

## Stanovení O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu

Jak se změní vzduch po průchodu plícemi?

### Obsah

Úvod .....	2	Příprava úlohy (praktická příprava) .....	8
Cíle .....	2	Postup práce .....	9
Teoretický úvod .....	3	Nastavení HW a SW .....	9
Motivace studentů .....	4	Příprava měření .....	9
Doporučený postup .....	4	Vlastní měření (záznam dat) .....	9
Příprava úlohy .....	4	Analýza naměřených dat .....	9
Materiály pro studenty .....	5	Pracovní list učitele .....	11
Záznam dat .....	5	Slovníček pojmů .....	11
Analýza dat .....	5	Teoretická příprava úlohy .....	12
Syntéza a závěr .....	5	Vizualizace naměřených dat .....	12
Hodnocení .....	5	Vyhodnocení naměřených dat .....	12
Internetové odkazy .....	6	Závěr .....	14
Pracovní návod .....	7	Pracovní list studenta .....	15
Zadání úlohy .....	7	Slovníček pojmů .....	15
Pomůcky .....	7	Teoretická příprava úlohy .....	16
Bezpečnost práce .....	8	Vizualizace naměřených dat .....	16
Teoretický úvod .....	8	Vyhodnocení naměřených dat .....	16
		Závěr .....	18

### **Zařazení do výuky**

Doporučuji práci zařadit do souboru cvičení o dýchací soustavě, je také možné zřídít více pracovišť s různým zaměřením (dechová frekvence, měření VKP, volní apnoe, ...).

### **Časová náročnost**

Příprava cca **5 min**,  
vlastní měření cca **15 min**.

## Úvod

Procesy probíhající v živých organismech vyžadují neustálý přísun energie. Ta se většinou získává při „prodýchávání“ glukózy. Kyslík umožňuje její štěpení až na vodu a CO<sub>2</sub>. Tyto odpadní produkty stejně jako potřebný kyslík si živé soustavy vyměňují s okolním prostředím pomocí dýchacího ústrojí. Tato práce by měla studentům ukázat, jak se změní složení vydechaného vzduchu vzhledem k vzduchu atmosférickému.

## Cíle

- Studenti by se měli přesvědčit, jaké množství kyslíku a oxidu uhličitého člověk vrací výdechem do ovzduší.
- Srovnáním se složením vdechovaného vzduchu pak stanovit kolikrát se zvýší koncentrace CO<sub>2</sub> ve vydechaném vzduchu.

## Teoretický úvod

Dýchání (respirace, ventilace) je proces výměny plynů, zejména kyslíku a oxidu uhličitého, mezi organismem a jeho externím prostředím. Projevem tohoto procesu navenek je dech. Zdrojem kyslíku je vnější prostředí, rovněž zvané respirační médium. Respiračním médiem může být vzduch nebo voda. Mechanismem přenosu plynů je vždy difúze, jejíž rychlost je přímo úměrná povrchu, jímž výměna probíhá, a nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti, přes níž difúze probíhá. Při dýchání dochází k tzv. ventilaci, díky níž je čerstvý vzduch stále v kontaktu s povrchem dýchacího orgánu. V praxi to u suchozemských obratlovců znamená, že nádechem se dostane nový vzduch do plic a výdechem se použitý vzduch odstraní. U člověka a jiných savců se vyvinulo dýchání při negativním tlaku. U člověka je nitrohruďní tlak při vdechu i výdechu negativní vůči atmosférickému tlaku (při maximálním výdechu může být pozitivní). Konkrétní hodnoty u člověka jsou přibližně  $-0,8$  kPa při vdechu a  $-0,33$  kPa při výdechu. Vzduch je při tomto způsobu do plic tažen, nikoliv tlačěn. V plicních sklípcích kyslík difunduje do krve, a to na základě pravidla, že kyslík má v odkysličené krvi nižší parciální tlak. Následkem toho přechází přes tenký vlhký epitel plicních sklípků. Naopak oxid uhličitý má v krvi vyšší parciální tlak, a proto v plicích uniká přes epitel ven z kapilár.

**Vdechovaný vzduch:** 21 % O<sub>2</sub>, 78 % N<sub>2</sub>, 0,03 % CO<sub>2</sub>

**Vydechovaný vzduch:** 16 % O<sub>2</sub>, 78,06 % N<sub>2</sub>, 4 % CO<sub>2</sub>

V organismu je využita pouze část vdechnutého kyslíku. Kdyby se využíval všechn, dýchání z plic do plic, jako metoda poskytnutí první pomoci, by nemělo efekt.

