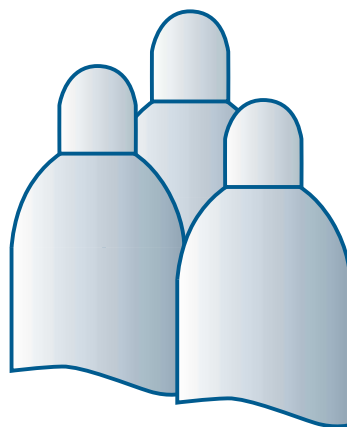


**Řada: informace, normy, předpisy**

# **Medicinální plyny**



Dokument 2/04

# **Medicinální plyny**

Zpracovali: Ing. Erna Jaklová  
David Kouba

Odborná  
spolupráce: ČATP – PS-5

Praha, leden 2004

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Medicinální plyny</b> .....	<b>5</b>
2.1 Kyslík .....	5
2.2 Dusík .....	7
2.3 Oxid dusný – rajský plyn .....	9
2.4 Helium .....	10
2.5 Oxid uhličitý .....	12
2.6 Další plyny používané ve zdravotnictví .....	14
<b>3. Distribuce medicinálních plynů</b> .....	<b>15</b>
3.1 Typy lahví .....	16
3.2 Značení tlakových lahví .....	19
3.2.1 Barevné značení .....	19
3.2.2 Značení ražením .....	21
3.2.3 Doplnkové značení .....	22
3.3 Skladování a manipulace s tlakovými lahvemi pro přepravu plynů .....	23
3.3.1 Skladování tlakových lahví .....	24
3.3.2 Umístění tlakových lahví na pracovištích a v budovách .....	24
3.3.3 Manipulace s tlakovými lahvemi .....	24
3.3.4 Přeprava lahví po silnici .....	25
<b>4. Použití medicinálních plynů</b> .....	<b>26</b>
4.1 Kyslík .....	26
4.2 Vzduch .....	27
4.3 Oxid dusný – rajský plyn .....	27
4.4 Směs 50 % kyslíku a 50 % rajského plynu .....	28
4.5 Xenon .....	29
4.6 Oxid dusnatý .....	29
4.7 Oxid uhličitý .....	29
4.8 Dusík kapalný .....	30
4.8.1 Pro uchování živých buněk a tkání .....	30
4.8.2 Pro zničení živých buněk .....	30
4.9 Kapalné helium pro magnetickou rezonanci .....	31
4.10 Shrnutí příkladů využití plynů v medicíně .....	31

<b>5. Zásobovací systémy medicinálních plynů</b> .....	<b>32</b>
5.1 Centrální rozvody medicinálních plynů .....	<b>32</b>
5.2 Rozvody plynů v sanitních vozech .....	<b>36</b>
5.3 Tlakové lahve – zdroj medicinálního plynu .....	<b>37</b>
5.3.1 Redukční ventily .....	<b>37</b>
5.3.2 Integrované ventily .....	<b>41</b>
5.4 Ukončovací prvky centrálních rozvodů .....	<b>42</b>
<b>6. Související normy a předpisy</b> .....	<b>47</b>
<b>Česká asociace technických plynů (ČATP) se představuje</b> .....	<b>48</b>

## 1. Úvod

Publikaci „Medicínální plyny“ vydává Česká asociace technických plynů (ČATP, [www.catp.cz](http://www.catp.cz), [catp@catp.cz](mailto:catp@catp.cz)). Cílem publikace je seznámit uživatele medicínálních plynů s vlastnostmi, výrobou, distribucí a použitím těchto plynů s důrazem na bezpečnost práce.

Medicínální plyny jsou stále více vyčleňovány ze skupiny technických plynů jako samostatná skupina. Důvodem je hlavně platná legislativa v oblasti léčiv (kam medicínální plyny patří), která klade na výrobce a distributory medicínálních plynů stále větší požadavky.

Podle zákona č. 79/1997 Sb., o léčivech a o změnách a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, byly zařazeny medicínální plyny mezi léčivé přípravky a výrobci musí do 31. 12. 2005 požádat o jejich registraci.

Při výrobě medicínálních plynů musí být zavedeny výrobní a kontrolní postupy podle Správné výrobní praxe (SVP) specifikované vyhláškou Ministerstva zdravotnictví a Ministerstva zemědělství č. 296/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Touto vyhláškou se stanoví správná výrobní praxe, správná distribuční praxe a bližší podmínky povolování výroby a distribuce léčiv, včetně medikovaných krmiv. Pro oblast medicínálních plynů jsou výrobní požadavky podrobně specifikovány v pokynu SÚKL VYR-32-Pokyny pro správnou výrobní praxi. Splnění požadavků SVP je ověřováno pracovníky inspekční sekce Státního ústavu pro kontrolu léčiv (SÚKL), který vydá odpovídající certifikát výrobce léčivých látek.

Distribuuovat medicínální plyny může opět pouze distributor schválený SÚKL dle výše zmíněné vyhlášky. Ten je ovšem oprávněn si smluvně sjednat část distribuce medicínálních plynů u jiné osoby, což umožňuje využít síť prodejných míst.

Legislativní požadavky jsou plně harmonizovány s legislativou Evropské unie, kde direktiva 91/356/EEC zavádí tzv. „Good manufacturing practice“ (GMP) a direktiva 94/25/EEC zavádí „Good distribution practice“ (GDP) pro výrobu léčiv.

Medicínální plyny jsou léčivé přípravky, bez kterých se moderní medicína neobejde. Plyny pro medicínální účely podporují dýchání, mají narkotizující účinky, zachraňují pacienty při selhání plic, pomáhají při vyšetření plic a kardiovaskulárního systému, jsou nepostradatelné v diagnostice, kryochirurgii a dlouhodobém skladování tkání a orgánů.

## 2. Medicinální plyny

### 2.1 Kyslík

#### Vlastnosti

Kyslík je nejrozšířenějším prvkem na Zemi. Je součástí atmosféry (21 objemových procent vzduchu), hydrosféry, litosféry (minerály a horniny) a biosféry – je významný biogenní prvek. Volně se vyskytuje v atmosféře ve formě dvouatomových ( $O_2$ ) a tříatomových ( $O_3$ ) molekul.  $O_3$  – ozon tvoří tzv. ozonovou vrstvu, která je asi 25–30 km nad zemským povrchem a chrání živé organizmy před škodlivými ultrafialovými paprsky.

Kyslík je vysoce reaktivní, bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu. V malém množství se rozpouští ve vodě ( $3,08 \text{ cm}^3$  ve  $100 \text{ cm}^3$  vody). S rostoucí teplotou rozpustnost klesá. Kyslík se přímo slučuje s většinou prvků za vzniku oxidů, jako např. oxid uhličitý –  $CO_2$ , oxid dusičitý –  $NO_2$ , oxid uhelnatý –  $CO$ , oxid dusnatý –  $NO$ . Tyto reakce jsou silně exotermní, dochází při nich k uvolňování velkého množství tepla. Většina reakcí je provázena také uvolňováním světla. Oxidační číslo kyslíku v oxidech je vždy -2.

Fyzikálně chemické vlastnosti kyslíku:

Chemický vzorec	$O_2$
Molární hmotnost	$32,00 \text{ g.mol}^{-1}$
Hustota plynu ( $15^\circ \text{ C}$ ; $101,325 \text{ kPa}$ )	$1,337 \text{ kg.m}^{-3}$
Hustota kapaliny při bodu varu	$1,14 \text{ kg.l}^{-1}$
Poměrná hustota (vzduch = 1)	1,105
Bod varu ( $101,325 \text{ kPa}$ )	$-182,98^\circ \text{ C}$
Kritický tlak	5,04 MPa
Kritická teplota	$-118,8^\circ \text{ C}$

Z 1 litru kapalného kyslíku se při zplynění vytvoří  $0,799 \text{ m}^3$  plynného kyslíku (při  $0^\circ \text{ C}$  a atmosférickém tlaku). Pro přepočty množství plynu lze použít následující tabulku:

<b>m<sup>3</sup> plynu (15°C; 101,3 kPa)</b>	<b>litr kapaliny (101,3 kPa)</b>	<b>kg</b>
1	1,172	1,337
0,853	1	1,141
0,748	0,876	1

Ozon je lehce namodralý plyn, který je silně bakteriocidní (používá se k dezinfekci H<sub>2</sub>O – tzv. ozonizace pitné vody). Pohlcuje škodlivé UV záření, ale ve větším množství je zdraví škodlivý. Má silné oxidační účinky.

## **Průmyslová výroba**

Průmyslově se kyslík vyrábí frakční destilací zkapalněného vzduchu nebo elektrolýzou vody.

## **Bezpečnost a ochrana zdraví při práci**

Pro zdraví je nebezpečný pokles obsahu kyslíku ve vzduchu pod 16%. Vzestup obsahu kyslíku nad obvyklých 21% přímo zdraví neohrožuje, ale je nebezpečný z hlediska požárního.

Hořlavé látky se v atmosféře obohacené kyslíkem snáze vzněcují, látky na vzduchu nehořlavé se stávají hořlavými. Okolní vzduch obsahuje asi 21 % kyslíku. Jestliže se v okolní atmosféře zvýší jeho obsah pouze o 3 %, tj. na 24 %, zvýší se rychlost spalování dvojnásobně. Při zvýšení podílu kyslíku ve vzduchu na 40 %, je rychlost spalování již 10 x větší. V atmosféře kyslíku snadno hoří i látky za normálních podmínek nehořlavé, jako je např. ocelové potrubí. To je třeba si zvláště uvědomit při práci s kyslíkem v uzavřených nebo špatně větraných prostorách. Nebezpečný je oděv nasycený kyslíkem, který se může vznítit např. vlivem statické elektřiny.

Při styku kyslíku s oleji, plastickými mazivy a jinými organickými látkami, dochází vlivem minimální iniciace k explozi. Je nutné zabránit styku kyslíku s mastnotami a zařízení na kyslík nikdy nemazat nebo použít pouze mazadla speciálně určená pro kyslík! Při práci s kyslíkem se také nesmí používat pracovní oděv znečištěný mastnotami.

Dále je třeba si uvědomit, že kyslík je stlačen v lahvi na poměrně vysoký tlak 20 MPa. Pro představu o jaký tlak se jedná je možno uvést, že tento tlak by dokázala udržet v lahvi pouze dvě velká nákladní auta o hmotnosti 65 tun! Při uražení ventilu by lahev „vystartovala jako raketa“ a negativní důsledky již není třeba si představovat.

Při práci s kapalným kyslíkem je nutné kromě výše uvedených rizik vyloučit i vznik omrzlin, které svým charakterem připomínají popáleniny.

## **První pomoc**

Při požáru nebo havárii je nutné postupovat podle požárních nebo havarijních plánů. K hašení hořících látek v kyslíkem obohacené atmosféře je možno použít všechny rychle působící prostředky. Volba se řídí tím, zda hořící látka je hasicím prostředkem hasitelná.

Při vzniku omrzlin je postižený přenesen do tepla a jsou mu podávány tep-  
lé tekutiny. Obnoví-li se prokrvení, není odborné ošetření nutné. Při těžším  
postižení (omrzliny I. stupně na velké ploše, omrzliny II. a III.stupně) jsou  
omrzlá místa ošetřena jako popálenina. Omrzlou plochu je nutné překrýt  
sterilním mulem (čistým kapesníkem nebo ručníkem). Nikdy nestrhávat pu-  
chýře. Nepoužívat masti. Vždy zajistit lékařské ošetření.

## Použití

Kyslík má celou řadu nejrůznějších použití. V medicíně se využívá přede-  
vším pro ventilaci pacientů.

## 2.2 Dusík

### Vlastnosti

Vzhledem k malé reaktivitě se dusík vyskytuje převážně volný ve vzduchu,  
kde tvoří 78 objemových procent. Je však vázán i v řadě sloučenin, napří-  
klad v solích kyseliny dusičné ( $\text{NO}_3$ ). Je i významným biogenním prvkem,  
stavebním kamenem bílkovin.

