



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Studies

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

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta zdravotně sociální
Ústav radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Diplomová práce

Šetření vybraných parametrů zásahů
Hasičského záchranného sboru hl. m. Prahy
při výskytu oxidu uhelnatého

Vypracoval: Ing. Bc. Lukáš Job
Vedoucí práce: doc. RNDr. Přemysl Záškodný, CSc.
Konzultant: Ing. Libor Líbal

České Budějovice 2016

Abstrakt

Souvislost mezi intoxikací nebezpečnými chemickými látkami a vybranými parametry zásahů složek integrovaného záchranného systému je v současné době velmi diskutovanou oblastí. Tato souvislost je zejména sledována v případech, kdy je hlavním zdrojem otravy oxid uhelnatý. Hasičský záchranný sbor České republiky ve spolupráci se složkami integrovaného záchranného systému řeší každoročně celou řadu událostí právě s únikem oxidu uhelnatého. Tento plyn byl, a v současné době je stále příčinou mnoha intoxikací, zejména při používání karmy k ohřevu vody. To je důvodem, proč se tato diplomová práce zaměřuje právě na šetření vybraných parametrů zásahů Hasičského záchranného sboru hlavního města Prahy při výskytu oxidu uhelnatého.

Důležitými faktory ovlivňující průběh zásahu je mj. znalost toxických účinků tohoto plynu a jeho působení na lidský organismus, ale také dostatečné množství a kvalita detekčních přístrojů a ochranných prostředků.

Předkládaná diplomová práce se zabývá šetřením vybraných parametrů výše uvedené zásahové činnosti, která byla řešena v časovém období od roku 2010 do roku 2014 v rámci Hasičského záchranného sboru hlavního města Prahy.

V teoretické části je popsána nebezpečná chemická látka (oxid uhelnatý) z hlediska chemického, fyzikálního, biologického a také jeho využití. Důležitou částí práce je detailní popis průběhu intoxikací oxidem uhelnatým v organismu, jeho odbourávání z organismu, následky otrav a léčebné postupy. Dále byly popsány ochranné prostředky dýchacích orgánů, které jsou zaměřeny na ochranné filtry.

Při zpracování diplomové práce jsou dále zjištěny všechny události s únikem oxidu uhelnatého na území hl. m. Prahy. Tyto údaje jsou získány ze Statistického sledování událostí, které vede a zpracovává Hasičský záchranný sbor hlavního města Prahy. Ze statistiky zásahové činnosti jsou následně vyhledány údaje o počtu usmrcených, zraněných a zachráněných osob, které jsou v rámci statistiky evidovány. Jako srovnávací parametry jsou zvoleny údaje o průměrných denních teplotách a průměrných denních tlacích na území hl. m. Prahy. Tyto údaje jsou pro sledované období poskytnuty Českým hydrometeorologickým ústavem, pobočka Praha.

V rámci diplomové práce jsou stanoveny a ověřovány hypotézy vlivu průměrných denních teplot na frekvenci zásahové činnosti s přítomností oxidu uhelnatého na území hl. m. Prahy ve sledovaném období, vlivu průměrných denních tlaků na frekvenci zásahové činnosti s přítomností oxidu uhelnatého na území hl. m. Prahy a vliv průměrných denních teplot na průměrné denní tlaky.

Získané informace jsou souhrnně a detailně zpracovány do tabulek. V tabulkách jsou události rozděleny podle jednotlivých let, měsíců. Následně je uveden celkový přehled zásahové činnosti ve sledovaném období.

Zpracované údaje jsou následně statisticky šetřeny a vyhodnocovány. V první části je určena statistická jednotka za sledované období pěti let. Údaje jsou rovněž zpracovány do tabulky společně s průměrnými teplotami a průměrnými tlaky a následně vhodně rozškálovány. Následuje výpočet obecných momentů prvních řádů, směrodatných odchylek a korelačních analýz. Výsledky jsou srovnány s předepsanými intervaly. Na základě srovnání výsledků s předepsanými intervaly je vyhodnoceno, že počet událostí nekoreluje s teplotou, takže počet událostí s teplotou nesouvisí, počet událostí pozitivně koreluje s tlakem, což znamená, že počet událostí s tlakem souvisí. Teplota s tlakem koreluje pozitivně tzn., že tyto dva parametry spolu, v rámci provedeného šetření, souvisí.

Klíčová slova: oxid uhelnatý, intoxikace, svítiplyn, detekce, emise.

Abstract

The association between intoxication by hazardous chemicals and selected parameters response of the Integrated Rescue System is currently a frequently discussed theme. This connection is especially observed where the main source of carbon monoxide poisoning. Fire and Rescue Service of the Czech Republic in cooperation with the Integrated Rescue System units solves a wide range of events every year just with the leakage of carbon monoxide. This gas was, and today still is the cause of much intoxication, especially when using Karma for water heating. That is the reason why this thesis focuses precisely on the investigation of selected parameters response of the Fire and Rescue Service of the capital City of Prague upon the carbon monoxide occurrence.

Important factors influencing the progress of the intervention is i.a., knowledge of the toxic effects of this gas and its effects on the human body, but also adequate quantity and quality of the detection devices and protective equipment.

This diploma thesis deals with the investigation of selected parameters mentioned above emergency interventions, be subsequently treated by in the period from 2010 to 2014 under the Fire and Rescue Service of the capital City of Prague.

The theoretical part describes the hazardous chemical substance (carbon monoxide) in terms of chemical, physical, biological, and also its use. The important part is the detailed description of the intoxication of carbon monoxide in the organism, the degradation of the organism, consequences of poisoning and medical procedures. Further have been also described respiratory protective devices, which are focused on the protective filters.

When processing the diploma thesis is also found all events with the release of carbon monoxide in the capital City of Prague territory. These data are based on the statistical monitoring of events that leads and processes Fire and Rescue Service of the capital City of Prague. From statistic of interventions are subsequently searched data on the number of killed, wounded and rescued persons who are within the statistics registered. As comparative parameters are selected data on average daily temperatures

and average daily pressures in the capital City of Prague territory. These data are for the period provided by the Czech Hydrometeorological Institute, Prague subdivision.

The diploma thesis is determined and verified hypotheses of influence of the average daily temperature on the frequency of interventions with the presence of carbon monoxide in the capital City of Prague territory in the monitored period, average daily pressures influence on the frequency of interventions with the presence of carbon monoxide in the capital City of Prague territory and affect of the average daily temperature on the average daily pressures.

The gained information is comprehensively and detailed processed into tables. The events in tables are divided by years, months. Afterwards it provides a general overview of emergency interventions in the monitored period.

The processed data are then statistically examined and evaluated. In the first part is determined statistical unit for the period of five years. The data are also tabulated together with the average temperature and the average pressure and then suitably scaled. Then calculation of the general moments of the first order, standard deviations and correlation analysis follows. The results are compared with prescribed intervals. Based on a comparison of the results with the prescribed intervals is evaluated that the number of events does not correlate with the temperature, so the number of events with a temperature not connected, the number of events is positively correlated with the pressure, which means that the number of events related to the pressure. The temperature correlates positively with the pressure, i.e., these two parameters together, purview within performed examination, related.

Key words: carbon monoxide, intoxication, coal gas, detection, emissions.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

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

V Českých Budějovicích dne 16. 5. 2016

.....

Ing. Bc. Lukáš Job

Poděkování

Tímto bych chtěl velice poděkovat panu doc. RNDr. Přemyslu Záškodnému, CSc. a panu Ing. Liborovi Líbalovi za metodickou pomoc, udílení cenných informací a rad, které jsem využil při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat příslušníkům Oddělení chemické služby HZS hl. m. Prahy paní mjr. Ing. Janě Vítové a panu prap. Ing. Petrovi Pecháčkovi za zapůjčenou odbornou literaturu doplněnou dalšími cennými informacemi. Mé poděkování také patří paní Lucii Patočkové z Oddělení krajského operačního a informačního střediska HZS hl. m. Prahy, která mi poskytla informace o zásahové činnosti jednotek požární ochrany a zaměstnancům Českého hydrometeorologického ústavu paní Mgr. Iloně Zuskové a panu Ing. Václavovi Pokornému za poskytnutí klimatických dat. A v neposlední řadě patří velké poděkování mé rodině, která měla trpělivost nejen při zpracování diplomové práce, ale i během celého studia.

Obsah

Seznam použitých zkratek.....	10
Úvod.....	12
1 Teoretická část.....	14
1.1 Historie oxidu uhelnatého.....	14
1.2 Charakteristika oxidu uhelnatého.....	14
1.3 Fyzikální a chemické vlastnosti oxidu uhelnatého.....	15
1.4 Využití oxidu uhelnatého.....	17
1.5 Výskyt a vznik oxidu uhelnatého.....	18
1.5.1 Výskyt a vznik oxidu uhelnatého v přírodním prostředí.....	18
1.5.2 Vznik oxidu uhelnatého při spalování tuhých paliv.....	20
1.5.3 Vznik oxidu uhelnatého při spalování plyných paliv.....	20
1.5.4 Vznik oxidu uhelnatého v průmyslových odvětvích.....	21
1.5.5 Vznik oxidu uhelnatého v automobilové dopravě.....	23
1.6 Intoxikace oxidem uhelnatým.....	23
1.6.1 První pomoc při intoxikaci oxidem uhelnatým.....	26
1.7 Působení oxidu uhelnatého na lidský organismus a vyšetřovací metody ve zdravotnickém zařízení po otravě oxidem uhelnatým.....	27
1.7.1 Patofyziologie postiženého otravou oxidem uhelnatým.....	28
1.7.2 Klinický obraz postiženého otravou oxidem uhelnatým.....	30
1.7.3 Komplikace u postiženého otravou oxidem uhelnatým.....	31
1.7.4 Terapie u postiženého otravou oxidem uhelnatým.....	33
1.7.5 Prognóza u postiženého otravou oxidem uhelnatým.....	35
1.7.6 Profesionální expozice oxidem uhelnatým.....	36
1.8 Osobní ochranné prostředky používané k ochraně před účinky oxidu uhelnatého.....	38
1.9 Detekce oxidu uhelnatého.....	39
1.9.1 Vybavení HZS krajů prostředky chemického průzkumu.....	40
1.9.2 Plynové detektory.....	41

2 Hypotézy a metodika výzkumu.....	44
2.1 Hypotézy.....	44
2.2 Metodika výzkumu.....	44
3 Výsledky.....	46
3.1 Rozbor zásahů HZS hl.m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého.....	46
3.2 Statistické šetření vybraných parametrů událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého.....	55
3.3 Statistické šetření počtu událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého.....	57
3.4 Statistické šetření průměrné teploty u událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého v jednotlivých měsících.....	58
3.5 Statistické šetření průměrného tlaku u událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého v jednotlivých měsících.....	59
4 Diskuze.....	62
4.1 Zásahová činnost s přítomností oxidu uhelnatého na území hl. m. Prahy...	62
4.2 Statistické šetření počtu událostí HZS hl.m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého.....	64
4.3 Statistické šetření průměrné teploty u událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého.....	64
4.4 Statistické šetření průměrného tlaku u událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého.....	65
4.5 Statistické šetření a výpočty.....	65
Závěr.....	67
Seznam informačních zdrojů.....	68

Seznam použitých zkratk

ABR	Acidobazická rovnováha
atm.	atmosféra
CAS	Chemical Abstract Service
cca	circa
CNS	Centrální nervová soustava
COHb	Karboxylhemoglobin
CPAP	Continuous positive airway pressure
CT	Computed tomography
č.	číslo
ČLS JEP	Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně
ČR	Česká republika
DLCO	Diffusing capacity of the lung for carbon monoxide
Drs.	Doctoral Research Studies
EKG	Elektrokardiogram
ES	Evropské společenství
ETW	Einsatztoleranzwerte
EU	Evropská unie
FiO ₂	Inspirační koncentrace kyslíku
GCS	Glasgow coma scale
HBO	Hyperbarická oxygenoterapie
Hl. m.	Hlavní město
HZS	Hasičský záchranný sbor
ICHS	Ischemická choroba srdeční
JPO	Jednotky požární ochrany
KO	Krevní obraz
konc.	koncentrovaná
KPR	Kardiopulmonální resuscitace
MRI	Magnetic resonance imaging

NBO	Normobarická oxygenoterapie
NPK-P	Nejvyšší přípustná koncentrace plynu nebo páry
NT	Nuchální translucence – šíjové projasnění plodu
Obj.	Jednotka objemu
Obj. %	Objemová procenta
PEL	Přípustný expoziční limit
pH	Potential of hydrogen
ppm	parts per milion
r.	rok
REACH	Registration Evaluation Authorisation Chemicals
Sb.	Sbírka
SI	Le Système International d'Unités
tj.	to je
UPV	Umělá plicní ventilace
USA	United states of America
ZZS	Zdravotnická záchranná služba

Úvod

Šetření vybraných parametrů zásahů Hasičského záchranného sboru hl. m. Prahy při výskytu oxidu uhelnatého je velice aktuální téma, protože oxid uhelnatý je nebezpečná chemická látka, která stále způsobuje značný počet zásahů spojených s intoxikací lidského organismu. Bezbarvý a silně toxický plyn byl během 2. světové války používán k usmrcování lidí v koncentračních táborech. Po 2. světové válce byla uvedena chemická látka součástí svítiplynu, který byl nejdříve používán k osvětlení ulic měst, ale později byl používán i v domácnostech k ohřevu vody a potravin. Oxid uhelnatý se v různých koncentracích vyskytuje i v odvětvích těžkého průmyslu, jako jsou slévárny, válcovny a vysoké pece, nebo také při důlních těžbách. Plyn vzniká také při spalování tuhých paliv a to především při spalování černého a hnědého uhlí. Oxid uhelnatý je v malé míře využíván v potravinářském průmyslu, kde se používá při balení čerstvého masa. V rámci těchto popsanych činností může dojít k zvýšení koncentrací oxidu uhelnatého a k případnému vzniku události spojené s působením na lidský organismus a jeho zdraví. Znalost oxidu uhelnatého jako nebezpečné látky je důležité pro řešení těchto událostí nejen z pohledu ochrany obyvatelstva, ale i z pohledu složek integrovaného záchranného systému.

Oxid uhelnatý zaujímá 1. místo mezi náhodnými otravami v Evropě (ročně 5000 – 8000 ve Francii, 25000 ve Velké Británii), v USA (30000 – 56000 ošetřených) se jedná častěji o úmyslnou otravu. V ČR incidence po prudkém poklesu v 80. a 90. letech v poslední době opět mírně stoupá, celkové množství případů ročně je odhadováno na 1000 – 1500. Jako příčina smrti je otrava oxidem uhelnatým stanovena u 140 – 150 osob ročně.

V minulých letech byly popsány případy událostí spojených s únikem oxidu uhelnatého ve světě, ale i v ČR. V roce 2016 se v Javorníku otrávil oxidem uhelnatým celkem 5 lidí, pravděpodobná příčina byla z důvodu úniku nebezpečného plynu z karmy.

Diplomová práce je rozdělena do několika struktur, v teoretické části je popsána nebezpečná látka oxid uhelnatý, toxikologie oxidu uhelnatého, vznik a výskyt oxidu

uhelnatého, intoxikace oxidem uhelnatým a první pomoci po intoxikaci oxidem uhelnatým.

Cílem diplomové práce bylo zjistit a vyhodnotit vliv počasí na frekvenci zásahové činnosti s přítomností oxidu uhelnatého v zájmovém území hl. m. Prahy. V diplomové práci jsou ověřovány hypotézy na základě statistického šetření vybraných parametrů zásahů.