Kromě výše popsaného **vnějšího (plicního) dýchání:** výměna dýchacích plynů mezi vzduchem v plicích a krví v kapilárách plicních sklípků probíhá v organismu ještě **vnitřní (tkáňové) dýchání:** výměna plynů mezi krví a tkáňovým mokem přes vlásečnice a oxidativní metabolismus v tkáních.

### Slovníček pojmů

PARCIÁLNÍ TLAK

DIFUZE

Viz pracovní list (učitel).

### Přehled pomůcek

- Pasport Xplorer GLX nebo počítač s USB portem a PASPORT USB Link
- CO<sub>2</sub> senzor (PS-2110)
- kyslíkový senzor (PS-2126)
- prodlužování kabel (PS-2500)
- předem připravené 2 papírové náustky pro každého studenta (karton + lepicí páska)
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

**Rozšiřující úloha****Srovnání množství O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> po zátěži a apnoické pauze**

Úlohu je možné doplnit o další měření. Je možné měřit množství plynu ve vydechaném vzduchu po zadržení dechu (volní apnoe), nebo po fyzické zátěži (např. známý step-test či provedení několika dřepů) a srovnat je s klidovými hodnotami.

**Tip****Získání náustků:**

Vhodný průměr mají i papírové trubky, které jsou používány v potravinářství k návinnu alobalu nebo mikroténových sáčků. Trubky mají délku kolem 30 cm, takže rozřezáním na tři díly získáme hned tři náustky.

## Motivace studentů

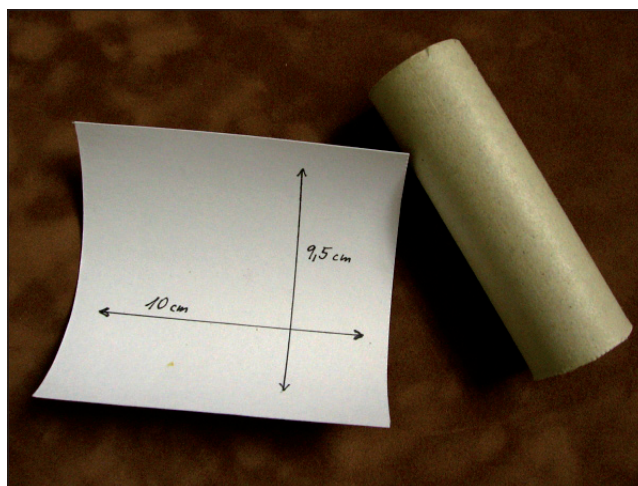
Před vlastní prací zopakujeme se studenty stavbu a funkci dýchací soustavy u člověka. Připomeneme význam dýchání a postup první pomoci při zástavě dechu. Pokud má mít umělé dýchání z úst do úst efekt, musí i ve vydechaném vzduchu být určité množství kyslíku. Právě tato práce dává odpověď na to, jaké.

## Doporučený postup

1. Každá pracovní skupina obdrží „pracovní návod“ a každý student dostane „pracovní list“.
2. Práci je vhodné provádět ve dvojicích, aby výsledky nebyly zkreslovány aktivitou, potřebnou k provedení měření.
3. Po provedení měření si studenti vymění role.

## Příprava úlohy

Kromě uvedených pomůcek je před vlastním měřením dobré zkalibrovat používaná čidla podle přiloženého návodu. Dále je vhodné, aby si studenti již doma připravili dva papírové náustky (tvrdý karton svinutý do trubičky o průměru 3 cm, dlouhé max. 10 cm).



## Materiály pro studenty

Studenti dostanou „pracovní návod“ a „pracovní list“.

„Pracovní návod“ postupně provede studenty přípravou a řešením celé laboratorní úlohy.

Do „pracovního listu“ zaznamenají naměřená data, provedou jejich analýzu a potvrdí nebo vyvrátí v úvodu práce zformulovanou hypotézu.

## Záznam dat

Postup měření najdou studenti v „pracovním návodu“ a místo pro zaznamenání dat v „pracovním listu“.