Dusík je za normálních podmínek bezbarvý plyn bez chuti a zápachu.  
Molekuly dusíku jsou tvořeny dvěma atomy vzájemně vázanými velice  
pevnou trojnou vazbou, která je příčinou jeho malé reaktivity. Je tedy vel-  
mi stabilní a štěpí se až za vysokých teplot (asi  $4000\text{ }^\circ\text{C}$ ). Díky této vlast-  
nosti se dusík využívá k vytváření inertní atmosféry. Naopak atomový du-  
sík je velmi reaktivní.

Fyzikálně chemické vlastnosti dusíku:

Chemický vzorec	$\text{N}_2$
Molární hmotnost	$28,01\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Hustota plynu ( $15\text{ }^\circ\text{C}$ ; $101,325\text{ kPa}$ )	$1,170\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Hustota kapaliny při bodu varu	$0,81\text{ kg}\cdot\text{l}^{-1}$
Poměrná hustota (vzduch = 1)	0,967
Bod varu ( $101,325\text{ kPa}$ )	$-195,8\text{ }^\circ\text{C}$
Kritický tlak	3,4 MPa
Kritická teplota	$-147\text{ }^\circ\text{C}$

Z 1 litru kapalného dusíku se při zplynění vytvoří  $0,646\text{ m}^3$  plynného dusí-  
ku (při  $0^\circ\text{C}$  a atmosférickém tlaku). Pro přepočítání množství plynu lze pou-  
žít následující tabulku:



<b>m<sup>3</sup> plynu (15°C; 101,3 kPa)</b>	<b>litr kapaliny (101,3 kPa)</b>	<b>kg</b>
1	1,447	1,17
0,691	1	0,809
0,855	1,237	1

## **Průmyslová výroba**

Průmyslově se dusík vyrábí frakční destilací zkapalněného vzduchu.

## **Bezpečnost a ochrana zdraví při práci**

Dusík je za normálního tlaku a ve směsi s 21% kyslíku neškodný plyn. Nebezpečí spočívá v tom, že může snížit koncentraci kyslíku v ovzduší. Při vdechování dochází ke snížení parciálního tlaku kyslíku v plicích, což vede ke ztrátě vědomí a k smrti zadušením. Pro další informace o nebezpečí, které představují inertní plyny, navštivte internetové stránky sdružení EIGA ([www.eiga.org](http://www.eiga.org)) nebo ČATP.

Kapalný dusík stejně jako další kapalné plyny způsobuje při styku s pokožkou poškození tkáně – omrzliny, které svým charakterem připomínají popáleniny.

## **První pomoc**

Při pokusu o záchranu je nutné vzít v úvahu riziko vlastního zadušení. Záchranné akce v prostoru se zvýšenou koncentrací dusíku je možné provádět pouze s dýchacím přístrojem nezávislým na okolní atmosféře.

Postiženého přenést na čerstvý vzduch. Při poruše nebo zástavě dýchání zavést umělé dýchání. Zajistit lékařskou pomoc.

Při vzniku omrzlin je postižený přenesen do tepla a jsou mu podávány teplé tekutiny. Obnoví-li se prokrvení, není odborné ošetření nutné. Při těžším postižení (omrzliny I. stupně na velké ploše, omrzliny II. a III. stupně) jsou omrzlá místa ošetřena jako popálenina. Omrzlou plochu je nutné překrýt sterilním mulem (čistým kapesníkem nebo ručníkem). Nikdy nestrhávat puchýře. Nepoužívat masti. Vždy zajistit lékařské ošetření.

## **Použití**

Dusík je v medicíně používán především v kapalném stavu v kryobiologii, v tzv. kryobankách, ve kterých se, díky jeho nízké teplotě, skladují různé orgány pro transplantaci – krev, bakteriální kultury, ale např. i sperma.

## 2.3 Oxid dusný – rajský plyn

### Vlastnosti

Oxid dusný ( $N_2O$  – rajský plyn) je netoxický, bezbarvý, nehořlavý plyn, nasládlé vůně a chuti. V porovnání s ostatními oxidy dusíku je relativně stabilní. Podporuje hoření při teplotách nad  $600\text{ }^\circ\text{C}$ . Se čpavkem a vodíkem tvoří výbušné směsi.

Fyzikálně chemické vlastnosti oxidu dusného:

Chemický vzorec	$N_2O$
Molární hmotnost	$44,01\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Hustota plynu ( $15\text{ }^\circ\text{C}$ ; $101,325\text{ kPa}$ )	$1,847\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Poměrná hustota (vzduch = 1)	1,527
Bod varu ( $101,325\text{ kPa}$ )	$-88,5\text{ }^\circ\text{C}$
Kritický tlak	$7,245\text{ MPa}$
Kritická teplota	$36,41\text{ }^\circ\text{C}$

Pro přepočítání množství plynu lze použít následující tabulku:

<b>m<sup>3</sup> plynu (15°C; 101,3 kPa)</b>	<b>litr kapaliny (101,3 kPa)</b>	<b>kg</b>
1	1,515	1,859
0,660	1	1,223
0,540	0,818	1

### Průmyslová výroba

Průmyslově je oxid dusný vyráběn tepelným rozkladem dusičnanu amoného a dále je čištěn na požadovanou kvalitu a zkapalňován.

### Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Oxid dusný vede při vdechování k dušení snížením koncentrace kyslíku v ovzduší. V nižší koncentraci s kyslíkem má narkotické účinky. Je nehořlavý, ale podporuje hoření.

### První pomoc

Při úniku oxidu dusného musí být evakuováni ze zasaženého prostoru všichni pracovníci. Při pokusu o záchranu je nutné vzít v úvahu riziko vlast-

ního zadušení. Záchraně akce je možné provádět pouze s dýchacím přístrojem nezávislým na okolní atmosféře.

Pokud není možné únik zastavit, je nutné kropit lahev jemnou vodní mlhou nebo ponořit do nádrže z velkým množstvím vody a nechat vyprázdnit.

Při nadýchání je postižený přemístěn z ohroženého prostoru a udržován v teple. Při zástavě dechu a při dechových potížích aplikovat kyslík nebo zavést umělé dýchání.

## Použití

Použití oxidu dusného v medicíně je především v anesteziologii jako narkotizačního prostředku.

## 2.4 Helium

### Vlastnosti

V malém množství se helium vyskytuje v zemské atmosféře (0,524 ml ve 100 l vzduchu), v radioaktivních horninách či zemním plynu. Ve vesmíru je helium druhým nejrozšířenějším prvkem.

Helium je bezbarvý a mimořádně chemicky netečný plyn, netvoří naprosto žádné sloučeniny.

Fyzikálně chemické vlastnosti helia:

Chemický vzorec	He
Molární hmotnost	4,003 g.mol <sup>-1</sup>
Hustota plynu (0 °C; 101,325 kPa)	0,1762 kg.m <sup>-3</sup>
Poměrná hustota (vzduch = 1)	0,138
Bod varu (101,325 kPa)	-268,93 °C
Kritický tlak	7,245 MPa
Kritická teplota	-268 °C

Pro přepočítání množství plynu lze použít následující tabulku:

<b>m<sup>3</sup> plynu (15°C; 101,3 kPa)</b>	<b>litr kapaliny (101,3 kPa)</b>	<b>kg</b>
1	1,336	0,167
0,749	1	0,125
5,988	8,000	1

## Průmyslová výroba

Průmyslově se helium vyrábí frakční destilací některých ložisek zemního plynu. Okrajově se získává jako vedlejší produkt při frakční destilaci zkapalněného vzduchu.

## Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Helium je za normálního tlaku a ve směsi s 21% kyslíku neškodný plyn. Nebezpečí helia spočívá stejně jako u dusíku v tom, že může snížit koncentraci kyslíku v ovzduší.

Helium je nehořlavý a hoření nepodporující plyn.

Kapalné helium způsobuje při styku s pokožkou poškození tkáně, omrzliny.

## První pomoc

Při pokusu o záchranu je nutné vzít v úvahu riziko vlastního zadušení. Záchranné akce v prostoru se zvýšenou koncentrací helia je možné provádět pouze s dýchacím přístrojem nezávislým na okolní atmosféře. Postiženého přenést na čerstvý vzduch. Při poruše nebo zástavě dýchání zavést umělé dýchání. Zajistit lékařskou pomoc.

Při vzniku omrzlin umístit postiženého do tepla a podávat teplé tekutiny. Obnoví-li se prokrvení, není odborné ošetření nutné. Při těžším postižení (omrzliny I. stupně na velké ploše, omrzliny II. a III. stupně) zacházet s omrzlým místem jako s popáleninou. Omrzlou plochu překrýt sterilním mulem (čistým kapesníkem nebo ručníkem). Nikdy nestrhávat puchýře. Nepoužívat masti. Vždy zajistit lékařské ošetření.

## Použití

Helium se používá hlavně k dosažení velmi nízkých teplot. Varem kapalného helia za normálního tlaku se dosahuje teploty 4,2 K. Využívá se k dosažení superovodivého stavu silných elektromagnetů lékařských tomografů založených na magnetické rezonanci (NMR).

Tomografy NMR zobrazují rozložení atomů vodíku obsaženého různým podílem v různých lát-



kách (např. ve vodě) a tkáních na rozdíl od Roentgenových tomografií, rovněž hojně využívaných, které zobrazují tkáňe podle jejich hustoty. Helium se rovněž využívá v dýchacích směsích pro potápěče, protože se při vysokých tlacích, které při potápění vyrovnávají hydrostatický tlak vody, nerozpouští v krvi tak jako dusík, obsažený ve vzduchu. Nehrozí tedy otrava při desorpci z krve jako u dusíku ze vzduchu.

## Zneužívání

Z důvodu jiné rychlosti vedení zvuku obsah vzduchu s heliem v hlasivkách způsobuje výrazné až směšné zvýšení tónu hlasu. Občas se používá v zábavných programech. Neodborné použití může způsobit poškození zdraví.

## 2.5 Oxid uhličitý

### Vlastnosti

Za normálních podmínek je oxid uhličitý bezbarvý, nejedovatý a nehořlavý plyn. Je velice stálou sloučeninou, která se rozkládá až při teplotách nad 1300 °C. Při vysokých teplotách se redukuje v přítomnosti železa, zinku a dalších kovů na oxid uhelnatý (CO), který je prudce jedovatý a ve směsi se vzduchem tvoří výbušné směsi.

Fyzikálně chemické vlastnosti oxidu uhličitého:

Chemický vzorec	CO <sub>2</sub>
Molární hmotnost	44,01 g.mol <sup>-1</sup>
Hustota plynu (15 °C, 101,325 kPa)	1,848 kg.m <sup>-3</sup>
Relativní hustota plynu (vzduch = 1)	1,529
Bod varu (101,35 kPa)	-78,5 °C
Kritický tlak	7,386 MPa
Kritická teplota	31,01 °C
Tenze par (20 °C)	5,733 MPa

Z 1 kg oxidu uhličitého se při zplynění vytvoří 0,54 m<sup>3</sup> plynu (při 0 °C a atmosférickém tlaku). Pro přepočítání množství plynu lze použít následující tabulku:

m <sup>3</sup> plynu (15°C; 101,3 kPa)	litr kapaliny (101,3 kPa)	kg
1	1,569	0,848
0,637	1	0,178
0,541	0,849	1

## Průmyslová výroba

V průmyslovém měřítku se oxid uhličitý získává jako vedlejší produkt při výrobě vodíku. Na některých místech je možné jej získat z vrtů přírodního plynu.

## Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Koeficient rozpustnosti v lidské krevní plazmě je 0,5794 až 0,581. Celkový účinek na organismus spočívá v narkotickém působení a dráždění kůže a sliznic. V nízkých koncentracích povzbuzuje dýchací centrum. Koncentrace oxidu uhličitého nad 5 % obj. bývají u lidí hůře snesitelné a projevují se při přechodu na dýchání čistého vzduchu zvracením. Při koncentraci kolem 8 % obj. v ovzduší a větších, nastává pocit podrážděnosti sliznice a dýchacích cest, kašel, podráždění očí, bolesti hlavy, zvýšení krevního tlaku (výrazné u osob léčících se na vysoký krevní tlak). Vysoký obsah oxidu uhličitého v ovzduší je většinou provázen snížením koncentrace kyslíku ve vzduchu. Při koncentracích nad 20 % obj. oxidu uhličitého nastává smrt zástavou dechu už po několika vteřinách, bez křečí. Srdce pracuje ještě po zástavě dechu. Včas zahájené záchranné práce mohou postiženého zachránit ještě za několik minut. Je nutné si uvědomit, že oxid uhličitý je těžší než vzduch a může se v zamořené místnosti držet při zemi, takže může postihnout děti nebo zvířata, aniž by si dospělý byl vědom nebezpečí. (Známá Psí jeskyně v Itálii.)

