v několika velikostech, včetně různých velikostí holínek.

Hasičské jednotky na území České republiky používají obleky od mnoha výrobců, příklad uveden na obrázku 10. Zastoupeny jsou německé obleky Dräger, Respirex a Chempion Elite, francouzské Vautexy, švédské Trelchemy i tuzemské OPCH 90 PO vyráběné firmou Gumotex Břeclav. Právě obleky této České společnosti se od konkurence mírně odlišují. Ochranné holínky totiž nejsou pevnou součástí obleku, ale nasazují se samostatně. Poté jsou přetaženy manžetou umístěnou na nohavicích kombinézy. Ani rukavice nejsou pevnou součástí obleku, ale navlékají se na rukáv a pomocí těsnící manžety je zajištěno jejich hermetické spojení s oblekem. Ostatní prvky jsou podobné nebo shodné s jinými výrobci.

Uvedené odlišnosti jsou důvodem složitějšího a výrazně déletrvajícího oblékání prostředku, s nutností komplikovaného dostrojování, při kterém je nezbytná pomoc další osoby. Nevýhodou je pak oproti většině konkurence i nižší

garantovaná odolnost vůči nejagresivnějším nebezpečným chemickým látkám. Za výhodu českého produktu lze naopak považovat nižší pořizovací cenu a zejména možnost provádět v obleku i jemnější manuální činnosti, což umožňují méně bytelné rukavice. U ostatních typů obleků silnostěnné rukavice velice ztěžují jakoukoli běžnou činnost potřebnou např. k zamezení unikajících kapalných nebo plyných nebezpečných látek. Velice komplikovaná je práce se šroubovákem, plochým nebo očkovým klíčem, ráčnou, ucpávkou, bandáží na potrubí i dalším náradím. Obleky umožňují spíše pouze hrubou práci s kladivem, palicí, nebo lopatou, popř. uzavření ventilů a uzávěrů. Bez většího omezení pak nelze ani transportovat postižené osoby z nebezpečného prostředí. Komplikované je také použití nosítek při záchraně nemobilních osob.



Obrázek 10 – Protichemické přetlakové ochranné obleky Respirax a Vautex

Společným problémem při použití kteréhokoli typu ochranného protichemického obleku je obtížná komunikace mezi jednotlivými zasahujícími navzájem, i mezi skupinou nasazenou v nebezpečné zóně a velitelem zásahu. Problém je částečně eliminován použitím náhlavních souprav, které usnadňují ovládání radiostanic. Komplikací pak bývá také občasné zamlžení zorníku, které znesnadňuje a v některých případech i znemožňuje orientaci v prostoru a pro uživatele bývá obtížné jeho otření a zprůhlednění. Po nasazení

v zamořeném prostoru je navíc nutné před svlečením obleku podstoupit dekontaminaci, čímž se snižuje možná doba použití obleku. Uživatel tak musí sledovat svou zásobu dýchacího média v tlakové lahvi a nad rámec zásoby nutné k návratu z místa zásahu do bezpečného prostoru musí počítat i s několikaminutovou rezervou nutnou pro provedení dekontaminace.

Doba možného použití obleků není limitována pouze množstvím dostupného dýchacího média a velikostí jeho spotřeby, ale také teplotou vně obleku, která může vést k přehřátí organismu, krajně až k úpalu. Adaptaci na zátěž způsobenou zvýšenou teplotou uvnitř obleku může kladně ovlivnit úroveň fyzické kondice, negativně pak nejčastěji obezita a nepřipravenost. Odolnost obleků proti jednotlivým konkrétním chemickým látkám se pohybuje v závislosti na jejich druhu a koncentraci v jednotkách až desítkách hodin a je uvedena v tabulce jako součást uživatelského manuálu. Pokud nedojde k mechanickému poškození obleku, nebude zpravidla důvodem k opuštění nebezpečné zóny překonání ochranné bariéry chemickou látkou, ale vyčerpání fyzických sil uživatele, pokles jeho zásoby vzduchu, nebo splnění úkolu.

Všechny ochranné protichemické obleky jsou uzpůsobeny tak, aby byla ochranná přilba nesena pod oděvem. Masky, přes kterou nositel přijímá vzduch z tlakové lahve dýchacího přístroje, se po přiložení na obličej připevňuje k přilbě upínacím systémem zvaným kandahár. Vhodné je však i užití masky s klasickým náhlavním křížem, který se upíná pod přilbou. Na rozdíl od prostého použití dýchacího přístroje zde není předpoklad možnosti sejmutí a opětovného nasazení masky v průběhu použití prostředku, které bez nutnosti odložení přilby umožňuje pouze kandahárová maska.



Obrázek 11 – Tlaková zkouška protichemického obleku Vautex

Nejmodernějším prvkem protichemické ochrany je oblek Silverflash od německého výrobce Tesimax, viz obrázek 12. Výrobek v sobě kombinuje ochranné vlastnosti běžných protichemických přetlakových plynotěsných oděvů a navíc zároveň slouží jako reflexní, protižárový oblek, se schopností odrážet tok tepelných paprsků a umožnit uživateli pobyt ve vysokých teplotách na okraji pásma hoření. Nosná tkanina je vyrobena z Para-Aramidu a je potažena elastomerem. Oblek je tvořen vrstvami laminátu s pohliníkováním a třemi chemickými bariérami, zorník je pozlacen. Výrobce tak garantuje nad rámec chemické ochrany, včetně odolnosti proti bojovým plynům, také vysokou žáruvzdornost.

Oblek je doporučován a dodáván hasičům, armádě, i k užívání do průmyslu. Vnější strana má stříbrnou barvu, uvnitř je oblek červený. Krátkodobě má díky schopnosti maximálně odrážet sálavé teplo schopnost odolávat teplotě až 850 °C. Schopnost výrobku odrážet efektivně sluneční záření pak zajišťuje ve srovnání s běžnými protichemickými oděvy příjemnější klima uvnitř obleku v průběhu zásahu.

Maximální životnost je výrobcem stanovena na 15 let. Podmínkou je však splnění všech požadovaných kritérií včetně úspěšného absolvování tlakové zkoušky po každém použití nebo periodicky každých 6 měsíců, není-li oblek použit. Hmotnost obleku bez doplňků je cca 7,5 kg. Standardně je vyráběn ve čtyřech velikostech, nejčastěji je dodávána velikost XL určená pro nositele s výškou od 180 cm do 190 cm. Oproti běžným protichemickým oblekům je Silverflash nákladnější na pořizovací cenu a přes všechny nabízené ochranné schopnosti není příliš reálných situací, kde by došlo k plnému využití všech jeho ochranných vlastností. Nevýhodou je pak stejně jako u všech přetlakových protichemických obleků jeho snadné mechanické poškození, které následně vede k negativnímu výsledku při tlakové zkoušce na jeho těsnost. Ve srovnání s ostatními protichemickými přetlakovými ochrannými obleky se však odolnost obleku Silverflash jeví na vyšší úrovni.



Obrázek 12 – Kombinovaný protichemický a proti žárový oblek Silverflash [25]

Přetlak je ve všech používaných typech obleků vytvářen uživatelem, a to vydechovaným vzduchem z izolačního dýchacího přístroje umístěného

uvnitř obleku. Protichemické obleky vzhledem ke své vysoké pořizovací ceně, náročné údržbě, servisu, požadavkům na proškolenost a způsobilost jejich nositelů, i méně častému reálnému použití, jsou zpravidla pouze ve výbavě profesionálních jednotek hasičů. S nasazením dobrovolných hasičů v tomto typu ochranného prostředku se příliš nepočítá. Výjimkou mohou být některé sbory dobrovolných hasičů podniku, v jejichž areálech je předpoklad možného úniku nebezpečných chemických látek.

Obleky lze použít k řešení a eliminaci následků široké škály mimořádných událostí. Primárně jsou oděvy určeny k ochraně svého nositele při řešení a likvidaci následků ekologických havárií s ohrožením životů, zdraví i životního prostředí, k likvidaci havárií v dopravě, průmyslu nebo zemědělství, ale také při opravách a údržbě zařízení v jaderných elektrárnách. Ke všem typům oděvů je dodáván návod na použití, včetně tabulky odolnosti obleku proti vybraným chemikáliím, se kterými je reálný předpoklad kontaktu [22, 23, 24].

3.10 Fyzická připravenost hasičů

Jedno z povolání, kde se musí zaměstnanci vyrovnávat s velkou a někdy i extrémní fyzickou zátěží, vykonávají hasiči. Při jejich práci se běžně střídají časové úseky s poměrně malou fyzickou aktivitou při údržbě techniky, opravách, školeních a odborné přípravě, s časovými intervaly, v jejichž průběhu fyzická zátěž často narůstá k hranicím maximální fyzické výkonnosti. Při hašení ohně a provádění záchranných prací v prostorech požárů se navíc přidává zátěž tvořená hmotností neseného dýchacího přístroje, nádechové odpory u některých zejména starších typů dýchací techniky, ale také vlivem málo prodyšného zásahového obleku i zhoršená termoregulace. U mimořádných událostí, kde jsou navíc ohroženy životy zachraňovaných osob, nebo samotných záchranářů, přibývá ještě psychická zátěž.

Pro zdárný rozvoj organismu a kondice potřebuje člověk již od raného dětství odpovídající fyzickou zátěž a vhodnou míru fyzické aktivity, která je nutná k tomu, aby si zajistil předpoklady pro dobrou kondici v produktivním věku.

V podmínkách HZS ČR je fyzická zdatnost zejména u příslušníků zařazených ve výjezdových skupinách a družstvech nezbytným předpokladem pro výkon profese, stejně jako psychická způsobilost. V době mimo operační řízení tak mají příslušníci dle denního řádu povinnost udržovat a upevňovat svou fyzickou kondici cvičením v posilovně, popř. jinými pohybovými aktivitami v areálu své stanice.

Správný způsob tréninkové fyzické aktivity, hlavně zátěž vykonávaná velkými skupinami svalů, je spolu se správným stravováním nejen cesta k dobré kondici, ale i důležitá prevence kardiovaskulárních onemocnění. Některé z nejvhodnějších aktivit k dosažení tohoto stavu, jako jsou jízda na rotopedu, běh, nebo rychlá chůze na pojízdném pásu, lze navíc snadno provádět v rámci fyzické přípravy v areálech většiny stanic HZS. Pravidelné cvičení k udržování fyzické kondice však musí být prováděno pod dohledem a s patřičným nasazením. Ne samovolně a bez kontroly, což vede u menší části hasičů k laxnímu přístupu při udržování své zdatnosti.

Při vysoké zátěži, které jsou hasiči občas vystaveni, potřebuje jejich srdce dostatečné množství kyslíku, které jsou schopny zajistit pouze zdravé a plně průchodné cévy. Je proto nutné, aby všichni příslušníci provádějící záchranné a likvidační práce za vynaložení extrémního úsilí, byli také pravidelně lékařsky sledováni a měli odpovídající zdravotní stav pro výkon své profese. Zmíněná podmínka je každoročně plněna při povinných lékařských prohlídkách [10].

3.11 Cvičný polygon pro uživatele dýchacích přístrojů

Nositel dýchacího přístroje si musí během pravidelných cvičení zvykat na ztížené podmínky spojené s jeho nošením, aby byla v případě skutečného nasazení v reálných podmínkách zaručena jeho nutná bezpečnost i schopnost provést efektivní zásah. Pro provádění tréninkových cvičení jsou určeny odpovídající prostory s přístroji a zařízeními, která umožňují za podmínek podobných skutečnému zásahu získat praktické zkušenosti.

K tréninkovým úkolům patří činnosti cvičící tělesné zatížení nositele dýchacího přístroje, orientační schopnosti a schopnost dorozumění se. Dále pak činnosti související se specifickými podmínkami skutečného zásahu, jako jsou záchrana osob, nebo vynášení předmětů. Pro podobné účely je stávajícím a zejména novým příslušníkům hasičského záchranného sboru Středočeského kraje i členům sborů dobrovolných hasičů, kteří jsou nositeli dýchací techniky, k dispozici cvičný polygon v areálu požární stanice Příbram. Dodavatelem polygonu je firma Drägerwerk AG z německého Lübecku, která také zajišťuje opravy a servis. Právní směrnice a zákony tak vychází ze zákonodárství Spolkové republiky Německo.

Účelem tohoto zařízení tak je naučit cvičence správně používat dýchací přístroj a připravit jej na jeho reálné použití v podmínkách zásahu. Vybavení polygonu umožňuje simulaci reálných podmínek u zásahu, kde může být nositel dýchací techniky vystaven velkému fyzickému a psychickému zatížení. Řídící a kontrolní systémy navíc zajišťují bezpečnost absolventů v každé fázi cvičení. Na celý výcvik dohlíží kompetentní pověřená osoba, která obsluhuje jednotlivá zařízení. Předpokladem pro tuto funkci je přesná znalost polygonu a respektování návodu k použití.

Cvičný polygon je rozdělen na čtyři základní části. Přípravnou místnost, zátěžovou pracovní místnost, cvičební místnost a řídicí centrum, viz obrázek 13.



Obrázek 13 – Řídicí centrum cvičného polygonu [26]

3.11.1 Přípravná místnost

V přípravné místnosti se hasiči převlékají do určené zásahové výstroje a vybavují se aktivním dýchacím přístrojem, u kterého před jeho nasazením provádějí nutnou uživatelskou kontrolu. Poté je zde vedoucím skupiny cvičenců z manometru odečtena a zaznamenána počáteční hodnota tlaku vzduchu v láhvi, jméno absolventa a aktuální čas, kdy je cvičenec vpuštěn k plnění úkolů výcviku.

3.11.2 Zátěžová pracovní místnost

Zátěžová pracovní místnost slouží k posouzení chování cvičence při použití dýchacího přístroje za určitých definovaných podmínek a k měření jeho tělesného zatížení. Pracovní měření lze provádět na kladkostroji, nekonečném žebříku, nebo zátěžových ergometrech, jako jsou pohyblivý pás, nebo rotoped. Součástí této místnosti je také průmyslová zkušební zóna

a zkušební nádrž. Uvedená výbava umožňuje maximální přiblížení testovacích podmínek reálné praxi.