1 Teoretická část

1.1 Historie oxidu uhelnatého

Oxid uhelnatý objevil Joseph Priestley. [1]

První popis oxidu uhelnatého a jeho toxického charakteru se objevil v literatuře již více než před 100 lety v samostatné publikaci Drs. Douglase a Haldane. [2]

Po 1. světové válce se objevily projekty na jeho bojové použití ve formě karbonylů nebo roztoků v toxických rozpouštědlech. [1]

V 2. světové válce byl zneužit jako výfukový plyn dieselových motorů k usmrcování vězňů v pojízdných plynových komorách [1] a v léčebnách duševně a tělesně postižených. [3]

V 50. a 60. letech byl CO součástí vojenské toxikologie, možná proto, že přetrvával jako látka používaná k usmrcování vězňů v koncentračních táborech. Proto byly intoxikace CO popisovány poměrně detailně. [4]

Tabulka 1 - Toxicita CO pro člověka (podle Haggarda a Hendersona) – výuková tabulka z 50. let

Koncentrace CO v mg/l	Účinek na organismus
0,11	Vydrží se po dobu několika hodin.
0,45 – 0,6	Vydrží se bez pozorovatelného účinku po 1 hodinu.
0,7 – 0,8	Pozorovatelný účinek již po hodinovém působení.
1,0 – 1,4	Po hodinovém působení nepříjemné, ne však ještě nebezpečné příznaky.
1,7 – 2,3	Nebezpečné při hodinovém působení.
4,6 – a více	Smrt za dobu kratší než jedna hodina.

Zdroj: BAJGAR, Jiří. *Používání chemických zbraní a jednání o jejich zákazu: od historie k současnosti*.

1. vyd. Hradec Králové: Nucleus HK, 2006. ISBN 80-86225-75-5. [4]

1.2 Charakteristika oxidu uhelnatého

Oxid uhelnatý (Carbon monoxide) je bezbarvý plyn, bez chuti, velmi hořlavý až výbušný. [5]

Plyn lehčí než vzduch, nedráždivý a bez zápachu. [6]

Je silně toxický. [7]

Ve vodě je málo rozpustný. [8]

Ve směsi se vzduchem je oxid uhelnatý v rozmezí 12,5 až 74,2 objemových procent výbušný. [9]

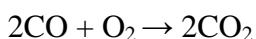
Karcinogenní, mutagenní a teratogenní účinky [10]

Jde o jeden z nejrozšířenějších jedů. [11]

1.3 Fyzikální a chemické vlastnosti oxidu uhelnatého

Po chemické stránce to je velice jednoduchá sloučenina. [1]

Má silně redukční vlastnosti. S kyslíkem se prudce slučuje, hoří namodralým plamenem při vzniku oxidu uhličitého:



za uvolnění značného množství tepla. Výhřevnost plynu je 12610 kJ/m³. [8]

Molekulová hmotnost 28,0, bod tuhnutí -205 °C, bod varu -191 °C, hustota 0,97 [1], teplota samovznícení 620 °C. [10]

Rozpouští se v řadě organických rozpouštědel. [1]

Vazba v CO je nejpevnější známá ve stabilní molekule a potvrzuje efektivnost vazby π (p-p) mezi orbitaly 2p C a O. [12]

Tabulka 2 - Vybrané vlastnosti CO

Vlastnost	CO
teplota tání T_f /K	68
teplota varu T_v /K	82
$\Delta_f H^\circ$ (298 K)/kJ mol ⁻¹	-110,5
$\Delta_f G^\circ$ (298 K)/kJ mol ⁻¹	-137
vazebná energie/ kJ mol ⁻¹	1 075
délka vazby C-O/pm	112,8
dipólový moment /D [*])	0,11

Zdroj: HOUSECROFT, Catherine E a A SHARPE. *Anorganická chemie*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2014, xxx, 1119 s. ISBN 978-80-7080-872-6. [12]

^{*}) Jednotka debye, D, není jednotkou SI.

1 D = 3,335 64 . 10⁻³⁰ C m.

Oxid uhelnatý, stlačený

Registrační číslo REACH: 01-2119480165-39-0000 [10]

REACH (Registration Evaluation Authorisation Chemicals) zahrnuje veškeré povinnosti o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek a přípravků v rámci EU. Nařízení by do roku 2020 měla zajistit, aby se na území ES vyráběly a dovážely jen takové chemické látky a přípravky, u nichž jsou známy jejich nebezpečné vlastnosti a aby se vyráběly, používaly a odstraňovaly bezpečným způsobem. [13]

Prvky označení

- Výstražné symboly nebezpečnosti



Obrázek 1 – Výstražné symboly nebezpečnosti

Zdroj: *Bezpečnostní list, Oxid uhelnatý, stlačený* [online]. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: [http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL0019/\\$file/BL0019.pdf](http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL0019/$file/BL0019.pdf) [10]

- Věty o nebezpečnosti

Standardní věty nebezpečnosti (H-věty) jsou věty přiřazené dané třídě a kategorii nebezpečnosti, která popisuje povahu nebezpečné látky nebo směsi včetně stupně nebezpečnosti. Standardní věty nebezpečnosti nahrazují R-věty. [13]

Tabulka 3 - Věty o nebezpečnosti

H280	Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout.
H220	Extrémně hořlavý plyn.
H360	Může poškodit reprodukční schopnost nebo plod v těle matky.
H331	Toxický při vdechování.
H372	Způsobuje poškození orgánů.

Zdroj: *Bezpečnostní list, Oxid uhelnatý, stlačený* [online]. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: [http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL0019/\\$file/BL0019.pdf](http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL0019/$file/BL0019.pdf) [10]

- Věty o bezpečném zacházení

Pokyny pro bezpečné zacházení (P-věty) popisují jedno nebo více doporučených bezpečnostních opatření pro minimalizaci nebo prevenci nepříznivých účinků způsobených expozicí danou chemickou látkou nebo směsí v důsledku jejího používání nebo odstraňování (nahrazují S-věty). Pokyny pro bezpečné zacházení nahrazují S-věty. [13]

Tabulka 4 – Pokyny pro bezpečné zacházení pro prevenci

P210	Chraňte před teplem/jiskrami/otevřeným plamenem/horkými povrchy.-Zákaz kouření.
P202	Nepoužívejte, dokud jste si nepřečetli všechny bezpečnostní pokyny a neporozuměli jim.
P260	Nevdechujte prach, dým, plyn, mlhu, páry, aerosoly.

Zdroj: *Bezpečnostní list, Oxid uhelnatý, stlačený* [online]. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: [http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/ig/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL0019/\\$file/BL0019.pdf](http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/ig/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL0019/$file/BL0019.pdf) [10]

Tabulka 5 – Pokyny pro bezpečné zacházení pro reakci

P377	Požár unikajícího plynu: Nehaste, nelze-li únik bezpečně zastavit.
P381	Odstraňte všechny zdroje zapálení, můžete-li tak učinit bez rizika.
P304+P340+P315	PŘI VDECHNUTÍ: Přeneste postiženého na čerstvý vzduch a ponechte jej v klidu v poloze usnadňující dýchání. Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření.
P308+P313	PŘI explozi nebo podezření na ni: Vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření.

Zdroj: *Bezpečnostní list, Oxid uhelnatý, stlačený* [online]. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: [http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/ig/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL0019/\\$file/BL0019.pdf](http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/ig/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL0019/$file/BL0019.pdf) [10]

Tabulka 6 – Pokyny pro bezpečné zacházení pro skladování

P403	Skladujte na dobře větratelném místě.
P405	Skladujte uzamčené.

Zdroj: *Bezpečnostní list, Oxid uhelnatý, stlačený* [online]. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: [http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/ig/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL0019/\\$file/BL0019.pdf](http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/ig/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL0019/$file/BL0019.pdf) [10]

1.4 Využití oxidu uhelnatého

Oxid uhelnatý byl v některých zemích povolen v množství 0,4 % pro balení čerstvého masa, neboť se váže na svalový myoglobin za vzniku jasně červené barvy,

kteřá zintenzivňuje pŕírodní zabarvení masa (v EU je povolen kyslík, optický efekt je podobný). [11]

Oxid uhelnatý je plyn pouŕživaný jako surovina ve výrobě různých chemikálií, od kyseliny octové pŕes polykarbonáty po polyuretanové meziprodukty. Směs oxidu uhelnatého a vodíku v různých poměrech, označovaná i jako syngas nebo syntetický plyn, se pouŕžívá ve výrobě oxoalkoholů a aldehydů. [14]

1.5 Výskyt a vznik oxidu uhelnatého

1.5.1 Výskyt a vznik oxidu uhelnatého v pŕírodním prostředí

V pŕírodě je pŕítomen v nepatrném množství v atmosféře, kde vzniká pŕedevším fotolýzou oxidu uhličitého působením ultrafialového záření. Je také obsažen v sopečných plynech. V nepatrném množství vzniká i metabolickými procesy v živých organismech, a proto je obsažen ve stopových množstvích ve vydechovaném vzduchu z plic. [8]

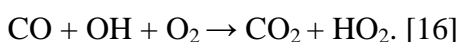
Pŕírodní zdroje se ze 40 % podílí na jeho celkové produkci zejména vulkanickou činností, větší měrou se na jeho produkci podílí antropogenní činnost (60 %). Nejvýraznější podíl na antropogenní produkci CO v současné době způsobuje vypalování deštných pralesů (rozvojové země). [15]

Tabulka 7 – Koncentrace plynných složek troposférického vzduchu

složka	koncentrace [ppm obj.]	koncentrace [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	celková hmotnost v atmosféře [g]	průměrná doba setrvání v atmosféře
oxid uhelnatý	0,1	120	$5,3\cdot 10^{14}$	0,3 roku

Zdroj: BRANIŠ, Martin a Iva HŪNOVÁ (eds.). *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*. V Praze: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1598-1.

Oxid uhelnatý je typickým indikátorem vzduchu, který byl v minulosti znečištěn transportem nad město nebo stepním požárem. Oxid uhelnatý je poměrně pomalu oxidován OH radikálem (typická doba setrvání v troposféře 1-4 měsíce), což můžeme popsat souhrnnou rovnicí:



Koncentrace přírodního pozadí oxidu uhelnatého v ovzduší jsou v rozsahu 0,01 až 0,23 mg/m³ (0,01 až 0,20 ppm – 1 ppm = 1,145 mg/m³). Koncentrace oxidu uhelnatého v ovzduší v městských oblastech závisí na intenzitě dopravy a na meteorologických podmínkách, mění se značně v závislosti na čase (dopravní špičky) a na vzdálenosti od emisních zdrojů. Průměrná osmihodinová koncentrace bývá obvykle nižší než 20 mg/m³ (17 ppm). Příležitostně však byly zaznamenány maximální průměrné osmihodinové koncentrace až 60 mg/m³ (53 ppm). [8]

Podle státního zdravotního ústavu v roce 2005 požadové koncentrace CO v České republice nepřekračovaly 300 µg.m⁻³. Roční aritmetické průměry zaznamenané dopravně zatížených stanicích v Praze se pohybují okolo 1000 µg.m⁻³. V ostatních monitorovaných městech nepřekračují 700 µg.m⁻³. Orientační hodnota celodenního průměru 5000 µg.m⁻³ byla 9-krát překročena na stanicích v Praze 8 a dokonce 17-krát na stanici v Praze 10. [17]

Výkyvy koncentrací oxidu uhelnatého v ovzduší se jen zvolna promítají do koncentrací karboxyhemoglobinu v krvi lidí, protože ustavení rovnováhy mezi odpovídajícími koncentracemi CO v ovzduší a COHb v krvi trvá 4 až 12 hodin. Proto se často koncentrace CO v prostředí uvádějí jako průměrné hodnoty posledních osmi hodin. [8]

V atmosféře je oxid uhelnatý velice stabilní, oxidace na oxid uhličitý vyžaduje několik měsíců až let. Plyn nereaguje s vodou a nezpůsobuje snížení pH deště a vznik kyselých dešťů. [8]

Kombinací některých meteorologických jevů (mlha, teplotní inverze) s emisí aerosolu, CO (při nedokonalém spalování) a SO₂ (oxidací síry obsažené v uhlí) docházelo k jevu, který byl označen kombinovaným anglickým slovem: smog = smoke + fog (kouř + mlha). Pro své redukční vlastnosti (CO, SO₂) je tento typ smogu nazýván redukční a vzhledem k období výskytu – v zimě – také smogem zimním. [16]

Ačkoli je spalování dřeva v kamnech považováno za „ekologické“, bylo mnohokrát prokázáno, že může být zdrojem významných znečištěnin (CO, NO_x, částice, polyaromatické uhlovodíky apod.). [16]

1.5.2 Vznik oxidu uhelnatého při spalování tuhých paliv

Spalování hnědého uhlí

Při spalování hnědého uhlí v moderních kotlích byla průměrná hodnota emisních faktorů cca $26 \text{ kg}_{\text{CO}}/\text{t}_{\text{paliva}}$ což je přibližně čtyřnásobné překročení předepsané hodnoty. [7]

Spalování černého uhlí

Při spalování černého uhlí v moderních kotlích byla průměrná hodnota emisních faktorů cca $21 \text{ kg}_{\text{CO}}/\text{t}_{\text{paliva}}$ což je cca trojnásobné překročení předepsané hodnoty. [7]

Spalování biomasy

Při spalování biomasy v moderních kotlích byla průměrná hodnota emisních faktorů cca $19 \text{ kg}_{\text{CO}}/\text{t}_{\text{paliva}}$ což je cca osmnáctinásobné překročení předepsané hodnoty. [7]

1.5.3 Vznik oxidu uhelnatého při spalování plynných paliv

Plynná paliva

Plyn patří k nejrozšířenějším palivům používaným pro vytápění, ohřev vody, vaření a k mnoha dalším účelům. V současnosti se v domácnostech používá zemní plyn a propan-butan. V průmyslu se používají i jiné druhy plynů. [7]

Plynná paliva, která obsahují oxid uhelnatý (CO), jsou jedovaté. Patří sem především svítiplyn, koksárenský plyn, hnědouhelný plyn. Zemní plyn a propan-butan neobsahují CO a proto nejsou jedovaté. [18]

Svítiplyn

Jelikož vyrobený plyn sloužil zpočátku prakticky výhradně k osvětlování získal název svítiplyn, který se udržel až do současnosti, i když plyn dávno našel mnoho dalších způsobů uplatnění. České země avizují využití od roku 1948. [18]

V dřívějších dobách byly v domácnostech poměrně časté otravy svítiplynem, což byl hlavní důvod přechodu na zemní plyn, který CO neobsahuje a hlavní složkou hoření je tam methan. [5]

Záměna svítiplynu za zemní plyn začala v Českých zemích v roce 1969. [18]

Svítiplyn obsahuje asi 7 % CO. [19]

Zemní plyn

Velkou výhodou zemního plynu je jeho vysoká výhřevnost a „ekologičnost“. Zemní plyn neobsahuje síru a tuhé částice, při spalování vzniká s porovnáním s tuhými i kapalnými palivy jen minimum emisí CO a uhlovodíků. [7]

Pro vyloučení výbuchu při unikajícím plynu jsou do něj, alespoň občas, přimíchávány zapáchající příměsi, které jsou čichem lehce detekované i pro laika. [5]

Neodorizovaný zemní plyn nelze za běžných okolností prokázat bez detekčních přístrojů. Vdechování zemního plynu působí lehce narkoticky. [20]

1.5.4 Vznik oxidu uhelnatého v průmyslových odvětvích

Příčinou nedokonalého spalování je nedostatek spalovacího vzduchu v zóně hoření a může jí být také rychlé ochlazení plamene (nedostatek času potřebného pro proběhnutí oxidace uhlíku na CO₂). Řízením spalovacího procesu se může CO omezit ačkoliv zcela zabránit vzniku této látky nelze. Doba potřebná pro oxidaci CO na CO₂ představuje několik měsíců až let. Velké množství emisí vzniká v ohništích s periodickým spalováním, kdy je přiložena najednou velká dávka paliva. [7]

Obsažen je ve výfukových plynech, svítiplynu, kouřových plynech, vzniká také při hoření zemního plynu za nedostatečného přístupu kyslíku, ve špatně odvětraných koupelnách s plynovými průtokovými ohříváči. [6]

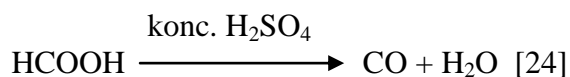
Při spalování papírů, plastů, odpadů z potravin apod. vznikají vyšší koncentrace CO. [7]

Vzniká při nedokonalé oxidaci organických látek. [21]

Vyrábí se redukcí CO₂ koksem zahřátým nad 1070 K nebo z vodního plynu. [12]

Oxid uhelnatý je produkt termooxidačního rozkladu polyamidu a polyvinylchloridu. [22]

V malém měřítku se připravuje dehydratací ethanové (mravenčí) kyseliny. [12]



Oxid uhelnatý vzniká také při biotransformaci dichlormetanu (metylenchloridu). [11]