Kapalný oxid uhličitý může existovat pouze v nádobách při tlaku větším než 5,2 bar abs. Při snížení tlaku například vystříknutím z nádoby tvoří tzv. suchý led, jehož teplota je  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Při styku s pokožkou způsobuje omrzliny. Při práci s kapalným nebo tuhým oxidem uhličitým je nutné používat ochranných pomůcek (ochranné kožené rukavice, případně ochranné PVC rukavice s textilní vložkou), chránících před účinkem chladu. Pokud dojde k odtlakování nádoby odfukem části plynu do okolí, zbývající obsah v nádobě ztuhne a protože je nádoba izolovaná, je opětné zkapalnění natlakováním a vyčkááním přívodu tepla z okolí pracně a časově náročné.

## První pomoc

Při pokusu o záchranu je nutné vzít v úvahu riziko vlastního zadušení. Záchranné akce v prostoru se zvýšenou koncentrací oxidu uhličitého je možné provádět pouze s dýchacím přístrojem nezávislým na okolní atmosféře. Postiženého přenést na čerstvý vzduch. Při poruše nebo zástavě dýchání zavést umělé dýchání. Zajistit lékařskou pomoc.

Při vzniku omrzlin postupovat stejně jako v případě výše uvedených kapalných plynů.

## Použití

V medicíně je využívána vlastnost oxidu uhličitého povzbuzovat v nízkých koncentracích dýchací centrum. Využívá se také při laparoskopických operacích v tělních dutinách. Jako první pomoc se v případech křečí dýchacích svalů používá dýchání do plastického sáčku, kde člověk vdechuje vzduch obohacený oxidem uhličitým z vlastního výdechu.

## 2.6 Další plyny používané v medicíně

### Oxid dusnatý

Pro medicínu byl oxid dusnatý objeven teprve nedávno a jeho využití se předpokládá především v anesteziologii.

Oxid dusnatý (NO) je bezbarvý, toxický plyn, v nízkých koncentracích bez zápachu. Se vzdušným kyslíkem reaguje za vzniku ještě toxickejšího oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>). Není hořlavý, ale podporuje hoření. Silně oxiduje organické látky, může bouřlivě reagovat s redukcujícími látkami a hořlavými látkami. Oxid dusnatý ovlivňuje nervový systém. Jeho působení se projevuje slabostí a závratěmi až mdlobami. Oxid dusnatý vede k tvorbě nitrosylhemoglobinu a methemoglobinu a po větší expozici je zřetelná cyanosa. Dlouhodobější koncentrace 200–700 ml.m<sup>-3</sup> oxidu dusnatého ve vdechovaném vzduchu způsobuje vážné poškození plic, které může vyústit až ve smrtelný edém. Reakce lidského organismu na otravu oxidu dusíku je zpožděná. Jsou známy případy, kdy po intoxikaci necítila poškozená osoba žádné potíže a zemřela na edém plic doma ve spánku.

Ve zdravotnictví se používá oxid dusnatý ve směsi s dusíkem. Relativně nízká koncentrace oxidu dusnatého v lahvích snižuje rizika při práci. Medicinální směs se vyrábí mícháním (gravimetrickou metodou) ve speciálních laboratořích s čistým provozem, kde je zaručena jak vysoká přesnost výroby tak i kontrola a analýza již hotového produktu. Nejčastěji používaná je směs 100–1000 ml.m<sup>-3</sup> oxidu dusnatého v dusíku, přičemž dávkování pacientovi se zpravidla pohybuje v koncentracích 1–30 ml.m<sup>-3</sup> oxidu dusnatého při ARDS – tzv. šokové plíci. Směs oxidu dusnatého se přidává do inspirační části patientského okruhu a je vždy kontrolována speciálními přístroji pro dávkování a analýzu tohoto média.

V případě úniku oxidu dusnatého je nutné přemístit postiženého ze zamořeného prostoru. Přivolat lékařskou pomoc. Podle možností aplikovat kyslík. Při otravách oxidem dusnatým se doporučuje podávat antibiotika ve vysokých dávkách, jakmile se objeví známky plicní infekce.

## Xenon

Xenon (Xe) je bezbarvý a mimořádně chemicky netečný plyn. Tvoří pouze jednoatomové molekuly. Ze všech vzácných plynů tvoří nejvíce sloučenin. V malém množství se xenon vyskytuje v zemské atmosféře (0,008 ml na 100 l vzduchu).

Získává se jako vedlejší produkt při frakční destilaci vzduchu.

Při místním zvýšení koncentrace může xenon snižovat parciální tlak kyslíku stejně jako dusík. Při nadýchání je nutné přenést postiženého na čerstvý vzduch, při zástavě dýchání zavést umělé dýchání a zajistit lékařskou pomoc.

## Směsi v medicíně

Například kyslík a oxid uhličitý ( $O_2 + CO_2$ ); kyslík a oxid dusný ( $O_2 + N_2O$ ).

## 3. Distribuce medicínálních plynů

Medicínální plyny jsou dodávány ve stlačeném nebo kapalném stavu. Hlavní výhodou plynů v kapalném skupenství je jejich mnohokrát menší objem v porovnání s plynným stavem. Nejčastěji distribuovaným kapalným medicínálním plynem je kyslík. Je dodáván v kapalném stavu jako hluboce podchlazený plyn (cca  $-183\text{ }^\circ\text{C}$ ). Kapalina je uchovávána v dobře izolovaných dvouplášťových kryonádobách.

Zákazníkům s instalovaným stabilním zásobníkem je kapalným plyn dopravován automobilovými cisternami.

Další možnost je distribuce v kryo-kontejnerech o vodním obsahu 120 až 600 litrů. Používají se také malé dodávkové jednotky o objemech 400 až 1000 litrů pro rozvoz kapalného kyslíku a doplňování kontejnerů přímo u pacientů. Zvláštním případem jsou dodávky kapalného kyslíku pro domácí aplikaci v malých kontejnerech Heimox® v objemech 21 až 41 litrů. Nejběžnějším způsobem distribuce plynů pro medicínu je však použití tlakových lahví popř. svazků lahví tj. navzájem spojených lahví s jednou popř. dvěma připojovacími koncovkami.





Plyny se v tlakových lahvích mohou vyskytovat jako stlačené (kyslík, vzduch, dusík) nebo zkapalněné (oxid dusný, oxid uhličitý). Velikost lahví je velmi rozmanitá od 2 litrových až po 50 litrové. U stlačených plynů se nejčastěji používají lahve 2, 10, 40 a 50 litrové, u zkapalněných plynů pak 10 a 40 litrové.

### 3.1 Typy lahví

V následujících tabulkách jsou uvedeny typy lahví používaných pro nejběžněji dodávané druhy plynů, orientační rozměry, plnicí tlaky a objemy náplně.

#### Kyslík

##### Lahve

Objem (l)	Vnější průměr (mm)	Celková délka (mm)	Hmotnost s náplní cca (kg)	Plnicí tlak (15 °C) (bar)	Obsah náplně	
					(m <sup>3</sup> )	(l)
2	102	355	4,8	150	0,3	300
2	102	355	4,8	200	0,4	400
5	140	485	10,5	150	0,8	800
10	140	970	18	150	1,6	1600
10	140	970	19	200	2,2	2200
20	204	1020	33	200	4,3	4300
20	229	770	33	200	4,3	4300
40	204	1740	64	150	6,5	6500
50	229	1640	80	200	10,8	10800

##### Svazky lahví

Objem (l)	Rozměry d x š x h (mm)	Počet lahví (ks)	Hmotnost s náplní cca (kg)	Plnicí tlak (15 °C) (bar)	Plnicí množství	
					(m <sup>3</sup> )	(l)
600	965x 760x1842	12	1160	200	129,6	129600

##### Typ výstupního závitu – W 21,8 pochromovaný

## Vzduch

### Lahve

Objem (l)	Vnější průměr (mm)	Celková délka (mm)	Hmotnost s náplní cca (kg)	Plnicí tlak (15 °C) (bar)	Obsah náplně	
					(m <sup>3</sup> )	(l)
50	229	1640	80	200	10	10000

### Typ výstupního závitu – G5/8" – A vnitřní pochromovaný

## Oxid dusný – rajský plyn

### Lahve

Objem (l)	Vnější průměr (mm)	Celková délka (mm)	Hmotnost s náplní cca (kg)	Tlak v lahvi (15 °C) (bar)	Hmotnost náplně (kg)
2	118	490	6,8	50,8	1,5
10	140	970	21,5	50,8	7,5
40	204	1630	89	50,8	30

### Svazky lahví

Objem (l)	Rozměry d x š x v (mm)	Počet lahví (ks)	Hmotnost s náplní cca (kg)	Tlak v lahvi (15 °C) (bar)	Plnicí množství (kg)
480	965x 760x1842	12	1170	50,8	360
600	965x 760x1842	12	1620	50,8	450

### Typ výstupního závitu – G 3/8" pochromovaný

## Oxid uhličitý

### Lahve

Objem	Vnější průměr	Celková délka	Hmotnost s náplní cca	Tlak v lahvi (15 °C)	Hmotnost náplně
(l)	(mm)	(mm)	(kg)	(bar)	(kg)
2	102	365	5	57,3	1,5
10	140	970	22	57,3	7,5
20	204	1050	47	57,3	15
26,8	204	1240	61	57,3	20
40	204	1740	90	57,3	30

### Typ výstupního závitu – G 3/4" pochromovaný

### Směs kyslík – oxid uhličitý

### Lahve

Objem	Vnější průměr	Celková délka	Hmotnost s náplní cca	Plnicí tlak (15 °C)	Obsah náplně	
					(m <sup>3</sup> )	(l)
10	140	970	19	150	1,7	2200
10	140	970	19	200	2,2	2200

### Typ výstupního závitu – W 21,8 pochromovaný

### Směs kyslík – oxid dusný

### Lahve

Objem	Vnější průměr	Celková délka	Hmotnost s náplní cca	Plnicí tlak (15 °C)	Obsah náplně	
					(m <sup>3</sup> )	(l)
10	140	970	18	80	0,8	800
40	216	1620	62	80	3,2	3200
50	229	1640	78	80	4	4000

### Typ výstupního závitu – W 21,8 pochromovaný

## 3.2 Značení tlakových lahví

Lahve pro přepravu medicinálních plynů a jejich směsí jsou jednoznačně identifikovatelné na základě značení. Značení tlakových lahví musí být v souladu s platnými Českými technickými normami.

Rozeznáváme tři typy značení tlakových lahví:

- barevné značení
- značení ražením
- doplňkové značení

### 3.2.1 Barevné značení

V současné době (do roku 2008) se v České republice vyskytují dva typy barevného značení.

Původní barevné značení lahví dané ČSN 07 8509 je platné do 30.6.2008 a je postupně nahrazováno barevným značením podle ČSN EN 1089-3 platným od 1.1.1999.

Značení dle ČSN 07 8509 platné do 30. 6. 2008

Název plynu	Horní zaoblená část lahve	Číslo odstínu	Válcová část lahve	Číslo odstínu
Kyslík medicinální	bílá	1000	modř návěstní	4550
Vzduch stlačený medicinální	bílá	1000	stříbrná	9110
Oxid uhličitý medicinální	bílá	1000	černá	1999
Oxid dusný medicinální	bílá	1000	šed' střední	1100
Směs kyslík – oxid uhličitý	bílá	1000	modř 4550 návěstní	
Směs kyslík – oxid dusný	bílá	1000	modř návěstní	4550

Na válcové části lahve značené barvou příslušného plynu je umístěn rovnoramenný kříž bílé barvy.