Kladkostroj

Kladkostroj slouží k zatížení nositele dýchacího přístroje určitými specifikovanými podmínkami a umožňuje tak měření a posouzení jeho tělesného zatížení. Přístroj je proveden jako stabilní ocelová konstrukce, jejíž spodní část je napevno ukotvena k podlaze, viz obrázek 14. Závaží na laně se pomocí tyče zvedá do maximální polohy a opět zcela spouští. Kontrolky na čelní desce kladkostroje potvrzují správně provedené úplné zdvihy. Jejich stanovený počet nastavuje obsluha polygonu na řídicím pultu. Délka zdvihu je 1,6 metru. Elektronická čidla zajišťují, že jako provedené jsou hodnoceny pouze úplné zdvihy, signalizované bílou kontrolkou na plášti kladkostroje. Po dosažení předvoleného počtu požadovaných zdvihů zhasne zelená kontrolka a display s počtem vykonaných zdvihů.



Obrázek 14 – Kladkostroj a v pozadí nekonečný žebřík

Nekonečný žebřík

Nekonečný žebřík je nástroj určený k měření vykonané práce. Nositel dýchacího přístroje tak může být vystaven definovanému tělesnému zatížení. Přístroj je zhotoven jako stabilní konstrukce, nekonečný pás s příčkami se při vstupu na žebřík připravený k provozu v důsledku váhy cvičence pohybuje směrem dolů. Rychlost pohybu žebříku je regulována motorem a lze ji měnit regulací počtu otáček motoru. Měření vystoupaných metrů je elektronické na základě bezdotykových čidel. Obsluha na řídicím panelu nastavuje požadovaný počet vystoupaných metrů. Ve spodní části žebříku je umístěna světelná závora, při jejímž přerušení dojde k automatickému vypnutí žebříku. Žebřík je poháněn pouze váhou cvičence, motor jen omezuje rychlost pohybu žebříku. Rychlost stoupaní lze nastavit v rozmezí 3 – 25 m za minutu, příčky jsou od sebe vzdálené 25 cm. Po dosažení předvoleného počtu metrů k vystoupaní se žebřík automaticky vypne a disciplína je ukončena. Současně zhasnou zelené kontrolky na plášti stroje.

Pohyblivý pás

Pohyblivý pás je určen k testování tělesného zatížení cvičence. Přístroj se skládá s pohyblivého pásu s pohonem, z nastavování sklonu a z ovládací části. V případě vzniku nebezpečné situace je zaručena bezpečnost nositele dýchacího přístroje nouzovým vypínačem. Ovládání přístroje je možné z řídicího pultu polygonu, nebo přímo z pásu.

Rotoped

Přístroj testuje cvičence při zatížení v sedu. Výšku sedáku i řídítek lze plynule nastavit podle výšky cvičence. Na levém ušním lalůčku cvičence se umísťuje sonda, která kontroluje jeho výkon a měří tep. Je-li tepová frekvence příliš nízká, rozsvítí se žlutá kontrolka, je-li příliš vysoká, bliká kontrolka červená. Při dosažení optimální tepové frekvence svítí zelená lampa a je možné

dosáhnout požadovaného výkonu. Obslužný terminál rotopedu je umístěn na řídicím pultu.

Zkušební nádrž

Zkušební nádrž umožňuje trénovat zachraňování osob ze zásobníků, úzkých šachet, nebo z nádrží. Nositel dýchacího přístroje si tak může vyzkoušet obtížné zachraňování osob z hluboko ležících nádrží s úzkými vstupy, navíc ještě ztížené použitím dýchací techniky. Výstup a sestup do nádrže umožňují napevno uchycené vnější, nebo závěsné vnitřní žebříky.

Průmyslová zkušební zóna

Jedná se o část pracovní místnosti polygonu, sloužící k nacvičování montážních prací za výrazně ztížených podmínek, v omezeném prostoru a s použitím dýchacího přístroje. Cvičenec má možnost vyzkoušet si, jak obtížná je u zásahu s plným vybavením manipulace s náradím, i pohyb v prostoru a vně průmyslových strojů.

3.11.3 Cvičební místnost

Cvičební místnost tvoří klecový polygon s mnoha překážkami. Zde se trénují pohybové schopnosti cvičence s dýchacím přístrojem, orientace v nepřehledném terénu i reakce na jevy vyskytující se u skutečného zásahu. Aby byl uživatel dýchacího přístroje připraven již při výcviku na extrémní fyzické a psychické zatížení, je cvičební místnost vybavena speciálními systémy, které umožňují co nejvěrnější simulaci podmínek zásahu, příklad uveden na obrázku 15. Cvičenec prolézá orientační dráhu, na které lze měnit podmínky vypnutím světel, přidáním kouře k omezení viditelnosti, zvukovými efekty napodobujícími intenzivní požár, či vytvořením tepelných zón, které simulují žár sálající z ohně. Všechny další vedlejší jevy kladou na uživatele dýchacího přístroje zvýšené nároky.



Obrázek 15 – Hasič prolézá úzkou trubkou umístěnou v dráze klecového polygonu [26]

Vlastní tréninkovou dráhu sloužící ke cvičení a k posouzení orientace, pohybu a chování cvičence za podmínek podobných reálnému nasazení v praxi, tvoří průhledné klece vystavené ve více rovinách, vždy se světlostí 0,9 – 2 metry. Všechny úseky orientační dráhy je možné různými šikanami nebo překážkovými prvky libovolně zúžit, tak aby cvičenec byl nucen sejmout dýchací přístroj ze zad a před sebou jej protlačit zúženým prostorem, nejčastěji potrubím. Pohyb absolventa v tomto prostoru lze po celou dobu sledovat prostřednictvím nášlapných kontaktů, kdy je postavení cvičence signalizováno obsluze na schématu dráhy na řídicím pultu.

Zařízení umožňuje sledovat pohyb i v zatemněném nebo hustě zamlženém prostoru a také cvičenci ukazovat cestu orientačními světly, která lze rovněž obsluhovat z řídicího pultu

Žárová zóna

Část orientační dráhy tvoří úsek, na kterém je v rámci simulace požáru možné nastavit zvýšené teploty, viz obrázek 16. Také žárová zóna je ovládána z řídicího pultu.



Obrázek 16 – Žárová zóna v klecovém polygonu [26]

Zvukovou kulisu je možné během cvičení simulovat z kazetového magnetofonu, který je umístěn v nadstavbě řídicího pultu. Takto je možné během cvičení simulovat zvukovou kulisu odpovídající reálným podmínkám při zásahu a připravit tak nositele dýchacího přístroje na problémy spojené se zvukovým zatížením, zvláště při vzájemné komunikaci.

Světelné efekty

Toto zařízení slouží k vizuální simulaci ohně prostřednictvím říditelných světelných efektů. Zařízení na simulaci světelných efektů se skládá z ovládací části v řídicím pultu a ze sady světlometů ve cvičební místnosti. Lze jej použít pouze ve spojení s ozvučovacím zařízením.

Generátor mlhy

Mlha vzniká v důsledku chemicko-fyzikální reakce a do prostoru cvičební dráhy vychází tryskou. V případě potřeby je možné během cvičení vstoupit do zamlžené místnosti i bez masky. Mlha nedráždí oči ani dýchací cesty.

3.11.4 Řídící stanoviště

Řídící stanoviště je místem, odkud kompetentní osoba řídí a kontroluje průběh výcviku a ovládá cvičné přístroje, ventilační zařízení, komunikační systémy a video – zařízení. Všechny ovládací prvky jsou integrovány do řídicího pultu, od kterého je obsluze zajištěn průhled do pracovní i do cvičební části polygonu. Všechny řídicí, měřicí a signalizační systémy sloužící ke kontrole a řízení průběhu cvičení jsou přehledně uspořádány na řídicím pultu. Odtud je běžně regulováno osvětlení, nastavovány jednotlivé požadované limity a je možné také vstoupit do cvičení nebo poskytnout okamžitou pomoc.

Ventilačním zařízením lze také odvětrat mlžící médium ze cvičební místnosti. Při poruchách nebo nehodách v průběhu cvičení je tak možné jeho zapnutím od řídicího pultu okamžitě reagovat. Pro možnost okamžitého poskytnutí pomoci se spolu s ventilátory současně zapne i osvětlení prostor a veškerá další zařízení jako mlžící stroj, nebo žárová zóna se automaticky vypnou.

K zajištění zvukového spojení mezi řídicím stanovištěm a jednotlivými místnostmi polygonu slouží komunikační systém. Ve cvičební i zátěžové pracovní místnosti jsou reproduktory, které po přepnutí fungují jako mikrofony.

Možnost centrální optické kontroly průběhu cvičení pak nabízí televizní okruh. Průběh cvičení je prostřednictvím kamer zobrazován na monitorech na řídicím pultu. Infračervené televizní systémy s CCD čipem umožňují sledovat i zatemněné místnosti.

4 METODIKA

Pro získání co nejobektivnějších výsledků bylo provedeno několik měření s různou mírou zatížení, při použití vzduchového izolačního dýchacího přístroje, i při použití protichemického vzduchotěsného přetlakového ochranného obleku. Vždy však byla věnována pozornost tomu, aby všichni absolventi měli při testování zcela shodné podmínky a nedocházelo k ovlivnění výsledků v důsledku rozdílné obtížnosti a podmínek při měření.

Pro účely získání výsledků měřených faktorů byl využit pravidelný každoroční výcvik příslušníků HZS SČK v dýchací technice, absolvovaný ve cvičném polygonu v areálu požární stanice v Příbrami. Předmětem testování bylo všech 60 výjezdových hasičů z územního odboru Beroun, skládajícího se z požárních stanic Beroun a Hořovice. Jednalo se o nejpočetnější vzorek v rámci všech testů. Každý hasič absolvoval po zaznamenání počáteční hodnoty množství dýchacího média stanovenou trasu, která se skládá z provedení určených silových a vytrvalostních testů na speciálních strojích a průchodu cvičnou trasou vlastního polygonu. Ta je tvořena úzkými cestami se sníženým profilem, průleznými trubkami a dalšími překážkami, které absolvent zdolává téměř v naprosté tmě. V cíli tratě byl všem účastníkům změřen čas potřebný k jejímu zdolání a zaznamenáno množství zbývajících vzduchu v tlakové lahvi. Poté byla spočtena celková i minutová spotřeba každého absolventa. Všechny testované osoby byly zvyklé na pravidelné užívání dýchacího přístroje v rámci zásahové činnosti i běžného výcviku.

Na základě výsledků byla porovnána významnost změřené tělesné hmotnosti každého ze zúčastněných na spotřebě vzduchu. Jednotlivé výsledky byly porovnány také s věkem konkrétních absolventů a úrovní jejich fyzické zdatnosti vykazované u pravidelného přezkušování fyzické způsobilosti. Byly

vyhodnoceny faktory, které ovlivňují spotřebu vzduchu nejvýrazněji. Porovnán byl i časový rozdíl mezi nejzdatnějšími probandy a průměrnými časy a vyhodnoceno celkové množství ušetřeného vzduchu u nejrychlejších absolventů.

K získání dalších údajů byl využit pravidelný výcvik příslušníků v dýchací technice, konaný periodicky v tříměsíčních cyklech. Jako vzorek byla použita celá směna C z požární stanice Beroun, čítající 13 hasičů. Pro účely měření byly vytvořeny pro všechny testované stejné podmínky a postavena v rámci možností co nejobtížnější trať, na které se výrazněji projeví rozdíly ve spotřebě mezi jednotlivými testovanými osobami. Před zahájením pokusu a po jeho dokončení byly zaznamenány hodnoty z manometru dýchacího přístroje, byl změřen čas na zdolání stanovených překážek a spočtena celková i minutová spotřeba. Výsledky byly poté porovnány s hodnotami všech testovaných dosažených ve cvičném polygonu v Příbrami. V obou případech dosahovali nejnižších i nejvyšších hodnot spotřeby stejní hasiči. K testování byly v obou případech použity přetlakové dýchací přístroje Dräger s lehčími kompozitními lahvemi a vysokým uživatelským komfortem.

Při dalším výcviku této skupiny byly záměrně použity starší dýchací přístroje Saturn s podtlakovou plicní automatikou, kdy i prosté nadechnutí vyžaduje určitou námahu v podobě nutnosti vytvoření podtlaku. Přístroje Saturn jsou navíc vybaveny výrazně těžšími ocelovými lahvemi, a i jejich konstrukce je pro uživatele méně komfortní. S přihlédnutím k menší zásobě dýchacího média v tlakové lahvi bylo nutné úměrně zkrátit délku a náročnost absolvované trati. Ve srovnání s použitím přístroje Dräger však přesto došlo u všech testovaných ke zvýšení minutové spotřeby vzduchu a ke snížení pracovní výkonnosti. Nejvyšší a nejnižší spotřebu však opět vykazovali stejní uživatelé.

Spotřeba dýchacího média byla měřena i při výcviku v přetlakových protichemických oblecích, jejichž použití je možné pouze v kombinaci s dýchacím přístrojem. Zkoumanou skupinou bylo opět 13 berounských výjezdových hasičů ze směny C. Použity byly znovu dýchací přístroje Dräger. Při použití těchto oděvů v běžných pracovních podmínkách došlo u všech testovaných k výraznému nárůstu spotřeby dýchacího média oproti situacím, kdy byla použita dýchací technika samostatně. Důvodem je další navýšení hmotnosti nesené výstroje. K hmotnosti dýchacího přístroje Dräger, která se pohybuje okolo 10 kg, přibývá také hmotnost protichemického oděvu, která činí dalších cca 9 kg. Nezanedbatelný vliv na vzrůstající spotřebu dýchacího média pak má i vysoká teplota uvnitř obleku a určitý stres, kterému je uživatel v obleku vystaven. Ten je způsoben obtížnějším pohybem v oděvu, ale také ztíženou schopností orientace a komplikovanou komunikací s okolím. I při tomto testu vykazovali nejvyšší spotřebu vzduchu stejní hasiči jako u předešlých měření. Spotřeba se však již u všech absolventů dostávala do velice vysokých hodnot, které výrazně omezují dobu nasazení a tím značně zkracují, nebo téměř znemožňují smysluplné nasazení při řešení komplikovanější skutečné mimořádné události.

Reakcí na tuto skutečnost tak bylo opakování výcviku v protichemických oblecích, kdy byla k dýchacímu přístroji místo běžně používané tlakové lahve o objemu 6,8 litru připevněna speciální T spojka, jejímž prostřednictvím došlo k propojení dvou standartních lahví. Tím se zvýšila celková zásoba vzduchu na více než 4 000 litrů. Zároveň sice došlo k dalšímu navýšení hmotnosti výbavy nositele o cca 7 kg, ale další zátěž neměla u žádného z testovaných dramaticky výrazný dopad na zvýšení průměrné minutové spotřeby, která vzrostla u všech v rozmezí 10–15% a bez ohledu na individuální spotřebu každého jednotlivce došlo k téměř dvojnásobnému prodloužení možné doby nasazení.