Vysoké pece

Vzhledem k tomu, že, že vysokopecní plyn obsahuje asi 25 % obj. CO, musí být všechny hutní závody vybaveny spalovacím zařízením. [23]

Slévárny

U plynných emisí mají největší podíl emise CO, které vznikají při tavení v kuplovnách a elektrických pecích. Tyto emise se odstraňují dodatečným spalováním s následným využitím odpadního tepla. Emise CO se pohybuje v rozmezí 150 – 250 kg/t odlitků. [23]

Strojírenství

Emise látek znečišťující ovzduší se u strojírenských provozů týkají zejména emisí CO₂, CO, NO_x a SO₂, vznikajících při spalovacích procesech technologických tepelných pochodů (ohřev a tepelné zpracování kovů) a ze závodové energetiky. [23]

Doly

V dolech se objevuje v podstatě jen za mimořádných okolností. Např. při záparách, explozích výbušných větrů nebo uhelných prachů, při požárech. Kromě toho se do důlních větrů dostává oxid uhelnatý jako součást výfukových plynů spalovacích motorů a jako zplodina po trhací práci, obzvlášť při vyhoření nálože. [9]

1.5.5 Vznik oxidu uhelnatého v automobilové dopravě

Vzniká nedokonalým spalováním uhlíku z paliva. [7]

Výfukové plyny

Při spalování uhlovodíkového paliva ve spalovací komoře vznikají vedle hlavních produktů hoření (CO_2 a H_2O) rovněž oxid uhelnatý CO, oxidy dusíku NO_x (NO, NO_2), kouř (saze) C, nespálené uhlovodíky (CH). [24]

Výfukové plyny benzinových či dieselových motorů automobilů či jiných strojů, které obsahují vysoké procento CO, přičemž v nedostatečně větraném prostoru může dojít k jejich akumulaci do toxických hodnot (garáže, výrobní haly, studny, zimní stadiony při poruše zařízení na výrobu ledu, rušné křižovatky velkoměst, vodní plochy při závodech motorových člunů). [15]

Výfukové plyny z benzinových motorů mohou obsahovat až 9 % CO (v závislosti na výkonu a seřízení motoru). [19]

Katalyzátory

První automobily vybavené katalyzátory se na silnicích objevily v USA a Japonsku v r. 1975. V Evropě, včetně České republiky, se katalyzátory staly povinnou součástí automobilů o 18 let později, tj. v roce 1993, v souvislosti s přijetím norem EURO. [25]

1.6 Intoxikace oxidem uhelnatým

K otravě dochází inhalací vzduchu obsahujícího toxickou koncentraci CO. Otravy oxidem uhelnatým mohou být jak náhodné (v Evropě ve většině případů), tak sebevražedné (zpravidla zplodinami spalovacích motorů v garážích – převažují v USA). [15]

Náhodné intoxikace oxidem uhelnatým

Otrava oxidem uhelnatým nepatří mezi raritní diagnózy a mělo by na ní být pomýšleno v rámci diferenciální diagnostiky zejména u nejasných stavů. Toto sdělení

má přispět k tomu, aby počet nerozpoznaných otrav oxidem uhelnatým dále klesal. [26] Otrava oxidem uhelnatým (CO) je významným zdravotním, sociálním a ekonomickým problémem ve většině vyspělých zemí světa, zaujímá první místo mezi náhodnými otravami v Evropě i v Severní Americe. [15]

V České republice incidence po prudkém poklesu v 80. a 90. letech v poslední době opět mírně stoupá, celkové množství případů ročně je odhadováno na 1000 – 1500. Počet ošetřených osob se pohybuje dle jednotlivých okresů od 3 do 10 na 100 000 obyvatel za rok (nejčastěji Karlovy Vary, Plzeň, Karviná, Praha, Liberec, Brno). Počet hospitalizovaných osob je 200-220, z toho přibližně 50 osob na jednotkách intenzivní péče. Jako příčina smrti je otrava stanovena u 140-150 osob ročně. Náhodné otravy jsou častější ve studených měsících (říjen – březen) a v místech se studenějším klimatem. [15]

Pravidelně se v ČR vyskytuje až několik desítek smrtelných otrav do roka. Smrtelně nebezpečný je delší pobyt i v prostředí s obsahem CO, řádově pouze objemově několik procent. Obvykle prostředí kuchyně s otevřeným ohněm plynového sporáku není nebezpečné. I když není koncentrace tohoto plynu nikdy rovnoměrná, nelze se v žádném případě spoléhat na fakt, že plyn je lehčí než vzduch. [5]

V praxi intoxikace nastává velmi často u lidí pohybující se v uzavřených prostorách, kde hoří oheň. Jsou to jednak topidla se špatně instalovanými kouřovody, nebo různá plynová kamna v malých prostorách s nedostatečným přívodem vzduchu. Často se s letální intoxikací setkáváme v koupelnách, kde je průtokový ohřívač vody. I když je jeho instalace naprosto v pořádku, může hlavně při sprchování, v některých nešťastných případech, dojít k takovému nahromadění vodních par, že spotřebič nenasává dostatek kyslíku a v malém uzavřeném prostoru koupelny dochází k nedokonalému spalování. [5]

Časté a zákeřné jsou otravy v malém uzavřeném prostoru koupelny, kde se koncentrace CO rychle zvyšuje (typickým příkladem je ucpaný komín u karmy). [27]

V evropských i českých statistikách v 80-90 % jako hlavní zdroj dominuje porucha hoření ohřívačů vody (v české literatuře tradičně, i když ne zcela správně nazývaných

karma) nejčastěji v koupelnách. Intoxikace CO v koupelnách může být spojena s tonutím ve vaně, s podchlazením, nebo naopak s opažením horkou vodou. [15]

S intoxikací lehčího stupně při požárech v uzavřených prostorách obytných budov, ale i v dolech, se setkáváme prakticky vždy, ale v některých případech může, ještě před samotným uhořením, dojít i k otravě, která je smrtelná. Jedná se tedy o situace, které nejsou nikterak vzácné. [5]

Velmi nebezpečné a dokonce i v dnešní době podceňované prostředí, je garáž. Oxid uhelnatý je totiž ve vysokém procentu obsažen ve výfukových plynech. V profesionálních opravárnách jsou všude instalovány odvody výfukových plynů, kde se na výfuk nasadí hadice, která při běžícím motoru nebezpečné plyny odvádí ven z dílny, ale pokud někdo opravuje nebo seřizuje běžící motor v uzavřené garáži, je otrava u něj prakticky jistá. [5]

Letální koncentrace CO může vzniknout při provozu auta v uzavřené garáži během 10 minut. [19]

Oxid uhelnatý připadá u řidičů v úvahu sice ve velice vzácných situacích, nicméně o to nebezpečnějších, a to pokud plyn při jízdě proniká do kabiny z výfukového potrubí. [28]

V České republice nejsou výjimkou ani hromadné otravy, na pracovištích jsou zkušenosti s ošetřením více osob či celých rodin otrávených současně. Výjimkou nejsou ani hromadná úmrtí několika osob bydlících v různých bytových jednotkách při poruše odtahu spalin, např. mrtvým ptákem zapadlým do průduchu komína. Skutečná četnost otrav je podstatně vyšší než uváděná. V mnoha epidemiologických studiích bylo prokázáno, že minimálně 30 % případů není během prvního vyšetření správně diagnostikováno. Nejčastěji je mylně hodnoceno jako chřipkové onemocnění, deprese, otrava jídlem, gastroenteritida, mozková příhoda, únavový syndrom, migréna nebo intoxikace alkoholem. [15]

Intoxikace oxidem uhelnatým při sebevraždách

Sebevraždy zavedením výfuku automobilu jsou známé případy a stejně jsou na tom vzácné případy nešťastných náhod, kdy se člověk uchýlí do intimity garáže a zatopí si

tam spuštěním motoru. Nepomůže ani to, co si tito lidé obvykle myslí, a sice že v uzavřené kabině automobilu jsou před přístupem CO chránění. Zrychlená dechová frekvence v takto exponovaném prostředí, samozřejmě průniku CO jen napomáhá. [5]

Intoxikace oxidem uhelnatým u zvířat

Koncentrace 0,4 – 0,5 % CO ve vzduchu způsobí úhyn zvířete během několika minut. Nejcitlivěji reagují na zvýšený obsah oxidu uhelnatého ve vzduchu ptáci, protože mají intenzivnější výměnu plynů při respiraci. Z tohoto důvodu používali horníci kanáry jako indikátor oxidu uhelnatého v krvi. [19]

Největší pravděpodobnost otravy ptáků CO hrozí při jejich přepravě v nákladových prostorech motorových vozidel. Pokud mají být tyto prostory sloužit k přepravě ptáků, musí být velmi dobře odvětrávány a zabezpečeny proti vnikání spalin. [29]

U velkých zvířat se vyskytují otravy oxidem uhelnatým ve stájích s technicky nevyhovujícím lokálním vytápěním. U psů a koček se s otravou oxidem uhelnatým lze poměrně často setkat v souvislosti s případy sebevražd nebo tragických nehod majitelů. [19]

1.6.1 První pomoc při intoxikaci oxidem uhelnatým

Rychlá a účinná terapie je nejdůležitějším činitelem, který rozhoduje v celém průběhu otravy, zabraňuje vzniku těžších syndromů a u vážných případů rozhoduje i o životě postiženého. [30]

- ihned provést transport postiženého ze zamořeného prostoru, při tom je třeba, aby zachránce dbal na vlastní bezpečnost (hasiči používají dýchací přístroje) [31]

- měli bychom mít na paměti, že běžná plynová maska nechrání před účinky oxidu uhelnatého [32]

- je třeba myslet na nebezpečí výbuchu, nerozsvěcujeme elektrické světlo, nesmíme použít zvonek, kouřit, svítit lze ruční svítilnou

- je-li postižený v bezvědomí, ale dýchání je zachováno, uložíme ho do Rautekovi zotavovací polohy

- pokud postižený nedýchá zkontrolujeme průchodnost dýchacích cest a zahájíme neodkladnou resuscitaci

- pokud dochází i k selhávání krevního oběhu, provádíme kardiopulmonální resuscitaci

- provádíme protišoková opatření 5T

- ihned zajistíme příjezd ZZS [21]

- vyšetření pacienta a zhodnocení stavu by mělo zahrnovat i neurologické vyšetření a vyšetření případného zevního poranění a interní zátěže (zejména diabetes a ICHS) [15]

- následuje zahájení symptomatické léčby dle klinického stavu (tekutinová resuscitace, inotropní podpora zahájení KPR v případě zástavy oběhu) a léčba kyslíkem. Kyslík je nutno podat těsnicí maskou se zásobním vakem s vysokým průtokem (15 l/min), v případě poruchy vědomí (GCS pod 8) je indikována orotracheální intubace a UPV s FiO_2 1,0 a užitím přetlaku na konci výdechu. [15]

Důležité je zabránit nárůstu nitrolebeční hypertenze. [33]

Pokud došlo k otravě v domácnosti, vždy následně zajistěte odbornou revizi plynového či jiného spalovacího zařízení vzhledem k bezpečnosti ostatních členů rodiny. [27]

1.7 Působení oxidu uhelnatého na lidský organismus a vyšetřovací metody ve zdravotnickém zařízení po otravě oxidem uhelnatým

Krev na stanovení COHb je nutno odebrat co nejdříve, s uvedením času odběru, aby bylo možné zpětně posoudit výši expozice. Rutinní vyšetření saturace krve kyslíkem (při měření z plazmy), stejně jako pulsní oximetrie přináší falešně normální výsledky. Přesnější je proto neinvazivní pulsní cooximetrie. Lze stanovit také CO ve vydechovaném vzduchu. Dále bývá v akutním stadiu přítomna metabolická acidóza, zvýšená glykémie, u starších pacientů ischemické změny na EKG. [11]

Stanovení COHb lze provést 3 způsoby: [15]

- z krve *cooxymetrie* – spektrofotometrická analýza při 6 různých vlnových délkách, velmi přesná metoda, dosud nejužívanější na klinických pracovištích (i když ne ve všech nemocnicích je dostupná), a taktéž plynovou chromatografií – referenční metoda, užívaná na pracovištích zejména soudního lékařství. [15]

- *neinvazivní pulzní cooxymetrií* – transportní přístroj k jednoduchému a neinvazivnímu měření COHb v krvi, vhodná pro přednemocniční péči i pro nemocniční ambulance, včetně urgentního příjmu, vykazuje uspokojivou přesnost měření. [15]

- z *výdechu užitím detekční trubičky* – jednoduchá, levná, avšak orientační metoda, pro nemocniční užití je méně vhodná. [15]

Neuropsychologické testy zjistí kognitivní poruchu a známky organicity v akutním stadiu i v období pozdních následků. [11]

1.7.1 Patofyziologie postiženého otravou oxidem uhelnatým

Oxid uhelnatý neproniká pokožkou, jeho jedinou důležitou expoziční cestou je vdechování. [8]

Vdechnutý CO přestupuje přes alveolární membránu a rozpouští se v plazmě. [15]

Minimálně se v organismu metabolizuje (méně než 1 %), zato se velmi silně váže na tzv. hemoproteiny a blokuje jejich fyziologickou funkci – hemoglobin v krvi, myoglobin v srdečním svalu a cytochromy dýchacích řetězců v mitochondriích. [15]

Příčinou jeho vysoké toxicity je vazba na hemoglobin s afinitou více než 200krát vyšší než u kyslíku za tvorby karboxylhemoglobinu (COHb). Za normální koncentrace kyslíku ve vzduchu CO již při 0,1 % koncentraci během několika minut přemění 50% hemoglobinu na COHb. Dochází k hypoxii tkání, posunu disociační křivky doleva a hypokapnii. Metabolickým důsledkem intoxikace CO je metabolická (laktátová) acidóza. Vazba COHb je reverzibilní, za 3-4 hodiny klesá koncentrace COHb na polovinu. Měření saturace krve kyslíkem je při této intoxikaci nespolehlivé, neboť COHb stupeň saturace nadhodnocuje. [21]

Hlavním následkem působení CO je snížení transportu kyslíku ke tkáním, takže jsou nejvíce postiženy orgány na něm vysoce závislé, zejména srdce, centrální nervová soustava (CNS) nebo vyvíjející se plod v těle matky. [17]

Hlavními faktory podmiňující vstřebávání oxidu uhelnatého jsou množství vdechovaného vzduchu, jeho endogenní produkce, intenzita fyzické námahy, velikost těla, stav plic a barometrický tlak. Pokud člověk není vystaven působení CO z prostředí, dosahuje koncentrace COHb cca 0,5%. Kuřáci 20 cigaret denně mohou mít hladinu COHb asi 4 až 7 %. [17]

U obyvatel velkoměst, zvláště pokud bydlí v okolí frekventovaných křižovatek nacházíme neškodnou hladinu COHb (3-7 %). Tito lidé totiž bývají na obsah CO v krvi do jisté míry i adaptovaní. [5]

V krvi dopravních policistů byly zjištěny v průběhu jejich pracovních směn vyšší koncentrace karboxyhemoglobinu: 1,4 až 3,8 % u nekuřáků a 4 až 7,6 % u kuřáků. [8]

Během těhotenství byla zjištěna u matek zvýšená koncentrace v rozsahu 0,7-2,5 % COHb. Endogenní produkce COHb se zvyšuje asi o 20 % během těhotenství. V rovnovážném stavu je navíc hladina fetálního COHb u plodu asi o 10-15 % vyšší než u matky. To je pravděpodobně významné pro kauzální vztah mezi kouřením matek během těhotenství a nižší porodní vahou a zpožděním vývojem jejich dětí. [34]

Lidé trpící srdečně cévními chorobami (s chronickou anginou pectoris) se jeví jako skupina nejcitlivější k působení CO. [17]

Pokles hladiny COHb (karbonylhaemoglobin) v krvi je jednak způsoben uvolňováním do vdechovaného vzduchu, ale jednak i přechodem na svalovinu. Stejně jako se váže na krevní barvivo, tak ochotně se váže i na myoglobin za vzniku karbonylmyoglobinu. [5]

