

Univerzita Karlova v Praze

1. lékařská fakulta

Zdravotnická technika



**Měření oxidů uhlíku v interiérech zdravotnických
zařízení**

Bakalářská práce

Autor: Petr Martikán

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Ivana Holcátová, CSc.

Praha 2008

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Měření oxidů uhlíku v interiérech zdravotnických zařízení* napsal zcela samostatně. Použitá literatura je uvedena v seznamu literatury.

V Praze dne 25.5.2008

Petr Martikán

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat paní MUDr. Ivaně Holcátové, CSc. za její vstřícnost, čas a ochotu pomáhat. Za poskytnutí materiálů které mi pomohly k vypracování této práce též děkuji.

Abstrakt

Různé plyny jsou kolem nás neustále přítomny. Ve vzduchu který dýcháme se vyskytuje mnoho plynů, jak životně důležitých, tak i bohužel zdraví škodlivých jako jsou zplodiny z jedoucích aut, kouřících komínů elektráren, spaloven, chemických rafinérií atd.

Jelikož plyny jsou obvykle málo viditelné, nemusí být vůbec cítit a přitom mohou být velmi nebezpečné.

Existují různé technické metody a způsoby, které plyny analyzují a určí jejich koncentrace jak je kvalitativně i kvantitativně detekovat. K tomu účelu slouží analyzátory plynů.

Tato práce je zaměřena na negativní vliv automobilové dopravy na ovzduší, ve kterém stoupá koncentrace oxidů uhličitých a uhelnatého ve zdravotnických interiérech.

Praktická část je měřena přístrojem typu INNOVA 1312 Multi-gas monitor, který využívá infračervenou optoakustickou metodu.

Abstract

There are different gases around us. We are breathing much gases in the air.

There are much gases vitally important and much gases are harmful - for example car exhaust, smoking stacks, incinerators, chemical refinery etc.

Gases are usually low visible. We often can not smell it and they can be very dangerous.

There are exists some technical methods which define gases. For this purpose there are analyzers of gases.

This work is directed for the negative influence car exhaust. There are rising up concentration of carbon monoxide and carbon dioxide in medical insides in the air.

Practical part is measured by the Innova 1312 Multi-gas monitor using infrared photoacoustic method.

OBSAH

1. Úvod.....	8
2. Teoretická část.....	9
2.1. Fyziologie dýchání.....	9
2.1.1. Biologická oxidace.....	9
2.1.2. Dýchací cesty.....	9
2.1.3. Ventilace.....	10
2.1.4. Dýchací svaly.....	13
2.1.5. Distribuce dýchacích plynů.....	13
2.1.6. Difuze.....	14
2.1.7. Transport dýchacích plynů krví.....	14
2.1.8. Hypoxie.....	15
2.2. Měřicí metody analyzátorů plynů.....	16
2.2.1. Použití analyzátorů plynů.....	16
2.2.2. Základní principy.....	16
2.2.3. Nedisperzivní infračervený spektrometr - NDIR.....	16
2.2.4. Laserový analyzátor (DIR).....	18
2.2.5. Teplotně-vodivostní analyzátory (Katharometrické).....	18
2.2.6. Galvanometrické senzory.....	19
2.2.7. Porovnání metod.....	19
3. Metodika.....	20
3.1. Přístroj INNOVA 1312 Multi-gas monitor.....	20
3.1.1. Úvod.....	20
3.1.2. Princip činnosti.....	21
3.2. Propojení Přístroje INNOVA 1312 a konfigurace s PC.....	22
3.3. Popis míst měření.....	23
3.3.1. Měřená místnost 1.....	24
3.3.2. Měřená místnost 2.....	25
3.4. Průběh měření.....	26
3.4.1. Měřená místnost 1 (jídlna).....	26
3.4.2. Měřená místnost 2 (vyšetřovna).....	26
4. Grafy a tabulky.....	27

4.1.	Grafy	27
4.1.1.	Jídelna	27
4.1.2.	Vyšetřovna	28
4.2.	Tabulky	29
5.	výsledky měření	33
6.	Diskuze a závěr	34
7.	Seznam použité literatury a zdrojů.....	35

1. ÚVOD

Práce je zaměřena na měření oxidu uhličitého a uhelnatého. Oba plyny nás neustále obklopují. Oxid uhličitý je vlastně fyziologický plyn vydechovaný člověkem, ale při jeho vyšší koncentraci má mnoho negativních vlastností (snížení pozornosti, bolesti hlavy, apatie). Ve vysokých koncentracích může způsobit i smrt.

Oxid uhelnatý je jedovatý plyn bez zápachu, který se do ovzduší dostává především spalováním paliv. Tento plyn se při dýchání váže na hemoglobin místo kyslíku, pokud je jeho koncentrace vyšší, tělo začne strádat, což může vést až ke smrti.

Měření probíhalo ve zdravotnickém zařízení a účel této práce je zjistit jak moc nás ovlivňuje nepříznivými zplodinami automobilová doprava.

2. TERORETICKÁ ČÁST

2.1. Fyziologie dýchání

2.1.1. Biologická oxidace

Energii v lidském organismu získáváme biologickou oxidací, která se neobejde bez přísunu dostatečného množství kyslíku. To znamená, že bez trvalého dodávání kyslíku tkáním není život možný. Složení atmosféry Země se skládá z přibližně 79% dusíku, 20% kyslíku a zbylé procento tvoří ostatní plyny. Na nedostatek kyslíku je nejvíce citlivý mozek. Po zastavení dodávky kyslíku mozková tkáň odumírá přibližně za 5 minut. Rozvádění potřebného kyslíku po těle a odvod jeho metabolitu oxidu uhličitého mají na starosti plíce a krevní oběh. Plynová výměna probíhá v plicích na alveolokapilární membráně.

Kyslík má velkou schopnost vázat se s jinými prvky. A právě tímto navázáním dochází k uvolnění potřebné energie pro náš organismus. Princip je ten, že na energii bohaté substráty (sacharidy, proteiny, tuky) se postupně oxidují (zbavují se vodíkových atomů) za pozvolného uvolňování energie, která se za bazálních podmínek ze 44 % váže do makroergních fosfátových vazeb – ATP a z 56% je přeměňována v teplo. Kyslík se potom váže na uvolněné vodíkové atomy a vzniká voda. Uvolňovaný uhlík ze substrátů se spojuje také s vodíkem a vzniká oxid uhličitý (CO_2). Ten je poté transportován krví do plic a vylučován dýcháním.

2.1.2. Dýchací cesty

Hlavní rozdělení dýchacích cest: nosní dutina, nosohltan, hrtan, průdušnice, bronchiální strom. Jako první přijde vzduch do kontaktu s nosní dutinou, ta má funkci především smyslovou – čich. Zde se snaží čichové buňky rozeznat různé vůně a zápachy..