Naměřené hodnoty, získané při všech typech výcviků byly porovnány s dostupnými údaji zabývajícími se spotřebou dýchacího média. Nejširší možnost srovnání poskytl řád chemické služby a učební skripta chemické služby HZS ČR, které udávají také spotřebu vzduchu v závislosti na velikosti zátěže. Ve většině případů byly zjištěné hodnoty vyšší než v odborné literatuře. Rozdíly se zvětšovali s přibývajícím velikostí zátěže a tím rostoucím množstvím spotřebovávaného vzduchu. Při extrémním zatížení pak dosahovaly 1,5 - 2násobku uváděných hodnot [21].

5 VÝSLEDKY

Jako zdroj výsledků spotřeby dýchacího média při použití izolačního dýchacího přístroje bylo využito několik různých testů, kdy byla měřena spotřeba vzduchu jak při prostém použití dýchacího přístroje, tak i při použití protichemického přetlakového ochranného obleku, jehož použití je možné pouze v kombinaci s dýchacím přístrojem nošeným vně oděvu. Testování probíhalo na předem připravených tratích, kde měli všichni testovaní zcela shodné podmínky. Všichni účastníci testování byli poučeni o nutnosti podat ve všech měřených disciplínách maximální možný výkon na hranici svých fyzických možností tak, aby bylo možno hodnotit výsledky při stejném fyzickém vypětí a zároveň porovnat rozdíly v čase nutném ke splnění stanovených úkolů. Výjimkou bylo měření na běžeckém pásu, kde byla nastavena rychlost 7km/hod. a spotřeba vzduchu byla poté ovlivněna kromě fyziologických parametrů zejména úrovní fyzické zdatnosti, kdy účastníci se slabší kondici zvládali tempo pásu jen s maximálním nasazením, což vedlo k mnohem vyšší spotřebě než u trénovaných jedinců, jejichž výkon se zdaleka neblížil limitní hranici. Všechny testy probíhaly v kompletní zásahové výstroji, tvořené těžkými trojvrstevnými kalhotami a kabátem, zásahovými rukavicemi a přilbou pro zásahy vně budov. S výjimkou testu na běžeckém pásu, kde byli účastníci obuti ve sportovní obuvi z důvodu ochrany tohoto cvičebního zařízení, byla ve všech ostatních testech s dýchacím přístrojem použita těžká zásahová holeňová obuv, výrazně stěžující atletický pohyb.

Nejrozsáhlejší měření proběhlo ve cvičném polygonu v areálu požární stanice Příbram. Tohoto cvičení se v rámci každoročního povinného výcviku zúčastnilo všech 60 výjezdových hasičů ze stanic Beroun a Hořovice. Další měření byla provedena na třinácti hasičích ze směny C stanice Beroun, kdy byla postavena cvičná trať simulující reálné podmínky plněné u skutečného zásahu

a měřena spotřeba všech testovaných při použití dýchacího přístroje Dräger se standardní tlakovou lahví o objemu 6,8 litru i lahví o objemu 9 litrů. Měřena byla v této disciplíně také spotřeba dýchacího média při propojení dvou lahví o objemu 6,8 litru. Ke zjištění rozdílu spotřeby dýchacího média při použití moderního přetlakového dýchacího přístroje a staršího dýchacího přístroje s těžším zásobníkem vzduchu a podtlakovou plicní automatikou byl test opakován s použitím dýchacího přístroje Saturn s ocelovou lahví o objemu 7 litrů. V dalším testu bylo pak využito dýchacího přístroje Dräger se standardní lahví o objemu 6,8 litrů na běžeckém pásu, kde byl porovnán rozdíl mezi všemi hasiči v minutové spotřebě dýchacího média při zcela shodném zatížení. Porovnány byly odchylky ve spotřebě vzduchu mezi tímto testem a ostatními měřeními, způsobené rozdílnou fyzickou kondicí testovaných. Měřena byla i spotřeba vzduchu v protichemických oblecích. Zdrojem vzduchu pro test byl opět dýchací přístroj Dräger, vybavený při prvním měření lahví o objemu 6,8 litru, při druhém měření pak pomocí speciální spojky byly propojeny dvě běžné láhve dohromady, čímž byla sice navýšena hmotnost, ale výrazně zvětšena zásoba dýchacího média.

5.1 Testování ve cvičném polygonu

Pravidelný výcvik ve cvičném polygonu v areálu požární stanice Příbram, konaný každoročně v úvodních měsících roku, byl z důvodu pandemie koronaviru SARS – CoV - 2 v letech 2021 a 2022 zrušen. Využity pro účely výzkumu byly proto výsledky naměřené při posledním uskutečněném výcviku, konaném v únoru roku 2020. Údaje získané tímto měřením však mohou posloužit ke srovnání s ostatními testy konanými v roce 2022. V tomto časovém intervalu totiž došlo pouze k minimální personální obměně, která se týká tří příslušníků, z nichž pouze jeden byl členem směny C z centrální stanice Beroun, kteří budou zahrnuti do dalšího testování a následného srovnání všech měření.

V průběhu dvou let od posledního výcviku ve cvičném polygonu nedošlo u většiny měřených ke změně tělesné hmotnosti ani výraznému nárůstu nebo poklesu fyzické zdatnosti, který by ovlivnil srovnání měření. Pořadí fyzické zdatnosti mezi jednotlivými testovanými, prokazované při každoročním přezkoušení zůstalo nezměněné, a i minimální rozdíly v hmotnosti některých příslušníků, ke kterým v průběhu dvou let došlo, neměly vliv na posun v hmotnostní tabulce měřených.

Test probíhal ve třech dnech, vždy za účasti dvaceti hasičů. Třinácti ze stanice Beroun a sedmi ze stanice Hořovice, kteří se ho účastnili vždy po skončení své pracovní směny. Před vstupem na trať polygonu byla každému z účastníků zaznamenána hodnota tlaku z manometru dýchacího přístroje a zaznamenán čas zahájení pokusu. Každý účastník byl ustrojen do kompletního zásahového obleku, těžké zásahové obuvi a zásahové přilby, ke které byla pomocí kandahárového systému uchycena maska dýchacího přístroje Dräger vybaveného lahví o standartním objemu 6,8 litru. Výbava hasiče je patrná na záběru z infrakamery, viz obrázek 17. Z důvodu omezené zásoby vzduchu si testovaní vyzkoušeli disciplíny rotoped, průmyslová zóna a zkušební nádrž pouze s neaktivním dýchacím přístrojem. Zkušenosti z předešlých let ukázaly, že v případě plnění všech zátěžových úkolů před vstupem na trať polygonu je zásoba vzduchu v tlakové lahvi pro uživatele s vyšší spotřebou nedostatečná a tito hasiči byli poté nuceni dokončit výcvik se sejmoutou maskou dýchacího přístroje. Spotřeba vzduchu s použitím aktivního dýchacího přístroje a měření času potřebného ke zdolání trati, tak bylo před vstupem do vlastního polygonu měřeno pouze na disciplínách kladkostroj, nekonečný žebřík a pohyblivý pás, které jsou na splnění fyzicky nejnáročnější, ale zároveň jejich provedení zabere nejméně času. Pro zajištění maximální objektivity bylo po domluvě se všemi testovanými upuštěno od rozdělení do čtyř kategorií podle věku účastníka, které má standardně vliv na požadovaný počet cviků na jednotlivých zařízeních.

Všichni absolventi tak bez ohledu na svůj věk plnili nejpřísnější limity určené pro věkovou kategorii A, do které spadají hasiči ve věku 18–30 let. Na běžeckém pásu tak urazili při sklonu stoupání 10 % a rychlosti 7 km/hod. vzdálenost 200 metrů, na nekonečném žebříku vystoupali 30 výškových metrů a na kladkostroji provedli 50 zdvihů závaží předepsaným způsobem. Ihned po splnění těchto úkolů následoval vstup do prostoru klecového polygonu, kde byl postup testovaných nad rámec vlastních překážek a téměř naprosté tmy komplikován obsluhou polygonu, a to spuštěním světelných efektů napodobujících záblesky plamenů a zvukovými efekty simulujícími praskání typické u rozsáhlejších požárů. Spuštěn byl i generátor mlhy, která ještě více ztěžovala už tak minimální viditelnost a v provozu byla také žárová zóna, kdy se v části dráhy museli účastníci vyrovnávat s výrazným nárůstem okolní teploty. Ihned po absolvování trati byl všem účastníkům změřen čas potřebný na její zdolání a z manometru dýchacího přístroje zaznamenána zbytková hodnota vzduchu.

Nejrychlejší čas ke zdolání trati byl 16 min, 30 sec. Jednalo se o příslušníka vykazujícího nejvyšší výkonnost i při pravidelném fyzickém přezkušování hasičů. Jeho minutová spotřeba však patřila k nejvyšším, činila 95 litrů. Hmotnost tohoto hasiče dosahuje 92 kg a výsledky ukázaly, že bez ohledu na úroveň fyzické kondice je velikost minutové spotřeby dýchacího média ovlivněna zejména tělesnou hmotností. Nejnižší celkovou i minutovou spotřebu dosáhl 73 kg vážící Michal, jehož čas potřebný ke zdolání trati patřil k nejlepším (19:30 min, 8. nejrychlejší) a vlivem nižší hmotnosti oproti vůbec nejrychlejším účastníkům měl i mnohem menší minutovou spotřebu. V době konání výcviku byl s věkem 53 let třetím nejstarším účastníkem. O tom že věk nemá na velikost spotřeby dýchacího média žádný, nebo pouze minimální vliv, svědčí i výsledek druhé nejnižší celkové a třetí nejnižší minutové spotřeby, kterou dosáhl 46letý Martin. Překvapivé je i to, že v konkurenci několika desítek mnohem mladších kolegů dosáhl tento hasič 4. nejlepší čas, rovných 18 minut. Na velikost minutové

spotřeby měla vliv jeho nízká tělesná hmotnost 75 kg, na velikost celkové spotřeby pak i vysoká fyzická zdatnost, kterou kromě jednoho z nejrychlejších časů v polygonu pravidelně potvrzuje i při testech fyzické zdatnosti.

Nejvyšší celkovou spotřebu měli dva 108 kg vážící příslušníci, kteří byli zároveň nejtěžšími účastníky měření. Vzhledem ke skutečnosti, že jejich hmotnost není tvořena převážně svalovou hmotou ale nadměrným množstvím tuku, v důsledku čehož patří jejich fyzická zdatnost k nejnižším mezi všemi testovanými, patřily i jejich časy 23:30 min a 24 min. k nejhorším. Při shodné spotřebě 85 litrů za minutu spotřebovali na zdolání trati veškerou zásobu vzduchu v tlakové lahvi. K hranici úplného vyčerpání zásoby dýchacího média se přibližovali všichni hasiči s nejnižší fyzickou zdatností vykazovanou při pravidelném přezkoušení fyzické zdatnosti, kteří zároveň mají vyšší tělesnou hmotnost přesahující 90 kg, což byl průměr testované skupiny. V případě testovaných, kteří sice přesahují hmotnost 90 kg, ale vykazují vyšší fyzickou zdatnost, byla část dýchacího média ušetřena kratším časem potřebným ke zdolání trati. Na výši minutové spotřeby vzduchu nehrála úroveň fyzické zdatnosti výraznější vliv. U všech deseti nejtěžších absolventů přesahovala spotřeba vzduchu hodnotu 82 litrů/min., bez ohledu na fyzickou zdatnost.

Průměrný věk všech šedesáti účastníků byl 38 let. Nejstaršímu testovanému bylo 62 let, nejmladšímu 20 let. Na minutovou spotřebu dýchacího média neměl věk žádný zaznamatelný vliv, testovaní se shodnou hmotností vykazovali velmi podobné hodnoty minutové spotřeby vzduchu bez ohledu na věk. Z deseti nejnižších minutových spotřeb bylo pět hasičů starších než průměrný věk skupiny a pět mladších. U nejvyšších deseti minutových spotřeb pak bylo šest hasičů starších než průměr skupiny, čtyři mladší.

Průměrná hmotnost celé skupiny byla 90 kg. Nejnižší hmotností bylo 68 kg, nejvyšší ve dvou případech 108 kg. Na zdolání celé trati potřebovala měřená skupina průměrnou spotřebu 75 litrů/min. Nejvyšší spotřebou bylo ve třech případech 95 litrů/min., nejnižší pak 62 litrů/min., viz graf 1.

Nejnižší minutové spotřeby dosahovali účastníci s nejmenší tělesnou hmotností. V tabulce deseti nejnižších minutových spotřeb bylo osm příslušníků s nejnižší hmotností. Avšak pouze tři z deseti příslušníků s nejnižší minutovou spotřebou skončili mezi deseti účastníky s nejnižší celkovou spotřebou, což bylo způsobeno delším časem, který strávili zdoláním trati. Mezi deseti nejvyššími spotřebami bylo sedm nejtěžších účastníků měření. Hmotnost tak měla na minutovou spotřebu zásadní vliv.

Spotřeba při tomto testu u žádného z účastníků nedosahovala extrémních hodnot nad 100 litrů za minutu vlivem profilu trati, kdy všichni účastníci po fyzicky náročném absolvování úkolů v zátěžové místnosti nedosahovali na trati vlastního polygonu maximální možné výkonnosti vlivem nutnosti zpomalení pohybu v důsledku velmi omezené viditelnosti i nutnosti častého pohybu v předklonu nebo plížením.

Celková spotřeba dýchacího média byla kombinací minutové spotřeby a času potřebného ke zdolání trati. Deset fyzicky nejzdatnějších účastníků zdolalo trať v čase do 20 minut. Nejrychlejší čas byl 16:30 min., nejpomalejší pak 27 min. Pouze tři z deseti nejrychlejších časů však patřily hasičům, jejichž celková spotřeba vzduchu byla mezi deseti nejnižšími. Rozpětí vzduchu potřebného ke zdolání trati bylo od 1210 litrů až do 2040 litrů, což byl úplný obsah tlakové láhve. Nejrychlejší účastník testu spotřeboval 1570 litrů. Fyzická zdatnost se tak ukázala jako faktor, který má rozhodující vliv na schopnost rychle a efektivně zdolat překážky, u reálné mimořádné události pak provést co nejefektivnější

zásah, v důsledku kratší doby nasazení snížit celkovou spotřebu dýchacího média, avšak na minutovou spotřebu má minimální vliv.

Měřením se naopak nepodařilo prokázat negativní vliv kouření na spotřebu dýchacího média ani na úroveň fyzické kondice. V šedesátičlenné testované skupině byli pouze čtyři kuřáci a všichni dosáhli průměrných výkonů jak z hlediska času potřebného pro zdolání trati, tak z hlediska minutové spotřeby, která byla srovnatelná s nekuřáky o stejné hmotnosti.