Vylučování oxidu uhelnatého z organismu probíhá v zásadě podle stejných fyzikálních a fyzikálně-chemických zákonů a pravidel jako jeho příjem. Může být popsáno exponenciálou druhého řádu za předpokladu konstantního objemu vdechovaného vzduchu a srdečního tepu či průtoku krve srdečního výdajového objemu. Jeho poločas leží v rozsahu 2 až 8 hodin. [8]

1.7.2 Klinický obraz postiženého otravou oxidem uhelnatým

Souvisí s koncentrací CO ve vdechované směsi, délkou expozice, alveolární ventilací, tělesnou aktivitou a individuální vnímavostí. Klinický obraz otravy je velmi nespecifický, příznaky jsou obvyklé i u jiných onemocnění, a proto ji lze snadno zaměnit. Obecně má mírnější průběh krátká expozice vyšší koncentrací CO než dlouhodobá expozice nižší koncentrací CO. [15]

Menší osoby (děti) jsou zasaženy dříve, vzhledem k aktivitě jejich metabolismu a kompenzačním mechanismům i hůře. Snadno se může stát, že se dospělý, který se pohybuje výš a je zasažen jen lehce, ve snaze ošetřit noxou více postižené dítě k němu skloní a jeho stav se tím náhle prudce zhorší. [35]

Při 20% COHb bolesti hlavy a závratě, při 30% nauzea, zvracení, akční neschopnost, při koncentraci asi 50% kóma, povrchní nepravidelné dýchání, při 60% edém mozku, křeče, smrt. [21]

Okamžitou smrt způsobí až koncentrace činící 9,6 g CO v m³, tj. 0,79 obj. %. [36]

Tabulka 8 – Citlivost lidského organismu na oxid uhelnatý

Množství [ppm]	Doba [min]	Ppm za dobu v minutách	Účinek
200	120 – 180	24,000 – 36,000	mírné bolení hlavy
800	45	36,000	mírné bolení hlavy
3,200	10 – 15	32,000 – 48,000	závrať
3,200	30	96,000	možná smrt
6,900	1 – 2	6,900 – 13,800	závrať
12,800	1 (2 – 3 dechy)	1,280	bezvědomí
12,800	1 – 3	12,800 – 38,400	smrt

Zdroj: CHUDĚJ, František a Václav KUPILÍK (eds.). *Nové systémy v požární ochraně: textové materiály projektu Celoživotního vzdělávání v požární ochraně* .. Praha: Profesionální komora požární ochrany, 2008. ISBN 978-80-01-03944-1. [22]

Tabulka 9 – Důsledky nasycení karboxyhemoglobinem (COHb)

Nasycení COHb [%]	Příznaky v lidském organismu
0 – 10	žádné
10 – 20	napětí na čele, roztažení kožních cév
20 – 30	bolesti hlavy a pulzující skráň
30 – 40	silné bolesti hlavy, únava, zvracení, oslabené vidění, nauzea, dávení a zhroucení
40 – 50	stejně jako v předchozím případě + zhoršené dýchání a puls, dušení z nedostatku vzduchu a úplné zhroucení
50 – 60	stejně jako předtím + hluboké bezvědomí, křeče
60 – 70	hluboké bezvědomí, křeče, slabé dýchání a puls, možná smrt
70 – 80	zpomalení až zastavení dýchání, smrt během několika hodin
80 – 90	smrt do jedné hodiny
90 – 100	smrt během několika min

Zdroj: CHUDĚJ, František a Václav KUPILÍK (eds.). *Nové systémy v požární ochraně: textové materiály projektu Celoživotního vzdělávání v požární ochraně* .. Praha: Profesionální komora požární ochrany, 2008. ISBN 978-80-01-03944-1. [22]

1.7.3 Komplikace u postiženého otravou oxidem uhelnatým

Komplikace se dělí na akutní a pozdní. Komplikace akutního stadia otravy se rekrutují z oblasti kardiovaskulárního systému – dysrytmie, koronární ischemie, akutní plicní edém, stenokardie a infarkt myokardu a to nejen u pacientů s postižením koronárních tepen, ale i u mladých, dosud zdravých osob. Pacienti s postižením myokardu v rámci otravy CO mají téměř trojnásobně vyšší dlouhodobou kardiovaskulární mortalitu (38 %) ve srovnání s pacienty bez poškození myokardu (15 %), významnými prediktory jsou věk, diabetes mellitus, hypertenze a ICHS. Dále při výrazné rhabdomyolýze hrozí riziko akutního renálního selhání. Komplikace pozdní se nazývá pozdní neuropsychické postižení. U 15-40 % zdánlivě vyléčených pacientů dochází s odstupem dnů až měsíců od inzultu k rozvoji neurologických příznaků, jako jsou kognitivní dysfunkce, poruchy paměti (nejčastěji krátkodobé), zmatenost, snížení intelektu, demence, parkinsonská symptomatologie. Příznivou skutečností je, že 50-75 % postižených se neurologicky zlepšuje či zcela upravuje do normy během jednoho roku od expozice. [15]

Difuzní kapacita pro oxid uhelnatý

U nemocných s intersticiálním plicním postižením a dále u pacientů po NT se mohou vyskytnout poruchy transportu krevních plynů na alveolokapilární membráně. V těchto případech je dobře využitelným testem stanovení difuzní kapacity pro oxid uhelnatý (DLCO). [37]

Tabulka 10 – Ostravská klasifikace

Stádium	Vědomí	Neurologický nález	Vegetativní poruchy	Oběh	Dýchání
I.	při vědomí	negativní	bolest hlavy, nauzea, zvracení	bez změn	bez změn
II.	při vědomí	pozitivní extrapyramidové a pyramidové příznaky	bolest hlavy, nauzea, zvracení	bez změn	bez změn
III.	somnolence, sopor	pozitivní extrapyramidové a pyramidové příznaky	zvracení	hypertenze, tachykardie	hyperventilace
IV.	kóma	pozitivní extrapyramidové a pyramidové příznaky	nelze	hypertenze, tachykardie, hypotenze, bradykardie, asystolie	hyperventilace hypoventilace

Zdroj: HÁJEK, Michal. Doporučený postup diagnostiky a léčby otravy oxidem uhelnatým. In: *Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny ČLS JEP* [online]. 2009 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.cshlm.cz/ODBORNE-STANDARDY-A-OFICIALNI-STANOVISKA> [38]

Záměrně zde nejsou uvedeny příznaky v souvislosti na naměřených koncentracích COHb v nemocnici, což bývá v literatuře oblíbené, nicméně bylo opakovaně prokázáno, že hodnota COHb nemusí korelovat s klinickou tíží otravy a původní hodnotou COHb na místě nehody. [38]

Opakované chronické vystavení oxidu uhelnatému vede k únavnosti, zhoršení paměti a koncentrace, bolestem hlavy, závratím, poruchám vidění, paresteziím, bolestem na hrudi, bolestem břicha a průjmům. [15]

1.7.4 Terapie u postiženého otravou oxidem uhelnatým

Podpora vitálních funkcí, oxygenoterapie zkracuje biologický poločas a COHb klesá na polovinu za 1 hodinu, při hyperbarické oxygenoterapii o tlaku 2 atm. (cca $2 \cdot 10^5$ Pa) již za 30 minut (hyperbarická komora), pravděpodobně se také snižuje pravděpodobnost trvalých následků závažné otravy. Současně se zahájením léčby je třeba odebrat krev na COHb pro odhad maximální koncentrace. [21]

Normobarická oxygenoterapie je indikována u lehčích případů otravy oxidem uhelnatým, zatímco hyperbarická oxygenoterapie je doporučována u těžkého stupně otravy s ohledem na snížení rizika neuropsychického postižení (ztráta vědomí na místě nehody či v nemocnici, abnormální neurologický nález) a u těhotných. [15]

Normobarická oxygenoterapie je aplikace 100 % kyslíku za normálního atmosférického tlaku vzduchu (100 kPa). Aplikace kyslíku je doporučena po dobu minimálně 12 hodin (trvá i několik dní [12]) způsobem, kterým lze dosáhnout FiO_2 blížíci se 1,0 a to buď průtokovým systémem (obličejová maska s rezervoárem a vysokým průtokem kyslíku 15 l/min), nebo systémem bez zpětného vdechování (těsnící obličejová maska, CPAP maska nebo CPAP helma, Rubenův ventil či jeho modifikace) s nádechovou a výdechovou chlopní. V žádném případě nelze užít běžnou masku s bočními otvory bez rezervního vaku. [15]

Po ukončení hyperbaroxie se bezprostředně vyšetřuje kontrolní COHb, který zpravidla činí 0 %. Tím je prakticky ukončena toxikogenní fáze otravy CO. [39]

Pokud COHb nemá nulovou hodnotu, anebo jde o přechod do somatogenní fáze otravy oxidem uhelnatým, pak vyšetřujeme COHb i následující dny. Některé případy znovu exponujeme v barokomoře. [39]

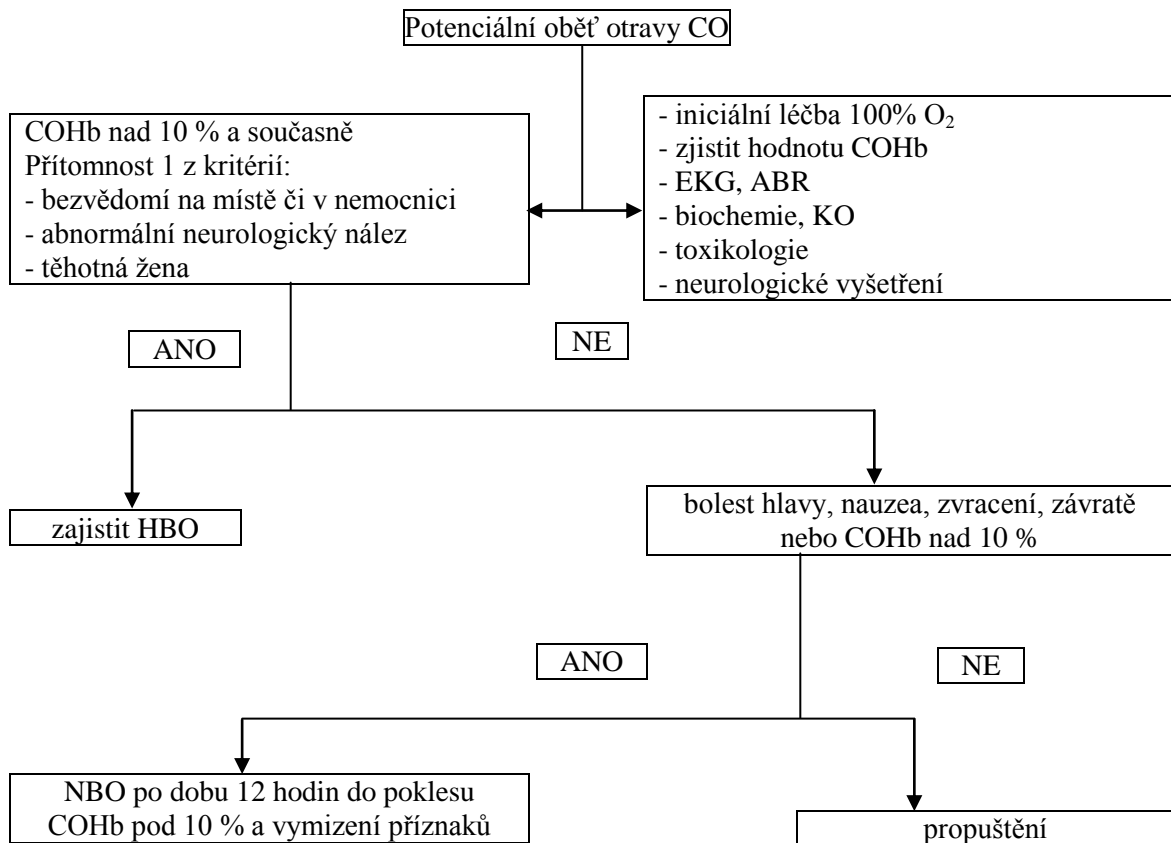
Léčbu hyperbarickou oxygenoterapií absolvovalo v letech 2001-2005 celkově pouze 1-4,5 % všech pacientů postižených otravou oxidem uhelnatým (průměrně 2,5%) v závislosti na místě bydliště (Plzeň a Ostrava – 13 %, Praha – 2,9 %), pacienti s trvalým bydlištěm v 72 okresech ČR k HBO nejsou indikováni vůbec. [38]

Vzhledem k transportním vzdálenostem se průměrná doba od expozice do zahájení HBO pohybuje mezi 3-6 hodinami (průměr 4,3 h). [15]



Obrázek 2 – Hyperbarická komora

Zdroj: *Hyperbarická komora* [online]. Oblastní nemocnice Kladno, a.s. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.nemocnicekladno.cz/nemocnice/partneri/hyperbaricka-komora?highlight=WyJoeXB1cmJhcmlja2EiLCJrb21vcmlEiLCJoeXB1cmJhcmlja2Ega29tb3JhIl0=>



Obrázek 3 - Algoritmus užití NBO a HBO pro otravu CO

Zdroj: HÁJEK, Michal. Doporučený postup diagnostiky a léčby otravy oxidem uhelnatým. In: *Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny ČLS JEP* [online]. 2009 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.cshlm.cz/ODBORNE-STANDARDY-A-OFICIALNI-STANOVISKA> [38]

1.7.5 Prognóza u postiženého otravou oxidem uhelnatým

Většina nemocných se zotaví v průběhu 2-3 dnů, akce až u 30 % nemocných se mohou objevit opožděné, často dlouhotrvající, nebo trvalé neurologické následky. Proto by všichni nemocní měli být vyšetřeni za 3 týdny po prodělané otravě oxidem uhelnatým neurologicky a psychiatricky. Prognózu akutní otravy lze odhadnout zejména podle koncentrace COHb v krvi. [41]

U postiženého se mohou objevit změny osobnosti se zvýšenou podrážděností, slovní agresivitou, sklony k násilí, impulzivitou a náladovostí. U části pacientů dojde během několika měsíců ke zlepšení stavu, u řady zůstává stav stejný. V těžkých případech vzniká i apatický syndrom. [11]

Oxid uhelnatý může vést k různým projevům kardiotoxicity včetně kardiomyopatie. [42]

Možné a časté jsou poruchy intelektu. [3]

Nápadná je růžová barva postiženého, cyanóza chybí. [32]

Za ukazatele špatné prognózy se považují ztráta vědomí, vysoký věk, laktátová metabolická acidóza, současné kardiovaskulární onemocnění a strukturální změny mozku na CT nebo MRI. [15]

Následkem těžké otravy bývá nejčastěji neurastenický syndrom, vegetativní obtíže, extrapyramidová symptomatologie (parkinsonismus). [21]

Jednoznačně závažnou prognózu mají koncentrace 60 % a vyšší. Těžké otravy mohou být smrtelné, zejména při opožděném nasazení léčebných opatření. [41]

V roce 2009 byl Českou společností hyperbarické a letecké medicíny publikován standard léčby otravy oxidem uhelnatým a metodický pokyn k vedení zdravotnické dokumentace.