Značení dle ČSN EN 1089-3 platné od 1.1.1999

<b>Název plynu</b>	<b>Horní zaoblená část lahve</b>	<b>Číslo odstínu (RAL)</b>	<b>Válcová část lahve</b>	<b>Číslo odstínu (RAL)</b>
Kyslík medicínální	bílá	9010	bílá	9010
Vzduch stlačený medicínální	bílý pruh černý pruh	9010 9005	bílá	9010
Oxid uhličitý medicínální	šedá	7037	bílá	9010
Oxid dusný medicínální	modrá	5010	bílá	9010
Směs kyslík – oxid uhličitý	bílý pruh šedý pruh	9010 7037	bílá	9010
Směs kyslík – oxid dusný	bílý pruh modrý pruh	9010 5010	bílá	9010

Válcový plášť lahví pro medicínální plyny je opatřen bílou barvou (na rozdíl od technických plynů) a na horní zaoblené části jsou lahve označeny písmenem N, umístěným na protilehlých stranách zaoblené části. Písmeno N značí „New, Nové“ barevné značení.

Stávající stav (převažující)	Nový	Stávající stav (převažující)	Nový
			
	Kyslík medicijní		Směs helium/kyslík
			
	Oxid dusný		Směs kyslík/oxid uhličitý
			
	Oxid uhličitý		Směs kyslík/oxid dusný
			
	Vzduch		

**Poznámka:**

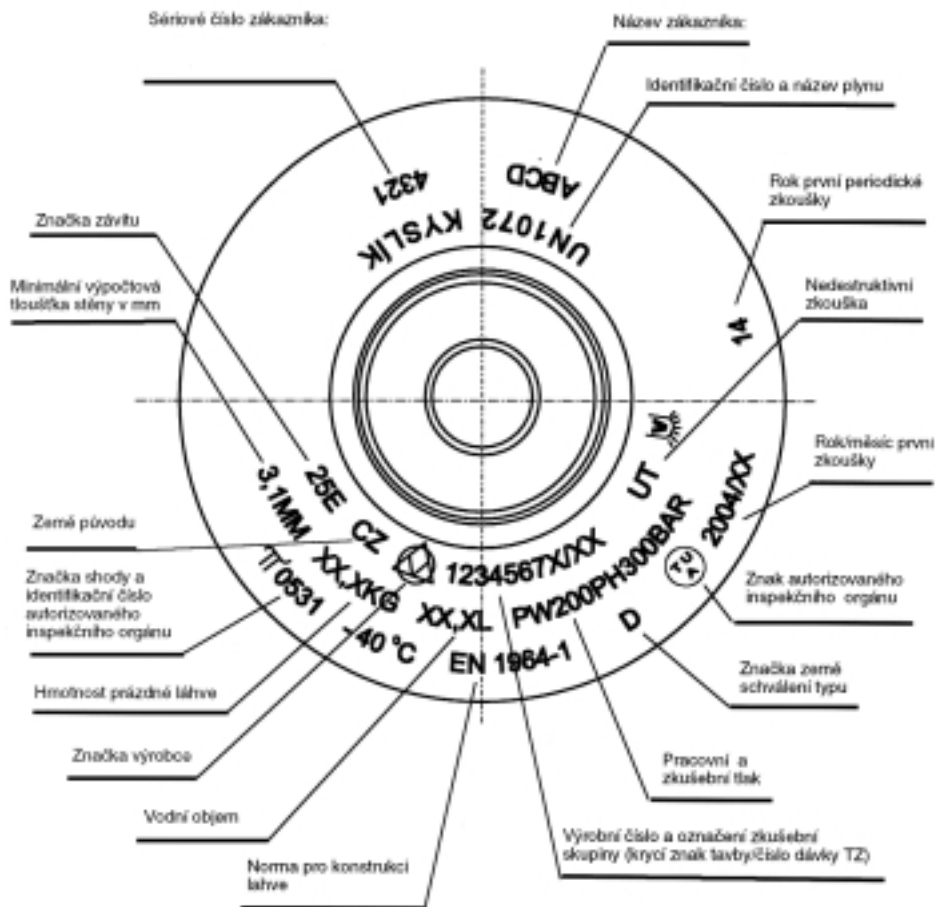
Válcová část lahve je u medicijních plynů vždy bílá.

### 3.2.2 Značení ražením

Značení ražením je trvalé značení ocelových lahví, které provádí výrobce lahví razídkem na horní zaoblenou část lahve nebo na hrdlový kroužek v souladu s ČSN 07 8508 u starších lahví a podle ČSN EN 1089-1 u lahví vyrobených po 1.1.1999.

Kromě údajů ražených výrobcem se při provádění periodické zkoušky vyrazí na lahev v oprávněné zkušebně datum zkoušky – měsíc, rok a rok následující periodické zkoušky.

## Příklad vyraženého značení



### 3.2.3 Doplnkové značení

#### Horní zaoblená část lahve

- písmeno „N“ pro lahve značené podle ČSN EN 1089-3 (dvakrát proti sobě)
- písmeno „S“ pro lahve s vnitřní stoupací trubicí namontovanou na lahvový ventil

## Válcová část

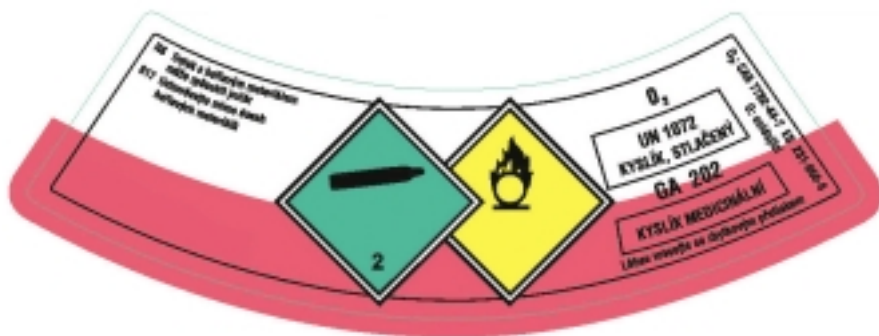
- bílý kříž u lahví značených dle ČSN 07 8509

## Značení nálepkami

### Nálepky ADR

Lahve jsou označeny nálepkami v souladu s požadavky ADR (Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí). Tyto nálepky odpovídají ČSN EN 1089-2.

### Příklad nálepky ADR



## Evidenční štítek

Výrobce má povinnost označovat naplněné lahve s medicínálními plyny čísly šarží. To umožňuje v nutném případě zpětné dohledání lahve a popř. stažení lahve z oběhu. Za tímto účelem je lahev opatřena evidenčním štítkem. Vzhled tohoto štítku určí výrobce.

Na základě údajů na identifikačním štítku je možné zjistit číslo šarže, datum plnění, ev. místo plnění.

### 3.3 Skladování a manipulace s tlakovými lahvemi pro přepravu plynů

Bezpečnostní pravidla pro manipulaci s kovovými tlakovými lahvemi určenými pro přepravu plynů při dodržení bezpečnostních ustanovení vyplývají z ČSN 07 8304.



### 3.3.1 Skladování tlakových lahví

Lahve musí být skladovány na krytém místě, nesmí být vystaveny teplotám nad 50 °C.

Musí být zajištěny vhodným způsobem proti pádu a proti zásahu nepovolaných osob.

Místa pro jejich uskladnění musí být čistá, suchá a dobře větraná.

Lahve musí být skladovány v jasně oddělených zónách pro jednotlivé druhy plynů a pro odlišení plných a prázdných lahví a uspořádány tak, aby byl umožněn jejich odběr podle délky uložení (datum výroby je vyznačeno na lahvi).

Důležitou zásadou pro skladování lahví s medicijními plyny je jejich uložení v zóně oddělené od zóny pro skladování technických plynů.

### 3.3.2 Umístění tlakových lahví na pracovištích a v budovách

V jedné provozní místnosti umístěné ve vícepodlažním objektu může být nejvýše 8 lahví (přepočteno na lahve s vnitřním objemem 50 litrů) stejného nebo různého druhu plynu. Jestliže požární úsek obsahuje více provozních místností, nesmí být celkový počet lahví v jednom požárním úseku větší než 24 lahví (přepočteno na lahve s vnitřním objemem 50 litrů).

Lahve nesmí být umístěny v průchodech, průjezdech, na schodištích a únikových cestách atd.

Zakazuje se umísťovat lahve v bytech, ve sklepích a suterénních prostorech, v půdních prostorách, v kancelářích, šatnách, kuchyních, jídelnách, sociálních zařízeních, garážích, kotelnách, svétlících, v objektech s hořlavými konstrukcemi, v nevětraných a obtížně přístupných místech a na veřejně přístupných místech.

Vzdálenost od zdrojů otevřeného ohně včetně pracoviště svařování musí být nejméně 3 m, od topných těles a těles ústředního topení nejméně 1 m. Lahve musí být na pracovišti chráněny před nárazem a zajištěny proti pádu (např. objímkou a řetízku). Zásobní lahve musí mít vždy nasazen ochranný klobouček. Totéž platí i při jakékoliv manipulaci s lahvemi.

### 3.3.3 Manipulace s tlakovými lahvemi

Lahve musí mít při jakékoliv manipulaci nasazen ochranný klobouček.

Pro přemísťování lahví na kratší vzdálenosti doporučujeme používat vozíky upravené pro tyto účely. Přenášet lahve o celkové hmotnosti větší než 50 kg (včetně) musí dvě osoby fyzicky pro tuto práci způsobilé. Lahve nesmí být přenášeny za ochranný klobouček.

Před použitím se musí zkontrolovat stav lahve a těsnost lahvového ventilu. **Nikdy neotevírat ventil násilím!** Pokud se zjistí závada, je nutno vrátit lahev s uvedením druhu závady zpět dodavateli.

## Zásady bezpečné práce s tlakovou lahví

1. Lahev se zajistí proti převržení.
2. Z lahve se odstraní ochranný klobouček (pokud není vybavena fixním kloboučkem) popř. krytka závitů přípojky. Krátkým otevřením lahvového ventilu se odstraní případné nečistoty z boční přípojky ventilu.
3. Připojí se redukční ventil a jeho převlečná matice se utáhne.
4. Zkontroluje se, zda je seřizovací šroub výstupního přetlaku povolen a popř. uzavírací ventil uzavřen.
5. Otevře se lahvový ventil. Vstupní tlakoměr redukčního ventilu ukazuje přetlak v lahvi. Zkontroluje se těsnost připojení (např. saponátovým roztokem).
6. Seřizovacím šroubem se nastaví požadovaný průtok a u redukčních ventilů s uzavíracím ventilem se ventilek otevře. Zařízení je v provozu.
7. Při delším přerušení odběru z lahve lahvový ventil uzavřít.

### 3.3.4 Přeprava tlakových lahví po silnici

Pro dopravu lahví silničními vozidly platí Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných látek – ADR. Je nutné dodržovat zejména následující požadavky:

- uzávěry a kryty lahví na plyny musí být ve všech částech tak spolehlivé a pevné, aby se cestou neuvolnily a spolehlivě vzdorovaly běžnému namáhání při dopravě
- lahve na plyn se nesmějí dopravovat společně s žíravými, radioaktivními látkami, hořlavými kapalinami a látkami výbušnými. Kyslík se nesmí dopravovat společně s mastnými látkami (např. mazadly, tuky apod.)
- lahve se smějí dopravovat pouze na odpružených vozech, musí být zajištěny proti samovolnému pohybu. Nelze používat sklápěcích vozidel
- doprava lahví je povolena pouze na jednom přípojném silničním vozidle. Při přepravě lahví o celkové hmotnosti vyšší než 400 kg musí být přívěs nejméně dvounápravový a opatřený brzdou
- lahve plné i prázdné se smějí dopravovat pouze s uzavřenými ventily a nasazenými ochrannými kloboučky. Ventily lahví musí být na téže straně a vždy přístupné
- zakazuje se dopravovat lahve v zavazadlovém prostoru osobních vozidel a ve vozidlech, v nichž prostor pro řidiče není oddělen od prostoru

pro přepravu lahví. Z tohoto zákazu se vyjímají lahve na plyny sloužící k provozním účelům a jednotlivé lahve s vnitřním objemem do 12 litrů. Silniční vozidla plnící úkoly rychlé zdravotní pomoci mohou přepravovat kromě lahví na plyn, které jsou nedílnou součástí zdravotnických přístrojů, jímž je vozidlo vybaveno a které jsou určeny k jejich provozu, ještě dvě lahve s plyny, jejichž celkový vnitřní objem nepřesáhne 20 litrů.