## Analýza dat

- Studenti si pročtou postup práce v „pracovním návodu“ a pokusí se zodpovědět v úvodu zadané otázky.
- Takto získanou hypotézu následně ověří měřeními.
- V závěru vyhodnotí naměřené veličiny a potvrdí nebo vyvrátí v úvodu práce zformulovanou hypotézu.

## Syntéza a závěr

Poté, co studenti vyplní své „pracovní listy“, společně vyhodnotíme výsledky měření a můžeme diskutovat nad možnými odchylkami v naměřených hodnotách vydechaného O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>.

## Hodnocení

- Respektovali studenti „pracovní návod“?
- Byli schopni účelně koordinovat práci ve dvojici?
- Interpretovali správně výsledky měření?
- Jsou schopni zdůvodnit případné odchylky od normy?



### **Pasco zdroje**

Na stránkách [www.pasco.com](http://www.pasco.com) a [www.pasco.cz](http://www.pasco.cz) naleznete řadu dalších zdrojů.

## **Internetové odkazy**

### **Dýchání**

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Dýchání>

### **Vzduch**

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Vzduch>

### **Vydechaný vzduch – analýza**

<http://www.vesmir.cz/clanky/clanek/id/5884>

### **Dýchací soustava**

<http://mujweb.cz/Veda/biologie/dychsoust.htm>



## BIOLOGIE

laboratorní cvičení č. 4

4

• BIOLOGIE

## Stanovení O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu (návod)

### Zadání úlohy

Zjistěte, jak se liší složení vydechovaného vzduchu od složení vzduchu vdechovaného.

### Pomůcky

- Pasport Xplorer GLX nebo počítač s USB portem a PASPORT USB Link
- CO<sub>2</sub> senzor (PS-2110)
- kyslíkový senzor (PS-2126)
- prodlužování kabel (PS-2500)
- předem připravené 2 papírové náustky pro každého studenta (karton + lepicí páska)
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

PRACOVNÍ NÁVOD



## Bezpečnost práce

*Pracujte pečlivě a v souladu s pracovním návodem. Vzhledem k možnému přenosu různých onemocnění dýchacích cest používejte každý své předem vyrobené náustky. V laboratoři používejte laboratorní plášť a případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí.*

## Teoretický úvod

Dýchání (respirace, ventilace) je proces výměny plynů, zejména kyslíku a oxidu uhličitého, mezi organismem a jeho externím prostředím. Projevem tohoto procesu navenek je dech.

Při dýchání dochází k tzv. ventilaci, díky níž je čerstvý vzduch stále v kontaktu s povrchem dýchacího orgánu. V praxi to u suchozemských obratlovců znamená, že nádechem se dostane nový vzduch do plic a výdechem se použitý vzduch odstraní. V plicních sklípcích kyslík difunduje do krve, a to na základě pravidla, že kyslík má v odkysličené krvi nižší parciální tlak. V rámci toho přechází přes tenký vlhký epitel plicních sklípků. Naopak oxid uhličitý má v krvi vyšší parciální tlak, a proto v plicích uniká přes epitel ven z kapilár.

V organismu je využita pouze část vdechnutého kyslíku. Kdyby se využíval všechn, dýchání z plic do plic by nemělo efekt.

## Příprava úlohy (praktická příprava)

Nejprve si zhotovíme papírové náustky (svinutím proužku kartonu širokého 10 cm a dlouhého 9,5 cm tak, aby získaná trubička měla průměr 3 cm), které fixujeme pomocí lepících pásky. Následně zodpovíme úvodní motivační otázky a pak teprve začneme s vlastním měřením.



## Postup práce

### Nastavení HW a SW

1. Připojte prodlužovací kabel do portu na horní straně Xplorer GLX. Připojte druhý konec kabelu do O<sub>2</sub> senzoru a vyberte funkci „Graph“.
  - V grafu na obrazovce se automaticky otevírají závislost O<sub>2</sub> (%) na čase (s).
2. Po provedení měření pouze nahradte senzor O<sub>2</sub> za senzor pro měření CO<sub>2</sub>.
  - V grafu na obrazovce se automaticky otevírají závislost CO<sub>2</sub> (ppm) na čase (s).

### Příprava měření

Na kyslíkový i CO<sub>2</sub> senzor nasadte připravené papírové náustky.