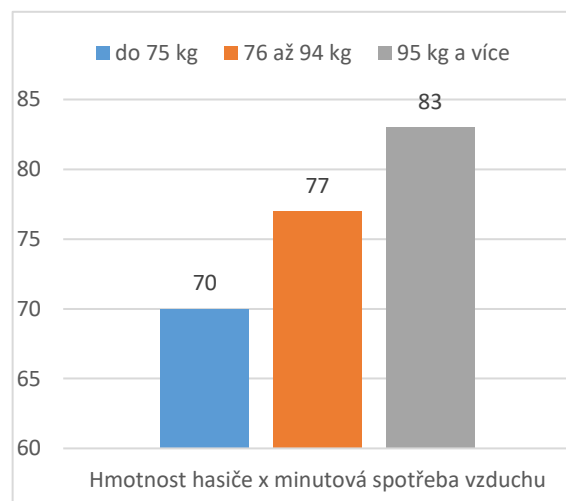
Pokles spotřeby vzduchu nebyl zaznamenán u absolventů testu, kteří užívají dýchací techniku výrazně častěji než ostatní účastníci výcviku. Někteří hasiči se nad rámec základního použití dýchacích přístrojů při řešení mimořádných událostí a při povinném výcviku na pracovišti účastní také sportovních soutěží, při kterých je použita dýchací technika, nebo jsou jejími nositeli také při zásazích jednotek sborů dobrovolných hasičů, kde je část testovaných příslušníků ve výjezdových jednotkách. Návyk na častější používání dýchacího přístroje však nemá na spotřebu dýchacího média zaznamatelný vliv. Všichni hasiči, kteří byli určeni jako častější uživatelé dýchacího přístroje, měli velice podobnou spotřebu vzduchu jako ti, kteří používají dýchací techniku méně často a mají podobnou hmotnost a fyzickou kondici.

Zátěž ve cvičném polygonu měla maximálně odhalit, jak bude organismus každého hasiče zvládat zátěž při skutečném nasazení u mimořádné události. Z hlediska náročnosti tohoto výcviku je úspěšné absolvování této překážkové dráhy předpokladem pro úspěšné provádění záchranných a likvidačních prací s použitím izolačního dýchacího přístroje. S ohledem na požadavky na kondiční zdatnost hasiče dosahuje požadovanou výkonnost každý z účastníků. Avšak nadváha s vyšším % tuku je zjevným limitem

ve výkonnosti, i faktorem, který zvyšuje celkovou spotřebu dýchacího média. U vybraných osob je tak potřebná redukce jejich tělesné hmotnosti.



Obrázek 17 – Záběr z infrakamery v klecovém polygonu



Graf 1 – Zjištěné hodnoty spotřeby vzduchu za minutu ve vztahu k hmotnosti hasičů. Uživatelé do 75 kg měli průměrnou spotřebu 70 l/min, a naopak uživatelé s hmotností nad 95 kg měli spotřebu cca 83 l/min.

5.2 Cvičné testování v dýchacím přístroji Dräger PA 94

Dalším pokusným testem bylo měření spotřeby vzduchu v dýchacím přístroji Dräger PA 94 na cvičné dráze, která byla pro účel měření postavena v areálu požární stanice Beroun. Tohoto testu, se stejně jako všech následujících, zúčastnilo již pouze 13 hasičů z berounské směny C. Cílem měření bylo porovnat velikost spotřeby všech účastníků s hodnotami naměřenými ve cvičném polygonu, ověřit zda nejnižší a nejvyšší spotřeby dosahují stejní jedinci a zda i pořadí jednotlivých časů potřebných ke zdolání trati bude shodné s výcvikem ve cvičném polygonu. Účastníci byli opět vystrojeni v kompletní těžké zásahové výstroji. Trať nejprve všichni hasiči absolvovali s použitím lahve o objemu 6,8 litrů a o tři dny později v rámci následující směny s lahví o objemu 9 litrů. Byl zkoumán nárůst minutové spotřeby vzduchu vlivem většího a těžšího zásobníku dýchacího média, měřen rozdíl v čase potřebném ke zdolání dráhy s těžší lahví a určen přínos devítilitrové lahve pro ochrannou dobu dýchacího přístroje.

Po zaznamenání času a tlaku z manometru zahájili testování měření uběhnutím vzdálenosti 100 metrů, dále pokračovali výstupem po schodišti do čtvrtého podlaží, po návratu pod cvičnou věž opakovali výstup s vynesemím 20 kg vázícím kanystrem, po jeho vrácení na původní místo pod schodištěm transportovali na vzdálenost 40 metrů cvičnou figurínu o hmotnosti 80 kg. Dalším úkolem bylo přenesení dvou dílů nastavovacího žebříku na vzdálenost 40 metrů a poslední disciplínou bylo opětovné uběhnutí vzdálenosti 100 metrů. Testování byli ve věkovém rozpětí 21 až 55 let, jejich hmotnost se pohybovala od 68 kg do 103 kg.

Při použití lahve s objemem 6,8 litru byl nejrychlejší čas 8:10 min., nejpomalejším pak čas 11:40 min. Průměrný čas byl 10:25 min. Nejnižší minutová spotřeba byla 95 litrů, nejvyšší pak 150 litrů. Hodnota průměrné minutové spotřeby byla 115 litrů. Nejvyšší celková spotřeba byla 1400 litrů, nejnižší pak 900

litrů. Průměrná celková spotřeba činila 1200 litrů vzduchu. Výsledky uvedené v tabulce 1 ukazují, že na minutovou spotřebu vzduchu má nejvýraznější vliv tělesná hmotnost. Naopak věk nehraje ve spotřebě vzduchu pozorovatelnou roli. Čas potřebný k překonání cvičné dráhy je obrazem fyzické kondice každého testovaného a celková spotřeba vzduchu je kombinací minutové spotřeby a aktuální tělesné zdatnosti.

*Tabulka 1 – Výsledky testování příslušníků směny C v dýchacím přístroji
Dräger na cvičné dráze v areálu PS Beroun.*

Jméno	Věk	Hmotnost v kg	Minutová spotřeba vzduchu	Celková spotřeba vzduchu	Výsledný čas v min.
Dušan	40	92	150	1220	8:10
Lukáš	41	91	125	1080	8:35
Michal	55	73	95	900	8:55
Štěpán	25	73	100	945	9:26
Miloš	36	103	140	1350	9:40
Martin	29	89	105	1145	10:54
Václav	45	95	115	1280	11:06
Dan	43	96	120	1335	11:08
Jiří	47	84	105	1200	11:25
Radek	51	95	120	1370	11:26
Tomáš	31	93	110	1260	11:28
Petr	29	85	105	1210	11:30
Roman	52	96	120	1400	11:40

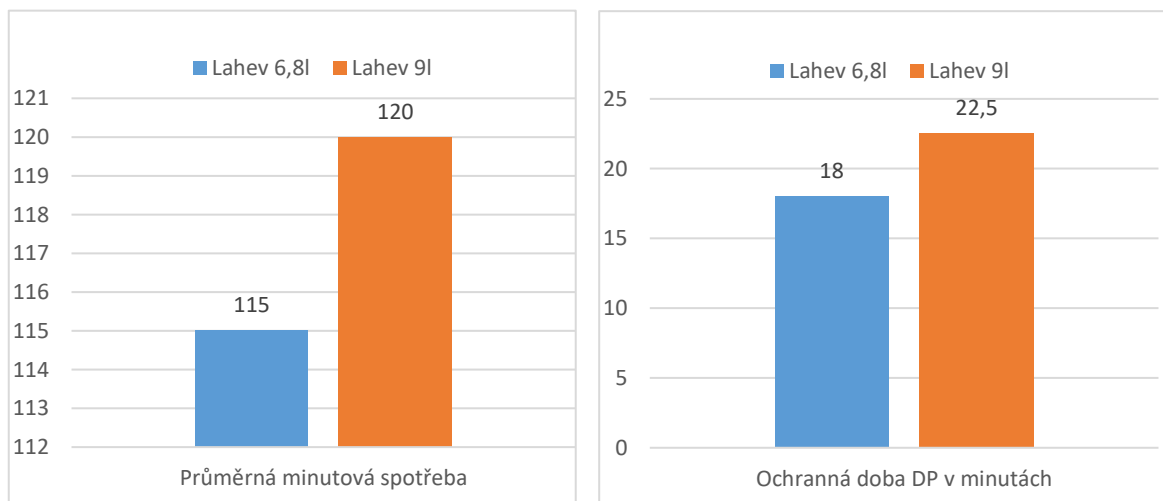
Při opakování pokusu s lahví o velikosti 9 litrů byl nejrychlejší čas 9:05 min, což byl o 55 sec. horší výkon než s lahví o objemu 6,8 litru. Nejpomalejší byl pak čas 13:10 min., který byl o 1:30 min. horší než se standartní menší lahví. Průměrný čas vzrostl pouze o 1:10 min. na hodnotu 11:35 min. Nejnižší a nejvyšší minutové spotřeby byly 100 a 155 litrů. Těžší lahev měla vliv na mírné snížení pracovní výkonnosti, ale minutová spotřeba vzduchu rostla již pouze nepatrně. Průměrná minutová spotřeba byla 120 litrů a průměr celkové spotřeby vzduchu

všech testovaných činil 1360 litrů. Při použití standartní i větší tlakové lahve zůstalo zcela nezměněno pořadí všech testovaných. Nejlepších i nejhorších časů i velikosti celkové a minutové spotřeby dosahovaly ve zcela nezměněném pořadí stejné osoby. U všech byl pozorovatelný pouze předpokládaný nárůst všech měřených hodnot.

Naměřené hodnoty viz tabulka 1, potvrdily údaje získané v polygonu, kdy téměř shodné bylo i pořadí jednotlivých hasičů v minutové spotřebě vzduchu, v celkové spotřebě vzduchu i v čase potřebném ke zdolání trati. Výjimkou byl pouze 103 kg vážící Miloš, jenž dosáhl 5. nejrychlejší čas, ačkoli jeho čas v polygonu byl z této 13ti členné skupiny až 9. nejrychlejší. Důvodem je jeho mohutná postava, která ho v úzkých chodbách polygonu omezovala více než jiné testované. Při řešení úkolů na Berounské stanici se již účastníci nemuseli potýkat se zúženým prostorem a jmenovaný tak mohl využít své dobré fyzické kondice ke zlepšení svého umístění. Ve velikosti minutové spotřeby však kvůli svým tělesným parametrům opět dosáhl druhé nejvyšší hodnoty, 140 litrů/min. Nejnižší spotřebu měl stejně jako v polygonu 73 kg vážící Michal, 95 litrů/min. Trať byla sice výrazně rychlejší na zdolání, než cvičný polygon, ale vlivem možnosti atletického pohybu v celé délce dráhy nebyl prostor pro nucené snížení maximálního fyzického nasazení a dechové frekvence a všichni testovaní dosahovali výrazně vyšší minutové spotřeby vzduchu.

Test ukázal možný přínos při použití větší lahve o objemu 9 litrů. V běžně používané tlakové lahvi o objemu 6,8 litru je při plnicím tlaku 300 bar zásoba 2040 litrů vzduchu. Hmotnost lahve je 4,2 kg, skladovaný vzduch pak váží 2,6 kg. Celková hmotnost zásobníku dýchacího média je tak 6,8 kg. V lahvi o velikosti 9 litrů je zásoba 2700 litrů vzduchu. Její hmotnost je 5,9 kg, hmotnost vzduchu pak 3,5 kg. Celkem tedy 9,4 kg. Rozdíl v hmotnosti plně natlakované lahve 6,8 a 9 litrů je 2,6 kg. Celková hmotnost dýchacího přístroje Dräger se zásobníkem 6,8

litru je cca 10 kg, při použití zásobníku o objemu 9 litrů pak cca 12,5 kg. Měření ukázalo, že takto malý rozdíl v hmotnosti nemá výraznější vliv na pracovní výkonnost a spotřebu vzduchu. Zásoba 660 litrů vzduchu navíc, při použití větší lahve však prodlužuje ochrannou dobu dýchací techniky při průměrné pracovní spotřebě u zásahu o cca 10 minut, což je výrazným benefitem pro používání této lahve. I při extrémním nasazení, kterým byl zkušební test s vysokými minutovými spotřebami vzduchu, došlo k prodloužení ochranné doby o cca 5 min. Výcvik ukázal, že větší devítilitrová lahev svému uživateli nebrání ani při extrémním nasazení v přirozeném pohybu a uživatelský komfort je při jejím použití srovnatelný s běžnou lahví o objemu 6,8 litru. V podmínkách požární stanice Beroun jsou těmito lahvemi vybaveny ty dýchací přístroje, se kterými se počítá při zásazích na požáry ve vyšších patrech výškových budov. V několika případech se již toto rozhodnutí ukázalo jako velmi prozíravé a umožnilo delší dobu nepřetržitého nasazení zasahujících při řešení komplikovanějších požárů spojených se záchranou osob.



*Graf 2 – Nárůst minutové spotřeby vzduchu u uživatele při porovnání „menší“
lahve o vodním objemu 6,8 l a „větší“ lahve o objemu 9l.*

Graf 3 - Při nárůstu minutové spotřeby se zvýší ochranná doba dýchacího přístroje.

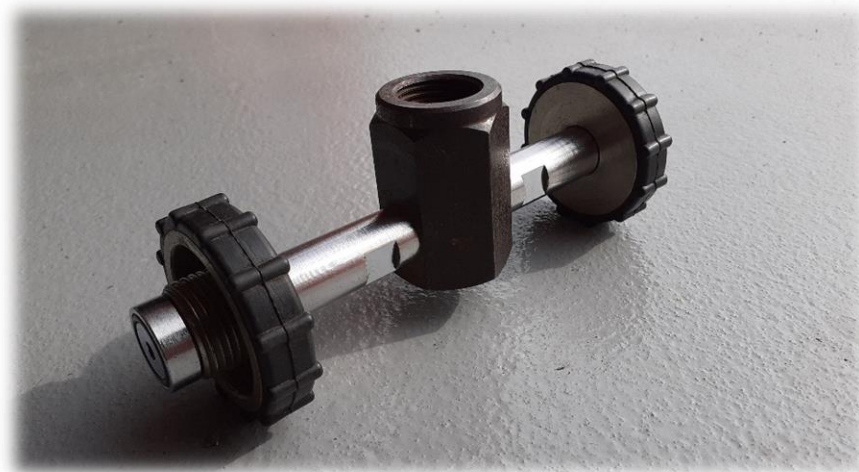
Jako další z možností prodloužení ochranné doby dýchacího přístroje se jevílo použití dvoumontáže, kdy dojde pomocí speciální spojky ve tvaru písmene T k propojení dvou standardních lahví o objemu 6,8 litru a tím ke zvýšení zásoby dýchacího média na 4080 litrů, viz obrázek 18. Bylo kalkulováno, že v ideálním případě by mohlo dojít k téměř dvojnásobnému prodloužení ochranné doby dýchacího přístroje. Přidáním druhé lahve došlo ke zvýšení hmotnosti o 6,8 kg, necelé 0,3 kg je pak hmotnost T spojky. Hmotnost takto speciálně upraveného dýchacího přístroje tak těsně přesahuje 17 kg, což je cca o 7 kg více než u standardně vybaveného přístroje s jednou lahví.