Poté vzduch proudí do nosohltanu (nasofarynx) dále do hrtanu (farynx) a průdušnice (trachey). Trachea se rozdvouje do dvou průdušek (bronchů). Z těchto

průdušek dochází k dalšímu větvení do průdušinek (bronchioly). Ty jsou dále větveny do jednotlivých plicních sklípků (alveolů).

Celé dýchací cesty mají za úkol nejen výměnu plynů, ale musí zároveň vdechovaný vzduch ohřívat a čistit od nečistot (prachu). K tomu slouží řasinkový epitel produkující hlen, který pokrývá veškeré dýchací cesty a je uzpůsoben k tomu aby nečistoty odváděl směrem do dutiny ústní.

Plice jsou jediným orgánem, který lze částečně ovládat vlastní vůlí.

2.1.3. Ventilace

Ventilace je proces při kterém probíhá výměna vzduchu mezi plicemi a vnějším prostředím. Přibližný objem vzduchu, který se dostane do plic při klidovém nádechu je 500 ml. Z tohoto objemu se do plic až k alveolům dostane přibližně 350 ml. Zbytek zůstává v takzvaném *anatomickém mrtvém prostoru*.

Další část vzduchu, která se neuplatní při plynové výměně je objem prostoru představovaný ventilovanými alveoly které nejsou dostatečně zásobeny krví - ani zde tedy nemůže probíhat přenos plynů. Tento prostor se nazývá *fyzilogický mrtvý prostor* a bývá výrazně zvýšen za některých patologických stavů postihujících plicní embolie.

K určení dostatečnosti ventilace slouží *spirometrie* - měření některých plicních kapacit a statických a dynamických plicních objemů. Původní spirometry pracovaly na principu dvou válců z lehkého materiálu zasunutých do sebe, kdy vzduch vydechnutý ústy vyšetřovanou osobou (při uzavřeném nosním průduchu) vysunoval příslušný válec. Zapisovací zařízení umožnilo odečtení měřeného plicního objemu. Současné spirometry běžně měří jak objemové, tak průtokové změny při požadovaných dechových manévrech. Nejběžnějším záznamem onen plicních kapacit a objemů je spirogram (obr. 1). Velice rozšířená je rovněž křivka průtok - objem (obr. 2), která využívá množství současného měření a záznamu obou veličin. Tímto způsobem lze měřit:

1. Statické plicní objemy

- VT = dechový objem (TV, tidal volume) - objem rovnající se velikosti nádechu a výdechu při klidovém dýchání. Většinou se měří z polohy klidového expira (tj.

polohy funkční reziduální kapacity, FRC), u dospělého muže dosahuje hodnoty 500 ml.

- IRV = inspirační rezervní objem - maximální objem, který může být ještě vdechnut po klidovém inspiriu (2 500 ml).

- ERV = expirační rezervní objem - maximální objem, jenž může být ještě vydechnut po klidovém výdechu (1 500 ml).

- RV = reziduální objem - objem, který v plicích zůstane po maximálním výdechu (1 500 ml).

2. *Statické plicní kapacity*

- VC = vitální kapacita (4 500 ml) - objem vydechnutý s maximálním úsilím po předchozím maximálním nádechu. VC je součtem VT+ IRV + ERV.

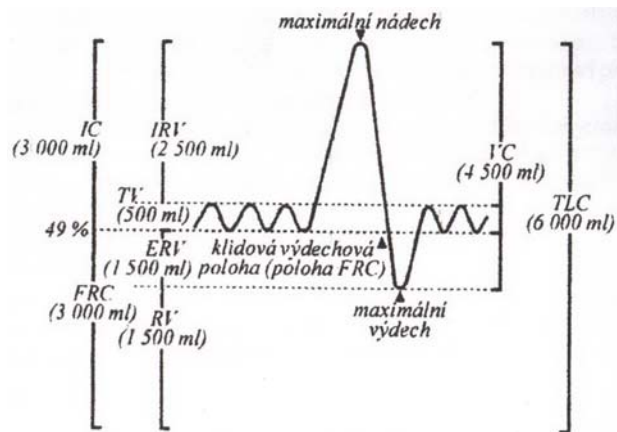
- IC = inspirační kapacita - objem rovný maximálnímu nádechu z polohy klidového výdechu. IC je součtem VT + IRV.

3. *Dynamické plicní objemy*

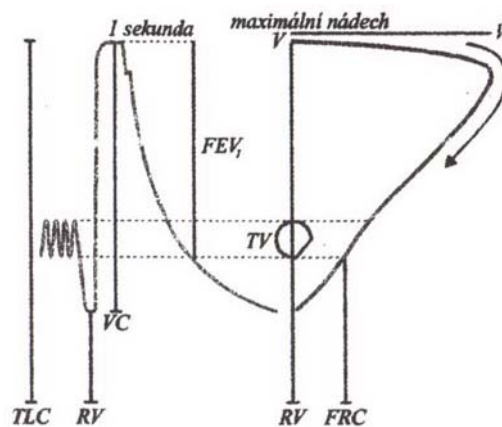
- V_E = minutová ventilace plic. Hodnota odpovídá součinu VT x f , kde f je frekvence dechových cyklů (tj. vdech a následný výdech) za minutu.

- MVV = maximum voluntary ventilation, maximální volní ventilace. Hodnota též odpovídá součinu, kde f je frekvence dechových cyklů za minutu. Vzhledem k tomu, že pacient není většinou schopen maximálně ventilovat po dobu celé minuty, hodnota se dopočítává z kratšího úseku takovéto usilovné ventilace.

- FEV = jednosekundová vitální kapacita - objem vzduchu, který vyšetřovaný s maximálním úsilím aco nejrychleji vydechne z polohy maximálního nádechu v první sekundě po začátku tohoto výdechu.



Obr. 1 Spirogram (křivka objem - čas). IC - inspirační kapacita, FRC - funkční reziduální kapacita, IRV - inspirační rezervní objem. VT - dechový objem, ERV- expirační rezervní objem, RV - reziduální objem. VC - vitální kapacita, TLC- celková kapacita plic.



Obr. 2 Spirogram a křivka průtok ~ objem. RV - reziduální objem, VC-vitální kapacita, TLC-celková kapacita plic, TV - dechový objem, V - objem během výdechu, V-průtok během výdechu, FEV₁ — objem vydechnutý v průběhu 1 sekundy.