### Vlastní měření (záznam dat)

1. Spusťte měření tlačítkem **START** (▶) na GLX.
2. Proveďte klidný výdech do náustku nasazeného na senzor.
3. Měření zastavte stiskem (▶) a z grafu pomocí nástroje „Delta Tool“ analyzujte data. K nástrojům se dostanete po stisknutí klávesy F3 (n)!
4. Měření zopakujte 3x.
5. Vyměňte kyslíkový senzor za senzor CO<sub>2</sub> a opět proveďte 3 měření.

### Analýza naměřených dat

1. Naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulky ve svém „pracovním listu“ a stanovte průměrnou hodnotu.
2. Zakreslete do grafu vybranou křivku O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu v závislosti na čase.
3. Zodpovězte otázky v závěru „pracovního listu“.



**BIOLOGIE**

laboratorní cvičení č. 4

**4**

• BIOLOGIE

**Stanovení O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu  
pracovní list (učitel)****Slovníček pojmů**

Pokuste se vysvětlit některé pojmy, které se objevily v teoretickém úvodu k práci:

**Parciální tlak:**

*Parciální tlak plynu ve směsi je tlak, který by tento plyn vykazoval, pokud by byl v celém objemu sám.*

**Difúze:**

*je proces rozptylování se částic v prostoru. Veškeré látky mají tendenci přecházet z prostředí se svou vyšší koncentrací do prostředí s nižší koncentrací. Přírozenou vlastností látek je, že pokud se její částice mohou pohybovat (molekuly v nehybném roztoku se pohybují na základě Brownova pohybu) tak se rozptylují do celého prostoru, kterého mohou dosáhnout a postupně ve všech jeho částech vyrovnají svou koncentraci.*

PRACOVNÍ LIST (UČITEL)

## Teoretická příprava úlohy

Než se pustíte do práce, zodpovězte následující otázky:

1. Jak se změní obsah CO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu vzhledem k vzduchu atmosférickému?
2. Má smysl poskytovat nedýchající osobě umělé dýchání z úst do úst?

*Odpovědi se budou lišit v závislosti na znalostech studentů. Mnozí mohou správně odhadnout, že poměr O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> se změní ve prospěch CO<sub>2</sub>. Pokud si studenti pozorně přečtou teoretický úvod, měli by na druhou otázku jednoznačně odpovědět, že ano. Dodat nedýchajícímu snížené množství kyslíku ve vydechovaném vzduchu je přece jen výhodnější, než kyslík žádný.*

## Vizualizace naměřených dat

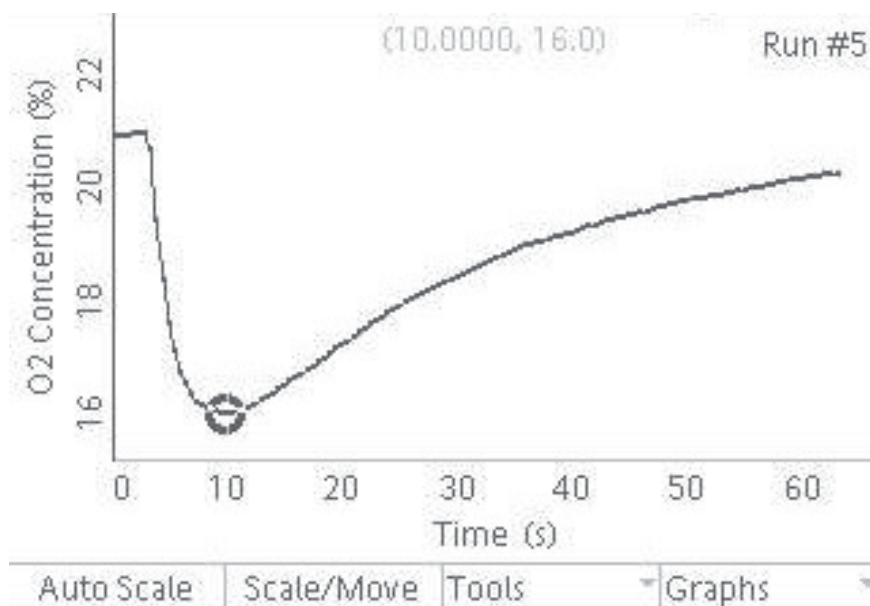
Z grafu zobrazeného na Xploreru GLX nebo v počítači odečtete hodnotu minimální koncentrace O<sub>2</sub> a maximální koncentrace CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu a tuto hodnotu pro každé měření zapište do tabulky. Průběh křivky charakterizující množství kyslíku a CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu zaznamenejte graficky.