Měření probíhalo na stejné trati jako předešlé testy. Brzy se však ukázalo, že použití této varianty je pro zásah s nasazením hasičů v dýchacím přístroji zcela nevhodné. Subtilnější hasiči se od počátku potýkali s neúměrnou hmotností, která jim bránila v hbitém pohybu. Všichni absolventi, kteří tuto zkoušku podstoupili, pak byli bez ohledu na své tělesné parametry značně limitováni v pohybu rozměry nesené soupravy. Zásobníky vzduchu zabíraly celý prostor zad nositele, zasahovaly i do prostoru ramen, čímž omezovaly volný pohyb rukou a bránily v přirozeném atletickém pohybu uživatele. Výsledkem pak byla výrazně snížená pracovní výkonnost, kterou signalizovaly dosažené časy potřebné ke zdolání trati.

Nejrychlejšího času opět dosáhl stejný příslušník jako při předešlých měření. Avšak oproti časům 8:10 min. s lahví o objemu 6,8 litru a 9:05 s lahví velikosti 9 litrů, bylo tentokrát potřeba ke zdolání trati s použitím dvoumontáže již času 12:50 min. U dalších testovaných došlo ještě k většímu nárůstu času nutného ke splnění všech úkolů. Oproti průměrným časům 10:25 a 11:35 s lahvemi o objemech 6,8 a 9 litrů, vzrostla hodnota na 18:40 min. Běh do schodů se stal s touto modifikací nemožným, plnění dalších úkolů bylo výrazně pomalejší a i zdolání 100 metrové trati bylo možné pouze rychlou chůzí. V běhu bránily

testovaným hasičům kromě hmotnosti také rozměry nesené soupravy. Minutová spotřeba vzduchu se již nezvyšovala, avšak vlivem výrazně delšího nasazení rostla celková spotřeba dýchacího média.

Test tak byl předčasně ukončen již po pěti úvodních pokusech a použití dvoumontáže při prostém použití dýchacího přístroje bylo posouzeno jako neefektivní. Zejména pak z důvodu nemožnosti přirozeného atletického pohybu uživatele, který měl zásadní dopad na rychlost prováděných úkolů. Dvojnásobná zásoba dýchacího média byla znehodnocena téměř dvojnásobným časem potřebným ke splnění stanovených úkolů. Ačkoli minutová spotřeba dýchacího média se oproti použití jedné lahve již výrazně nezvyšovala, cítili testovaní po ukončení pokusu značnou únavu, která by je limitovala v dalším možném nasazení při řešení déletrvající mimořádné události. Byla však ponechána možnost použití dvoumontáže při nasazení v ochranných protichemických oblecích, kde není možný rychlý hbitý pohyb ani při standartním použití jedné lahve.



Obrázek 18 – „T“ spojka sloužící k propojení dvou běžných tlakových lahví na tzv. dvoumontáž



Obrázek 19 – Z praktického výzkumu autora diplomové práce vzešel závěr, že tzv. dvoumontáž není vhodná na běžné zásahy v DP, ale své uplatnění může nalézt při použití v ochranném protichemickém obleku

5.3 Testování s použitím dýchacího přístroje Saturn S7

Třináctičlenné skupině testovaných byla změřena také spotřeba dýchacího média při použití staršího nepřetlakového dýchacího přístroje Saturn, vybaveného původní originální těžší ocelovou lahví o objemu 7 litrů. Plnicí tlak této lahve je pouze 200 bar. Uživatel tak má k dispozici jen 1 400 litrů vzduchu, tedy o více než 600 litrů méně než v případě přístroje Dräger. Na velikost ochranné doby má pak negativní vliv i hmotnost přístroje. Ta přesahuje 15 kg a výrazně zvyšuje námahu uživatele pouhým jeho nesením a následně pak jeho spotřebu vzduchu. Ocelová lahev má hmotnost 9,9 kg, 1 400 litrů vzduchu pak cca 1,8 kg a 3,5 kg je hmotnost nosiče. S ohledem na menší zásobu dýchacího média i hmotnost plně vybaveného přístroje Saturn, byla z obavy před možností nedostatečného množství vzduchu pro splnění všech překážek cvičná trať zkrácena. Došlo k vynechání dvou posledních disciplín, kterými v předešlých testech bylo přenesení dvou dílů nastavovacího žebříku na vzdálenost 40 metrů a závěrečné uběhnutí vzdálenosti 100 metrů. I přes obtížnější způsob dýchání,

kdy uživatel musí aktivně vytvořit podtlak k zajištění přísunu vzduchu do masky dýchacího přístroje a výrazně nižší zásoby dýchacího média, byl předpoklad, že pro splnění zbylých překážek bude zásoba vzduchu dostatečná.

Nejrychlejším dosaženým časem testu bylo 7:55 min, nejpomalejším pak 10:50 min. Časy opět patřily stejným hasičům. Stejně tak shodné se všemi předešlými testy bylo kompletní pořadí časů. Průměrný dosažený čas měl hodnotu 9:35 min. Srovnání časů s předešlými testy nebylo možné z důvodu nuceného zkrácení trati. Nejnižší minutovou spotřebu vzduchu a to 100 litrů i nejvyšší 155 litrů opět dosáhli stejní nositelé. Průměrná spotřeba byla 125 litrů, což je pouze o 10 litrů vyšší spotřeba než v případě použití přístroje Dräger s běžně používanou lahví o objemu 6,8 litrů. Nejnižší celková spotřeba vzduchu byla 900 litrů, průměrná pak 1 200 litrů. Nejvyšší spotřebou vzduchu bylo 1 400 litrů, což byla veškerá zásoba v tlakové láhvi. Ukázalo se tak, že zkrácení trati z důvodu nižší zásoby dýchacího média v zásobníku tohoto přístroje, bylo nezbytně nutné.

Uživatelský komfort přístroje byl výrazně nižší, testované limitovala i jeho vyšší hmotnost, avšak minutová spotřeba byla téměř srovnatelná s přetlakovým přístrojem Dräger. Plicní automatika tohoto přístroje dodává uživateli vzduch pouze při nádechu a tím dochází k jeho efektivnějšímu a hospodárnějšímu využití. Ačkoli po použití přístroje testování pociťovali větší únavu než při cvičení s modernějším typem techniky, Saturn všem umožňoval vlivem svého rozměru bezproblémový rychlejší pohyb i běh.

Z důvodu malé zásoby vzduchu v zásobníku dýchacího média je dnes přístroj Saturn pro řešení většiny mimořádných událostí nevhodný. Vlivem své hladké plechové konstrukce s nepolstrovanými popruhy je však použitelný ke krátkodobé činnosti v extrémně znečištěném prostředí. Jeho následná očista

a údržba po takovémto nasazení je mnohem jednodušší a účinnější než v případě modernějšího přístroje Dräger. Snadné je také očištění a omytí ocelové tlakové lahve. Tu není při nasazení na rozdíl od kompozitních lahví nutné chránit před poškozením textilními návleky, které jsou náchylné na roztržení a znečištění a k jejichž očištění bývá nutné vyprání.

5.4 Měření spotřeby vzduchu při použití protichemického ochranného obleku

Při řešení mimořádné události s únikem neznámé chemické látky, nebo toxické látky, která má schopnost vstupovat do organismu i další branou vstupu nad rámec dýchacích cest a očí, které jsou chráněny maskou i při samostatném použití dýchacího přístroje, je nutné použití protichemických obleků. Jakákoli činnost v těchto oblecích je náročná na orientaci v prostoru, komunikaci s okolím a efektivní provádění záchranných prací. Problémem pro zasahující je také vyšší teplota uvnitř obleku a výrazně omezené možnosti rychlejšího pohybu.

Při testu se ukázalo, že i provádění jinak fyzicky nenáročných činností vede při použití obleků k výraznému zvýšení spotřeby vzduchu oproti stejné činnosti při prostém použití dýchacího přístroje. Testovaní příslušníci pouhým pohybem rychlejší chůzí dosahovali spotřeby vzduchu mezi 60 – 80 litry za minutu. Hodnoty při stejné činnosti v dýchacím přístroji a kompletní zásahové výstroji se pohybovaly pouze v rozmezí 35 – 50 litrů. Ještě větším problémem než spotřeba vzduchu se však při testu s protichemickými obleky ukázala velice omezená schopnost rychlé a efektivní činnosti. Obleky Respirix i Chempion Elite, ve kterých byl test proveden, stejně jako ostatní typy těchto protichemických plynotěsných přetlakových obleků, které jsou nejvyšším možným stupněm ochrany, svého uživatele výrazně omezují v pohybu a téměř vylučují běh a rychlé provádění záchranných i jiných činností. Uživatel se nad rámec hmotnosti dýchacího přístroje potýká také s váhou obleku, součet

hmotností se blíží hodnotě 20 kg. Možnost rychlého pohybu ztěžují zejména těžké gumové holínky, ale také ztížená pohyblivost nohou i rukou. Při provádění pracovních činností je pak dalším problémem velice omezená možnost manuální práce, viz obrázek 20.



Obrázek 20 – Jemná manuální práce při použití ochranných obleků je velice složitá

Obleky jsou vybaveny dvěma vrstvami bytelných ochranných rukavic, pod kterými má uživatel ještě navlečeny podvlékačí textilní rukavice. Takováto ochrana zajišťuje nositeli vysokou bezpečnost proti proniknutí chemické látky do obleku a jeho kontaminaci, ale silná ochranná vrstva bere téměř všechnu sílu v ruce a jakákoli manuální práce se stává velmi obtížnou a náročnou na čas. Komplikací je také to, že hasič sleduje okolí přes zorník masky dýchacího přístroje i zorník obleku, který se často zamlžuje. Tím se snižuje již tak omezená viditelnost. Zprůhlednění zorníku jeho otřením rukou bylo pak pro všechny měřené nositele fyzicky a zejména časově náročné, s ohledem na nutnost vyjmout ruku z pevných těsných rukavic a poté ji vrátit zpět.

Test s použitím protichemických oděvů ukázal, že i provedení jednoduchých úkolů, které se při samostatném použití dýchacího přístroje dají splnit v jednotkách minut, zabere několikanásobné množství času. Zásoba dýchacího média při použití jedné standardní tlakové lahve o objemu 6,8 litru je

tak při většině možných scénářů takto řešené mimořádné události nedostatečná. Reálných zásahů s nutností použití přetlakových protichemických ochranných obleků je poměrně málo a problémy s nedostatkem vzduchu při použití jedné standardní tlakové lahve tak není potřeba často řešit.

Při řešení mimořádné události v protichemickém oděvu je však nutné počítat se spotřebou vzduchu nutnou na cestu z nástupního prostoru přes nebezpečnou zónu k místu nasazení. Trasa může být s ohledem na rozsah úniku a druh nebezpečné chemické látky dlouhá několik desítek i stovek metrů. Ukázalo se, že taková cesta v členitém terénu zabere při použití obleku běžně několik minut. Komplikované bývá přímo v místě nasazení při použití obleku i nalezení místa úniku chemické látky, jeho zamezení, ale také vyproštění osob, poskytnutí pomoci a jejich transport mimo nebezpečnou zónu.

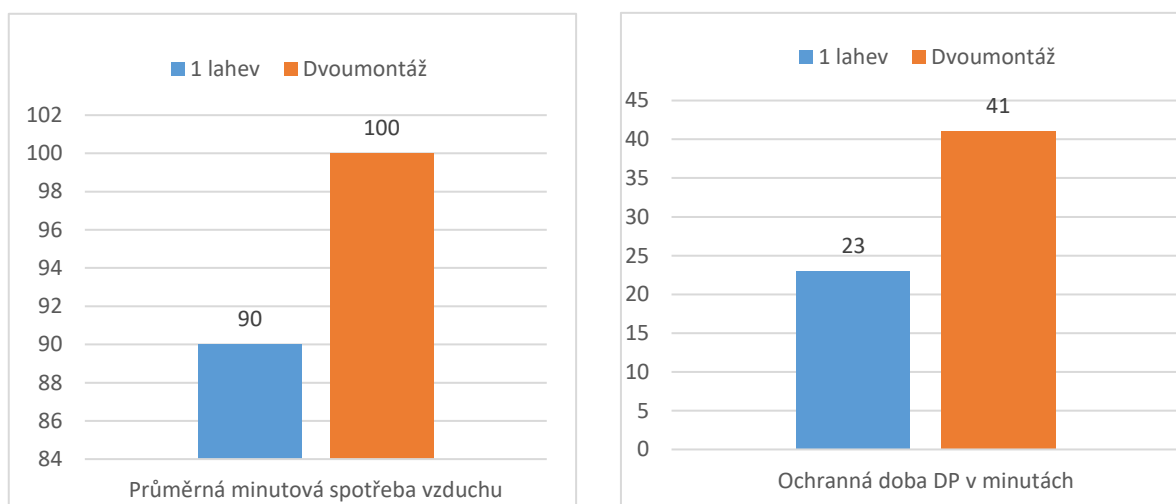
Všechny vyjmenované a další podobné činnosti odčerpávají další zásobu vzduchu. Před výstupem z nebezpečné zóny je pak ještě nutná dekontaminace. Zkušební měření ukázala, že vlivem omezené možnosti pohybu nemůže uživatel vyvinout maximální fyzické nasazení spojené s extrémní spotřebou vzduchu. Žádný z testovaných na zkušební dráze nepřesáhl spotřebu 100 litrů za minutu. Avšak i nejnižší minutová spotřeba činila 80 litrů. Při zásobě vzduchu 2040 litrů v lahvi o objemu 6,8 litru tak měli testovaní k dispozici vzduch na 20 – 25 minut. Po odečtení času na dekontaminaci, cca 5 min., cestu k místu události a zpět, kde je možno kalkulovat také minimálně s pěti minutami, zůstává na provedení průzkumu, detekci a vlastní záchranné práce spojené s nalezením zdroje úniku nebezpečné látky a jeho zamezením apod., pouze 10 – 15 minut. Při obtížnosti, neobratnosti, snížené viditelnosti a velice omezené schopnosti efektivní manuální činnosti se jedná o nedostatečný čas.