- FRC - funkční reziduální kapacita - objem vzduchu, který zůstává v plicích na konci klidového výdechu. $FRC = RV + ERV$ (obr. 2). Ani reziduální objem, ani funkční reziduální kapacitu nelze přímo změřit prostou spirometrií. Pro měření RV a FRC, které jsou významné pro diagnostiku plicních chorob, se užívají nepřímé metody.

Hodnoty objemů a kapacit jsou závislé na tělesné výšce, věku, hmotnosti, povrchu těla, pohlaví, ale i rase, a dokonce na poloze vyšetřovaného..

V klinické praxi používáme většinou 4 objemy (TV, IRV, ERV, RV) a 4 plicní kapacity (VC, LC, FRC, TLC). Prostou spirometrií lze změřit 6 z nich, speciálními metodami pak RV a FRC.

2.1.4. Dýchací svaly

Dýchání je zajišťováno především bránicí a mezižeberními svaly. Při nádechu se bránice oplošťuje, mezižeberní svaly se pohybují směrem nahoru s zevně rotují. V plicích se začne vytvářet podtlak (tlak v plicích bude nižší než je atmosférický) a dojde k nasátí vzduchu do plic. Výdech je čistě pasivní, dojde k relaxaci bránice a mezižeberních svalů, v plicích se objeví přetlak a vdechnutý vzduch se vrací zpět do ovzduší.

2.1.5. Distribuce dýchacích plynů

Koncentrace plynů ve vzduchu se vyjadřuje parciálním tlakem. Parciální tlak je částečný tlak plynu, který je dán jeho koncentrací ve směsi plynů a celkovým tlakem této směsi.

Pro výměnu plynů jsou důležité parciální tlaky kyslíku (pO_2) a oxidu uhličitého (pCO_2) v oblasti alveolokapilární membrány. Níže je uvedena tabulka 1 s různými tlaky, které se vyskytují v částech dýchacího ústrojí.

	<i>Atmosférický vzduch</i>		<i>Alveolus</i>		<i>Expirovaný smíšený vzduch</i>	
	<i>kPa</i>	<i>mm Hg</i>	<i>kPa</i>	<i>mm Hg</i>	<i>kPa</i>	<i>mmHg</i>
pO_2	20	150	13,3	100	15,4	116
pCO_2	0,03	0,2	5,3	40	4,3	32

Tab. 1 Parciální tlaky kyslíku a oxidu uhličitého v jednotlivých částech dýchacího systému.

2.1.6. Difuze

Kyslík a oxid uhličitý prostupují alveolokapilární membránou difúzí. Velikost difúze je přímo úměrná difuzní ploše, koncentračnímu gradientu (rozdílu parciálních tlaků plynů na obou stranách membrány), difuzní konstantě, která závisí rozpustnosti plynu v prostředí – pro CO₂ je 25krát větší na pro O₂ a nepřímo úměrná síle membrány.

Alveolokapilární membrána je tvořena vrstvou kapilárního endotelu, mezibuněčným prostorem a vrstvou alveolárního epitelu. To znamená, že nikdy nedojde ke kontaktu mezi krví a alveolárním vzduchem.

Plocha alveolokapilární membrány činí přibližně 70 - 100 m² u dospělého člověka. Na této ploše je v plicích kapilárách 70 ml krve. Membrána má tloušťku 1 až 2 mm.

Doba difúze membránou je 0,75 s. Za normálních podmínek se během 0,1 s vyrovnají parciální tlaky mezi krví a alveolem.

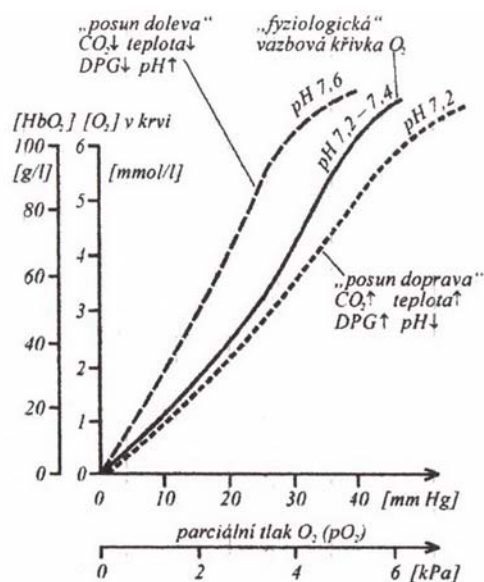
Sycení krve kyslíkem může být tedy porušeno buď z důvodů poruchy alveolokapilární membrány, nebo při hypoxické hypoxii, kdy je nízký tlakový rozdíl mezi alveolárním vzduchem a krví. Porucha alveolokapilární membrány se nejvíce projevuje při námaze, protože krevní průtok plicemi se zrychluje a zkracuje se doba pro difúzi plynů.

Při přechodu kyslíku do kapilární krve dochází k jeho rychlému přestupu do erytrocytu a reakci s hemoglobinem, tím se udržuje gradient pro difúzi O₂ z alveolárního plynu do krevní plazmy. Zároveň chemické reakce uvolňují CO₂ z vazby na hemoglobin a bílkoviny krevní plazmy a z HCO₃⁻. Tyto reakce udržují gradient pro difúzi CO₂ z krve do alveolárního vzduchu.

2.1.7. Transport dýchacích plynů krví

Transport dýchacích plynů je veden krevním řečištěm až k cílovým tkáním. Kyslík je převážně (97%) transportován erytrocyty vazbou na hemoglobin. Zbylý kyslík je rozpuštěn volně v krvi. Jeden gram hemoglobinu váže 1,39 ml kyslíku. Lidské tělo obsahuje průměrně 150g hemoglobinu v jednom litru krve, což znamená, že v jednom litru okysličené krve je 200ml kyslíku.

Množství kyslíku vázaného na hemoglobin je ovlivněno několika faktory. Nejvíce jej ovlivňují CO_2 , teplota a pH. Ve tkáních se afinita kyslíku k hemoglobinu zmenšuje pokud dochází ke zvyšování parciálního tlaku CO_2 , teploty a pH klesá. Opačný děj je v plicích. Vše je vidět na obr. 3



Obr. 3 Vazbová křivka O_2 v krvi.

Při transportu CO_2 se podílí více faktorů. Ve venózní krvi se CO_2 transportuje z 30% vázaný na hemoglobin a plazmatické bílkoviny. Z 60% je transportován jako bikarbonát. Zbytek (10 %) je volně rozpuštěn v krvi. V arteriální krvi je z 90% transportován ve formě bikarbonátu.