Standard léčby otravy oxidem uhelnatým byl odbornou komunitou přijat velmi pozitivně, dosud byl uveřejněn v několika časopisech a publikacích i na internetových stránkách několika odborných společností (Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny ČLS JEP, Česká internistická společnost ČLS JEP, Společnost urgentní medicíny a medicíny katastrof ČLS JEP). S tím souvisí problém, který by se měl v ČR urychleně řešit. Jedná se o mnohonásobné zvýšení počtu pacientů absolvujících HBO pro otravu oxidem uhelnatým. [43]

1.7.6 Profesionální expozice oxidem uhelnatým

Rizikovými pracovišti jsou kotelny (kouřové plyny obsahují 1-35 % CO), hnědouhelné doly, kde dochází k doutnání uhlí. V důlních plynech bývá až 50 % CO. [44]

U horníků v podzemí (při vznícení uhlí nebo důlní výdřevy, případně i po rozsáhlejších odpalovacích pracích) a u hasičů. V praxi jsou však častější otravy způsobené neprofesionální expozicí. [45]

Z hlediska ochrany zdraví je doporučováno, aby hladina COHb v krvi nepřesáhla 2,5 % - to je hodnota, která nemá negativní následky ani pro citlivou populaci (těhotné ženy, vyvíjecí se plod, malé děti, nemocní anémií, osoby s chronickým kardiovaskulárním nebo respiračním onemocněním). [46]

Tabulka 11 – Pracovní ovzduší – přípustné limity

Látka	PEL (mg.m ⁻³)	NPK-P (mg.m ⁻³)
Oxid uhelnatý	30	150

Zdroj: DLOUHÁ, Beatrice, PROVAZNÍK, Kamil (ed.). *Prevence v pracovním lékařství*. Praha: Nadace CINDI, 2010. ISBN 978-80-7071-315-0. [45]

Tabulka 12 – Vybrané zásahové toleranční hodnoty (ETW – Einsatztoleranzwerte)

Název látky	ETW (ppm)	Ex	G	H	PEL (ppm)	ERPG-2 (ppm)
Oxid uhelnatý	100	+			30	350

Zdroj: ŠENOVSKÝ, Michail. *Nebezpečné látky II*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2004. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-86634-47-7. [47]

Legenda:

Ex – nebezpečí výbuchu směsi plyn/pára/vzduch, (+) = jen za zvláštních podmínek

G - nebezpečí návyku na zápach

H – nebezpečí resorbce pokožkou

ETW – zásahová toleranční hodnota

PEL – přípustný expoziční limit. Nejvyšší přípustná hodnota vystavení zaměstnanců chemickým faktorům při práci, která se nesmí překročit v celosměnném průměru. Tyto hodnoty se vztahují na osmihodinovou pracovní směnu a 40-hodinový pracovní týden.

EPRG 2 – Emergency Response Planning Guideline – Koncentrační hodnoty škodlivé látky ve vzduchu, použitelné pro obyvatelstvo při jednohodinovém působení (stav v roce 1996). Možné dočasné dráždění očí a dýchacích cest, žádné zůstávající zdravotní následky (zpracovala Americká asociace pracovní hygieny pro potřeby havarijního plánování).

Filozofie řešení ETW vychází z toho, že nejvyšší přípustné hodnoty vystavení zaměstnanců chemickým faktorům používaných v hygienických normách (PEL), nejsou nejvhodnější pro případy úniku nebezpečných látek a požáru. [47]

Zásahová toleranční hodnota (ETW) platí zpravidla pro omezenou zásahovou činnost, a to do 4 hodin v místě nasazení s výskytem nebezpečných látek. Hodnoty ETW byly stanoveny na základě zkušeností pracovního lékařství a existujících toxikologických údajů. Je nutné poukázat na to, že použití ETW vyžaduje dobrou odbornou připravenost hasičů a vybavení odpovídající měřicí technikou pro vyhodnocování koncentrace škodlivých látek. [47]

Nemoci z povolání způsobené oxidem uhelnatým

Kontraindikace: onemocnění nervového systému, psychická onemocnění včetně těžšího neurastenického syndromu, onemocnění kardiovaskulárního systému, předčasně rozvinutá arterioskleróza, hypertonická nemoc s orgánovým postižením, významná porucha metabolismu lipidů

Vstupní prohlídka: základní vyšetření, COHb v krvi – odběr na pracovišti

Doplňková vyšetření: neurologické, psychiatrické, EKG, metabolismus lipidů, oční pozadí

Lhůty prohlídek: 1krát za rok

Výstupní prohlídka: vyšetření v rozsahu periodické prohlídky

Následné prohlídky: 0 [46]

1.8 Osobní ochranné prostředky používané k ochraně před účinky oxidu uhelnatého

Jako osobní ochranné prostředky mohou sloužit respirátory opatřené speciálními filtry, které oxidují oxid uhelnatý, přítomný v ovzduší, na oxid uhličitý. Tento princip se využívá např. u záchranných dýchacích přístrojů v hornictví. Jinou možností jak zabránit zvýšené expozici oxidu uhelnatému, je používání dýchacích přístrojů s vlastním zdrojem vzduchu. Zařízení tohoto typu používají kupř. hasiči. [45]

Kyslíkové dýchací přístroje v pohotovosti a únikové masky, uvolňující O_2 na dobu asi 15 min mají být volně přístupné všude tam, kde může dojít k náhlému výronu CO (vysoké pece, koksovny aj.). [3]

CO je oxidován směsí MnO_2 , CuO a Ag_2O při běžných teplotách, což se využívá v respirátorech. [12]

Pro ochranu před oxidem uhelnatým je určen přídavný, tzv. hopkalitový filtr. Je tvarem podobný malému ochrannému filtru, dá se kompletovat s maskou přímo nebo prostřednictvím spojovací hadice. Je ho možno vřadit mezi velký či malý filtr a masku podle potřeby uživatele. [48]

Hopkalitový filtr poskytuje bezpečnou ochranu v ovzduší, kde množství oxidu uhelnatého nepřesahuje 2 % objemu vzduchu. Při vyšších koncentracích oxidu uhelnatého nastává velmi značné oteplení vzduchu při jeho průchodu filtrem. Vzduch se stává nedýchatelným i proto, že se v něm snižuje podstatně obsah kyslíku pod přípustnou mez (cca 17 % obj.). [48]

Náplň filtru obsahuje ve směru proudění vzduchu tyto složky: vatovou vložku proti prachu, zrnitou vrstvu sušidla a zrnitou vrstvu katalyzátoru (hopkalitu) sestávajícího ze směsi oxidů měďnatého manganatého. Procházející vzduch se nejdříve zbaví prachu a ve vrstvě sušidla se zachytí vzdušná vlhkost. Suchý vzduch s obsahem oxidu uhelnatého pak projde vrstvou katalyzátoru, kde se oxid uhelnatý za účasti vzdušného kyslíku oxiduje na oxid uhličitý a uvolní se reakční teplo. Oteplený vzduch s poněkud

zmenšeným obsahem kyslíku vystupuje z filtru do spojovací hadice nebo přímo do masky uživatele. [48]

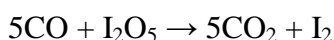
Ochranná doba filtru nezávisí přímo na koncentraci oxidu uhelnatého, ale na tom kdy se sušící vrstva nasytí vlhkostí a ta začne prolínat do katalyzátoru, čímž ho znehodnotí. Ochranná doba filtru končí, když přírůstek hmotnosti filtru dosáhl 40 g, což bývá po více než 2 hodinách použití. Použitý vyčerpaný filtr možno regenerovat tak, že se vloží do vakuové sušárny a při teplotě 130-140 °C (ve vakuu) se suší do původní hmotnosti. Regeneraci možno provést také prosáváním proudu horkého vzduchu filtrem teploty maximálně 110 °C do dosažení původní váhy. Aby byla zabezpečena původní katalytická účinnost filtru, je třeba provést regeneraci co nejdříve po použití filtru. [48]

1.9 Detekce oxidu uhelnatého

Poměrně rozšířeným detekčním objektem se stala v době 1. světové války klec s kanárem (který je citlivý na kyanovodík a oxid uhelnatý; přitom bylo využito zkušeností z detekce oxidu uhelnatého při důlních požárech). První chemičtí pozorovatelé měli za úkol mj. sledovat chování a reakce tohoto ptáka. [49]

V roce 1906 objevil ruský chemik Michail Cvět chromatografickou analýzu, která podmínila i vznik detekčních trubiček. Základní myšlenkou je rozdělení bezbarvých látek v chromatografické koloně a jejich detekce chemickými činidly vyvolávajícími charakteristická zbarvení. [50]

Historicky první technický prostředek, který lze označit za předchůdce trubiček dnešního typu, vyvinula roku 1917 Harvardova univerzita USA [1], patentovaný v r. 1919 v USA A.B. Lambem a C.R. Hooverem. [49] Detektor pro zjišťování oxidu uhelnatého obsahoval indikační náplň tvořenou pemzou nasycenou oxidem jodičným, který je analyzovaným plynem redukován na elementární jód.



Tato reakce, probíhající v prostředí dýmavé kyseliny sírové (kyselina katalyzuje průběh reakce a zesiluje zbarvení), obdržela podle svých objevitelů označení hoolamitová. V trubičce na oxid uhelnatý nemůžeme upřít značný vojenský význam,

protože byla upotřebitelná při požárech, výbuších trhavin a hoření střelného prachu, nebo v ponorkách. Kromě toho se podobná náplň používala ve filtrech ochranných masek. [1]

Detekční trubičky na průmyslové škodliviny

Tabulka 13 – Průkazníkové trubičky Oritest pro průmyslové škodliviny

Látka	Označení	Kód
Oxid uhelnatý	Oxid uhelnatý CO TT-011	PT-011 (TT-011)

Zdroj: MATOUŠEK, Jiří, Iason URBAN a Petr LINHART. *CBRN: detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-048-7. [49]

Chemický průkazník CHP-71

Detekce je založena na chemických reakcích, které probíhají ve skleněných testovacích trubičkách. Každá trubička obsahuje speciální reagent, který po styku s bojovou chemickou látkou vyvolá charakteristickou změnu zbarvení obsahu trubičky. [51]

V současné době je do výzbroje armády ČR postupně zaváděn nových chemický průkazník CHP-5. [50]

1.9.1 Vybavení HZS krajů prostředky chemického průzkumu

Jednotky HZS krajů musejí být vybaveny prostředky chemického průzkumu v souladu s požadavky vyhlášky č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany ve které je v příloze č. 5 určeno vybavení stanic požární technikou a věcnými prostředky požární ochrany. [50]

JPO používají mnoho kombinovaných detekčních přístrojů (kombinace různých senzorů), které splňují technické požadavky. Jako příklad lze uvést řadu přístrojů s názvem GasAlert. Nejjednodušší přístroje této řady představují modely Extreme Single, MicroClip a Micro 5, které jsou vybaveny displejem s podsvícením, nastavitelnými alarmy a datalogerem a zobrazují standardně údaje požadované JPO při zásahu. [50]

Přístroj MicroClip v konfiguraci osazené senzorem na výbušné látky a kyslík svými parametry splňuje požadavky kladené na expozimetr a oxymetr a zároveň dává možnost detekce dalších plynů (výhodné je např. čidlo na CO). [50]

1.9.2 Plynové detektory

Oxid uhelnatý může vznikat v domech nebo může do domů vnikat zvenčí. [52]

Příčinou výskytu zvýšených koncentrací v interiérech je nedostatečné odvětrávání místností, kde jsou kamna, sporáky, karmy (koupelny) a další spalovací zřízení umístěna. Životu nebezpečné pak jsou netěsnící spalinové cesty a komíny, dále špatně čištěná a neseřizovaná zařízení. [34]

Normální průměrné úrovně pozadí oxidu uhelnatého v obytných budovách, měřeného po dobu 1 h až 24 h jsou nižší než 10 ppm. V případě klimatických inverzí jsou možné vyšší úrovně oxidu uhelnatého. [52]



Obrázek 4 – Potenciální zdroje oxidu uhelnatého v domácnostech

Zdroj: *Tichý zabiják: Potenciální zdroje oxidu uhelnatého u Vás doma* [online]. [cit. 2016-05-05].

Dostupné z: <http://www.kidde.eu/rady-a-vzdelani/co-je-oxid-uhelnaty> [53]

Plynové detektory používané pro detekci typických plynných produktů spalování, nejčastěji CO, jsou zejména v bodovém provedení. Jako vlastní čidla v detektorech slouží zejména čidlo polovodičové, elektrochemické a čidla založená na katalytickém spalování. Pro speciální použití je možné použít i optických metod plynové detekce. Ty mohou být použity i pro konstrukci lineárního plynového detektoru. Plynové detektory jsou obvykle bodové, případně je možné použít systému ve vzorkovaném ovzduší v chráněném prostoru. [54]

Hlásič plynu je citlivý na plynné produkty hoření anebo z tepelného rozkladu. [22]

Umístění detektoru oxidu uhelnatého

Ve které místnosti?

Ideálně by měl být detektor instalován v každé místnosti, ve které je spotřebič spalující palivo. Další zařízení může být instalováno, aby byla zajištěna odpovídající výstražná signalizace pro obyvatele ostatních místností, v těchto místech:

- vzdálených místnostech, ve kterých tráví jejich uživatel významnou dobu po vzbuzení, ze kterých nemusí být slyšet výstražnou signalizaci ze zařízení umístěných v jiných částech budovy, a

- ve všech ložnicích.

Je-li však počet spotřebičů spalujících palivo větší než jeden a počet detektorů omezen, je třeba při rozhodování o nejlepším umístění zařízení zvážit dále uvedená hlediska:

- umístit zařízení v místnosti, kde jsou spotřebiče bez kouřovodů nebo s otevřeným výfukem, a

- umístit zařízení v místnosti, kde uživatelé tráví nejvíce času.

Je-li v budově obývací ložnice (jedna místnost, sloužící jako obývací pokoj a ložnice), pak má být zařízení umístěno co nejdál od kuchyňského sporáku, avšak co nejbližší místu, kde spí osoby.

Je-li spotřebič v místnosti, která se normálně nepoužívá (například v místnosti pro boiler), má být zařízení umístěno těsně vedle této místnosti tak, aby byla snadněji slyšitelná výstražná signalizace. Alternativně může být k zařízení typu A, umístěnému

v místnosti ve které je spotřebič spalující palivo, připojena dálkově ovládaná výstražná siréna. [40]

Pokud má spotřebič spalující palivo prodloužený anebo skrytý kouřovod, měl by být instalován přístroj v každém pokoji, přes který kouřovod prochází. [55]

2 Hypotézy a metodika výzkumu

2.1 Hypotézy

V diplomové práci je jako stěžejní ověřována hypotéza 1, vliv průměrných denních teplot na frekvenci zásahové činnosti s přítomností oxidu uhelnatého na území hl. m. Prahy ve sledovaném období. Během zpracování diplomové práce bylo vzhledem k zjištěným výsledkům navrženo autorem diplomové práce, aby byla ověřena ještě hypotéza 2, jaký je vliv průměrných denních tlaků na frekvenci zásahové činnosti s přítomností oxidu uhelnatého na území hl. m. Prahy ve sledovaném období a hypotéza 3, jaký je vliv průměrných denních teplot na průměrné denní tlaky.

2.2 Metodika výzkumu

Metodika teoretické části diplomové práce spočívala v rešerši všech dostupných materiálů, odborné literatury a webových stránek k uvedení do dané problematiky. V diplomové práci byla dále provedena deskripce a analýza oxidu uhelnatého při událostech ve sledovaném území.

Výzkum byl zaměřen na analýzu zásahové činnosti Hasičského záchranného sboru hlavního města Prahy, kde byly ve sledovaném období pěti let (od 1. ledna roku 2010 do 31. prosince roku 2014) vybrány události s přítomností oxidu uhelnatého. Informace byly čerpány ze Statistického sledování událostí, které Hasičský záchranný sbor hlavního města Prahy vede, shromažďuje a vyhodnocuje. Události s přítomností oxidu uhelnatého byly podrobně vybrány z celkového množství událostí, které se ve sledovaném období pěti let staly na území hl. m. Prahy. U sledovaných zásahů jsem se zaměřil na několik parametrů, jako je datum události, čas ohlášení události, počet usmrcených osob během události, počet zraněných osob během události a počet zachráněných osob. Veškeré informace byly podrobně zpracovány do tabulek. V tabulkách byly detailně zpracovány jednotlivé roky 2010, 2011, 2012, 2013 a 2014

z hlediska událostí. Tyto roky byly vybrány ke statistickému šetření z důvodu, aby byly události ucelené, ukončené a bylo dostatečné množství statistických dat k provedení statistického šetření.

Výzkum byl dále zaměřen na získání klimatických dat, jednalo se o průměrné denní teploty a průměrné denní tlaky na území hl. m. Prahy ve sledovaném období u zjištěných událostí s přítomností oxidu uhelnatého. Jednotlivá klimatická data byla vždy přiřazena k dané události s přítomností oxidu uhelnatého. Data byla získána od pracovníků Českého hydrometeorologického ústavu, pobočka Praha.

Zpracované údaje byly následně statisticky šetřeny a vyhodnocovány. V první části byla určena statistická jednotka za sledované období pěti let. Údaje byly rovněž zpracovány do tabulky společně s průměrnými teplotami a průměrnými tlaky. U jednotlivých statistických výpočtů (události, teplota, tlak) došlo k škálování prvků. Následoval výpočet obecných momentů prvních řádů pro daná měření, výpočet směrodatných odchylek, výpočet potřebných členů pro korelační koeficient vztahu mezi jednotlivými parametry. Výsledky byly srovnány s předepsanými hodnotami korelačního koeficientu. Na základě srovnání výsledků s koeficienty bylo vyhodnoceno, že počet událostí nekoreluje s teplotou, takže počet událostí nesouvisí s teplotou, počet událostí slabě pozitivně koreluje s tlakem, takže počet událostí souvisí s tlakem a teplota s tlakem koreluje pozitivně, takže tyto parametry spolu souvisí.