Použití jedné tlakové lahve o objemu 6,8 litru se tak pro tento typ mimořádné události ukazuje z důvodu nedostatečné zásoby dýchacího média jako nevhodné. Problém příliš nepomáhá vyřešit ani použití větší lahve o objemu 9 litrů. Zásoba 660 litrů vzduchu navíc oproti lahvi o objemu 6,8 litru prodlužuje možnou dobu nasazení pouze o 6 – 8 minut, což při tomto typu zásahu nemusí být dostatečné.

Testováno proto bylo možné použití dvou standartních lahví o velikosti 6, 8 litru, propojených speciální spojkou ve tvaru písmene T. Vytvoření této soupravy zvýšilo hmotnost dýchacího přístroje o dalších 7 kg a nositel se tak musel vyrovnávat s celkovou zátěží výstroje o hmotnosti téměř 27 kg. Při samotném použití dýchacího přístroje bránilo použití této dvoumontáže uživatelům v rychlém pohybu. Test v protichemických oblecích však ukázal, že při jejich použití není možný rychlý atletický pohyb ani při použití jedné láhve. Přidáním druhého zásobníku vzduchu pak došlo už pouze k malému poklesu pracovní výkonnosti. Cvičná dráha byla s vyšší zásobou dýchacího média absolvována dvakrát. Minutová spotřeba dýchacího média pak vzrostla pouze minimálně a pohybovala se v rozmezí 90 – 110 litrů. Po skončení měření pociťovali testovaní větší únavu než při použití jedné lahve, způsobenou vyšší hmotností dýchacího přístroje ale zejména delší dobou pobytu v obleku.

Čas možného nasazení se výrazně prodloužil celkovou zásobou vzduchu, která činila 4080 litrů, ale také překvapivě malým nárůstem minutové spotřeby oproti použití jedné lahve. Ochranná doba tak vzrostla na 37 – 45 minut. I po odečtení všech nutných činností zůstává na provedení vlastních záchranných prací cca 25 – 35 minut, což je více než dvojnásobně delší doba oproti standartnímu použití jednoho zásobníku vzduchu.

Použití této soupravy se při testu v ochranném protichemickém obleku velice osvědčilo. Na rozdíl od samostatného měření v dýchacím přístroji zde nedošlo k dramatickému poklesu obratnosti, kterou chemické obleky neumožňují ani s jednou tlakovou lahví. Spotřeba vzduchu pak u testovaných vzrostla jen velmi málo. Mezi jednotlivými hasiči byli v minutové spotřebě vzduchu mnohem menší rozdíly než při testu se samostatným použitím dýchacího přístroje. Důvodem poklesu tohoto rozdílu byl pravděpodobně fakt, že pro hasiče s vyšší tělesnou hmotností, kteří vykazovali nejvyšší minutové spotřeby, nebyla další nesená tlaková lahev tak velkou fyzickou zátěží navíc, jako pro jejich subtilnější kolegy, kteří při předešlých testech dosahovali výrazněji nižších minutových spotřeb. Negativním důsledkem tohoto experimentu byla pouze výrazně větší únava všech pokusných osob.



Graf 4 a 5 – Zvýšení minutové spotřeby dýchacího média a prodloužení ochranné doby při použití single lahve a dvoumontáže.

5.5 Zkouška maximální spotřeby vzduchu

Tvůrce této diplomové práce se na svém příkladu pokusil stanovit i nejvyšší spotřebu dýchacího média, dosahovanou při vynaložení maximálního možného fyzického nasazení, které podmínky umožňovaly. Pokus nebyl opakován na žádném dalším kolegovi, vzhledem k výsledkům předešlých

měření. Z těch vyplývalo, že z fyzicky zdatných účastníků nemá nikdo vyšší minutovou spotřebu vzduchu a u ostatních nebyl předpoklad, že by byli schopni test s ohledem na svou kondici dokončit. Předešlá měření ukázala, že v kompletní těžké zásahové výstroji s aktivním dýchacím přístrojem jsou fyzicky nejnáročnější disciplínou výběhy do schodů. V areálu požární stanice Beroun jsou k dispozici pouze čtyři poschodí, a tak test probíhal opakovaným vybíháním a sbíháním tohoto schodiště až do úplného vyčerpání zásoby vzduchu. I přesto, že tato forma testu svou nižší náročností plně nenahrazuje nepřetržitý výstup do vyšších poschodí výškových budov a při sbíhání schodů zpět dolů dochází k určitému odpočinku a ke snížení momentální spotřeby dýchacího média, dosáhla průměrná spotřeba hodnoty 165 litrů za minutu. K úplnému vyčerpání zásoby vzduchu z tlakové lahve o objemu 6,8 litru tak došlo již po 12 ti minutách.

Zkušenosti autora, jako účastníka několika olympijských her hasičů, viz obrázek 21, kde byla disciplína ve výběhu do výškových budov v kompletní zásahové výstroji s dýchacím přístrojem jednou z nejprestižnějších disciplín, však ukazují, že při nepřetržitém výstupu vzhůru může být minutová spotřeba vzduchu ještě vyšší a přesahovat i hodnotu 200 litrů. Ačkoli se v odborné literatuře tyto hodnoty minutové spotřeby vzduchu neobjevují, organizátoři těchto soutěží jsou si podobných extrémních možností spotřeby dýchacího média při maximálním fyzickém nasazení vědomi. V případech závodů, kde délka výběhu přesahuje 50 poschodí, se tak používá pouze neaktivní dýchací přístroj, který slouží pouze jako zátěž. Je předpoklad, že pomalejším soutěžícím z chvostu výsledkové listiny by při takto extrémní spotřebě nepostačovala zásoba vzduchu k dokončení závodu. U závodů ve vyšších budovách, které mají přes 70 poschodí, by pak zásoba vzduchu pravděpodobně nevystačila žádnému z účastníků.

Takto extrémních spotřeb vzduchu, dosahovaných pouze při zcela enormním fyzickém výkonu, není žádný hasič schopný dosahovat dlouhodobě, ale reálně spíše po dobu jednotek minut. I nejzdatnější příslušníci vydrží v takovémto nasazení maximálně 10 minut. Za tuto dobu je však možné v extrémních případech při mimořádně náročné činnosti spotřebovat veškerý obsah standartní tlakové lahve o objemu 6,8 litru.



Obrázek 21 – Vyčerpaný hasič po dokončeném výběhu do 83. podlaží [27]

5.6 Zkouška spotřeby vzduchu při nastavení shodné zátěže

V předešlých testech byla skupina zkoumaných osob testována vždy na stejné dráze za shodných podmínek, avšak výsledné časy pro splnění všech stanovených úkolů byly značně rozdílné. Nejvyšších minutových spotřeb v některých případech dosahovali hasiči s nejvyšší pracovní výkonností, jejichž časy nutné pro absolvování určené trati byly nejrychlejší. Objektivním výsledkem tak byla spíše celková spotřeba vzduchu potřebná ke zdolání trati. Ta byla výsledkem minutové spotřeby dýchacího média a času potřebného k dokončení cvičné dráhy. U všech měření bylo předpokládáno, že každá z pokusných osob vynaložila maximální možné fyzické úsilí.

Pro zajištění stejné zátěže, kdy bude zohledněna zcela rozdílná fyzická kondice měřených, byl zvolen běžecký pás, na kterém byla všem třinácti testovaným osobám vždy nastavena rychlost 7 km/hod. po rovné trati bez převýšení. Rychlost byla stanovena s ohledem na předpokládanou dobu, po kterou testovaným vydrží zásoba vzduchu a na fyzickou kondici nejslabších příslušníků tak, aby ji byl až do úplného vyčerpání zásoby dýchacího média schopen zvládat každý z testovaných. Při nastavení vyšší rychlosti hrozilo, že někteří z absolventů nebudou tempo pásu zvládat. Maximální nastavená doba pohybu, po které byl pokus i u absolventů s nižší spotřebou dýchacího média ukončen, byla stanovena na 30 minut. Test absolvovali hasiči v kompletní zásahové výstroji s aktivním dýchacím přístrojem Dräger, vybaveným tlakovou lahví o objemu 6,8 litru. Odlehčením byla pouze obuv, kdy z důvodu ochrany běžeckého pásu před poškozením byly těžké holeňové zásahové boty nahrazeny sportovní obuví.

Tři z testovaných příslušníků dokázali na pásu dokončit celý nastavený program a zásoba vzduchu jim vystačila na plných 30 minut. Jednalo se o Michala, jehož celková třicetiminutová spotřeba byla 1600 litrů vzduchu, průměrně tedy 53 litrů/min. Ten i ve všech předešlých testech vykazoval nejnižší minutovou spotřebu a zároveň i jedny z nejrychlejších časů potřebných ke zdolání všech úkolů. Celkově 1650 litrů spotřeboval Štěpán, jehož předešlé minutové spotřeby také patřili k nejnižším a v pořadí dosahovaných časů se umisťoval v lepším průměru celkového pořadí. Jeho minutová spotřeba činila 55 litrů. Oba tito hasiči mají tělesnou hmotnost pouze 73 kg. Posledním, kdo dokončil třicetiminutový interval před vyčerpáním veškeré zásoby dýchacího média, byl Dušan. Ten ve všech předchozích testech vykazoval nejrychlejší časy nutné ke splnění stanovených tratí, ale také jednu z nejvyšších minutových spotřeb. V tomto testu však nemusel k udržení tempa pásu vyvinout velké úsilí

a jeho minutová spotřeba byla i přes hmotnost 92 kg jen 68 litrů. Celková spotřeba tak činila 2040 litrů vzduchu, což byl kompletní obsah tlakové láhve.

Zbylých deset hasičů vyčerpalo zásobu 2040 litrů dýchacího média před uplynutím třicetiminutového intervalu a minutová spotřeba jim byla spočítána z času, který na тренаžeru strávili. U dvou měřených byl test ukončen pro vyčerpání zásoby vzduchu po 29 minutách a jejich spotřeba byla 70 litrů/min. Velikost minutové spotřeby, která zkracovala dobu strávenou na pásu, rostla na rozdíl od předešlých testů, kde nejvyšších hodnot dosahovaly robustnější osoby, bez ohledu na tělesnou hmotnost. Tři hasiči, kteří vykazali v tomto měření nejvyšší spotřebu, dosáhli průměrné minutové spotřeby 90 litrů. Na тренаžeru tak vydýchali všechnen dostupný vzduch za necelých 23 minut. Ani v jednom z případů se nejednalo o testovaného, který by nejvyšší spotřeby vykazoval i v předchozích testech. Jejich dosahované časy však vždy patřily k nejslabším a test, při kterém byli vlivem slabší kondice nuceni k udržení tempa pásu vynaložit větší fyzické úsilí než zbytek skupiny, způsobil výraznější nárůst jejich spotřeby vzduchu, a to i přes to, že tělesná hmotnost všech tří se pohybuje okolo 90 kg, což byl průměr testované skupiny. Minutová spotřeba nejtěžšího účastníka testu, 103 kg vážícího Miloše, přitom byla pouze 74 litrů a ve skupině 13 ti testovaných byla sedmá nejnižší. Umožnila mu tak strávit na тренаžeru do vyčerpání veškeré zásoby vzduchu téměř 28 minut.

Průměrná minutová spotřeba na osobu byla při tomto experimentu 76 litrů. Vzhledem k fyzické náročnosti testu, která je z pohledu zkušeností autora této diplomové práce srovnatelná se střední zátěží při použití dýchací techniky při řešení skutečné mimořádné události, je změřená hodnota dobře použitelná i pro výpočet ochranné doby dýchacího přístroje při středně těžkém zásahu, která by tak činila 27 minut. Při skutečném řešení mimořádné události je pak čas na provádění vlastních záchranných prací nutné ještě zkrátit

o cca 5 minut. To je doba, po kterou by při této spotřebě zněla píšťala varovného signálu upozorňující na nutnost návratu z nebezpečného prostoru, kdy zasahující již nemůže provádět záchranné práce. Pro účely tohoto experimentu nebyl na varovný signál brán zřetel a s výjimkou dvou hasičů s nejnižší spotřebou, všichni ostatní pokračovali v plnění úkolu i přes zvuk varovné píšťaly, až do úplného vyčerpání zásoby tlakové lahve.

Výsledkem tohoto pokusu bylo výrazně pozměněné pořadí testovaných v minutové spotřebě vzduchu. Fyzicky zdatní hasiči vynakládali na udržení rychlosti pohyblivého pásu jen velmi malé úsilí a jejich spotřeba byla vlivem málo zvýšené dechové frekvence menší oproti účastníkům se slabší kondicí, kteří tempo pásu zvládali jen s vynaložením velkého fyzického úsilí. Jejich spotřeba dýchacího média pak byla vyšší i bez ohledu na nižší tělesnou hmotnost. Výsledný čas, který pak dokázali na pásu vydržet, byl kratší v důsledku rychlejšího vyčerpání zásoby vzduchu.

Pořadí ve velikosti minutové spotřeby dýchacího média mezi jednotlivými měřeními, které platilo při všech předešlých testech, bylo při tomto experimentu zcela odlišné. Nejnižší minutové spotřeby vzduchu, která znamenala nejdelší čas strávený na zkušebním zařízení, dosahovali příslušníci s vysokou fyzickou zdatností a nižší tělesnou hmotností. Tento test tak patrně neobjektivněji zhodnotil kombinací fyzické zdatnosti a minutové spotřeby dýchacího média čas, po který jsou jednotliví testovaní hasiči schopni efektivně zasahovat s použitím dýchacího přístroje, bez nutnosti přerušování činnosti a výměny prázdné tlakové láhve.

6 DISKUZE

V dostupné odborné literatuře lze dohledat mnoho údajů o spotřebě dýchacího média. Nejčastěji bývá množství spotřebovávaného vzduchu za minutu udáváno v závislosti na obtížnosti vykonávané činnosti. Uváděny bývají hodnoty od 6 do 10 litrů za minutu při klidovém stavu či spánku, až k hodnotám 70 - 100 litrů za minutu při extrémní zátěži [21].