2.1.8. Hypoxie

Hypoxie je stav kdy se organismu nedostává potřebné množství kyslíku. Rozlišujeme několik typů hypoxie. *Hypoxie hypoxická* – nedostatek kyslíku v atmosférickém vzduchu (vyšší nadmořské výšky). *Hypoxie transportní* – je způsobena krevní nedostatečností, jako je anémie, velká ztráta krve, nedostatek červených krvinek, otrava oxidem uhelnatým (zabraňuje navázání kyslíku na hemoglobin). *Hypoxie cytotoxická* – jde o neschopnost tkání využít přijatý kyslík (jed cyankali). *Hypoxie cirkulační* – nedostatek kyslíku kvůli nedostatečnosti srdečního svalů na periférii nebo patologickými poruchami prokrvení (krevní sraženina v cévách, sklerotické pláty, spazmy cév)

2.2. Měřicí metody analyzátorů plynů

2.2.1. Použití analyzátorů plynů

- detekce toxických plynů
- detekce úniku plynu
- detekce SO₂, NO, NH₃, CO, CO₂, H₂O nebo CH₄
- měření koncentrace kyslíku
- měření koncentrace kyslíku ve spalínách
- měření koncentrace hořlavých plynů a par ve vzduchu
- zabezpečovací analyzátory (signalizace nebezpečí výbuchu)
- ochrana před nebezpečím výbuchu
- ochrana člověka před negativním působením
- přenosné přístroje - příležitostné měření koncentrace plynů a par
- stabilní přístroje - kontinuální sledování jedné nebo několika měřených komponent např. v ovzduší

2.2.2. Základní principy

Podle základního principu funkce lze analyzátory plynů rozdělit na:

Analyzátor pracující na fyzikálním principu - měří některou fyzikální veličinu v měřeném plynu, která má definovaný vztah a její hodnota je úměrná složení analyzovanému plynu

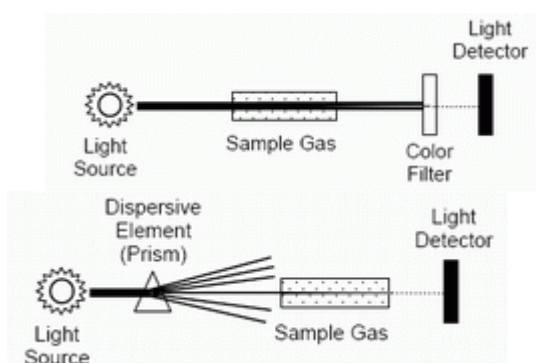
Analyzátor pracující na fyzikálně-chemickém principu - je založen na chemické reakci, které se účastní přímo detekovaný plyn nebo ji výrazně ovlivňuje.

2.2.3. Nedisperzivní infračervený spektrometr - NDIR

Tento princip patří mezi ty hojně využívané v průmyslových analyzátoch plynů.

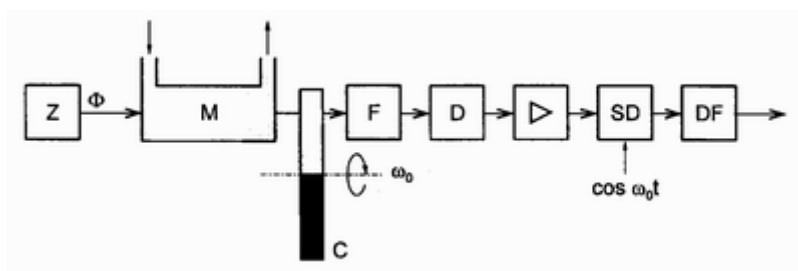
Metoda NDIR je založena na faktu, že některé plyny absorbují určitou vlnovou délku (spektrální čáru) záření, které jím prochází. Při správné volbě zdroje záření tato metoda umožňuje s vysokou selektivitou určovat a měřit složení plynů, jejichž absorpční pásma pohlcující světlo a leží ve spektru infračervených a

viditelných vlnových délek, tzn. od 200 do 800 nm. Mezi plyny splňující tento požadavek například SO_2 , NO , NH_3 , CO , CO_2 , H_2O nebo CH_4 .



Obr. 4. Porovnání principu NDIR - nedisperzivní (vlevo) a DIR - disperzivní (vpravo)

Princip absorpce infračerveného záření využívá skutečnosti, že každý druh plynu absorbuje jinou vlnovou délku a tak lze i ve směsi několika různých plynů určit přesně složení. Zjistí se, které vlnové délky prošlého záření chybí, nebo jsou zeslabeny. Podle intenzity útlumu se pak určuje koncentrace každého plynu obsaženého ve směsi.



Obr. 5. Principiální schéma NDIR Z - zdroj záření, M - měřicí komora s plynem, C - clonový kotouč, F - filtr, D - analyzátor, SD - synchronní analyzátor, DF - dolnofrekvenční filtr)

Principiální blokové schéma nedisperzivního infračerveného spektrometru je na obrázku 5. Zdroj infračerveného záření (výbojka) vysílá paprsky, které jsou z důvodu detekce změn přerušovány otáčejícím se clonovým kotoučem. Paprsky dále procházejí komorou s analyzovaným plynem. Za ní se nachází analyzátor záření - přijímač, který měří útlum jednotlivých složek a převádí je na elektrický signál. Ten se již upravuje, digitalizuje a elektronicky zpracovává, až se získá výsledná informace o složení a koncentracích jednotlivých složek. Pro případy, kdy je nutné dosáhnout velmi vysoké přesnosti a detekovat jen několik druhů plynů, tzn. měřit absorpci jen na několika konkrétních vlnových délkách, se jako zdrojů záření využívá laserových diod. Ty generují jen velmi úzké svazky

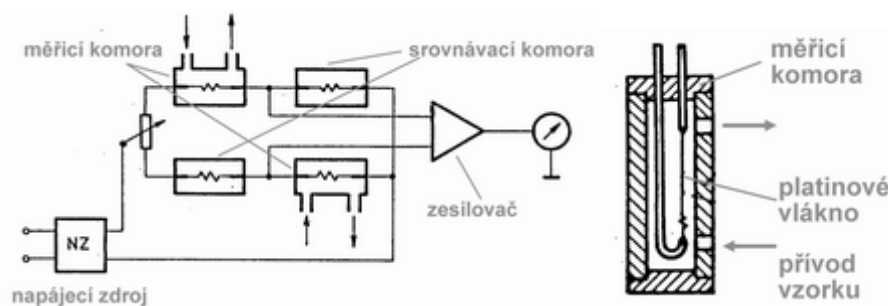
paprsků, jejichž spektrum obsahuje jen jednu vlnovou délku. Ta je nastavena přesně na absorpční maximum hledané složky plynu a křížová citlivost se tak maximálně eliminuje. Tento princip již odpovídá spíše principu disperzivního infračerveného spektrometru - DIR.