## 4. Použití medicínálních plynů

Ve sféře péče o lidské zdraví se používá široká škála medicínálních plynů, řada z nich však jen okrajově při specializovaných léčebných a diagnostických procesech. Z tohoto pohledu je možno specifikovat několik nej-používanějších plynů, s nimiž přichází odborný zdravotnický a lékařský personál do kontaktu.

### 4.1 Kyslík

Medicínální kyslík se obecně používá pro podporu dýchání při poruše dýchacího systému a při dechové nedostatečnosti.

#### Kyslíková terapie v přetlakové komoře

Účinek vdechování kyslíku pod tlakem 2–3 barů je základem léčebné metody známé jako přetlaková kyslíková terapie (HBO – HyperBaric Oxygen). Používá se při léčení potápěčů s plynovou embolií (jde hlavně o dusík) neboli postdekompresního šoku vyvolaného přetlakem v plíci během rychlého nekontrolovaného vynoření, které je spojeno s tvorbou plynových bublin ve tkáních a v krvi. Umístěním pacienta do přetlakové komory se docílí zmenšení bublinek a řízeného vstřebávání dusíku.



U pacientů s otravou oxidem uhelnatým (např. vdechováním kouře) je blokována schopnost červených krvinek vázat na sebe kyslík a předávat jej tělesným tkáním. Pobyť v přetlakové komoře a vdechování kyslíku pod vyšším tlakem urychlují vyplavování oxidu uhelnatého z krve a tkání. Odstraní se tak nedostatek kyslíku v životně důležitých orgánech jako je mozek a srdce.

### **Další účinky zvýšeného přísunu kyslíku do tkání**

- zlepšuje se schopnost bílých krvinek ničit bakterie
- zesiluje účinek některých antibiotik
- zastavuje se růst anaerobních mikroorganismů
- pacientům s těžkými infekcemi, jako je sněť (gangréna), přetlaková kyslíková terapie pomáhá zachránit život a končetiny
- u pacientů jejichž tkáň trpí nedostatkem kyslíku následkem rozdrcení (crush syndrom), hyperoxygenace zachovává postižené tkáň při životě.

## **4.2 Vzduch**

Medicinální vzduch nebo vzduch na dýchání (vyrobený synteticky) je využíván jako dýchací plyn hlavně při použití různých dýchacích přístrojů.

## **4.3 Oxid dusný – rajský plyn**

V současné moderní medicíně nejrozšířenějším a nejpoužívanějším plyným anestetikem a analgetikem je oxid dusný (rajský plyn). Zpočátku byl oxid dusný používán jako látka vyvolávající opojení. Pořádávaly se sedánky, na nichž bylo možno za úplatu vdechovat tento plyn a pocítit stav podobný alkoholickému opojení.

K lékařským účelům byl oxid dusný použit prvně roku 1844 americkým zubním lékařem Horacem Wellsem.

Od roku 1867 bylo zavedeno používání oxidu dusného i v Evropě.

Z počátku se používaly vysoké koncentrace oxidu dusného a je proto zcela možné, že účinky byly do jisté míry způsobeny hypoxií – nedostatkem kyslíku. Až koncem 19. století bylo zjištěno, že směs



plynu musí obsahovat nejméně 21 % objemových kyslíku, aby nedocházelo k nežádoucím účinkům spojeným s vdechováním oxidu dusného.

O účinky oxidu dusného se zajímaly i jiné obory než zubní lékařství. Roku 1881 zavedl Klicowitsch oxid dusný k analgézii při porodech. V roce 1911 byla poprvé popsána metoda analgésie, při níž si ženy během porodu a pacienti při malých chirurgických výkonech mohli sami řídit podávání směsi oxidu dusného a vzduchu.

Dnes je oxid dusný běžně používán pro celkovou anestézii. Je ověřeným a osvědčeným anestetikem a sedativem v porodnictví, pro první lékařskou pomoc mimo nemocnici, v sanitkách a v zubním lékařství.

Použití oxidu dusného má mnoho výhod. Účinkuje rychle, jeho podávání se dá snadno regulovat a jakmile se přestane podávat je z těla poměrně rychle vyloučen. Pacient se rychle probouzí a zotavuje po diagnostických a léčebných výkonech, což je nespornou výhodou u většiny operací, zejména u ambulantně prováděných výkonů.

#### **4.4 Směs 50 % kyslíku a 50 % rajského plynu**

Roku 1961 bylo popsáno použití směsi plynů skládající se z 50 % oxidu dusného a 50 % kyslíku jako anestetika při porodu. Tato směs plynů se dodává již namíchaná v tlakových lahvích a získala si velkou oblibu. O deset let později, roku 1971, se rozšířilo použití této směsi oxidu dusného a kyslíku i v ambulantní praxi.

V některých zemích je každé vozidlo rychlé lékařské a záchranné služby vybaveno přenosnou tlakovou lahví s touto směsí plynů a inhalační maskou k okamžitému zahájení léčby šoku.

Směs snižuje citlivost na bolest a zároveň pacienta zklidňuje. Stupeň účinku proti bolesti je srovnatelný s účinkem 10 mg morfinu, což znamená, že se lze vyhnout předávkování ústřední nervové soustavy analgetiky.

Při podávání směsí plynů lze dávkování snadno měnit a směs působí okamžitě. Při ukončení podávání je plyn velice rychle vydýchán z těla, na rozdíl od injekčně podávaných analgetik.

Plyn se podává pomocí kyslíkové masky a tak dokonce i obětem uvězněným pod troskami, kdy injekce do jednotlivých částí těla mohou být těžko proveditelné, lze poskytnout účinnou úlevu.

Směs je výtečným doplňkem řady analgetických léčiv se snadným použitím a s minimem nežádoucích účinků.

#### **Zneužívání rajského plynu**

Je známo zneužívání k navození euforie při zábavných akcích, například diskotékách. (Německý název: Lachgas = plyn smíchu).

## 4.5 Xenon

Xenon je vzácný plyn, který má vyšší narkotizující účinky než rajský plyn. Je používán jako inhalační anestetikum. Na obrázku č. 1 je přístroj pro xenonovou anestezii.

Ve srovnání s rajským plynem je xenon lépe snášen lidským organismem. Dýchání atmosféry s 80 % xenonu a 20 % kyslíku stačí k vyvolání hluboké narkózy. Proto se může využít při operacích. Narkóza xenonem je bez vedlejších účinků, přičemž během dvou minut po přerušení dodávky xenonu se pacient probudí s příjemnými pocity. Kvůli vysoké ceně se jímá vydechovaný xenon v adsorbéru, ze kterého se desorbuje pro regeneraci.



Obr. č. 1:  
Přístroj pro xenonovou anestezii

## 4.6 Oxid dusnatý

Výbor Nobelovy nadace udělil roku 1998 Nobelovu cenu za fyziologii a lékařství farmakologům Robertu F. Furchgottovi a Louisu J. Ignarrovi, jakož i lékařům a farmakologovi Feridovi Muradovi, všem z USA, za objev, že relaxačním faktorem endoteliálního původu je oxid dusnatý (NO).

Oxid dusnatý především ovlivňuje hladkou svalovinu cév. Jeho vazodilatační (cévy roztahující) účinek se využívá při selhání plic, kdy dochází k abnormálnímu stažení cév v plicích a sníží se dýchací plocha i průtok krve plicemi. Podáním oxidu dusnatého dochází ke zlepšení krevního oběhu v plicích a tím i provzdušnění plic s lepší oxygenací krve, aniž by se ovlivnil oběh krve v ostatních částech těla.

Tohoto účinku se s úspěchem využívá při plicním selhání u nedonošených novorozenců, stejně jako u dospělých pacientů s těžkými plicními chorobami.

## 4.7 Oxid uhličitý

Medicínální oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) se nejvíce uplatňuje při laparoskopii. Laparoskopie je minimálně invazivní metoda používaná v gynekologii a při chirurgických výkonech v břišní dutině, která používá malých otvorů vytvořených v břišní stěně a obejde se bez větších řezů. Pro nahlížení do břišní

dutiny, používá chirurg endoskop, který zavádí jedním z otvorů, v břišní stěně. Zbývající malé otvory používá chirurg k provedení operace.

Pro přehled v pracovním poli musí chirurg břišní dutinu rozepnout. Rozepnutí se provádí vpravením plynu pod tlakem. Plyn musí být bezpečný: nehořlavý, neškodný, bezbarvý a snadno rozpustný v krvi. Rozpustnost plynu v krvi je velmi důležitým požadavkem, protože během výkonu hrozí stále nebezpečí vzniku vzduchové embolie (tj., že se bublinky plynu dostanou do cév). Dostupným a nejlépe rozpustným plynem hodícím se k tomuto klinickému použití je právě medicínální oxid uhličitý.

Medicínální oxid uhličitý se dále používá pro uhlíčité koupele a zábaly v balneologii a fyzioterapii.

## **4.8 Dusík kapalný**

### **4.8.1 Pro uchování živých buněk a tkání**

Dnešní věda nedokáže synteticky vyrobit vše, co umí vyrobit lidské tělo. Proto je komerční výroba krevních látek, například krevních bílkovin, zcela závislá na krevní plazmě jako surovině. Plazma se získává od dárců krve a její skladování podléhá speciálnímu režimu.

Všechny výrobky z krve je nutno skladovat při velmi nízkých teplotách. Čím je teplota nižší, tím jsou menší reakce v krevním výrobku a tím delší je jejich použitelnost. Nízké skladovací teploty se dosahují právě působením dusíku.

Při teplotě kapalného dusíku je možné skladovat i tkáně pro budoucí transplantace, například kožní štěpy, kostní dřev nebo oční rohovku.

Lidské pohlavní buňky se uchovávají pro umělé oplodnění, případně pro vlastní budoucí potřeby dárce.

Krevní deriváty či tkáně jsou uchovávány ve stacionárních nebo přepravních kryokontejnerech, které jsou naplněny kapalným dusíkem a je tak zajištěna stálá skladovací teplota hluboko pod bodem mrazu.

Ve světě se provádějí vědecky nepodložené experimenty s kryokonzervací umírajících nebo právě zemřelých nemocných v naději na oživení, případně vyléčení ve vzdálenější budoucnosti, dosud neobjevenými metodami. Zatím neexistují žádné náznaky, že by to mohlo být proveditelné.

### **4.8.2 Pro zničení živých buněk**

V závislosti na metodě ochlazení buněk, především na rychlosti ochlazení, může však dojít k destrukci buněčné struktury a tím k zabití buněk. Toho se využívá v kryochirurgii k odstranění nežádoucích tkání, například rakovinných nádorů nebo v kožním lékařství na destrukci různých nežádoucích útvarů na kůži. Především v ambulantní sféře se kapalný dusík čerpá z přenosných Dewarových nádob. Pro kryochirurgické zákroky se použí-

vají kryogenní skalpely (cryocoutery) s automatickým přívodem kapalného dusíku k pracovnímu nástroji a s automatickou regulací teploty na kontaktní ploše.

Při povrchové aplikaci rozprašováním kapalného dusíku na větším povrchu, nejčastěji opakovaném po delší dobu, se dosáhlo úspěchů při léčbě popálenin a při léčbě vrozených vad dětí a krevních zduřenin, zejména v obličeji. V poslední době se objevily metody údajného zvýšení imunity a léčby chladové alergie vystavením pacienta chladovému šoku celého těla v jemné mlze kapalného dusíku, v trvání několika minut. Hlava pacienta ovšem musí být mimo chlazený prostor a musí být zajištěna nemožnost kontaminace vdechovaného vzduchu, a to i v případě náhlého bezvědomí a pádu pacienta.

## 4.9 Kapalné helium pro magnetickou rezonanci

Zobrazování magnetickou rezonancí (MR) je způsob vytváření obrazů průřezů a vrstev lidského těla. Pro radiologa znamená MR bezpečnější a spolehlivější diagnostiku, chirurgovi dává skvělý přehled a vodítko pro nutnou operaci a pro pacienta znamená bezpečnější operaci a menší pravděpodobnost komplikací.

Metoda využívá vyhodnocení signálů, které vysílají jednotlivé chemické prvky na základě magnetické činnosti svých atomových jader. Pro vytvoření dostatečně silného vnějšího magnetického pole musí být magnet ochlazován až na hodnoty supravodivosti tj. teplota kolem  $-270^{\circ}\text{C}$ . Takové nízké extrémní teploty jsou dosaženy pomocí kapalného helia, ve kterém jsou ponořeny magnetické cívky tomografu.