## Vyhodnocení naměřených dat

1. Složení vydechovaného vzduchu:

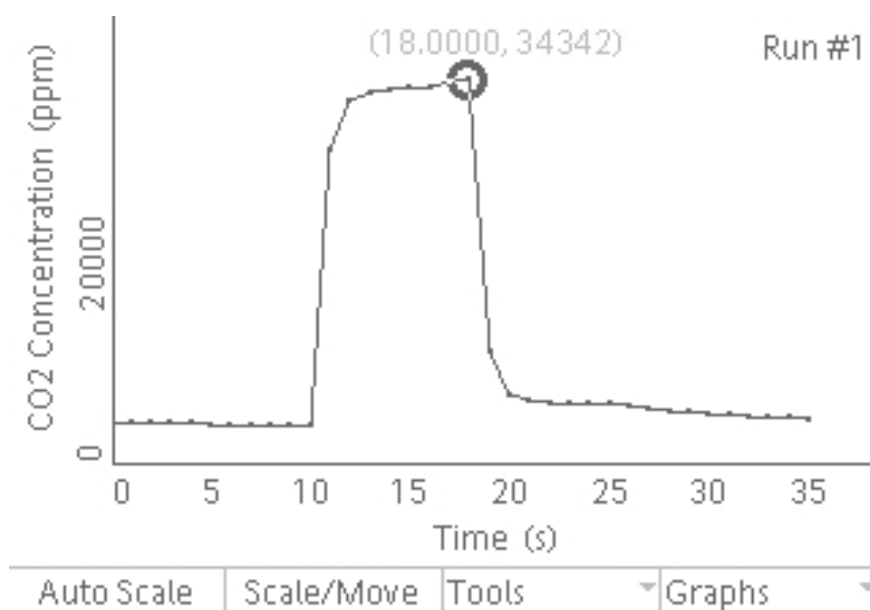
Měření	O <sub>2</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [ppm]
1.	15,9%	45212 ppm
2.	16,2%	36561 ppm
3.	16%	34342 ppm
<b>Průměr</b>	<b>16%</b>	<b>38705 ppm</b>

2. Graf průběhu změny množství kyslíku ve vydechovaném vzduchu v závislosti na čase.



Ukázka možného průběhu grafu – množství kyslíku

3. Graf průběhu změny množství CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu v závislosti na čase.



Ukázka možného průběhu grafu – množství CO<sub>2</sub>

## Závěr

1. Při měření hodnoty CO<sub>2</sub> se údaje zobrazují v jednotkách označených zkratkou ppm. Jak tuto hodnotu přepočtete na procenta?

*Zkratkou ppm se označuje jedna miliontina (celku); tento výraz je odvozován z latinského pars per milion.*

*Obdobně jako procento (jedna setina) či promile (jedna tisícina) se používá pro znázornění poměru jedné části vůči celku. Pro přepočet platí 1 % = 10 000 ppm a 1 ‰ = 1 000 ppm.*

2. Vysvětlete průběh křivek, které jste zaznamenali do grafu. Aplikujte výsledky na problematiku poskytování první pomoci dýcháním z úst do úst.

*Na začátku výdechu se k čidlu dostává atmosférický vzduch z dutiny ústní, následně pak vzduch z tzv. mrtvého prostoru dýchacích cest (průdušnice, průdušky) a teprve ke konci výdechu vzduch z plic. Po vydechnutí až do zastavení měření se pak křivka vrací k normálu (množství plynu v okolním prostředí). Z grafu, který znázorňuje množství kyslíku, je vidět, že zvláště při prvních sekundách výdechu je koncentrace kyslíku jen nepatrně nižší než v atmosféře a tudíž umělé dýchání z úst do úst není zbytečné.*

3. Stanovte, kolikrát se zvýšila koncentrace CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu oproti vzduchu atmosférickému.

*Běžně je v atmosféře 0,03 % CO<sub>2</sub>. Ve vydechovaném vzduchu bylo naměřeno průměrně 38705 ppm, což je po přepočtu 3,87 %. Koncentrace se tedy zvýšila 129×.*

## Pracovní list studenta

skupina:.....

jméno:..... třída:..... datum:.....