2.2.4. Laserový analyzátor (DIR)

Tento analyzátor využívá principu DIR – disperzivního infračerveného spektrometru. Je to prakticky obdobná metoda jako NDIR, jen je tu nahrazena dioda produkující infračervené záření monochromatickým laserem který vyzařuje velmi úzký svazek záření na konkrétní vlnové délce měřeného plynu. Tyto analyzátoři jsou velmi přesné. Jeho nevýhodou proti NDIR je schopnost detekovat jen tolik složek, kolik je laserových diod je ve vysílači.

2.2.5. Teplotně - vodivostní analyzátoři (Katharometrické)

Základem teplotně - vodivostních analyzátorů je rozdílná tepelná vodivost různých druhů plynů. Jestliže budeme porovnávat tepelnou vodivost neznámé směsi se známým referenčním plynem, lze získat informaci o jeho množství v analyzované směsi.



Obr. 6 Blokové uspořádání teplotně-vodivostního analyzátoru plynů (vlevo) a detail komory (vpravo)

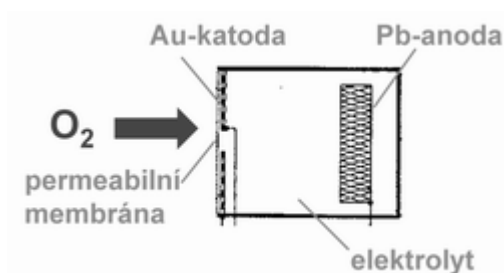
Principiální příklad teplotně-vodivostního analyzátoru je na obrázku 6. Základem je analyzátor s referenčními (srovnávacími) a měřicími komorami, v nichž jsou napnuté platinové drátky. Ty jsou zahřívány protékajícím proudem konstantní velikosti na teplotu cca 100 až 150 °C a zapojeny do vyváženého Wheatstoneova můstku. Změna koncentrace měřeného plynu v analyzované směsi

způsobuje změnu tepelné vodivosti a tím i zahřátí platinového drátku. Podobně jako u kovových odporových senzorů teploty se i zde s teplotou změní jejich odpor a rozváží se můstek. Výsledkem je rozdílové napětí zesílené rozdílovým zesilovačem. Čím je toto napětí větší nebo menší, tím je v analyzované směsi vyšší nebo nižší koncentrace plynu obsaženého ve srovnávacích komorách.

2.2.6. Galvanometrické senzory

Tento princip se využívá pro detekci plynů, které lze elektrolyticky přeměnit nebo oxidují na kovovém katalyzátoru, jako jsou platina nebo zlato. Typické plyny, které lze tímto způsobem měřit jsou oxidy - O_2 , NO , NO_2 , CO , CO_2 a H_2S nebo organické páry alkoholů, aldehydů nebo ketonů. Citlivost senzorů pracujících na uvedeném principu se pohybuje zhruba v rozsahu 3-30 ppm.

Nejvíce se ho využívá pro zjišťování obsahu kyslíku. Celý princip je obdobný funkci palivového článku, tzn. že kyslík se na rozhraní vrstvy katoda/elektrolyt elektrochemickou cestou přeměňuje na el. proud, jehož velikost je úměrná koncentraci kyslíku v měřené směsi plynů. Měřicí buňka obsahuje olovenou anodu a zlatou katodu ponořené do elektrolytu na bázi kyseliny octové. K zlaté katodě elektrolytu od analyzované směsi se využívá difúzní membrána z PTFE. Proudová smyčka je uzavřena zatěžovacím odporem, který převádí úroveň proudu na úbytek napětí. Termistor zapojený v sérii s rezistorem může provádět kompenzaci vlivu teploty.



Obr. 7. Galvanometrický senzor kyslíku pracující na principu palivového článku

2.2.7. Porovnání metod

V přesnosti měření CO₂ se nejlepšími výsledky vyznačuje laserový analyzátor využívající technologii DIR, ale jelikož využívá k detekci a analýze laseru, jsou jeho možnosti dosti omezené. Proto se nejvíce rozšířila metoda NDIR, která umožňuje měření velkého množství plynů s celkem přesnými výsledky.

3. METODIKA

3.1. Přístroj INNOVA 1312 Multi-gas monitor

3.1.1. Úvod

Přístroj používá infračervenou optoakustickou metodu. Princip měření je založen na absorpci infračerveného světla procházejícím vzorkem plynu. Fotoakustická metoda měří množství absorbované světelné energie měřením akustické energie vyzářené molekulou plynu, které před tím toto záření absorbovala. Vyhodnocení naměřených signálů je pomocí příslušného software zpracováno a zaznamenáno. Přístroj umožňuje současně měřit až pět plynů a vodní páru. Naměřené hodnoty přístroj přepočítává na normální stavové podmínky a průběžně automaticky ukládá.



Obr. 9 Monitor Innova 1312

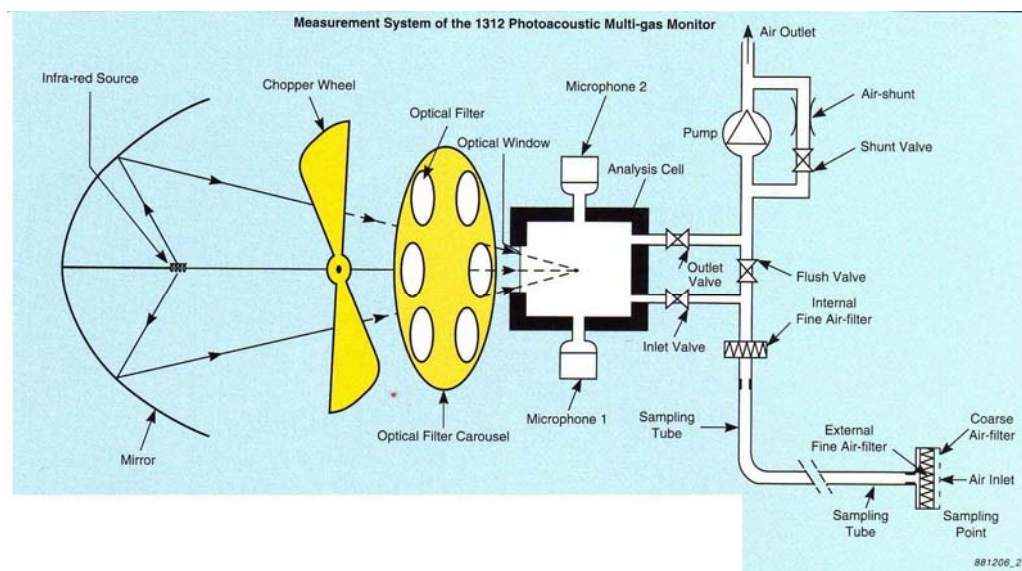
Přístroj Innova typ 1312 Multi gas monitor je fotoakustický spektrofotometr určený pro monitorování nestálých organických sloučenin ve fázi páry. Odběr vzorku je prováděn nad kapalinou v uzavřené nádobě což rozšiřuje schopnosti měření přístroje. Přístroj využívá fotoakustický efekt, který je založený na konverzi světelné energie do energie zvukové za pomoci plynu nebo tekutiny. Tento efekt objevil Alexander Graham Bell koncem 18. století, ale zájem o tento objev začal být až po roce 1970, kdy začal vývoj laserů a velmi citlivých identifikačních technologií. Od té doby se tyto přístroje využívají pro monitorování široké škály chemických látek, okolního vzduchu, emisí.