## 4.10 Shrnutí příkladů využití plynů v medicíně

<b>Plyny</b>	<b>Použití</b>
Kyslík ( $\text{O}_2$ )	Chronická dechová nedostatečnost, podpora dýchání, hyperbarické komory
Oxid dusný ( $\text{N}_2\text{O}$ )	Anestezie a analgezie během operace, porodnictví, zubní medicína
Oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ )	Laparoskopie, cryoterapie, uhličitě koupele
Vzduch medicínální	Podpora dýchání a přístrojové dýchání
Směs 50 % $\text{O}_2$ + 50 % $\text{N}_2\text{O}$	Analgezie v porodnictví, zubní lékařství, akutní medicína
Oxid dusnatý ( $\text{NO}$ )	Akutní selhání plic
Xenon ( $\text{Xe}$ )	Anestezie a analgezie
Helium ( $\text{He}$ )	Magnetická tomografie, dýchací směsi při vysokých tlacích



Dusík (N <sub>2</sub> ) .....	Skladování buněk a tkání, anestezie, kryochirurgie, kryoterapie v kožním lékařství, chladová terapie
Směsi CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> .....	Analýzy krevních plynů, měření složení vdechovaného nebo vydechovaného vzduchu
Směsi CO + He .....	Spirometrie, kontrola funkčnosti plic,
Hexafluorid síry (SF <sub>6</sub> ) .....	Oční chirurgie
Směsi CO <sub>2</sub> / N <sub>2</sub> / O <sub>2</sub> .....	Biologické kultivace

Kromě medicinálních plynů jsou ve zdravotnictví používány i plyny pro náročnou zdravotnickou techniku v klinických laboratořích. Ty slouží k vyšetření pacientů i k výzkumu. Jde o vysoce čisté kalibrační, nosné a nulovací plyny. Důležité místo mají i plyny pro diagnostiku.

## 5. Zásobovací systémy medicinálních plynů

Existují dva způsoby, jak dopravit medicinální plyn na místo jeho určení: buď z centrálního rozvodu plynu, nebo z tlakové lahve. Na oba tyto způsoby se podíváme trochu podrobněji.

### 5.1 Centrální rozvody medicinálních plynů

Centrální rozvody medicinálních plynů jsou v současnosti nejčastějším způsobem zásobování zdravotnických pracovišť plyny. Jednotlivé komponenty těchto rozvodů jsou patrné na obrázku č. 2:

- primární zdroj plynu nebo podtlaku
- redukční stanice
- redukční centrála s uzávěry
- měřící body s napojením na panely alarmů
- ukončovací prvky
- rezervní zdroj plynu.

**Primární zdroj plynu** pro centrální rozvod závisí na druhu plynu.

Pro **kyslík** je nejčastěji používán zásobník s kapalným plynem. Vzhledem k tomu, že nepřerušovaná dodávka kyslíku je pro hladký chod nemocnice životně důležitá, používá se velmi často kombinace tohoto zásobníku se záložním zdrojem, jímž obvykle bývají svazky tlakových lahví s kyslíkem tak, aby každý z těchto zdrojů mohl zastoupit druhý v případě jeho poruchy.

Zásobník s kapalným kyslíkem je kryogenní dvouplášťová nádoba s perlitovakuovou izolací, ve které je skladován kyslík v kapalném stavu při tep-

lotě -183 °C. Zásobník je v nemocnici většinou umístěn pod širým nebem a obvykle slouží pro celou nemocnici. Je součástí „odpařovací stanice“, kde působením teploty okolního vzduchu dochází k ohřevu kapalného plynu a tím k jeho odpařování. Plyný kyslík o tlaku přibližně 1 MPa je pak veden do redukční stanice. Zásobníky jsou průběžně doplňovány kapalným kyslíkem z automobilových cisteren.

Pro menší spotřeby kyslíku je možno použít určitou modifikaci odpařovací stanice, kdy stabilní zásobník je nahrazen přepravním kontejnerem s obsahem kapalného kyslíku 500–600 litrů. Pro malá zdravotnická zařízení, kdy použití odpařovací stanice by bylo neekonomické, se nejčastěji jako zdroj kyslíku volí svazky tlakových lahví. Svazek tlakových lahví je mobilní zařízení, ve kterém jsou lahve umístěny ve stojanu a spojeny jednoduchým potrubím. Všechny lahve ve svazku mají jeden popř. dva společné výstupy, což umožňuje společné plnění a vyprazdňování. Nejběžněji používaný svazek se skládá z 12 lahví o objemu 50 litrů s plnicím tlakem 20 MPa, celkový objem lahví ve svazku je tedy 600 litrů. Ze svazku je vysokotlaký plyn veden do redukční stanice, kde se redukuje na provozní tlak.

Primárním zdrojem stlačeného medicijnálního **vzduchu** je kompresor. To je zařízení, které nasává okolní vzduch, stlačuje ho na požadovanou úroveň tlaku a přes systém filtrů a čistících zařízení vypouští do potrubních rozvodů. Jako záložní zdroj, případně tam, kde není k dispozici kompresor, slouží tlakové lahve se stlačeným vzduchem, který je do rozvodů dodáván po redukci tlaku v redukční stanici.

**Oxid dusný** se dodává výhradně v tlakových lahvích, ať už jednotlivých či spojených do svazku, v nichž je uchovávan v kapalném stavu pod tlakem přibližně 5 MPa. Tento tlak je před přivedením plynu na místo jeho spotřeby redukován v redukční stanici na provozní tlak.

**Oxid uhličitý** se dodává pouze v tlakových lahvích, v nichž je uchovávan v kapalném stavu. Vzhledem k fyzikálním vlastnostem tohoto plynu se jeho tlak v lahvi pohybuje v závislosti na teplotě okolního prostředí, v rozmezí 4–8 MPa. Tento tlak se opět redukuje v redukční stanici, které je u tohoto plynu třeba předřadit ohřívací zařízení. Nízká teplota proudícího plynu by mohla způsobit zamrznutí některé z částí této redukční stanice.

Jako zdroj **podtlaku** slouží vakuové pumpy, tzv. vývěvy. Je to zařízení pracující na podobném principu jako kompresor, avšak v obráceném směru. Pro tvorbu podtlaku vysávají vývěvy vzduch z potrubí centrálního rozvodu a po filtraci a čištění jej vypouštějí do okolního prostředí. V centrálním rozvodu tak vzniká podtlak o hodnotě přibližně -100 kPa.

**Redukční stanice** je zařízení, ve kterém dochází k redukci tlaku plynu dodávaného z primárního zdroje na úroveň, která se používá v ukončovacích prvcích rozvodů. Tato úroveň se u všech plynů pohybuje kolem 0,5 MPa.

Redukční stanice bývá umístěna v bezprostřední blízkosti primárního zdroje a pro každý zdroj je vždy jen jedna.

**Redukční centrála s uzávěry** bývá umístěna na každém jednotlivém oddělení, případně na každém patře. Obsahuje měřiče tlaku v rozvodech a hlavně uzávěry, kterými je možno v případě potřeby uzavřít přívod plynu do celého oddělení.

### **Měřící body s napojením na panely alarmů**

Každý rozvod medicinálních plynů má několik míst, na nichž je vhodné kontrolovat stav procházejícího plynu, zejména zda vůbec prochází a pod jakým tlakem. Obecně se doporučuje mít centrální měřící místo u redukčních stanic jednotlivých primárních zdrojů a dále měřící místa u každé redukční centrály s uzávěry na jednotlivých odděleních, případně patrech. Informace z takovýchto měřících míst bývají shromažďovány a vyhodnocovány automaticky v elektronické formě v kontrolních panelech, které v případě nesrovnalostí upozorní obsluhu prostřednictvím audiovizuálních alarmů (např. blikající kontrolka pro méně závažné nedostatky, poplašná siréna pro závažné problémy a podobně).

### **Ukončovací prvky**

Všechny výše uvedené komponenty rozvodů jsou mezi sebou spojeny potrubím, ať už jsou to pevné trubky nebo ohebné hadice. V prostorách u primárních zdrojů bývají vedeny na povrchu, v léčebných částech nemocnic pak pod povrchem zdí. V jednotlivých nemocničních místnostech vyústují na povrch a jsou osazeny takzvanými ukončovacími prvky. Mezi ukončovací prvky patří lůžkové rampy, zdrojové mosty, stativy, stropní otočné komplexy a pod. Ukončovací prvky bývají kromě vývodů plynů osazeny též elektrickými či komunikačními zásuvkami, osvětlovacími tělesy, případně i dalším příslušenstvím. Podrobněji se o nich zmíníme v kapitole 5.4 Ukončovací prvky centrálních rozvodů.

Jednotlivé nemocniční místnosti bývají dle svého určeného účelu vybaveny různými ukončovacími prvky:

Operační sály mívají co nejširší vybavení. Co se týče rozvodů plynů, bývájí sem přivedena všechna média – kyslík, rajský plyn, vzduch a podtlak. Vyústují v otočných komplexech s nastavitelnými rameny, pevných zdrojových mostech či tubusech.

Pokoje intenzivní péče bývají vybaveny podobně jako operační sály, většínou sem však není přiveden rajský plyn a nejpoužívanějším ukončovacím prvkem jsou zdrojové mosty.

Běžné léčebné pokoje jsou nejčastěji vybaveny osvětlovacími rampami s vývody kyslíku a vzduchu.



Konečné vyústění rozvodů na povrch je v ukončovacích prvcích vždy provedeno *rychlospojkou*. To je jednoduchý uzávěr, který se otevře tím, že se do něj zasune *nástavec rychlospojky*. Tento nástavec pak může být ohebnou hadicí či pevně spojen s dalším zařízením, nejčastěji průtokoměrem s příslušenstvím, odsávací sestavou, anesteziologickým přístrojem, plicním ventilátorem, inkubátorem a dalším vybavením. Rychlospojka a nástavec rychlospojky jsou vyráběny v různých provedeních pro různé plyny tak, aby byla zajištěna vzájemná nezáměnnost rychlospojek a nástavců. V praxi to znamená, že např. nástavec pro kyslík lze zasunout pouze do rychlospojky pro kyslík a ne do žádné jiné.

Pro rychlospojky a ohebné hadice na medicínální plyny se používá stejné barevné kódování, jako pro tlakové lahve:

kyslík	bílá
vzduch	kombinace černé a bílé
oxid dusný	modrá
oxid uhličitý	šedá
podtlak	žlutá

**Rezervním zdrojem plynu** jsou tlakové lahve osazené redukčními ventily. Každé nemocniční oddělení, případně každé patro, by mělo být vybaveno lahvemi se stlačeným kyslíkem a se stlačeným medicínálním vzduchem. Na takovýto zdroj plynu se podrobněji podíváme v kapitole 5.3 Tlakové lahve – zdroj medicínálního plynu.

## 5.2 Rozvody plynů v sanitních vozech

Zcela samostatnou kapitolou jsou rozvody medicínálních plynů v sanitních vozech. Sanitní vozidla se rozdělují do dvou základních skupin.

Vozidla pro dopravu raněných, nemocných a rodiček (vozidla dopravní zdravotnické služby, takzvané převozní sanitky), která většinou žádné rozvody plynů nemají. Jako zdroj slouží dvoulitrová tlaková lahev s redukčním ventilem.

Vozidla pro rychlou zdravotnickou pomoc (RZP), rychlou lékařskou pomoc (RLP) a přepravu raněných a nemocných na delší vzdálenosti bývají vybavena jednoduchým rozvodem kyslíku. Jako primární zdroj slouží jedna či dvě tlakové lahve o objemu 10 l, osazené redukčními ventily. Vlastní rozvod je proveden ohebnými kyslíkovými hadicemi, které jsou napojeny na redukční ventil tlakové lahve a dále vedeny mezi vnější karosérií vozu a jeho vnitřní zástavbou. Rozvody vyústují rychlospojkami v příhodných místech zástavby, tj. v místech uložení plicního ventilátoru, poblíž hlavové části lehátka a pod.