Při měřeních provedených za účelem získání dat pro sepsání této práce, jsem se však setkával se spotřebami, které byly vždy vyšší, než jsou obecně udávané hodnoty pro jednotlivé typy zátěže. Značné rozdíly pak byly i mezi jednotlivými testovanými hasiči. Zde hrála většinou zásadní roli hmotnost každého jednotlivce, která měla na velikost spotřeby dýchacího média ze všech faktorů nejvýraznější vliv. Naopak překvapivě jen velmi málo tuto spotřebu ovlivňoval pravidelný trénink, spojený s návykem na používání dýchacího přístroje a specifické dýchání při jeho použití.

Rozdíl ve velikosti zjištěné spotřeby oproti běžně udávaným hodnotám by však neměl být způsoben hmotností testovaných osob, která byla v průměru 90 kg. Tuto hmotnost můžeme v České republice u dospělého muže v dnešní době považovat za zcela běžnou a mělo by s ní být počítáno jako s nejčastější variantou. Spotřeba vzduchu při použití dýchacího přístroje však roste už jeho pouhým nesením. I nejmodernější odlehčené výrobky se svou hmotností přibližují k hodnotě 10 kg. Podobnou zátěž pak tvoří váha kompletní zásahové výstroje. Výsledkem pak je, že v případě takto vybaveného příslušníka, zatíženého 20 kg nad rámec své vlastní hmotnosti, nelze kalkulovat s pojmy jako je malá zátěž, nebo lehká práce, i pokud se hasič pouze pohybuje pomalou chůzí. Spotřeba vzduchu může být zvyšována i mírným stresem a nepohodlím způsobeným užitím dýchací techniky. Tyto faktory jsou však velmi obtížně

měřitelné, značně individuální a navíc by ani neměly mít na velikost spotřeby vzduchu žádný výrazný vliv. Testovaní hasiči však i přesto při pouhé chůzi dosahovali zjištěné minutové spotřeby hodnot mezi 35 – 50 litry, což je mnohem více než hodnoty běžně udávané pro podobný typ činnosti. Je také nutné uvést, že všechny pokusné osoby byly ve srovnání s běžnou populací fyzicky nadprůměrně zdatné a dobře adaptované pro výkon činností s použitím dýchací techniky.

Spotřeba dále ještě mírně vzrůstá při použití starších nepřetlakových dýchacích přístrojů. Zde byl však vlivem jejich vyšší hmotnosti a nižšího uživatelského komfortu patrný spíše pokles pracovní výkonnosti. Výraznější nárůst spotřeby dýchacího média při vykonávání stejné činnosti byl pak pozorovatelný při použití protichemických přetlakových vzduchotěsných obleků. Zde má na spotřebu vzduchu vliv další navýšení zátěže a zejména vyšší teplota, které uživatel uvnitř obleku po krátké době čelí. Při použití této výbavy nositel i při zdánlivě běžně náročné činnosti dosahuje minutové spotřeby 80 - 100 litrů, která bývá v odborné literatuře přiřazována ke spotřebě při extrémní zátěži. Z provedených pokusů však vyplynulo, že při použití protichemických oděvů nelze v důsledku omezených možností pohybu skutečně extrémní zátěže uživatele dosáhnout. Větší maximální minutové spotřeby vzduchu tak bylo dosahováno při nejnáročnějších testech se samostatným použitím dýchacího přístroje.

Z výsledků měření je patrné, že fyzicky zdatnější hasiči plní úkoly mnohem rychleji než zbytek skupiny, ale na minutovou spotřebu dýchacího média nemá jejich kondice zásadnější vliv. Značné je však množství ušetřeného vzduchu v důsledku rychlejšího splnění úkolu. Ochrannou dobu dýchací techniky tak fyzická zdatnost nezvyšuje. Zkracuje však mnohdy velmi výrazně dobu nutnou k vykonání záchranných nebo likvidačních prací.

Při testování možností navýšení zásoby vzduchu se osvědčilo použití lahve o objemu 9 litrů jako zásobníku k dýchacímu přístroji Dräger. Došlo k navýšení zásoby vzduchu o 660 litrů a prodloužení ochranné doby dýchacího přístroje. Větší lahev neměla negativní vliv na schopnost hbitého pohybu nositele a rozdíl v hmotnosti oproti běžné lahvi o objemu 6,8 litru byl i s hmotností většího množství vzduchu pouze 2,6 kg. Použití těchto větších lahví je tak vhodné při řešení mimořádných událostí, kde se dá předpokládat nutnost delšího nasazení zasahujících. K zamyšlení je i otázka, zda nekombinovat u dýchací techniky umístěné ve výjezdových vozidlech přístroje vybavené většími a menšími lahvemi. Každý hasič přibližně zná velikost své spotřeby dýchacího média a také to, jaká je jeho spotřeba v poměru ke svým kolegům. Pokud by pak uživatelé s vyšší spotřebou automaticky používali větší lahve, předešlo by se častým situacím, kdy některému ze skupiny zasahujících dojde vzduch výrazně dříve než zbytku skupiny. To mnohdy vede k nutnosti přerušování záchranných prací i pro zbytek zasahující skupiny. Na naprosté většině požárních stanic HZS ČR totiž početní stavy příslušníků i jejich jednotlivá funkční obsazení neumožňují zařadit do stejného zásahového družstva nebo skupiny hasiče se shodnou nebo podobnou spotřebou vzduchu.

Další možné navýšení zásoby dýchacího média pomocí soustavy dvou běžných lahví propojených speciální spojkou se při samostatném použití dýchacího přístroje naopak neosvědčilo. Ačkoli se taková myšlenka jeví jako ideální způsob výrazného navýšení ochranné doby dýchací techniky, při reálném nasazení bylo použití dvoumontáže velice neefektivní. Pracovní výkonnost výrazně poklesla jak vlivem o 7 kg vyšší hmotnosti soupravy oproti běžně vybavenému dýchacímu přístroji, tak zejména značným ztížením možnosti pohybu. Souprava dvou lahví překrývala svou plochou celá záda nositele a ten tak neměl možnost přirozeného volného pohybu rukou a zcela ztratil jakoukoli tělesnou obratnost. Místo běhu pak byla obtížně možná jen rychlejší chůze.

Pracovní výkonnost poklesla natolik, že i při dvojnásobné zásobě dýchacího média došlo pouze k malému navýšení vykonaného objemu práce oproti klasickému užití jedné lahve.

Použití soustavy dvou lahví se naopak velice osvědčilo při testu s ochrannými protichemickými obleky. Testování ukázalo, že při jejich použití není rychlý atletický pohyb a obratnost možná ani v případě standartního použití dýchacího přístroje s jednou lahví. Přidání druhé lahve pomocí dvoumontáže pak již nemělo na omezenou schopnost pohybu velký vliv a u všech testovaných výrazně nevzrostla ani minutová spotřeba vzduchu v důsledku vyšší nesené hmotnosti. Výsledkem bylo výrazné a pro takový typ zásahu velice důležité prodloužení ochranné doby, které může být potřebné zejména s ohledem na nutnou dekontaminaci. Při mimořádné události, jejíž řešení vyžaduje použití ochranných protichemických přetlakových obleků, je tak automaticky vhodné pro zajištění dostatečné ochranné doby používat dýchací přístroj s dvěma běžnými tlakovými lahvemi.

Absolvování všech cvičných testů s použitím dýchací techniky, nebo ochranných protichemických přetlakových oděvů, potvrdilo nutnost požadované fyzické zdatnosti hasičů a dokládá, že výjezdovými příslušníky mohou být pouze zcela zdraví, fyzicky zdatní a psychicky odolní lidé. Toto přezkoušení by proto bylo vhodné zavést i jako součást náborového řízení při výběru nových příslušníků. Nyní často dochází k situacím, kdy je podle současných přijímacích kritérií přijat uchazeč, který není u reálné mimořádné události schopen podávat odpovídající fyzický výkon a vykazovat potřebnou všeobecnou odolnost. Uchazeči o přijetí k HZS ČR sice nejsou v drtivé většině případů oprávněnými nositeli dýchací techniky, avšak toto omezení by nemuselo být žádnou překážkou, pokud by při testu nesli dýchací přístroj pouze jako zátěž. Současné přijímací fyzické testy prováděné v posilovně a ve sportovní

ústroji, tuto odolnost v žádném případě neprověřují. Toto zpřísnění přijímacích kritérií by však mohlo být v některých krajích kontraproduktivní. I při stávajících podmínkách je v současnosti v některých oblastech České republiky obtížné najít dostatečný počet vhodných nových příslušníků a zaplnit tabulková místa uvolněná odchody.

U některých stávajících výjezdových příslušníků HZS ČR, by bylo ideálním řešením ve vztahu k prodloužení ochranné doby dýchací techniky, snížení jejich nadváhy. Výsledky měření ukázaly, že spotřeba dýchacího média stoupá s hmotností uživatele. Jedná-li se o osobu s vysokým % tělesného tuku, dochází k omezení schopnosti práce v dýchací technice a v ochranném protichemickém oděvu. Ideální tělesná hmotnost udávaná podle běžných indexů jako jsou BMI (váha/výška v m²), nebo tradiční váha = výška – 100, v případech optimalizace při použití dýchací techniky neplatí úplně. Pokud dosahují vyšší hmotnosti osoby s vyvinutou tělesnou muskulaturou, je jejich vyšší spotřeba vzduchu vynahrazena vysokou pracovní výkonností. Problém nastává u hasičů, kteří mají v důsledku přebytečného tuku vyšší hmotnost, která ale nemá žádný pozitivní vliv na jejich pracovní výkon a vede k nárůstu spotřeby dýchacího média.

Pro všechny příslušníky bez ohledu na hmotnost a fyzickou kondici, je však vhodný pravidelný trénink, který zejména při cvičení s protichemickým oblekem pomáhá zvýšit přirozenou odolnost vůči nadměrné teplotě, zvyknout si na omezenou viditelnost i náročnost jakékoli manuální činnosti a vyzkoušet si komplikovanost komunikace. A to jak mezi sebou v záahové skupině, tak i s velitelem zásahu pomocí radiostanice. Obleky poskytují zasahujícím vysokou ochranu, při jejich použití však vzrůstá fyziologická zátěž. Svou neprodyšností brání odvodu přebytečného tepla a netrénovaný uživatel může mít již po několika minutách problém s přehřátím. Řád chemické služby HZS ČR uvádí

doporučené doby pobytu v obleku v závislosti na teplotě okolí. Např. při teplotě 30 °C je doporučenou dobou pouze 15 minut [21].

Takto krátké časy možného pobytu v protichemickém obleku je však možné pravidelným tréninkem a cvičením výrazně prodloužit. Všichni výrobci ochranných protichemických přetlakových obleků dodávají své výrobky k dlouhodobému pravidelnému užívání a po kontaktu s toxickými látkami se po dekontaminaci pouze zkracuje doba možného dalšího nasazení v zamořeném prostředí. Ta je pro většinu běžných průmyslových škodlivin, s jejichž kontaktem se nejreálněji počítá, stanovena v mnoha jednotkách i desítkách hodin. Při skutečném nasazení u reálných mimořádných událostí, kterými v případě autora této práce byly úniky chlóru ze strojovny aquaparku, amoniaku z rozvodů na zimním stadionu, nebo styrenu z cisterny při jeho přepravě, však vždy došlo k poškození obleků, které bylo důvodem k jejich vyřazení. Obleky mají pouze malou mechanickou odolnost, snadno dochází k narušení jejich ochranné bariéry prodřením, což vede k negativnímu výsledku přetlakové zkoušky, která je povinná po každém použití. Reálně jsou tak tyto ochranné prostředky spíše pouze na jedno použití, a to i přes vysoké pořizovací ceny, pohybující se v rozmezí 30 000 – 100 000 tis. Kč. Pravidelné výcviky, stejně jako testování a měření výsledků pro účely této práce, tak probíhají se cvičnými obleky, které byly z možného dalšího skutečného nasazení vyřazeny po předešlých mimořádných událostech, kde byly poškozeny.

Z testovaných hypotéz se nepotvrdil předpoklad, že hasiči s vysokou fyzickou zdatností budou mít nižší minutovou spotřebu dýchacího média než průměr testované skupiny. Na velikost minutové spotřeby měla nejvýraznější vliv tělesná hmotnost každé osoby. Testování s vyšší fyzickou kondicí však zvládali splnit stanovené úkoly rychleji než zbytek skupiny a vykazovali nižší celkovou spotřebu vzduchu nutnou pro absolvování zkušebních tratí.

Potvrdil se naopak předpoklad, že při použití moderního přetlakového dýchacího přístroje poklesne, při plnění stejného úkolu, minutová spotřeba uživatele. Rozdíl však byl překvapivě malý. Přednost moderních přístrojů oproti starším nepřetlakovým se ukázala spíše ve zvýšené pracovní výkonnosti a schopnosti zvládnout cvičnou trať v rychlejším čase. Nižší hmotnost i vyšší uživatelský komfort tak přispěly hlavně k celkovému snížení spotřebovaného vzduchu. Ochranná doba přístroje je delší zejména vlivem větší zásoby dýchacího média.

Při použití dvoumontáže v protichemickém přetlakovém ochranném obleku nedošlo k výraznému nárůstu minutové spotřeby vzduchu ve srovnání s běžným použitím jedné lahve, a tím došlo k výraznému prodloužení ochranné doby. Využití dvoumontáže se naopak neosvědčilo při samostatném použití dýchacího přístroje, kde výrazně omezovalo nositele v pohybu a vedlo ke značnému snížení pracovní výkonnosti.

Hasiči s vyšším věkem neměli při samostatném použití dýchacího přístroje, ani při výcviku v protichemickém obleku, vyšší minutovou spotřebu než jejich kolegové se stejnými fyzickými parametry. Naopak v některých případech dosahovali vlivem lepší fyzické kondice na trati i lepších časů, a tím měli nižší celkovou spotřebu vzduchu než jejich mladší kolegové. Celkově však nebyl zjištěn žádný vliv věku na spotřebu dýchacího média. Překvapivě pak v testovaném vzorku nebyl pozorován ani vliv věku na pracovní výkonnost. To je však způsobeno velmi dobrou kondicí všech příslušníků starších čtyřiceti let v měřené skupině.

Při testování se nepotvrdil předpoklad, že okolní teplota bude mít vliv na spotřebu dýchacího média. Je však třeba podotknout, že rozdíly v teplotě mezi jednotlivými testy byly velmi malé a případný vliv vyšší teploty na rostoucí

spotřebu vzduchu při použití dýchacího přístroje, se tak nepodařilo zaznamenat. Výraznější nárůst spotřeby vzduchu v závislosti na klimatických podmínkách je možné předpokládat při použití protichemického obleku. Odborná literatura také uvádí doporučené doby pobytu v tomto ochranném prostředí v závislosti na teplotě. I v tomto případě však testy probíhaly za velice podobných podmínek a okolní teplota jejich výsledky viditelně nezkreslila. Měření také ukázalo, že doporučené doby pobytu v protichemickém obleku lze při trénovanosti nositelů značně prodloužit.