3.1.2. Princip činnosti

Pokud plyn ozáříme elektromagnetickou energií s takovou frekvencí, která bude odpovídat rezonanční vibrační frekvenci měřeného plynu, část této energie bude plynem absorbována. Absorpce energie způsobí u některých molekul excitaci a tím přestoupí do vyššího energetického stavu. Tyto molekuly se následovně uvolní zpět do počátečního stavu který provází zářivé a nezářivé procesy. Pro vibrační excitaci je primární relaxační proces nezářivý – vibrační translační přenos energie. Zvýšením translační energie molekul plynu docílíme zvýšením teploty a tlaku v plynu. Podle konkrétního měřeného plynu se nastaví příslušná teplota a tlak. Takto předem definované podmínky pro určitý plyn způsobí akustickou vlnu, která je detekovaná zvukovým měřicím zařízením (mikrofonem). Amplituda zvukové vlny závisí na mnoha okolnostech jako je geometrické uspořádání plynové komory, světelná intenzita, koncentrace absorbovaného plynu, absorpční koeficient a šum.

Přístroj používá zahřátý nichromový drát jako zdroj infračerveného záření. Světlo ze zdroje je fokusováno elipsoidovým zrcadlem, prochází optickým filtrem před vstupem do fotoakustické plynové komory. Akustický signál je detekován párem mikrofonů. Elektrické signály z mikrofonů jsou zesíleny předzesilovači umístěnými přímo na zadní straně mikrofonů. Poté je signál ještě jednou zesílen zesilovači před vstupem do analogově digitálního převodníku za kterým probíhá

další zpracování. Digitalizovaný signál je převeden na koncentrace a interpretován pomocí kalibračního prvku v přístroji.

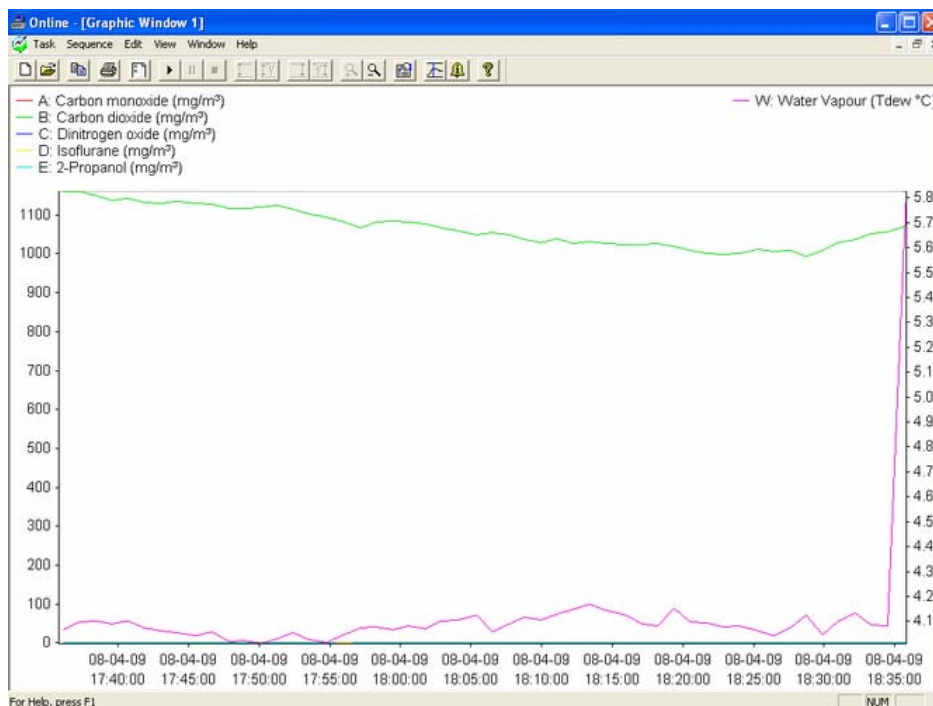


Obr. 10 Principiální schéma přístroje

3.2. Propojení Přístroje INNOVA 1312 a konfigurace s PC

Tento přístroj může pracovat jak samostatně, kde probíhá obsluha pomocí ovládacího panelu na přední straně, nýbrž ho lze propojit s jakýmkoli osobním počítačem nebo notebookem který disponuje sériovým rozhraním RS – 232. Jiné připojení například přes redukci mezi toto sériové a USB rozhraní není bohužel možné, což omezuje kompatibilitu s nynější výpočetní technikou.

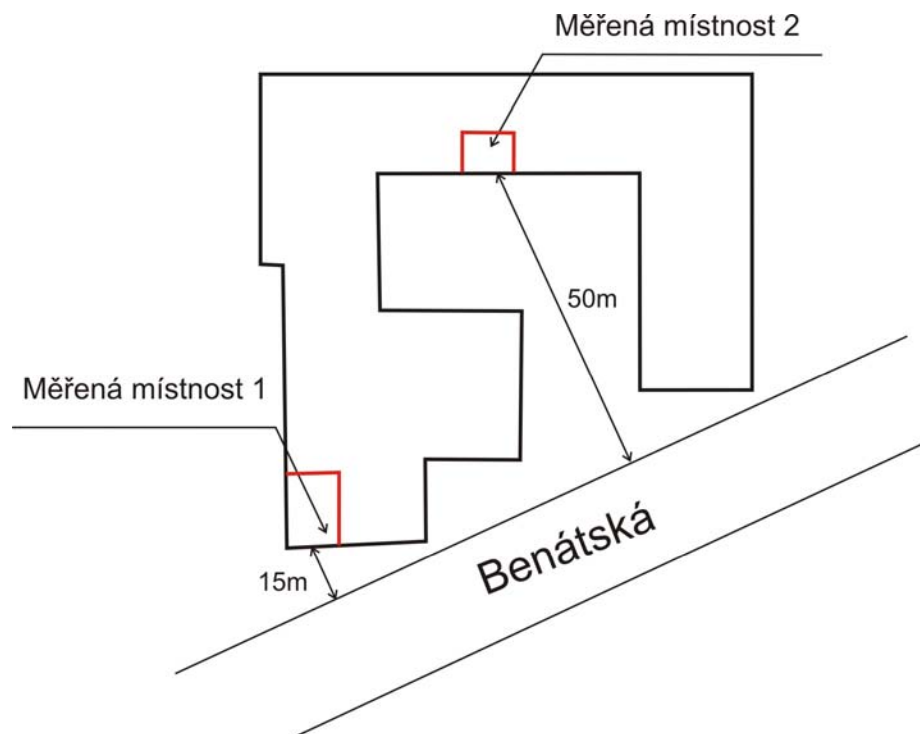
U tohoto přístroje je velmi důležité při propojování s PC mít obě zařízení vypnuté, jinak datová komunikace nebude navázána. Poté je nezbytné po startu operačního systému a zapnutí ovládacího programu měřícího přístroje (obr.11) pro práci v online režimu správně nakonfigurovat datovou komunikaci sériového přenosu. To samé se musí provést i na ovládacím panelu samotného přístroje. Oboje nastavení musí být stejné, jinak propojení nebude fungovat. Po správné konfiguraci je měřící přístroj připraven k použití. Veškeré měření a nastavení se provádí pomocí příslušného software, což zvyšuje komfort při měření.