3 Výsledky

3.1 Rozbor zásahů HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého

Stěžejním cílem zpracování diplomové práce bylo detailně popsat zásahovou činnost Hasičského záchranného sboru hlavního města Prahy s přítomností oxidu uhelnatého za sledované období v zájmovém území hl. m. Prahy. Údaje pro zpracování tabulek byly čerpány ze Statistického sledování událostí u Hasičského záchranného sboru hlavního města Prahy. V uvedených tabulkách jsou provedeny rozborů podle jednotlivých let a podle jednotlivých měsíců. V tabulkách jsou také uvedeny počty o usmrcených, zraněných a zachráněných osobách během těchto událostí.

V tabulkách u jednotlivých let jsou dále uvedeny klimatické údaje a to průměrné denní teploty a průměrné denní tlaky ve sledovaném období. Údaje byly poskytnuty z Českého hydrometeorologického ústavu se sídlem, pobočka Praha.

Tabulka 14 - Události HZS hl.m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého za rok 2010

Pořadí	Datum	Čas ohlášení události	Usmrčené osoby	Zraněné osoby	Zachráněné osoby	Průměrná denní teplota (°C)	Průměrný tlak (hPa)
1	5.1. 2010	10:02	0	0	0	- 0,5	978,4
2	24.1. 2010	22:32	0	0	0	- 6,3	998,1
3	27.1. 2010	23:18	0	1	0	- 9,0	993,3
4	28.1. 2010	17:24	0	0	0	- 0,4	968,3
5	24.2. 2010	8:13	0	0	0	6,1	973,0
6	28.2. 2010	17:52	1	0	0	8,3	965,9
7	10.3. 2010	16:13	0	0	0	- 1,4	993,1
8	25.3. 2010	19:32	0	0	0	14,8	982,2
9	25.4. 2010	16:53	0	0	1	15,6	994,7
10	10.6. 2010	16:59	0	4	0	25,6	978,6
11	10.6. 2010	17:33	0	0	1	25,6	978,6
12	10.6. 2010	19:16	0	0	1	25,6	978,6
13	11.6. 2010	18:16	0	1	0	25,7	978,4
14	11.7. 2010	16:22	0	0	0	29,6	988,5
15	24.8. 2010	10:24	1	0	0	22,1	979,9
16	18.9. 2010	12:45	0	0	0	11,9	987,0
17	23.9. 2010	15:13	0	0	0	16,0	986,0
18	14.10. 2010	15:08	1	0	2	5,9	984,0
19	31.10. 2010	02:30	0	0	0	6,9	977,9
20	26.11. 2010	20:36	0	0	0	0,1	971,3
21	6.12. 2010	20:40	0	1	0	- 1,1	972,5
22	6.12. 2010	21:32	0	0	0	- 1,1	972,5
23	18.12. 2010	17:37	0	0	0	- 7,3	973,2
24	23.12. 2010	17:11	1	0	1	1,3	970,2

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 15 - Události HZS hl.m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého za rok 2011

Pořadí	Datum	Čas ohlášení události	Usmrcené osoby	Zraněné osoby	Zachráněné osoby	Průměrná denní teplota (°C)	Průměrný tlak (hPa)
1	15.1. 2011	11:17	0	0	0	8,9	992,0
2	20.1. 2011	0:53	0	0	0	0,7	994,7
3	22.1. 2011	0:16	0	1	0	- 2,1	999,0
4	22.1. 2011	17:47	0	0	2	- 2,1	999,0
5	23.1. 2011	17:05	0	0	0	- 1,3	991,8
6	29.1. 2011	21:33	0	7	0	- 4,2	991,4
7	17.2. 2011	16:06	0	1	0	2,2	975,2
8	24.2. 2011	22:05	0	0	0	- 4,5	999,1
9	7.4. 2011	21:22	0	0	3	17,1	989,2
10	7.4. 2011	21:58	0	0	1	17,1	989,2
11	23.4. 2011	0:19	0	2	0	19,2	982,7
12	23.4. 2011	18:30	0	0	0	19,2	982,7
13	24.6. 2011	19:48	0	0	0	15,7	989,8
14	9.7. 2011	19:07	0	1	0	25,0	987,5
15	17.7. 2011	14:01	0	1	0	21,6	974,5
16	2.8. 2011	12:04	0	0	0	21,4	989,4
17	18.8. 2011	18:13	0	2	0	25,3	986,2
18	26.8. 2011	20:06	0	0	0	26,9	979,8
19	15.10. 2011	8:57	0	1	0	5,6	1002,7
20	13.11. 2011	10:17	0	1	0	1,1	1004,6
21	30.11. 2011	21:24	0	0	0	2,8	997,4
22	4.12. 2011	21:29	0	0	0	8,7	971,8
23	13.12. 2011	17:13	0	1	0	6,2	979,5
24	14.12. 2011	22:10	0	0	0	9,3	977,3
25	18.12. 2011	16:28	0	1	0	2,2	978,2

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 16 – Události HZS hl.m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého za rok 2012

Pořadí	Datum	Čas	Usmrčené osoby	Zraněné osoby	Zachráněné osoby	Průměrná denní teplota (°C)	Průměrný tlak (hPa)
1	3.1. 2012	19:29	0	0	0	7,1	987,5
2	6.1. 2012	16:47	0	0	0	3,6	977,6
3	13.1. 2012	8:10	0	0	0	1,9	986,0
4	20.1. 2012	17:03	0	0	0	2,8	979,0
5	5.2. 2012	11:52	0	5	0	- 11,4	1003,0
6	6.2. 2012	9:20	0	0	0	- 12,8	1002,0
7	8.2. 2012	11:05	0	0	0	- 8,0	1004,9
8	16.2. 2012	3:32	0	0	0	0,2	988,7
9	20.2. 2012	20:59	0	2	0	0,5	1001,5
10	29.2. 2012	18:16	0	0	1	10,9	991,4
11	12.3. 2012	17:19	0	0	0	8,1	994,9
12	23.3. 2012	22:13	0	0	1	12,7	996,2
13	30.3. 2012	20:54	0	0	0	8,1	980,1
14	8.4. 2012	9:00	0	1	0	1,7	981,8
15	10.4. 2012	21:07	0	1	0	11,9	972,7
16	11.4. 2012	8:53	0	0	0	11,4	968,8
17	26.4. 2012	12:28	2	0	0	18,5	980,9
18	27.4. 2012	17:20	0	2	0	22,5	987,2
19	27.4. 2012	20:08	0	1	0	22,5	987,2
20	27.4. 2012	22:11	0	1	0	22,5	987,2
21	28.4. 2012	17:28	0	0	2	23,5	986,3
22	2.5. 2012	17:37	0	0	0	22,3	981,6
23	10.5. 2012	21:28	1	0	0	21,7	992,5
24	14.5. 2012	20:22	0	0	0	11,6	990,1
25	25.5. 2012	23:37	0	0	0	18,6	993,7
26	18.6. 2012	19:13	0	0	0	26,9	986,2
27	24.6. 2012	18:33	0	0	0	23,8	985,5
28	21.7. 2012	22:39	0	0	0	16,4	989,1
29	5.8. 2012	18:14	0	1	0	26,3	981,3
30	20.8. 2012	17:48	0	7	0	30,0	988,2
31	7.9. 2012	22:41	0	4	0	17,4	993,1
32	24.9. 2012	8:02	0	3	0	15,0	974,1
33	4.10. 2012	21:58	0	0	0	14,7	982,9
34	17.10. 2012	9:48	0	0	0	11,6	987,0
35	21.10. 2012	15:46	0	0	1	8,7	991,1
36	28.10. 2012	16:56	0	0	0	1,9	982,7
37	6.11. 2012	19:10	0	1	1	5,2	984,6
38	7.11. 2012	16:08	0	0	0	7,7	990,5
39	9.11. 2012	19:00	0	1	1	7,4	988,1
40	29.11. 2012	18:18	0	1	0	3,0	962,1
41	5.12. 2012	19:05	0	1	0	1,5	971,8
42	13.12. 2012	18:29	0	0	0	- 2,9	986,3
43	14.12. 2012	20:37	0	0	3	- 3,1	981,3
44	15.12. 2012	12:05	0	0	0	0,8	977,3
45	16.12. 2012	13:28	0	0	1	4,7	979,2
46	16.12. 2012	16:52	0	1	0	4,7	979,2

47	16.12. 2012	21:53	0	1	0	4,7	979,2
48	19.12. 2012	22:26	0	0	1	4,0	992,6
49	23.12. 2012	3:56	0	0	0	2,4	980,6
50	24.12. 2012	20:31	0	1	0	7,1	980,4

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 17 – Události HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého za rok 2013

Pořadí	Datum	Čas	Usmrcené osoby	Zraněné osoby	Zachráněné osoby	Průměrná denní teplota (°C)	Průměrný tlak (hPa)
1	10. 2. 2013	16:20	0	0	0	- 0,3	984,5
2	20. 2. 2013	00:59	0	2	0	- 1,2	987,6
3	24. 2. 2013	10:09	0	1	0	1,6	980,4
4	24. 2. 2013	21:32	0	2	0	1,6	980,4
5	4. 3. 2013	19:27	0	1	0	3,5	993,1
6	7. 3. 2013	19:08	0	1	0	7,8	972,9
7	10. 3. 2013	8: 17	0	0	0	8,3	968,2
8	20. 3. 2013	17:51	0	0	1	6,5	975,8
9	7. 4. 2013	12:35	0	0	0	3,6	988,9
10	11. 4. 2013	8:18	0	2	0	11,8	976,2
11	12. 4. 2013	16:05	0	0	0	10,8	975,6
12	6. 5. 2013	21:53	0	1	0	16,4	989,1
13	14. 5. 2013	22:16	0	1	0	15,6	982,5
14	31. 5. 2013	21:05	0	0	0	13,0	970,6
15	1. 6. 2013	19:04	0	1	0	12,7	975,7
16	3. 6. 2013	18:49	1	0	0	9,4	989,5
17	27. 7. 2013	17:54	0	0	0	29,7	982,3
18	28. 7. 2013	16:07	0	0	0	31,8	982,0
19	28. 7. 2013	18:42	0	1	1	31,8	982,0
20	2. 8. 2013	17:08	0	0	0	27,9	986,8
21	2. 8. 2013	17:27	0	1	0	27,9	986,8
22	12. 10. 2013	20:58	0	1	0	9,5	987,5
23	16. 10. 2013	20:15	0	3	0	9,2	983,2
24	26. 10. 2013	22:25	0	0	0	16,8	987,1
25	4. 11. 2013	01:37	0	0	0	10,8	967,7
26	7. 11. 2013	15:06	0	1	0	14,9	979,8
27	8. 11. 2013	21:31	0	2	0	14,7	980,6
28	14. 11. 2013	14:21	0	2	0	2,2	991,9
29	29. 11. 2013	16:57	0	1	0	3,3	988,5
30	17. 12. 2013	9:20	0	0	0	- 0,2	999,2
31	25. 12. 2013	18:21	0	9	0	3,8	967,2

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 18 - Události HZS hl.m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého za rok 2014

Pořadí	Datum	Čas	Usmrcené osoby	Zraněné osoby	Zachráněné osoby	Průměrná denní teplota (°C)	Průměrný tlak (hPa)
1	9. 1. 2014	19:49	0	1	0	8,3	981,5
2	18. 1. 2014	1:14	0	3	0	3,1	978,1
3	8. 2. 2014	21:38	2	0	0	6,6	972,2
4	6. 3. 2014	7:02	0	1	0	7,2	998,4
5	25. 3. 2014	6:36	0	3	0	5,2	979,9
6	3. 4. 2014	16:32	0	0	0	14,7	977,1
7	3. 5. 2014	10:37	0	2	0	6,6	989,6
8	17. 5. 2014	21:51	0	0	0	10,5	986,4
9	7. 6. 2014	16:02	0	0	0	23,7	988,9
10	7. 6. 2014	16:51	0	0	0	23,7	988,9
11	8. 6. 2014	16:15	0	2	2	26,5	990,8
12	8. 6. 2014	18:34	0	1	1	26,5	990,8
13	9. 6. 2014	13:05	0	0	0	27,7	989,8
14	10. 6. 2014	9:27	0	0	2	28,4	989,1
15	10. 6. 2014	16:17	0	1	0	28,4	989,1
16	10. 6. 2014	17:31	0	0	0	28,4	989,1
17	10. 6. 2014	19:25	0	0	0	28,4	989,1
18	10. 6. 2014	19:36	0	2	0	28,4	989,1
19	10. 6. 2014	20:23	0	0	0	28,4	989,1
20	10. 6. 2014	21:08	0	3	0	28,4	989,1
21	10. 6. 2014	21:09	0	3	0	28,4	989,1
22	8. 7. 2015	20:00	0	2	0	20,8	975,2
23	9. 7. 2015	12:15	0	0	0	15,4	975,8
24	11. 7. 2015	2:24	0	1	0	18,1	980,1
25	14. 9. 2014	0:54	0	0	0	16,5	987,3
26	10. 10. 2014	9:45	0	1	0	14,3	987,4
27	1. 11. 2014	3:24	0	4	5	10,4	993,3
28	4. 11. 2014	20:12	0	0	2	9,5	971,1
29	12. 11. 2014	3:21	0	3	0	11,1	976,0
30	12. 11. 2014	16:40	0	0	0	11,1	976,0
31	27. 11. 2014	18:30	1	2	0	2,5	985,3
32	28. 11. 2014	16:40	0	0	0	2,0	987,1
33	29. 11. 2014	17:12	0	1	1	1,9	988,9
34	3. 12. 2014	10:48	1	0	0	1,7	988,5
35	30. 12. 2014	4:54	0	1	0	- 4,7	1000,9
36	31. 12. 2014	19:43	0	0	0	- 0,7	1001,8

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 19 - Přehled událostí s přítomností oxidu uhelnatého podle jednotlivých měsíců v roce 2010

	Počet událostí	Usmrcené osoby	Zraněné osoby	Zachráněné osoby
Leden	4	0	1	0
Únor	2	1	0	0
Březen	2	0	0	0
Duben	1	0	0	1
Květen	0	0	0	0
Červen	4	0	5	2
Červenec	1	0	0	0
Srpen	1	1	0	0
Září	2	0	0	0
Říjen	2	1	0	2
Listopad	1	0	0	0
Prosinec	4	1	1	1
Celkem	24	4	7	6

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 20 - Přehled událostí s přítomností oxidu uhelnatého podle jednotlivých měsíců v roce 2011

	Počet událostí	Usmrcené osoby	Zraněné osoby	Zachráněné osoby
Leden	6	0	8	2
Únor	2	0	1	0
Březen	0	0	0	0
Duben	4	0	2	4
Květen	0	0	0	0
Červen	1	0	0	0
Červenec	2	0	2	0
Srpen	3	0	2	0
Září	0	0	0	0
Říjen	1	0	1	0
Listopad	2	0	1	0
Prosinec	4	0	2	0
Celkem	25	0	19	6

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 21 - Přehled událostí s přítomností oxidu uhelnatého podle jednotlivých měsíců v roce 2012

	Počet událostí	Usmrčené osoby	Zraněné osoby	Zachráněné osoby
Leden	4	0	0	0
Únor	6	0	7	1
Březen	3	0	0	1
Duben	8	2	6	2
Květen	4	1	0	0
Červen	2	0	0	0
Červenec	1	0	0	0
Srpen	2	0	8	0
Září	2	0	7	0
Říjen	4	0	0	1
Listopad	4	0	3	2
Prosinec	10	0	4	5
Celkem	50	3	35	12

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 22 - Přehled událostí s přítomností oxidu uhelnatého podle jednotlivých měsíců v roce 2013