Při vykonávání stejné, běžně náročné činnosti, měli všichni hasiči vyšší spotřebu vzduchu při použití ochranného protichemického obleku, než při samostatném použití dýchacího přístroje. Pokud však při výcviku došlo k situacím, kde bylo potřeba vydat maximální fyzický výkon, dosahovali testovaní vyšších hodnot minutové spotřeby při prostém použití dýchacího přístroje. Protichemické obleky totiž neumožňují uživateli volný, atletický pohyb a omezují ho v možnosti maximálního fyzického výkonu spojeného s extrémní spotřebou dýchacího média.

Testovaní příslušníci, kteří měli vyšší hmotnost než 90 kg, což byl průměr sledovaného vzorku, měli vyšší minutovou spotřebu vzduchu než zbytek skupiny. Toto porovnání ukázalo, že tělesná hmotnost má na velikost spotřeby dýchacího média zásadní vliv. Pokud se navíc jednalo o osoby se slabší kondicí, byla výsledkem i vysoká celková spotřeba vzduchu, způsobená pomalejším časem potřebným ke zdolání překážkové trati. Hasiči s větší hmotností, ale vysokou zdatností, dokázali celkovou spotřebu vzduchu snížit rychlejším splněním úkolů.

Spotřebu vzduchu při použití dýchací techniky pravidelný trénink v tomto ochranném prostředí výrazněji nesnižuje. U testovaných, kteří

používají dýchací přístroj podstatně častěji než ostatní osoby se stejnou nebo podobnou hmotností, nebyl zaznamenán výraznější rozdíl v minutové spotřebě vzduchu. Je tak předpoklad, že spotřeba dýchacího média se dá pravidelným užíváním snížit pouze velmi málo.

Při činnostech všech obtížností byly u testovaných měřeny pro konkrétní typ zátěže vyšší hodnoty minutové spotřeby dýchacího média, než udává dostupná literatura. Rozdíly v naměřených spotřebách vzduchu, oproti těm udávaným v odborné literatuře, byly výrazné. Při maximálním zatížení testování dosahovali spotřebu až 150 litrů za minutu. To je hodnota, která dvojnásobně převyšuje údaj o spotřebě vzduchu při extrémní zátěži, udávaný skripty chemické služby HZS ČR [22].

7 ZÁVĚR

Spektrum zásahové činnosti HZS ČR je velice různorodé. U většiny řešených mimořádných událostí je pro zasahující hasiče dostatečnou ochranou základní zásahová výstroj. V případech, kdy hrozí vniknutí toxických látek do organismu zasahujících, je nutné použití dýchacího přístroje, nebo celotělové ochrany v podobě protichemických obleků. Použití těchto prostředků je však pro zasahující vždy zátěží, která zvyšuje fyzickou námahu při provádění záchranných a likvidačních prací a snižuje rychlost jejich provedení, zejména pokud se při řešení mimořádné události použijí ochranné protichemické oděvy. Z uvedených důvodů by měl velitel zásahu vždy provést odpovídající posouzení situace a měl by být proveden průzkum s detekcí na přítomnost nebezpečných toxických látek a jejich koncentrací. Poté by mělo dojít k rozhodnutí o nasazení dostatečného stupně ochranných prostředků zasahujících. Tyto by měly zcela eliminovat všechna možná nebezpečí, kterými toxická látka může zasahující hasiče ohrozit, ale zároveň v rámci možností zachovat mobilitu hasiče a neomezit jeho schopnost provést maximálně efektivní zásah.

Jestliže situace vyžaduje nasazení dýchací techniky, může být případným problémem nedostatečné množství dýchacího média v běžné tlakové lahvi o objemu 6,8 litru, což se může projevit zejména při použití v protichemickém obleku.

Možnosti prodloužení ochranné doby dýchací techniky lze hledat ve zvětšení zásobníků dýchacího média, které však svým rozměrem a hmotností výrazně nesníží pracovní možnosti zasahujícího hasiče. V případě použití ochranného protichemického přetlakového oděvu ukázalo testování jako ideální řešení propojení dvou standartních tlakových lahví. Při samostatném použití dýchacího přístroje pak jeho vybavení větší lahví o objemu 9 litrů.

Doba možného nasazení může být prodloužena i v důsledku snížení minutové spotřeby dýchacího média, kterého je částečně možné dosáhnout snížením hmotnosti některých příslušíků. Efektivní a rychlé řešení při využití dobré fyzické kondice je pak cestou ke snížení celkového množství vzduchu potřebného ke splnění úkolu.

Navýšení zásoby dýchacího média zvýšením plnicího tlaku lahví se v současné době jeví nereálné. Přestože jsou běžně dostupné zásobníky s plnicím tlakem 400 barů, veškeré dýchací přístroje, redukční ventily, tlakové hadice a plnicí kompresory v majetku HZS ČR nejsou na takový tlak dimenzovány. Nárůst množství skladovaného dýchacího média by navíc nebyl až tak výrazný, aby se kompletní obměna skutečně vyplatila. Další navyšování plnicího tlaku i nad rámec této hranice pak již naráží na fyzikální limity, kdy zvyšující se tlak již nepřináší odpovídající nárůst množství vzdušnin.

Při použití protichemického obleku, kde hrozí nedostatečné množství dýchacího média nejreálněji, lze uvažovat také o zajištění možnosti připojení na externí přívod vzduchu do obleku při provádění dekontaminace. V současné době u žádných běžně používaných obleků taková možnost neexistuje.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

DP	dýchací přístroj
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
HZS SČK	Hasičský záchranný sbor Středočeského kraje
HZS	Hasičský záchranný sbor
PS	požární stanice

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HOROWITZ, Michael. Zázračná krev. *Mladý svět*. Praha, 2005, 47(5), 16-19. ISSN 0323-2042.
- [2] HARDEN, Beverley. *Respiratory physiotherapy*. 2. Edinburgh: Churchill Livingstone, 2009. ISBN 978-0-7020-3003-1.
- [3] ŠAULI, Petra. Atmosféra pod vlivem sluneční aktivity. *Astropis*. Praha, 2007(14), 17-20. ISSN 1211-0485.
- [4] BRÁZDIL, Rudolf. Atmosférické přílivy. *Sborník Československé geografické společnosti*. Praha: Academia, 1979, 84(1), 36-48. ISSN 0231-5300.
- [5] KARPENKO, Vladimír. Špatné vyhlídky ozonu. *EKO: Ekologie a společnost*. Praha: ČNTL, 2005, 16(5), 9. ISSN 1210-4728.
- [6] CÍLEK, Václav. Jak kolísal obsah CO₂ za posledních 23 milionů let?. *Vesmír*. Praha, 2020, 99(9). ISSN 0042-4544.
- [7] PEŠTOVÁ, Zuzana. Na jaké vrstvy se dělí atmosféra?. *Meteopress* [online]. Praha, 2019, 22. 2. 2019 [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://www.meteopress.cz/vysvetleni/na-jake-vrstvy-se-deli-atmosfera/>
- [8] NOVÁK, Jiří. *Himaláj a Karakoram*. 1. Praha: ALPY, 2017. ISBN 978-80-85613-54-4.
- [9] NAVRÁTIL, Leoš a kol. *Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory*. 2. Praha: Grada, 2017. ISBN 978-80-271-0210-5.
- [10] SLAVÍKOVÁ, Jana a Jitka ŠVÍGLEROVÁ. *Fyziologie dýchání*. 1. Praha: Karolinum, 2012. ISBN:978-80-2462-065-7.

- [11] HANZLOVÁ, Jitka a Jan HEMZA. Základy anatomie soustavy dýchací, srdečně cévní, lymfatického systému, kůže a jejich derivátů: Dýchací soustava. *Informační systém Masarykovy univerzity* [online]. Brno, 2013 [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/fsp/s/e-learning/zaklady_anatomie/zakl_anatomielll/pages/dychaci_soustava.html
- [12] JÁNOŠÍK, Ladislav. Vyhodnocení spotřeby vzduchu uživatele dýchací techniky. *Požární ochrana 2013: Sborník přednášek XXII. ročníku mezinárodní konference*. Ostrava, 2013, 78-80. ISSN 1803-1803, ISBN 978-80-7385-127-9.
- [13] TUREK, Petr. Lidská krev – zboží, nebo dar? *Vesmír*. Praha, 1994, **73**(2). ISSN 0042-4544.
- [14] PITSCHMANN, Vladimír. Chemické zbraně a ochrana proti nim. Manus 2011. ISBN: 978-80-86571-11-9
- [15] PITSCHMANN, Vladimír. Výzkum detekčních trubiček pro bojové chemické látky v České republice. *Chemické listy*. Praha, 2011, **105**(5). ISSN 0009-2770.
- [16] BAJGAR, Jiří a Josef FUSEK. Náhodné a cílené použití toxických látek: vojenské konflikty, havárie i terorismus. *Vojenské zdravotnické listy*. 2006, **75**(2), 70-80. ISSN 0372-7025.
- [17] URMINSKY, Ivan. Požární dýchací zařízení. *Letectví + kosmonautika Praha*. Praha, 2010, **78**(21), 30-32. ISSN 0024-1156.
- [18] SÝKORA, Vlastimil. *Prostředky pro ochranu dýchacích cest*. Praha: Ministerstvo vnitra, generální ředitelství Hasičského záchranného sboru, 2008. ISBN 978-80-86640-95-2.
- [19] KRATOCHVÍL, Václav, Michal KRATOCHVÍL, Šárka NAVAROVÁ a Jiří CHMEL. *Tlakové láhve z hlediska požární bezpečnosti*. 1. Ostrava -

Poruba: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. ISBN 978-80-7385-070-8.

- [20] Dräger Aerotest Simultan HP [online]. In: 2022 [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: https://www.draeger.com/cs_cz/Products/Aerotest-Simultan-HP#media-gallery
- [21] MATĚJKA Jiří a kol. *Chemická služba*. 1. Praha: Ministerstvo vnitra, generální ředitelství Hasičského záchranného sboru, 2012. ISBN 978-80-87544-09-9.
- [22] ŠÍN, Robin a kol. *Medicína katastrof*. 1. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-295-4.
- [23] BAJGAR, Jiří. *Biologické a chemické zbraně*. 1. Banská Bystrica: PRO, 2013. ISBN 978-80-89057-43-6.
- [24] STEVEN, Hoenig. *Compendium of chemical warfare agents*. 1. New York: Springer, 2007. ISBN 978-0-387-34626-70-387-34626-0.]
- [25] VS 20 SILVERFLASH protichemický oblek. In: *EuroFire Czech republic [online]*. 2019 [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: VS 20 SILVERFLASH protichemický oblek (eurofire.cz)
- [26] GÖTZOVÁ, Martina. Nový výcvikový polygon byl slavnostně otevřen na stanici v Rychnově nad Kněžnou. In: *POŽÁRY.CZ: Ohnisko žhavých zpráv [online]*. Praha, 19.3.2019 [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/207886-novy-vycvikovy-polygon-byl-slavnostne-otevren-na-stanici-v-rychnove-nad-kneznou/>
- [27] BELFAST 2013: Fenomenální česká čtveřice vybojovala zlato ve výběhu do 83. patra belfastské Obel Tower. In: *POŽÁRY.CZ: Ohnisko žhavých zpráv [online]*. Praha, 4. 8. 2013 [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/67322-belfast-2013-fenomenalni-ceska-ctverice-vybojovala-zlato-ve-vybehu-do-83-patra-belfastske-obel-tower/>

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKU

Obrázek 1 – Vrstvy zemské atmosféry	21
Obrázek 2 – Dýchací cesty a plíce	24
Obrázek 3 – Filtr MOF s maskou CM4 a moderní evakuační kukla	31
Obrázek 4 – Nepřetlakový DP Saturn S7	37
Obrázek 5 – Přetlakový DP Dräger s maskou a evakuační kuklou	39
Obrázek 6 – Porovnání ocelových lahví 5 a 7 litrů a kompozitních lahví 6,8 a 9 litrů	42
Obrázek 7 – Kompozitní láhve jsou při zásahu vloženy do textilního ochranného obalu	43
Obrázek 8 – Systém pro ověřování kvality vzduchu Aerotest od výrobce Dräger	44
Obrázek 9 – DP Dräger s tzv. dvoumontáží tlakových lahví	47
Obrázek 10 – Protichemické přetlakové ochranné obleky Respirax a Vautex	51
Obrázek 11 – Tlaková zkouška protichemického obleku Vautex	53
Obrázek 12 – Kombinovaný protichemický a proti žárový oblek Silverflash	54
Obrázek 13 – Řídící centrum cvičného polygonu	58
Obrázek 14 – Kladkostroj a v pozadí nekonečný žebřík	59
Obrázek 15 – Hasič prolézá úzkou trubkou umístěnou v dráze klecového polygonu	62
Obrázek 16 – Žárová zóna v klecovém polygonu	63
Obrázek 17 – Záběr z infrakamery v klecovém polygonu	76
Obrázek 18 – „T“ spojka sloužící k propojení dvou běžných tlakových lahví na tzv. dvoumontáž	82
Obrázek 19 – Z praktického výzkumu autora diplomové práce vzešel závěr, že tzv. dvoumontáž není vhodná na běžné zásahy v DP, ale své uplatnění může nalézt při použití v ochranném protichemickém obleku	83

Obrázek 20 – Jemná manuální práce při použití ochranných obleků	
je velice složitá	86
Obrázek 21 – Vyčerpaný hasič po dokončeném výběhu do 83. podlaží	91

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 – Výsledky testování příslušníků směny C v dýchacím přístroji Dräger na cvičné dráze v areálu PS Beroun	77
--	----

12 SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

- Graf 1 – Zjištěné hodnoty spotřeby vzduchu za minutu ve vztahu k hmotnosti hasičů. Uživatelé do 75 kg měli průměrnou spotřebu 70 l/min, a naopak uživatelé s hmotností nad 95 kg měli spotřebu cca 83 l/min.78
- Graf 2 – Nárůst minutové spotřeby vzduchu u uživatele při porovnání „menší“ láhve o vodním objemu 6,8 l a „větší“ lahve o objemu 9l. ..80
- Graf 3 - Při nárůstu minutové spotřeby se zvýší ochranná doba dýchacího přístroje.80
- Graf 4 a 5 – Zvýšení minutové spotřeby dýchacího media a prodloužení ochranné doby při použití single lahve a dvoumontáže.89