Obr. 11 Program pro komunikaci s měřicím monitorem

3.3. Popis míst měření

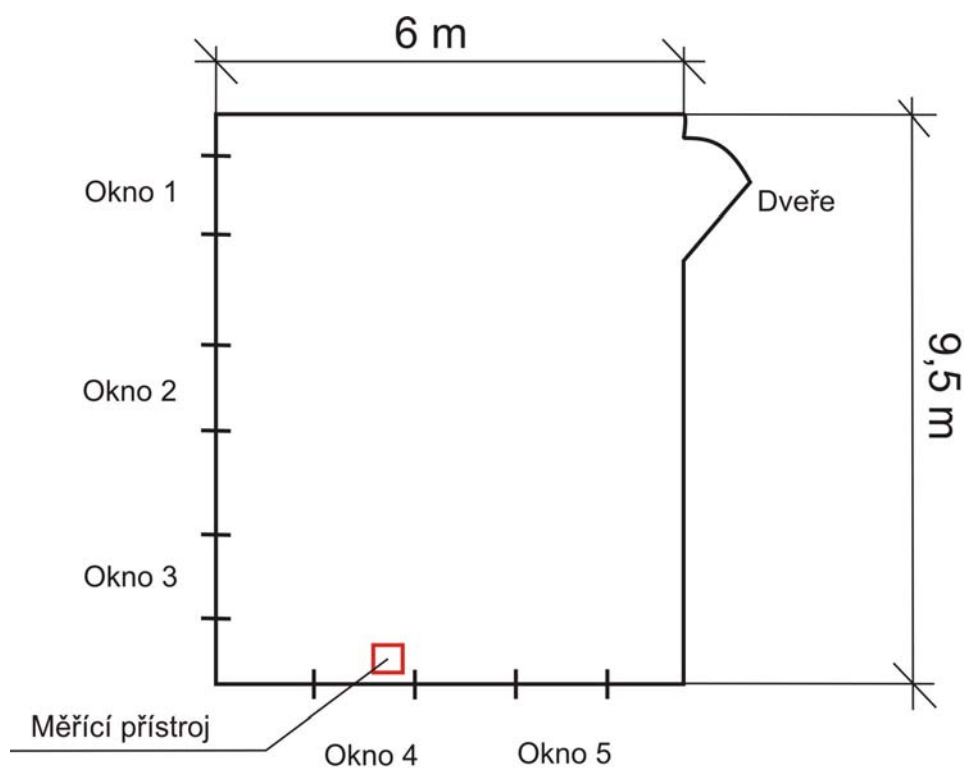
Měření proběhlo v areálu Všeobecné fakultní nemocnice v Praze, U Nemocnice 2, na klinice otorhinolaryngologie v prvním patře. Situaci o měření nejlépe vystihuje obrázku. 12. Měřená místnost 1 je jídelna pro pacienty a zároveň dětský kout. Měřená místnost 2 je vyšetřovna.



Obr. 12

3.3.1. Měřená místnost 1

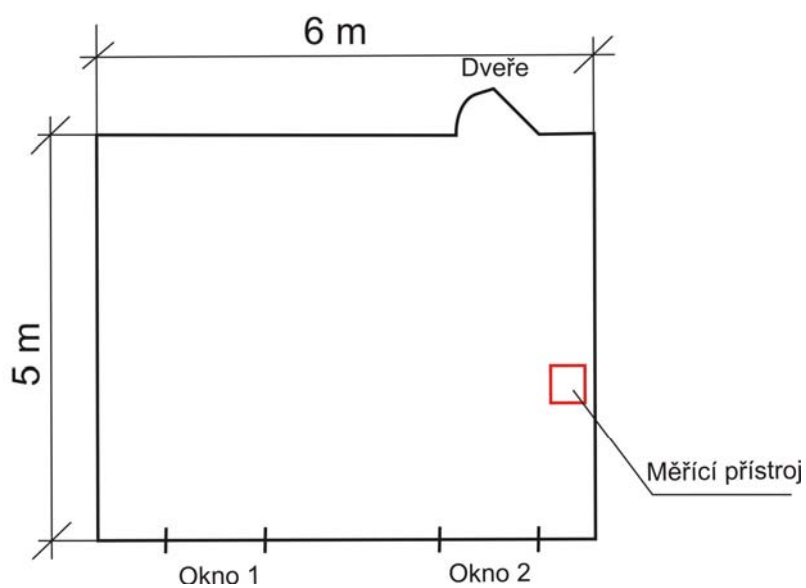
Jak už jsem se zmínil zde se nachází jídelna. Je to obdélníková místnost, s pěti okny. Měřicí přístroj byl umístěn ve výšce kolem jednoho metru pod čtvrtým oknem (viz obr. 13)



Obr. 13 Nákres monitorované místnosti 1

3.3.2. Měřená místnost 2

V této místnosti se nachází ošetřovna. Přístroj byl umístěn přibližně 1,5 metru od okna na pracovní desce. Viz obrázek 14.