---

### Slovníček pojmů

Pokuste se vysvětlit některé pojmy, které se objevily v teoretickém úvodu k práci:

**Parciální tlak:**

**Difúze:**

## Teoretická příprava úlohy

Než se pustíte do práce, zodpovězte následující otázky:

1. Jak se změní obsah CO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu vzhledem k vzduchu atmosférickému?

2. Má smysl poskytovat nedýchající osobě umělé dýchání z úst do úst?

## Vizualizace naměřených dat

Z grafu zobrazeného na Xploreru GLX nebo v počítači odečtěte hodnotu minimální koncentrace O<sub>2</sub> a maximální koncentrace CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu a tuto hodnotu pro každé měření zapište do tabulky. Průběh křivky charakterizující množství kyslíku a CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu zaznamenejte graficky.

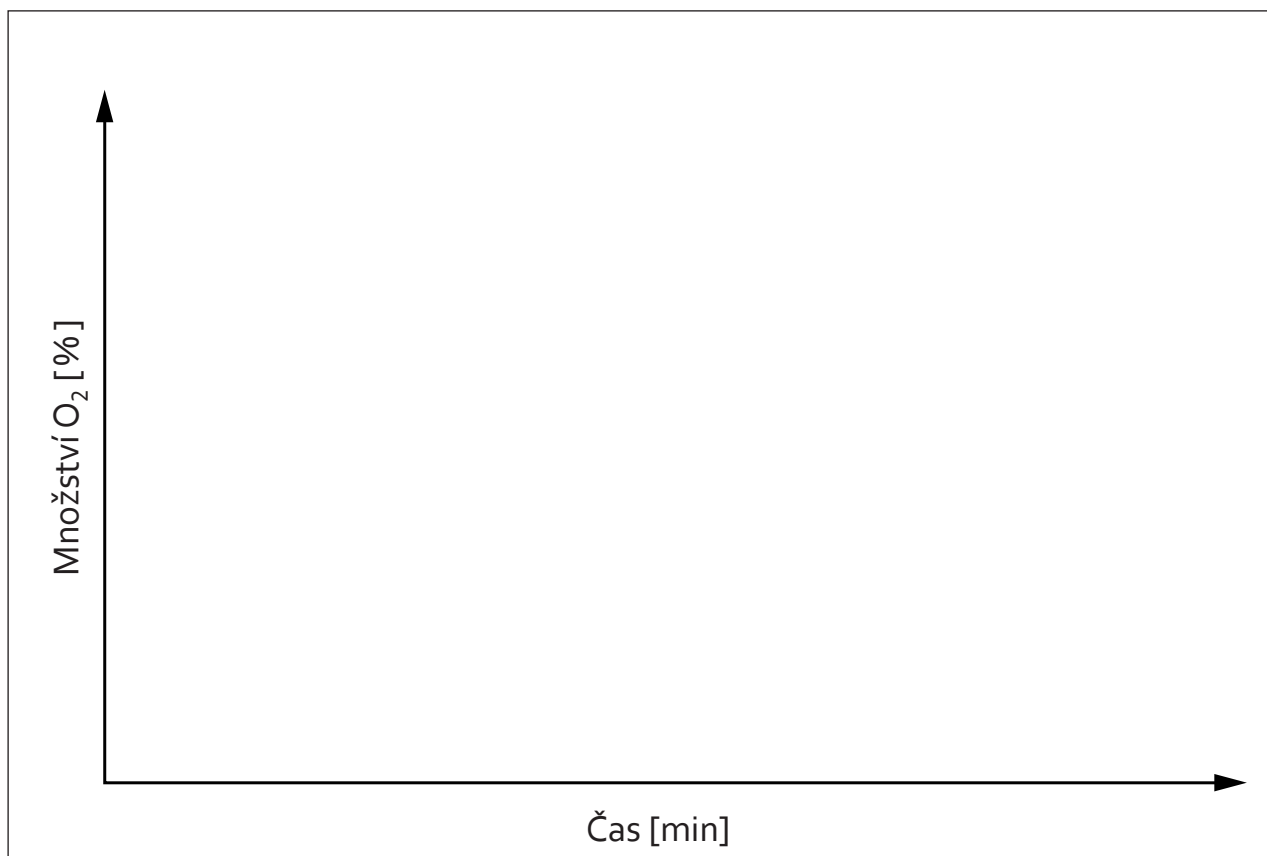