## 5.3 Tlakové lahve – zdroj medicínálního plynu

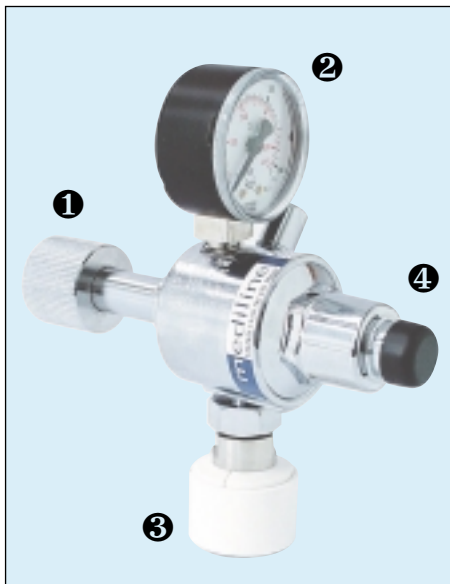
V místech, kde nejsou k dispozici centrální rozvody plynů, slouží jako jejich zdroj tlakové lahve. Jednotlivé typy a velikosti lahví jsou podrobně popsány v kapitole 3. Distribuce medicínálních plynů.

V tlakové lahvi, jak už její název napovídá, je plyn uskladněn pod vysokým tlakem. Plyn pod takovýmto tlakem je pro léčebné účely nepoužitelný, jeho tlak je proto nutné před použitím u pacienta snížit. K tomu slouží jednoduché zařízení zvané redukční ventil. Plyn v lahvi je uchováván pod tlakem do 20 MPa, v současnosti se začínají rozšiřovat i tlakové lahve s plnicím tlakem 30 MPa; tlak plynu použitelného u pacienta se po průchodu redukčním ventilem pohybuje v rozmezí 0,1–0,5 MPa.

### 5.3.1 Redukční ventily

Všechny redukční ventily mají několik společných rysů (viz obr. č. 3):

- montují se pomocí převlečné matice ❶ na výstupní závit uzavíracího ventilu lahve (starší typy pomocí utahovacího klíče, modernější pouhým dotažením rukou); spojení mezi uzavíracím ventilem lahve a redukčním ventilem je těsněno pomocí o-kroužku
- mají manometr ❷, který měří tlak plynu vstupujícího do redukčního ventilu, tudíž i množství plynu zbývajících v lahvi (čím je tlak plynu vstupujícího do redukčního ventilu nižší, tím je v lahvi méně plynu)
- redukují tlak plynu v lahvi (např. 20 MPa) na tlak použitelný u pacienta (např. 0,35 MPa)
- mají pojistný otevírací ventilek ❸, který v případě nechtěného vzrůstu výstupního tlaku vypustí nepotřebný plyn do okolní atmosféry, čímž ochrání pacienty, ale i obsluhu či případně zdravotnickou techniku, která je k výstupu redukčního ventilu připojena
- jsou vybaveny výstupním připojením pro napojení pacienta nebo dalšího zařízení (hadicový nástavec, rychlospojka) ❹



Obr. č. 3 – redukční ventil s pevně nasazeným výstupním tlakem a průtokem

Redukční ventily existují ve dvou základních provedeních:

- redukční ventil s pevně nastaveným výstupním tlakem a průtokem (obr. č. 3) bývá nejčastěji na svém výstupu osazen rychlospojkou a slouží hlavně jako napájecí zdroj zdravotnických přístrojů (anesteziologické přístroje, ventilační přístroje, inkubátory) či jednoduchých rozvodů (např. v sanitních vozech)
- redukční ventil s nastavitelným výstupním tlakem či průtokem (obr. č. 4), u kterého může obsluhující personál nastavit požadované výstupní charakteristiky. Nejčastěji se používá redukční ventil s nastavitelným výstupním průtokem.

Takový ventil je vybaven voličem průtoku ❶ a používá se hlavně k dávkování kyslíku přímo do inhalační polomasky pacienta v rozmezí 1–15 litrů za minutu. Pro připojení inhalační polomasky prostřednictvím prodlužovací hadičky slouží hadicový nástavec na výstupu redukčního ventilu ❷

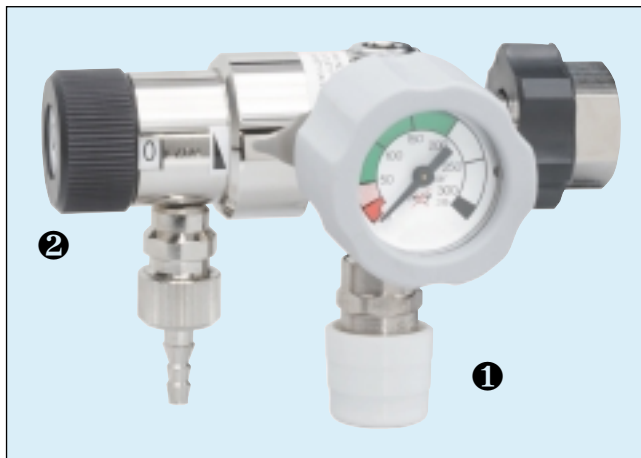


Obr. č. 4 – redukční ventil s volitelným výstupním průtokem

Pro informaci uvádíme tabulku orientačních časů trvání náplně tlakových lahví s kyslíkem při nejpoužívanějších hodnotách průtoku:

Objem lahve	Plnicí tlak	Objem náplně		Průtok (l/min) / Doba trvání (hod:min)					
		m <sup>3</sup>	litry	2	4	5	9	12	15
2	15	0,3	300	2:30	1:15	1:00	0:33	0:25	0:20
2	20	0,4	400	3:20	1:40	1:20	0:44	0:33	0:27
5	15	0,8	800	6:40	3:20	2:40	1:29	1:07	0:53
10	15	1,6	1600	13:20	6:40	5:20	2:58	2:13	1:47
10	20	2,2	2200	18:20	9:10	7:20	6:04	3:03	2:27

Ideálním řešením pro mobilní pracoviště (např. sanitní vozy, převozní lůžka a pod.) je kombinovaný redukční ventil (obr. č. 5), který v sobě spojuje vlastnosti a výhody obou typů ventilů. Redukční ventil je osazen jak výstupní rychlospojkou s pevně nastaveným výstupním tlakem a průtokem ❶, tak i voličem průtoku ❷ pro nastavení dávkovaného množství kyslíku. Obsluhující personál s ním může napájet např. transportní ventilátor i dávkovat kyslík pro inhalaci současně.



Obr. č. 5 – kombinovaný redukční ventil

Tlaková lahev má oproti centrálnímu rozvodu jednu významnou výhodu – představuje mobilní zdroj medicínálního plynu, se kterým je možno se dostat kamkoli. Malá, např. dvoulitrová tlaková lahev s kyslíkem osazená kombinovaným redukčním ventilem je velmi snadno přenosným a univerzálním zdrojem. Na druhé straně je tlaková lahev zařízení, se kterým je třeba manipulovat obezřetně, neboť plyn je v ní uchováván pod velkým tlakem a v případě nehody může být tlaková lahev velmi nebezpečná. Dodržováním hlavních zásad pro manipulaci s tlakovými lahvemi lze však bezpečnost zvýšit na nejvyšší možnou úroveň. Všechny tyto zásady pochopitelně platí i pro manipulaci s redukčními ventily:

- **Kyslík při vysoké koncentraci nesmí přijít do styku s mastnotou a nečistotami – je výbušný!**  
**Proto při manipulaci s kyslíkovými přístroji je třeba mít ruce suché – zbavené mastnot i pletových krémů!**  
**Vyvarovat se styku přístrojů s výrobky napuštěnými tuky (oleji)!**  
**Žádnou z komponent zařízení nepromazávat!**



- **V blízkosti kyslíkových zařízení je zakázáno kouřit a manipulovat s otevřeným ohněm!**
- **Tlakové lahve musí být vždy upevněny tak, aby nehrozil jejich pád a tím případné porušení uzavíracího ventilu lahve!**
- **Tlakové lahve nesmí být umístěny v blízkosti zdrojů tepla a hořlavých materiálů!**
- **Při podezření, že jsou lahev nebo redukční ventil poškozeny, musí být viditelně označeny, vyřazeny z provozu a vráceny dodavateli!**
- **Poškozené lahve a redukční ventily smí opravovat pouze autorizovaná servisní firma!**
- **Zhruba jednou za půl roku vyměnit těsnění (o-kroužek) vstupní přípojky; používat pouze originální těsnění dodaná výrobcem či autorizovaným dodavatelem redukčního ventilu!**

Pro připomenutí zde uvádíme i postup správné montáže redukčního ventilu na tlakovou lahev a jeho zpětné demontáže:

#### **A) Instalace redukčního ventilu na tlakovou lahev a jeho použití**

1. sejmout ochranný kryt uzávěru lahve
2. před montáží redukčního ventilu odstranit případné nečistoty z výstupu uzavíracího ventilu lahve: pomalu otvírat uzavírací ventil (proti směru hodinových ručiček), dokud nezačne unikat plyn (ozve se syčení), uzavírací ventil ihned znovu uzavřít
3. převlečnou matici redukčního ventilu plynule našroubovat na výstupní šroubení uzavíracího ventilu, rukou pevně dotáhnout – k dotažení nepoužívat žádné klíče ani kleště, těsnící plochy tohoto spoje jsou uzpůsobeny k tomu, aby těsnosti bylo dosaženo pouhým utahením rukou (výjimkou jsou staré typy redukčních ventilů, u nichž je třeba převlečnou matici dotáhnout utahovacím klíčem; tyto zastaralé typy se dnes již nevyrábějí a doporučuje se vyměnit je za novější)
4. přesvědčit se, že na voliči průtoku redukčního ventilu je nastavena nula „0“
5. na výstup redukčního ventilu našroubovat pomocí vstupního šroubení zvlhčovací lahev – opět nepoužívat žádné utahovací nástroje, stačí pevné dotažení rukou
6. na výstupní hadicový nástavec zvlhčovače nasadit hadičku inhalační polomasky
7. pomalu otvírat uzavírací ventil tlakové lahve (proti směru hodinových ručiček), současně sledovat nárůst tlaku plynu na manometru redukčního ventilu, když tlak již nestoupá, je uzavírací ventil plně otevřen

8. na voliči průtoku nastavit požadovanou hodnotu, která se zobrazuje ve výřezu ovladače

## **B) Uzavření ventilů (pokud již plyn není potřeba)**

1. uzavřít uzavírací ventil lahve
2. na manometru sledovat pokles tlaku v redukčním ventilu, ve chvíli, kdy klesne na nulu, přestane plyn proudit
3. volič průtoku nastavit do polohy nula „0“
4. zařízení je připraveno k dalšímu použití (viz bod A/7)

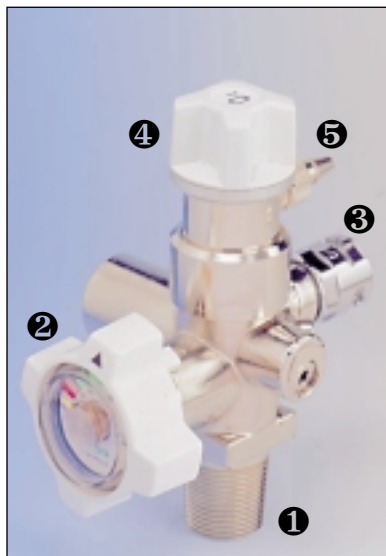
## **C) Demontáž redukčního ventilu**

1. uzavřít uzavírací ventil lahve
2. na manometru sledovat pokles tlaku v redukčním ventilu, ve chvíli, kdy klesne na nulu, přestane plyn proudit
3. volič průtoku nastavit do polohy nula „0“
4. od zvlhčovací lahve odpojit hadičku polomasky, vstupní šroubení zvlhčovací lahve rukou odšroubovat z výstupního šroubení redukčního ventilu
5. rukou vyšroubovat vstupní matici redukčního ventilu z uzavíracího ventilu
6. přibližně každých 6 měsíců vyměnit těsnění vstupní přípojky redukčního ventilu
7. pokud redukční ventil nebude delší dobu používán, uložit jej na suchém a čistém místě

### **5.3.2 Integrované ventily**

Nejmodernějším trendem jsou v současnosti tzv. integrované ventily. Je to zařízení obsahující jak uzavírací ventil lahve, tak i redukční ventil. Integrovaný ventil upevňuje na tlakovou lahev výrobce tlakových lahví a vymontovat ho může pouze výrobce či jeho autorizovaný zástupce. U integrovaných ventilů tak odpadá pro zdravotnický personál nejkritičtější část manipulace s tlakovými lahvemi a redukčními ventily. Touto nejkritičtější částí je instalace redukčního ventilu na uzavírací ventil lahve a otevírání uzavíracího ventilu, kdy plyn začíná proudit z lahve do redukčního ventilu. Právě při této nesprávně prováděné instalaci dochází k největšímu počtu nehod. Nejčastější nehodou je unikání kyslíku v nedostatečně utaženém spojení mezi redukčním ventilem a uzavíracím ventilem a jeho hoření, často podpořené přítomností mastnoty a jiných nečistot.