	Počet událostí	Usmrčené osoby	Zraněné osoby	Zachráněné osoby
Leden	0	0	0	0
Únor	4	0	5	0
Březen	4	0	1	2
Duben	3	0	2	0
Květen	3	0	2	0
Červen	2	1	1	0
Červenec	3	0	1	1
Srpen	2	0	1	0
Září	0	0	0	0
Říjen	3	0	4	0
Listopad	5	0	6	0
Prosinec	2	0	9	0
Celkem	31	1	32	3

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 23 - Přehled událostí s přítomností oxidu uhelnatého podle jednotlivých měsíců v roce 2014

	Počet událostí	Usmrčené osoby	Zraněné osoby	Zachráněné osoby
Leden	2	0	4	0
Únor	1	2	0	0
Březen	2	0	4	0
Duben	1	0	0	0
Květen	2	0	2	0
Červen	13	0	12	5
Červenec	3	0	3	0
Srpen	0	0	0	0
Září	1	0	0	0
Říjen	1	0	1	0
Listopad	7	1	10	8
Prosinec	3	1	1	0
Celkem	36	4	37	13

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 24 - Celkový přehled událostí s přítomností oxidu uhelnatého podle jednotlivých měsíců za období let 2010 - 2014

	Počet událostí	Usmrčené osoby	Zraněné osoby	Zachráněné osoby
Leden	16	0	13	2
Únor	15	3	13	1
Březen	11	0	5	3
Duben	17	2	10	7
Květen	9	1	4	0
Červen	22	1	18	7
Červenec	10	0	6	1
Srpen	8	1	11	0
Září	5	0	7	0
Říjen	11	1	6	3
Listopad	19	1	20	10
Prosinec	23	2	17	6
Celkem	166	12	130	40

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 25 - Celkový přehled událostí s přítomností oxidu uhelnatého za období let 2010 - 2014

Rok	Počet událostí	Usmrčené osoby	Zraněné osoby	Zachráněné osoby
2010	24	4	7	6
2011	25	0	19	6
2012	50	3	35	12
2013	31	1	32	3
2014	36	4	37	13
Celkem	166	12	130	40

Zdroj: vlastní výzkum

3.2 Statistické šetření vybraných parametrů událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého

Sledované období pěti let bylo upraveno podle statistických jednotek (měsíců), takže statistické šetření bylo provedeno u 60 měsíců. V každém měsíci byl sečten počet událostí, který byl zaznamenán do tabulky. Z předešlých tabulek byly použity informace o průměrných denních teplotách a o průměrných denních tlacích. Z těchto hodnot byly vypočítány průměry podle konkrétního počtu událostí v daném měsíci a vše bylo zaznamenáno do tabulky.

Tabulka 26 – Výpočty statistických jednotek

Měsíce	Počet událostí	Průměrná teplota (°C)	Průměrný tlak (hPa)
1	4	-4,05	984,53
2	2	7,20	969,45
3	2	6,70	987,65
4	1	15,60	994,70
5	0	0,00	0,00
6	4	25,63	978,55
7	1	29,60	988,50
8	1	22,10	979,90
9	2	13,95	986,50
10	2	6,40	980,95
11	1	0,10	971,30
12	4	-2,05	972,10
13	6	-0,02	994,65
14	2	-1,15	987,15
15	0	0,00	0,00
16	4	18,15	985,95
17	0	0,00	0,00
18	1	15,70	989,80
19	2	23,30	981,00
20	3	24,53	985,13
21	0	0,00	0,00
22	1	5,60	1002,70
23	2	1,95	1001,10
24	4	6,60	976,70
25	4	3,85	982,53
26	6	-3,43	998,58
27	3	9,63	990,40
28	8	16,81	981,51
29	4	18,55	989,48
30	2	25,35	985,85
31	1	16,40	989,10
32	2	28,15	984,75
33	2	16,20	983,60
34	4	9,23	985,93
35	4	5,83	981,33
36	10	3,74	980,79
37	0	0,00	0,00
38	4	0,43	983,23
39	4	6,53	977,50
40	3	8,73	980,23
41	3	15,00	980,73
42	2	11,05	982,60
43	3	31,10	982,10
44	2	27,90	986,80
45	0	0,00	0,00
46	3	11,83	985,93
47	5	9,18	981,70
48	2	1,80	983,20
49	2	5,70	979,80

50	1	6,60	972,20
51	2	6,20	989,15
52	1	14,70	977,10
53	2	8,55	988,00
54	13	27,33	989,39
55	3	18,10	977,03
56	0	0,00	0,00
57	1	16,50	987,30
58	1	14,30	987,40
59	7	6,93	982,53
60	3	-1,23	997,07

Zdroj: vlastní výzkum

3.3 Statistické šetření počtu událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého

Zdroje ze získaných událostí jsou rozděleny do sedmi prvků škály (i) v intervalech od <0;1) do 6 a více událostí.

Tabulka 27 – Škálování prvků statistického šetření počtu událostí

i	intervaly	n _i
1	<0;1)	7
2	<1;2)	11
3	<2;3)	16
4	<3;4)	8
5	<4;5)	11
6	<5;6)	1
7	>6	6

Zdroj: vlastní výzkum

(1) Výpočet počtu statistických jednotek

$$N = \sum_{i=1}^7 n_i$$

$$N = 7 + 11 + \dots + 6$$

$$N = 60$$

(2) Výpočet obecného momentu prvního řádu pro 7 měření daných 7 prvky škály

$$O_1 = \frac{N}{\max(i)}$$

$$O_1 = \frac{60}{7}$$

$$O_1 = 8,57$$

(3) Výpočet směrodatné odchylky

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (n_i - O_1)^2}{7}} = \sqrt{\frac{132,1}{7}} = 4,34$$

3.4 Statistické šetření průměrné teploty u událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého v jednotlivých měsících

Zdroje ze získaných teplot jsou rozděleny do sedmi prvků škály (i) v intervalech od $<-00;1)$ do $<31;00)$.

Tabulka 28 - Škálování prvků statistického šetření průměrných teplot

i	intervaly	n_i
1	$<-00;1)$	15
2	$<1;7)$	14
3	$<7;13)$	8
4	$<13;19)$	13
5	$<19;25)$	3
6	$<25;31)$	6
7	$<31;00)$	1

Zdroj: vlastní výzkum

(4) Výpočet počtu statistických jednotek

$$N = \sum_{i=1}^7 n_i$$

$$N = 15 + 14 + \dots + 1$$

$$N = 60$$

(5) Výpočet obecného momentu prvního řádu pro 7 měření daných 7 prvky škály

$$O_1' = \frac{N'}{\max(i'')}$$

$$O_1' = \frac{60}{7}$$

$$O_1' = 8,57$$

(6) Výpočet směrodatné odchylky

$$S_x' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (n_i' - O_1')^2}{7}} = 4,97$$

3.5 Statistické šetření průměrného tlaku u událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého v jednotlivých měsících

Zdroje ze získaných tlaků jsou rozděleny do sedmi prvků škály (i'') v intervalech od $\langle 0;972 \rangle$ do $\langle 997;00 \rangle$.

Tabulka 29 - Škálování prvků statistického šetření tlaků u počtu událostí

i''	intervaly	n_i''
1	$\langle 0;972 \rangle$	11
2	$\langle 972;977 \rangle$	4
3	$\langle 977;982 \rangle$	15
4	$\langle 982;987 \rangle$	16
5	$\langle 987;992 \rangle$	8
6	$\langle 992;997 \rangle$	3
7	$\langle 997;00 \rangle$	3

Zdroj: vlastní výzkum

(7) Výpočet počtu statistických jednotek

$$N'' = \sum_{i=1}^7 n_i'' = 11 + 4 + \dots + 3 = 60$$

$$N'' = 11 + 4 + \dots + 3$$

$$N'' = 60$$

(8) Výpočet obecného momentu prvního řádu pro 7 měření daných 7 prvky škály

$$O_1'' = \frac{N''}{\max(i'')} = \frac{60}{7} = 8,57$$

$$O_1'' = \frac{60}{7}$$

$$O_1'' = 8,57$$

(9) Výpočet směrodatné odchylky

$$S_x'' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (n_i'' - O_1'')^2}{7}} = 5,54$$

(10) Výpočet potřebných členů pro korelační koeficient vztahu mezi počtem události a teplotou

$$S_{xx}' = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 (n_i - O_1')(n_i' - O_1')$$

$$S_{xx}' = 3,10$$

(11) Výpočet korelačního koeficientu pro vztah mezi počtem událostí a teplotou

$$k_{xx}' = \frac{S_{xx}'}{S_x' \cdot S_x'}$$

$$k_{xx}' = \frac{3,10}{4,34 \cdot 4,97}$$

$$k_{xx}' = 0,14$$

(12) Srovnání výpočtu s možnými hodnotami korelačního koeficientu

$k_{xx}' \in (-0,4; 0,4)$ - Počet událostí a teplota nekorelují

(13) Výpočet potřebných členů pro korelační koeficient vztahu mezi počtem událostí a tlakem

$$S_{xx''} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 (n_i - o_1)(n_i'' - o_1'')$$

$$S_{xx''} = 11,96$$

(14) Výpočet korelačního koeficientu pro vztah mezi počtem událostí a tlakem

$$k_{xx''} = \frac{S_{xx''}}{S_x \cdot S_x''}$$

$$k_{xx''} = \frac{11,96}{4,34 \cdot 5,54}$$

$$k_{xx''} = 0,50$$

(15) Srovnání výpočtu s možnými hodnotami korelačního koeficientu

$k \in (0,4; 1)$ - Počet událostí a tlak slabě pozitivně korelují

(16) Výpočet korelačního koeficientu pro vztah mezi teplotou a tlakem

$$k_{x'x''} = \frac{S_{x'x''}}{S_{x'} \cdot S_x''}$$

$$k_{x'x''} = \frac{11,39}{4,97 \cdot 5,54}$$

$$k_{x'x''} = 0,41$$

(17) Srovnání výpočtu s možnými hodnotami korelačního koeficientu

$k \in (0,4; 1)$ - Teplota a tlak v jednotlivých měsících slabě pozitivně korelují (to v podstatě odpovídá ideální i Van der Waalově stavové rovnici plynu)

4 Diskuze

V diplomové práci byla v zájmovém území hl. m. Praze za sledované období zjištěna zásahová činnost s přítomností oxidu uhelnatého. Dále byla u konkrétních zásahů s přítomností oxidu uhelnatého zjištěna průměrná denní teplota, průměrný denní tlak. K statistickému šetření byly použity i klimatické údaje o průměrných ročních teplotách a o průměrných ročních tlacích. Podklady byly získány od zástupců Hasičského záchranného sboru hlavního města Prahy a od pracovníků Českého hydrometeorologického ústavu, pobočka Praha a na základě osobních rozhovorů. Rozhovory u Hasičského záchranného sboru byly zaměřeny na zjištění počtů zásahů za sledované období pěti let. U zásahové činnosti jsem se vzhledem ke studovanému oboru Ochrana obyvatelstva zaměřil také na počty usmrcených osob, počty zachráněných osob a počty zraněných osob během provádění zásahové činnosti.

4.1 Zásahová činnost s přítomností oxidu uhelnatého na území hl. m. Prahy

Počet událostí ve sledovaném období

Během sledovaného období od roku 2010 do roku 2014 bylo zjištěno, že se stalo celkem 166 událostí s přítomností oxidu uhelnatého. V roce 2010 se jednalo o 24 událostí, v roce 2011 se jednalo o 25 událostí, v roce 2012 se jednalo o 50 událostí, v roce 2013 se jednalo o 31 událostí a v roce 2014 se jednalo o 36 událostí. Největší počet událostí se stal v roce 2012.

Během sledovaného období pěti let bylo zjištěno, že největší počet událostí se stal v měsících prosinec s celkovým počtem 23 událostí s přítomností oxidu uhelnatého.

Během sledovaného období bylo zjištěno, že největší počet událostí se stal v měsíci červen v roce 2014 s celkovým počtem 13 událostí s přítomností oxidu uhelnatého.

Během sledovaného období bylo zjištěno, že největší počet událostí se stal dne 10. června v roce 2014 s celkovým počtem 8 událostí s přítomností oxidu uhelnatého.

Usmrcené osoby během událostí s přítomností oxidu uhelnatého

Během sledovaného období bylo zjištěno, že bylo celkem usmrceno 12 osob. V roce 2010 se jednalo o 4 osoby, v roce 2011 se jednalo o 0 osob, v roce 2012 se jednalo o 3 osoby, v roce 2013 se jednalo o 1 osobu a v roce 2014 se jednalo o 4 osoby. Největší počet usmrcených osob byl v roce 2010 a v roce 2014.

Během sledovaného období pěti let bylo zjištěno, že největší počet usmrcených osob byl v měsících únor s celkovým počtem 3 osob.

Během sledovaného období bylo zjištěno, že největší počet usmrcených osob byl v měsíci duben v roce 2012 s celkovým počtem 2 osob a v měsíci únor v roce 2014 s celkovým počtem 2 osob.

Během sledovaného období bylo zjištěno, že největší počet usmrcených osob byl dne 26. dubna v roce 2012 s celkovým počtem 2 osob a dne 8. února v roce 2014 s celkovým počtem 2 osob.

Zraněné osoby během událostí s přítomností oxidu uhelnatého

Během sledovaného období bylo zjištěno, že bylo celkem zraněno 130 osob. V roce 2010 se jednalo o 7 osob, v roce 2011 se jednalo o 19 osob, v roce 2012 se jednalo o 35 osob, v roce 2013 se jednalo o 32 osob a v roce 2014 se jednalo o 37 osob. Největší počet zraněných osob byl v roce 2014.

Během sledovaného období bylo zjištěno, že největší počet zraněných osob byl v měsících červen s celkovým počtem 13 osob.

Během sledovaného období bylo zjištěno, že největší počet zraněných osob byl v měsíci červen v roce 2014 s celkovým počtem 12 osob.

Během sledovaného období bylo zjištěno, že největší počet zraněných osob byl dne 10. června v roce 2014 s celkovým počtem 9 osob.

Zachráněné osoby během událostí s přítomností oxidu uhelnatého

Během sledovaného období bylo zjištěno, že bylo celkem zachráněno 40 osob. V roce 2010 se jednalo o 6 osob, v roce 2011 se jednalo o 6 osob, v roce 2012 se

jednalo o 12 osob, v roce 2013 se jednalo o 3 osoby a v roce 2014 se jednalo o 13 osob. Největší počet zachráněných osob byl v roce 2014.

Během sledovaného období bylo zjištěno, že největší počet zachráněných osob byl v měsíci listopad v celkovém počtu 10 osob.

Během sledovaného období pěti let bylo zjištěno, že největší počet zachráněných osob byl v měsících listopad v roce 2014 v celkovém počtu 8 osob.

Během sledovaného období bylo zjištěno, že největší počet zachráněných osob byl dne 1. listopadu v roce 2014 v celkovém počtu 5 osob.

4.2 Statistické šetření počtu událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého

Zdroje ze získaných událostí byly rozděleny do sedmi prvků škály (i) v intervalech od <0;1) do >6 událostí.

Tímto šetřením bylo zjištěno, že nejvíce událostí s přítomností oxidu uhelnatého bylo ve sledovaném období v intervalu <2;3) a to v počtu 16 měsíců z celkového počtu 60 měsíců.

4.3 Statistické šetření průměrné teploty u událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého

Zdroje ze získaných teplot byly rozděleny do sedmi prvků škály (i') v intervalech od <-00;1) do <31;00).

Tímto šetřením bylo zjištěno, že nejvíce teplot se vyskytovalo ve sledovaném období v intervalu <-00;1) a to v počtu 15 měsíců z celkového počtu 60 měsíců.

4.4 Statistické šetření průměrného tlaku u událostí HZS hl. m. Prahy s přítomností oxidu uhelnatého

Zdroje ze získaných tlaků byly rozděleny do sedmi prvků škály (i'') v intervalech od $\langle 0;972 \rangle$ do $\langle 997;00 \rangle$.

Tímto šetřením bylo zjištěno, že nejvíce tlaků se vyskytovalo ve sledovaném období v intervalu $\langle 982;987 \rangle$ a to v počtu 16 měsíců z celkového počtu 60 měsíců.