## Vyhodnocení naměřených dat

1. Složení vydechovaného vzduchu:

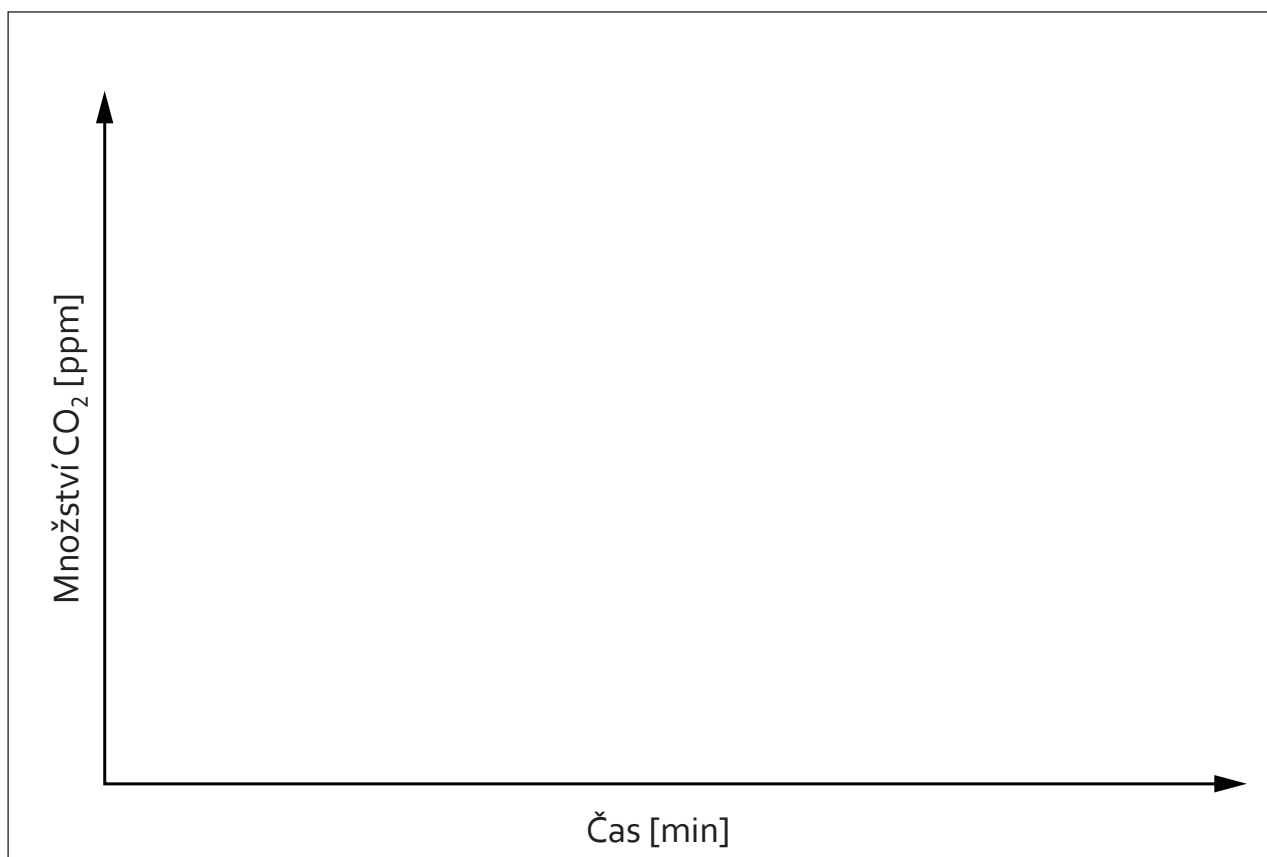
Měření	O <sub>2</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [ppm]
1.		
2.		
3.		
<b>Průměr</b>		



2. Graf průběhu změny množství O<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu v závislosti na čase.



3. Graf průběhu změny množství CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu v závislosti na čase.



## Závěr

1. Při měření hodnoty CO<sub>2</sub> se údaje zobrazují v jednotkách označených zkratkou ppm. Jak tuto hodnotu přepočtete na procenta?

2. Vysvětlete průběh křivek, které jste zaznamenali do grafu. Aplikujte výsledky na problematiku poskytování první pomoci dýcháním z úst do úst.

3. Stanovte, kolikrát se zvýšila koncentrace CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu oproti vzduchu atmosférickému.