- ❶ čep pro našroubování ventilu do tlakové lahve
- ❷ otočný ovladač uzavíracího ventilu se zabudovaným manometrem pro kontrolu množství plynu v lahvi
- ❸ rychlospojka pro připojení dalších lékařských přístrojů
- ❹ otočný ovladač pro nastavení průtoku plynu
- ❺ hadicový nástavec pro připojení inhační polomasky



Obr. č. 6 – integrovaný ventil

#### 5.4 Ukončovací prvky centrálních rozvodů

Jak jsme se již zmínili v kapitole 5.1 Centrální rozvody medicínálních plynů, jsou plyny vedeny potrubím až na místo jejich použití, kde potrubí vyústí na povrch do ukončovacích prvků.

Nejběžnějším a také nejjednodušším ukončovacím prvkem je lůžková rampa. Používá se na patientských pokojích v lůžkových částech nemocnic. Obvykle k lůžku přivádí rozvody kyslíku a vzduchu, elektrický proud a bývá osazena zdírkou pro připojení tlačítka na přivolání sestry, případně zdírkou pro připojení komunikačního telefonu. Obsahuje též osvětlení patientského lůžka, případně nahoru směřující osvětlení místnosti.



Obr. č. 7 – lůžková rampa



*Obr. č. 8 – zdrojový most*

Na odděleních JIP či ARO se nejčastěji setkáváme s takzvanými zdrojovými mosty. Bývají vybaveny rychlospojkovými vyústěními rozvodů kyslíku, vzduchu a vakua, dále pak elektrickými a komunikačními přípojkami.

**Tubusy** jsou nejpoužívanějším zdrojem plynů a elektrického proudu pro operační a zákrokové sály. Obsahují vývody všech plynů – kyslíku, vzduchu, rajskeho plynu, vakua a elektrické přípojky. Často bývají osazeny otočnými rameny např. pro zavěšení infúzních roztoků.



*Obr. č. 9 – tubus*

Podobně jako tubusy, i otočné komplexy najdeme hlavně na operačních sálech. Jejich vybavení je stejné jako u tubusů, navíc jsou otočné podél své osy, často mívají i výkyvná ramena, na která se dají umístit např. monitory anesteziologických přístrojů a pod.



Obr. č. 10 – otočný komplex

Všechny ukončovací prvky samy o sobě neslouží k terapeutickým účelům, jsou pouze zdrojem plynů a energií pro další přístroje. Pomocí ohebných hadic se připojují k anesteziologickým přístrojům, plicním ventilátorům a podobně.

Nejběžnějším zařízením, které se připojuje k rychlospojkovým vývodům kyslíku nebo vzduchu, je **průtokoměr**. Je to jednoduché zařízení na ovládání průtoku plynu, kterým se dávkuje přesné množství plynu přitékajícího k pacientovi.

Existují dva základní typy průtokoměrů: plovákový a okénkový. Rozlišují se tak podle způsobu indikace protékajícího množství plynu.



Obr. č. 11 – plovákový průtokoměr

U **plovákového průtokoměru** ukazuje obsluhujícímu personálu nastavenou hodnotu množství plynu protékajícího průtokoměrem plovák, který se vertikálně pohybuje v průtokové trubici.

Toto množství se nastavuje pomocí otočného ovladače na boku průtokoměru. Plovákový průtokoměr musí být v době používání udržován ve vertikální poloze, aby byly naměřené hodnoty průtoku přesné.

**Okénkový průtokoměr** obsahuje otočný ovladač s výřezem – okénkem. Otáčením ovladače se v okénku objevují hodnoty nastaveného výstupního průtoku. Takovýto průtokoměr je odolný proti nárazům a naměřené hodnoty průtoku jsou přesné při jakékoli poloze průtokoměru.



*Obr. č. 12 – okénkový průtokoměr s držákem na lištu*

V případě dlouhodobé kyslíkové terapie (delší než přibližně 30 minut) se doporučuje zvlhčovat kyslík dodávaný pacientovi. To se provádí pomocí takzvaných **zvlhčovacích lahví**. Zvlhčovací lahev se nejčastěji přišroubuje přímo na průtokoměr a naplní se destilovanou vodou. Kyslík protéká vodou a zvlhčuje se.



*Obr. č. 13 – plovákový průtokoměr se zvlhčovací lahví*

Konečné přivedení inhalovaného kyslíku k pacientovi se provádí pomocí **inhalační polomasky** nebo pomocí **nosních brýlí (nosních kanyl)**, které se připojují kyslíkovou hadičkou na hadicový nástavec na výstupu z průtokoměru nebo zvlhčovací lahve.



*Obr. č. 14 – kyslíková inhalační polomaska a nosní kanyly*

## 6. Související normy a předpisy

Zákon č. 79/1997 Sb., o léčivech a o změnách a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška MZ ČR a MZem ČR č. 296/2000 Sb., kterou se stanoví správná výrobní praxe, správná distribuční praxe a bližší podmínky povolování výroby a distribuce léčiv, včetně modifikovaných krmiv ve znění pozdějších předpisů

Český lékopis 2002

Pokyn SÚKL VYR-32 – Pokyny pro správnou výrobní praxi.

ČSN EN 1089-1 Lahve na přepravu plynů – Označování lahví (kromě lahví na LPG)  
– Část 1: Značení ražením (07 8500)

ČSN EN 1089-2 Lahve na přepravu plynů – Označování lahví (kromě lahví na LPG)  
– Část 2: Informační nálepky (07 8500)

ČSN EN 1089-3 Lahve na přepravu plynů – Označování lahví (kromě lahví na LPG)  
– Část 3: Barevné značení (07 8500)

ČSN ISO 7225 Lahve na přepravu plynů – Bezpečnostní nálepky (07 8501)

ČSN 07 8304 Tlakové nádoby na plyny – Provozní pravidla.

Vyhláška ČÚBP a Českého báňského úřadu č. 21/79 Sb., kterou se určují vyhrazená plynová zařízení a stanoví některé podmínky k zajištění jejich bezpečnosti, ve znění pozdějších předpisů.



## Co je ČATP

Firmy, které v České republice vyrábějí a/nebo plní a distribuují technické plyny a firmy, které vyrábějí zařízení pro jejich výrobu a distribuci, založily Českou asociaci technických plynů (ČATP), která má formu zájmového sdružení právnických osob. ČATP je specializované sdružení Svazu chemického průmyslu ČR (SCHP) a člen European Industrial Gases Assotiation (EIGA).

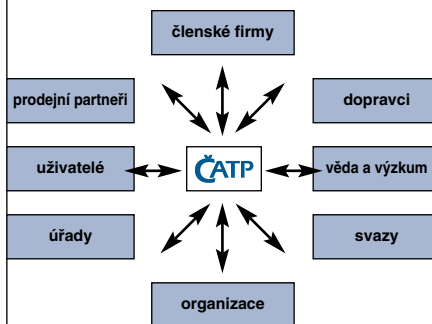
Předmětem činnosti Asociace je:

- **podpora bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí při výrobě, úpravě, skladování, přepravě, používání a zneškodňování technických plynů,**
- **spolupráce v komisích, které připravují zákony, předpisy, normy a další směrnice ve sféře bezpečnosti a ochrany životního prostředí,**
- **poradenství v otázkách bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí.**



## Jaké má ČATP úkoly?

### ČATP jako zprostředkovatel informací



ČATP zajišťuje plnění předmětu své činnosti formou:

- **poradenství,**
- **podpory bezpečnostně technického vzdělávání,**
- **výměny informací o příslušných bezpečnostních událostech a jejich rozbor,**
- **výměny informací o bezpečnostně relevantních výsledcích a jejich rozbor,**
- **vypracování norem, směrnic a doporučení.**

Jednotlivé úkoly jsou plněny pracovními komisemi, které mají na starosti technické, normalizační, bezpečnostně technické a ekologické úkoly, případně úkoly z jiných pracovních oblastí. Pracovní komise jsou sestaveny ze zástupců jednotlivých členů ČATP. Členy komisí jsou jmenováni zvláště experti pracující v příslušných oborech, popřípadě v mezinárodních pracovních skupinách. Externí znalci mohou být jmenováni jako členové pracovních komisí po schválení představenstvem ČATP. Asociace může publikovat všechna rozhodnutí učiněná pracovními komisemi jako oficiální nebo interní doklady.

## Co jsou technické plyny?

K technickým plynům patří v první řadě plyny získávané destilací kapalného vzduchu – kyslík, dusík, argon – dále plyny získávané chemickými procesy – acetylen, vodík, oxid uhličitý. Do oblasti technických plynů se dále zahrnují jejich směsi, vzácné a zvláště čisté plyny. Samostatnou skupinu tvoří plyny medicínální (např. kyslík, dusík, oxid uhličitý, oxid dusný a některé směsi).

Své využití nacházejí technické plyny ve všech oblastech hospodářství – od výroby kovů přes jejich zpracování, chemický průmysl, potravinářskou techniku až po stavební průmysl –, ale také v oblastech lékařství, výzkumu a vývoje. Nepostradatelné jsou rovněž pro ochranu životního prostředí.

### Technické plyny řeší rozmanité úkoly:

Kyslík urychluje oxidační procesy a zvyšuje tím kapacitu, např. při biologickém čištění odpadní vody, ale také ve vysoké peci a při řezání kovů. Snižuje současně množství emisí oxidu dusíku do ovzduší, jestliže je používán místo vzduchu v různých chemických procesech. Inertní plyny jako dusík nebo argon chrání před nežádoucími reakcemi jak při chemických procesech, tak při balení potravin a při sváření v ochranné atmosféře. Chlad zkapalněných plynů zpevňuje základy staveb, umožňuje mletí termoplastů a supravodivost. Kalibrační plyny s přesně definovaným podílem jednoho či více plynů se používají pro měřicí techniku jako referenční materiály, např. při měření emisí a imisí, v lékařství a pod. Od ruční práce přes průmyslovou výrobu až po využití v High-Tech oborech jsou technické plyny stále důležitějším faktorem ekologického a ekonomického pracovního procesu.

## Členské firmy ČATP

acp Česká republika s.r.o.  
Ke Skále 3561  
434 01 Most-Rudolice

AIR LIQUIDE CZ, s.r.o.  
Jinonická 80, 158 00 Praha 5

AIR PRODUCTS spol. s r.o.  
Ústecká 30, 405 30 Děčín

APT s.r.o.  
V Potočkách 1537/8  
143 00 Praha 4

CRYOSERVIS s.r.o.  
Vojanova 22, 405 02 Děčín 8

GCE s.r.o.  
Žižkova 381, 583 14 Chotěboř

Chart – Ferox a.s.  
Ústecká 30, 405 30 Děčín

LINDE TECHNOPLYN a.s.  
U Technoplynu 1324  
198 00 Praha 9

Messer Technogas spol. s r.o.  
Zelený pruh 99, 140 50 Praha 4

Riessner Gase s.r.o.  
Komenského 961, 267 51 Zdice

Rotarex Praha spol. s r.o.  
Plzeňská ul., 347 01 Tachov

SIAD CZECH spol. s r.o.  
435 22 Braňany u Mostu

VÍTKOVICE Lahvárna a.s.  
Ruská 24/83  
706 00 Ostrava-Vítkovice

Wimmer  
Transportdienst, spol. s r. o.  
U Technoplynu 1324  
198 00 Praha 9



U Technoplynu 1324  
198 00 Praha 9  
tel.: 272100143, 272100100  
fax: 272100158  
E-mail: catp@catp.cz  
www.catp.cz