4.5 Statistické šetření a výpočty

K výpočtu statistických hodnot bylo postupováno v následujících krocích. Po provedení škálování prvků a určení konkrétních intervalů pro události, teplotu a tlak byly provedeny výpočty statistických jednotek, výpočty směrodatných odchylek, výpočty obecných momentů prvního řádu pro daná měření, výpočty potřebných členů pro korelační koeficienty vztahu mezi parametry. Hlavním výpočtem bylo provedení výpočtu korelačních koeficientů pro všechny tři parametry (události, teplota a tlak). Výpočty korelačních koeficientů pro vztahy jednotlivých parametrů určil hodnoty, které byly následně srovnány s předepsanými intervaly $k \in \langle -1; -0,4 \rangle$ to je negativní korelace, $k \in \langle 0,4; 1 \rangle$ jedná se o pozitivní korelaci, $k \in \langle -0,4; 0,4 \rangle$ nekoreluje. Na základě šetření bylo určeno jaké jsou jednotlivé vztahy mezi počtem událostí a teplotou, počtem událostí a tlakem a mezi teplotou a tlakem ve sledovaném období.

Výsledek korelační analýzy u srovnání počtu událostí s teplotou určil, že výpočet nabývá hodnoty 0,14, takže hodnota je prvkem intervalu $k \in \langle -0,4; 0,4 \rangle$. Výsledkem je, že počet událostí a teplota spolu nekorelují. **Hypotéza 1 je vyvrácena, průměrné denní teploty nemají vliv na frekvenci zásahové činnosti s přítomností oxidu uhelnatého na území hl. m. Prahy ve sledovaném období.**

Výsledek korelační analýzy u srovnání počtu událostí s tlakem určil, že výpočet nabývá hodnoty 0,50, takže hodnota je prvkem intervalu $k \in \langle 0,4; 1 \rangle$. Výsledkem je, že tyto dvě hodnoty spolu slabě pozitivně korelují, tzn., že počet událostí a tlak spolu souvisí, takže rostoucí počet událostí souvisí s rostoucím tlakem. **Hypotéza 2 je**

potvrzena, průměrné denní tlaky mají vliv na frekvenci zásahové činnosti s přítomností oxidu uhelnatého na území hl. m. Prahy ve sledovaném období.

Výsledek korelační analýzy u srovnání teploty a tlaku určil, že výpočet nabývá hodnoty 0,41, takže hodnota je prvkem intervalu $k \in \langle 0,4; 1 \rangle$. Výsledkem je, že tyto dvě hodnoty spolu pozitivně korelují, tzn., že teplota a tlak spolu souvisí, takže s rostoucí teplotou roste i tlak. **Hypotéza 3 je potvrzena, průměrné denní teploty mají vliv na průměrné denní tlaky během zásahové činnosti s přítomností oxidu uhelnatého na území hl. m. Prahy ve sledovaném období.**

Závěr

Cílem diplomové práce „Šetření vybraných parametrů zásahů Hasičského záchranného sboru hl. m. Prahy při výskytu oxidu uhelnatého“, bylo zpracovat detailní přehled událostí s přítomností oxidu uhelnatého, které řešil Hasičský záchranný sbor hlavního města Prahy během sledovaného období pěti let (od roku 2010 do roku 2014) v zájmovém území hl. m. Prahy. Dále byla získána klimatická data (průměrné denní teploty a průměrné denní tlaky) z Českého hydrometeorologického ústavu, pobočka Praha. Tyto data byla následně zpracována k jednotlivých událostem během sledovaného období. U jednotlivých událostí bylo popsán vždy čas ohlášení události, počet usmrčených osob, počet zachráněných osob a počet zraněných osob.

Veškeré údaje byly následně vyhodnoceny a statisticky šetřeny. Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit, jaký je vliv průměrných denních teplot na frekvenci zásahové činnosti s přítomností oxidu uhelnatého na území hl. m. Prahy ve sledovaném období, jaký je vliv průměrných denních tlaků na frekvenci zásahové činnosti s přítomností oxidu uhelnatého na území hl. m. Prahy ve sledovaném období a jak vzájemně souvisí průměrné denní teploty a průměrné denní tlaky. Statistickým šetřením bylo zjištěno, že počet událostí nesouvisí s průměrnou denní teplotou, počet událostí souvisí s průměrným denním tlakem a průměrná denní teplota souvisí s průměrným denním tlakem.

Předložená diplomová práce byla zpracována také pro potřeby Oddělení chemické služby Hasičského záchranného sboru hlavního města Prahy. Diplomová práce by mohla být podkladem pro zpracování disertační práce, kde by stejným způsobem ve sledovaném období mohly být zpracovány údaje dalších krajů v České republice a mohlo být provedeno srovnání jednotlivých výsledků u událostí s přítomností oxidu uhelnatého. K provedení srovnávací analýzy by mohl být použit některý ze statistických programů.

Seznam informačních zdrojů

- [1] PITSCHMANN, Vladimír. *Analýza toxických látek detekčními trubičkami*. 2., upr. vyd. Drahelčice: Econt Consulting, 2005, 194 s. ISBN 80-866-6403-1.
- [2] RODERIQUE, Joseph D., Christopher S. JOSEF, Michael J. FELDMAN a Bruce D. SPIESS. A modern literature review of carbon monoxide poisoning theories, therapies, and potential targets for therapy advancement. *Toxicology* [online]. 2015, **334**, 45-58 [cit. 2016-04-04]. DOI: 10.1016/j.tox.2015.05.004. ISSN 0300483x. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0300483X1500092X>
- [3] ERBAN, Václav. *Zdravotní, pracovní-hygienické, preventivní a sociálně-psychologické otázky a problémy v podnicích a v jiných provozech*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007, 138 s. ISBN 978-80-7372-172-5.
- [4] BAJGAR, Jiří. *Používání chemických zbraní a jednání o jejich zákazu: od historie k současnosti*. 1. vyd. Hradec Králové: Nucleus HK, 2006. ISBN 80-86225-75-5.
- [5] HIRT, Miroslav. *Toxikologie a jiné laboratorní metody ve forenzní praxi*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2011, 51 s. ISBN 978-80-210-5477-6.
- [6] NOVÁK, Ivan. *Intenzivní péče v pediatrii*. 1. vyd. Praha: Galén, 2008, xxxix, 579 s. ISBN 978-80-7262-512-3.
- [7] KOLONIČNÝ, Jan, Veronika BOGOCZOVÁ a Jiří HORÁK. *Postupy správného topení*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2010, 131 s. ISBN 978-80-248-2255-6.

- [8] OCHODEK, Tadeáš, Jan KOLONIČNÝ a Michal BRANC. *"Ekologické aspekty záměny fosilních paliv za biomasu": studie v rámci projektu "Možnosti lokálního vytápění a výroby elektřiny z biomasy"*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2007, 145 s. ISBN 978-80-248-1595-4.
- [9] PROKOP, Pavel, Alois ADAMUS a Pavel MALÍČEK. *Větrání, degazace a klimatizace dolů*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 131 s. ISBN 978-80-248-1399-8.
- [10] *Bezpečnostní list, Oxid uhelnatý, stlačený* [online]. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: [http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL0019/\\$file/BL0019.pdf](http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL0019/$file/BL0019.pdf)
- [11] PELCLOVÁ, Daniela. *Nemoci z povolání a intoxikace*. 3. dopl. vyd. Praha: Karolinum, 2014, 316 s. ISBN 978-80-246-2597-3.
- [12] HOUSECROFT, Catherine E a A SHARPE. *Anorganická chemie*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2014, 1119 s. ISBN 978-80-7080-872-6.
- [13] MATĚJKA, Jiří. *Chemická služba: učební skripta*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2012. ISBN 978-80-87544-09-9.
- [14] Oxid uhelnatý. *Air Products spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.airproducts.cz/products/Gases/Carbon-MonoxideSyngas.aspx>

- [15] ŠEVELA, Kamil a Pavel ŠEVČÍK. *Akutní intoxikace a léková poškození v intenzivní medicíně*. 2., dopl. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2011, 328 s. ISBN 978-80-247-3146-9.
- [16] BRANIŠ, Martin a Iva HŮNOVÁ (eds.). *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*. V Praze: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1598-1.
- [17] ŠUTA, Miroslav. *Účinky výfukových plynů z automobilů na lidské zdraví*. Plzeň: Děti Země, 2008, 30 s. ISBN 978-80-86678-10-8.
- [18] KABELE, Karel. *Energetické a ekologické systémy 1: zdravotní technika, vytápění*. 2. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2011, 282 s. ISBN 978-80-01-04722-4.
- [19] MODRÁ, Helena a Zdeňka SVOBODOVÁ. *Speciální veterinární toxikologie: pro posluchače Fakulty veterinární hygieny a ekologie a posluchače Fakulty veterinárního lékařství*. V Tribunu EU vyd. 1. Brno: Tribun EU, 2009, 165 s. ISBN 978-80-7399-882-0.
- [20] *Bojový řád jednotek požární ochrany: [metodické listy]*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2001. ISBN 80-86111-91-1.
- [21] PELCLOVÁ, Daniela. *Nejčastější otravy a jejich terapie*. 2., dopl. a rozš. vyd. Praha: Galén, c2009, 163 s. ISBN 978-80-7262-603-8.
- [22] CHUDĚJ, František a Václav KUPILÍK (eds.). *Nové systémy v požární ochraně: textové materiály projektu Celoživotního vzdělávání v požární ochraně ..* Praha: Profesní komora požární ochrany, 2008. ISBN 978-80-01-03944-1.
- [23] LAPČÍK, Vladimír. *Průmyslové technologie a jejich vliv na životní prostředí*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2009, 362 s. ISBN 978-80-248-2015-6.

- [24] HANUS, Daniel. *Pohon letadel*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2008, 203 s. ISBN 978-80-01-04104-8.
- [25] SIKOROVÁ, Lucie, Roman LIČBINSKÝ a Vladimír ADAMEC. PLATINOVÉ KOVY Z AUTOMOBILOVÝCH KATALYZÁTORŮ V ŽIVOTNÍM. *Chemické listy*. Asociace českých chemických společností, 2011, (105), 361-366. ISSN 1213-7103.
- [26] VIDUNOVÁ, Jana, Magada HAJŠMANOVÁ a Jiří RŮŽIČKA. Otrava oxidem uhelantým - opomíjená diagnóza? In: *Plzeňské dny urgentní medicíny 2012: sborník abstraktů*. Plzeň: Zdravotnická záchranná služba Plzeňského kraje, 2012. ISBN 978-80-260-1929-9.
- [27] SRNSKÝ, Pavel. *První pomoc u dětí*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2007, 111 s. Pro rodiče. ISBN 978-80-247-1824-8.
- [28] HIRT, Miroslav. *Dopravní nehody v soudním lékařství a soudním inženýrství*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012, 151 s. ISBN 978-80-247-4308-0.
- [29] SVOBODOVÁ, Zdeňka. *Veterinární toxikologie v klinické praxi*. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-27-4.
- [30] CHUDÝ, Štefan (ed.). *Studijní opory pro sociální pedagogiku I: vybrané kapitoly ze společenských věd*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. ISBN 978-80-7318-608-1.
- [31] KELNAROVÁ, Jarmila. *První pomoc II: pro studenty zdravotnických oborů*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2007, 183 s. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-2183-5.

- [32] BERÁNKOVÁ, Monika, Anna FLEKOVÁ a Blanka HOLZHAUSEROVÁ. *První pomoc pro střední zdravotnické školy*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Informatorium, 2007, 203 s. ISBN 978-80-7333-054-5.
- [33] PRYMULA, Roman. *Biologický a chemický terorismus: informace pro každého*. 1. vyd. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0288-6.
- [34] KOTLÍK, Bohumil. Oxid uhelnatý. In: *Státní zdravotní ústav* [online]. Praha [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/cely-clanek-1>
- [35] VOJTÍŠEK, Petr. Otrava kouřovými plyny. *Pediatr. praxi* [online]. 2011, **12**(6), 419-421 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://pediatriepropraxi.cz/pdfs/ped/2011/06/11.pdf>
- [36] PETROVSKÝ, Zbyněk. Oxid uhelnatý třikrát jinak. *112: odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha: MV-generální ředitelství HZS ČR, 2008, **VII**(4), 12-15. ISSN 1213-7057.
- [37] STOLZ, Alan J a Pavel PAFKO. *Komplikace v plicní chirurgii*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 237 s. ISBN 978-80-247-3586-3.
- [38] HÁJEK, Michal. Doporučený postup diagnostiky a léčby otravy oxidem uhelnatým. In: *Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny ČLS JEP* [online]. 2009 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.cshlm.cz/ODBORNE-STANDARDY-A-OFICIALNI-STANOVISKA>
- [39] EMMEROVÁ, Milada, Jiří DEJMEK, Jiří RŮŽIČKA, Milan KRÁTKÝ, Magdaléna HAJŠMANOVÁ a Marcela PATEJDLOVÁ. Akutní otravy oxidem uhelnatým po ukončení éry svítiplynu. *Pracovní lékařství*. Praha: Česká lékařská společnost J. E. Purkyně, 2014, **66**(2-3), 69-77. ISSN 0032-6291.

- [40] *Hyperbarická komora* [online]. Oblastní nemocnice Kladno, a.s. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.nemocnicekladno.cz/nemocnice/partneri/hyperbaricka-komora?highlight=WyJoeXB1cmJhcmlja2EiLCJrb21vcmlja2EiLCJoeXB1cmJhcmlja2Ega29tb3JhII0=>
- [41] DÍTĚ, Petr. *Vnitřní lékařství: učebnice pro lékařské fakulty*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2007, xx, 586 s. ISBN 978-80-7262-496-6.
- [42] O'ROURKE, Robert A, Richard A WALSH a Valentí FUSTER. *Kardiologie: Hurstův manuál pro praxi*. 1. české vyd. Praha: Grada, 2010, xxxi, 767 s. ISBN 978-80-247-3175-9.
- [43] Hyperbarická oxygenoterapie v medicínské praxi. *Zdravotnictví a medicína* [online]. 2009 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/mlada-fronta-zdravotnicke-noviny-zdn/hyperbaricka-oxygenoterapie-v-medicinske-praxi-447923>
- [44] PELCLOVÁ, Daniela. *Nemoci z povolání a intoxikace*. 3., dopl. vyd. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2597-3.
- [45] DLOUHÁ, Beatrice, PROVAZNÍK, Kamil (ed.). *Prevence v pracovním lékařství*. Praha: Nadace CINDI, 2010. ISBN 978-80-7071-315-0.
- [46] PROVAZNÍK, Kamil a Lumír KOMÁREK. *Manuál prevence v lékařské praxi - souborné vydání*. 1-5. Praha: Fortuna, 2004. ISBN 80-7168-942-4.
- [47] ŠENOVSKÝ, Michail. *Nebezpečné látky II*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2004. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-86634-47-7.

- [48] VALÁŠEK, Jarmil. *Bojové otravné látky, biologická agens a prostředky individuální ochrany*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2007. ISBN 978-80-86640-99-0.
- [49] MATOUŠEK, Jiří, Iason URBAN a Petr LINHART. *CBRN: detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-048-7.
- [50] PITSCHMANN, Vladimír, Emil HALÁMEK, Zbyněk KOBLIHA a Ivana TUŠAROVÁ. VÝZKUM DETEKČNÍCH TRUBIČEK PRO BOJOVÉ CHEMICKÉ LÁTKY. *Chemické listy*. Asociace českých chemických společností, 2011, (105), s. 334-345. ISSN 1213-7103.
- [51] KOZÁK, František, Martina SILVEY a Milan VÁVRŮ. *Katalog materiálu k ochraně proti chemickému, biologickému, radiologickému a jadernému ohrožení: Catalogue CBRN defence equipment*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2003. ISBN 80-86640-20-5.
- [52] ČSN EN 50292-ED.2 (378373). *Elektrická zařízení pro detekci oxidu uhelnatého v obytných budovách, karavanech a na lodích: Návod pro výběr, instalaci, použití a údržbu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [53] *Tichý zabiják: Potenciální zdroje oxidu uhelnatého u Vás doma* [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.kidde.eu/rady-a-vzdelani/co-je-oxid-uhelnaty>

- [54] DUDÁČEK, Aleš. *Automatická detekce požáru*. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008, 98 s. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-060-9.
- [55] ČSN EN 50292. *Elektrická zařízení pro detekci oxidu uhelnatého v obytných budovách: Návod pro výběr, instalaci, použití a údržbu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2002.