Obr. 14 Nákres monitorované místnosti 2

3.4. Průběh měření

3.4.1. Měřená místnost 1 (jídelna)

Měření bylo zahájeno po snídani pacientů v čase 8:47. V místnosti se nikdo nevyskytoval kromě obsluhy PC. Dveře byly zavřené. Až v čase 11:30 až 11:42 pobývali v místnosti 2 dospělí lidé a 1 dítě. Konec měření bylo 11:53 před začátkem přípravy oběda

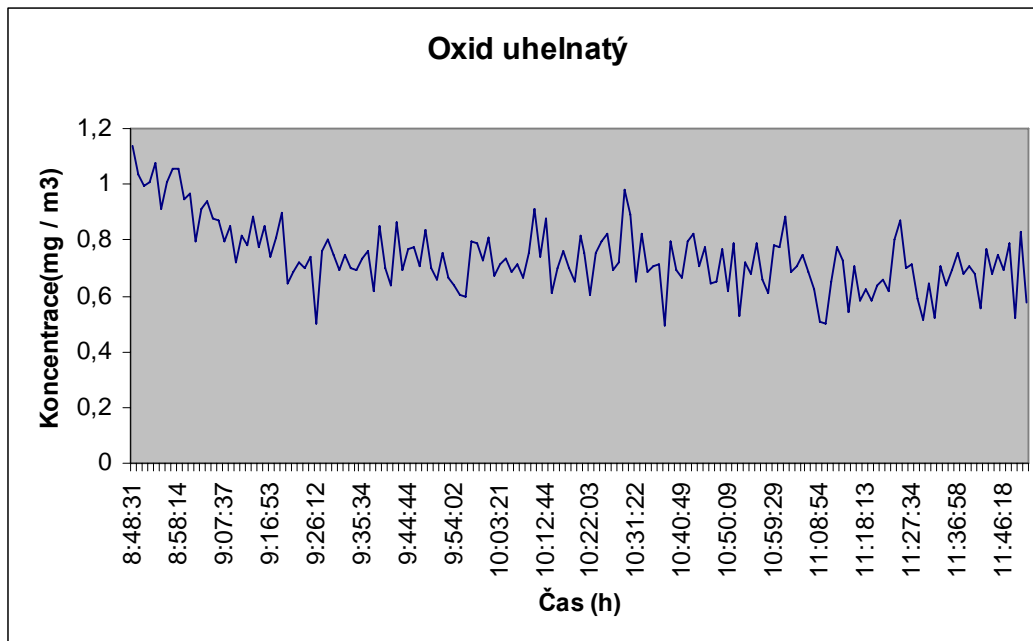
3.4.2. Měřená místnost 2 (vyšetřovna)

Měřit se začalo v 13:48. Až do času 15:15 byl v místnosti pouze jeden člověk . Poté začalo vyšetřování 5 lidí s jedním doktorem. Vyšetření skončilo v 15:30. Od té doby až do konce měření zde pobývaly 2 osoby. Dveře byly zavřené. Měření bylo zakončeno v 16:37.

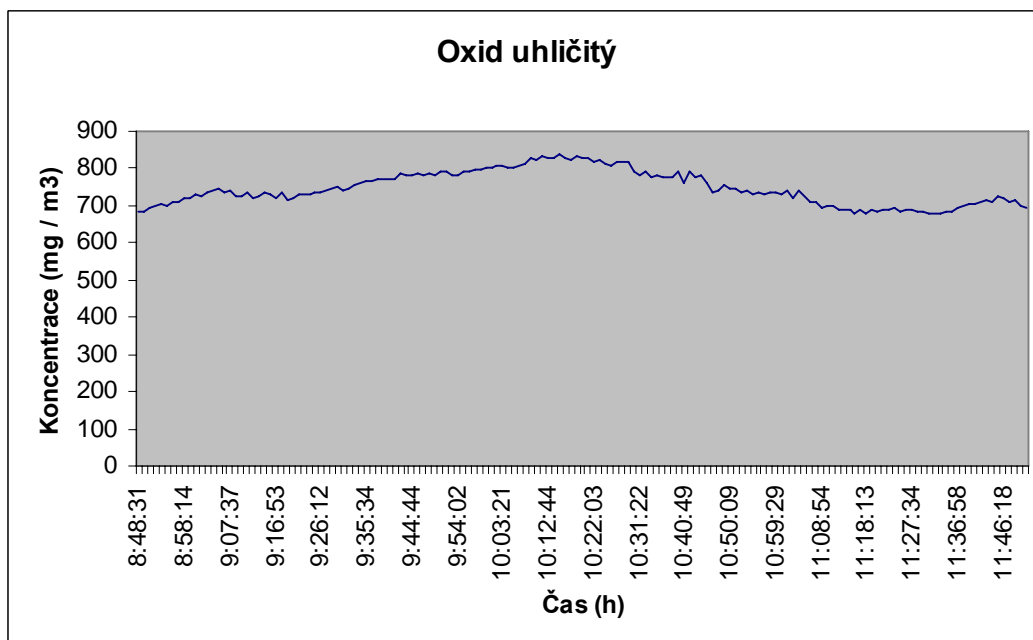
4. GRAFY A TABULKY

4.1. Grafy

4.1.1. Jídelna

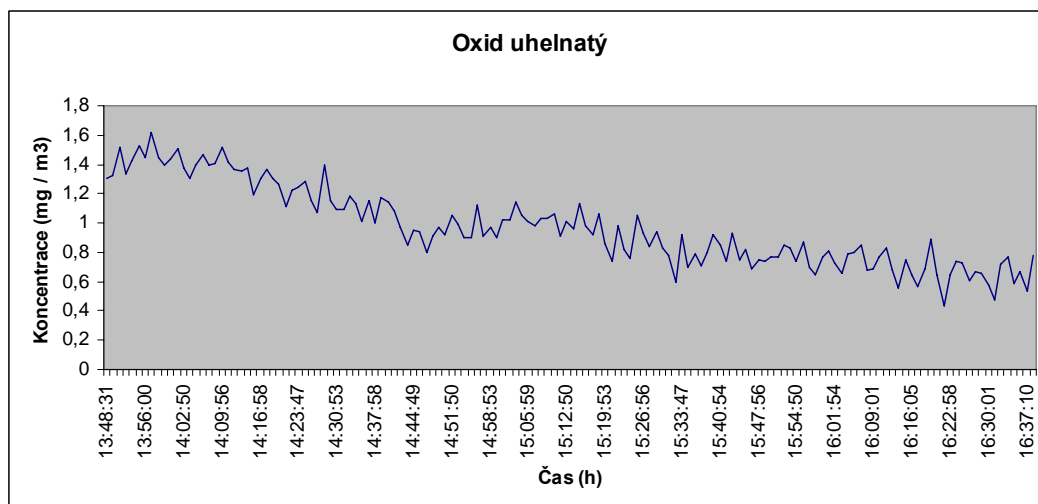


Graf 4.1.1 Závislost koncentrace oxidu uhelnatého na čase

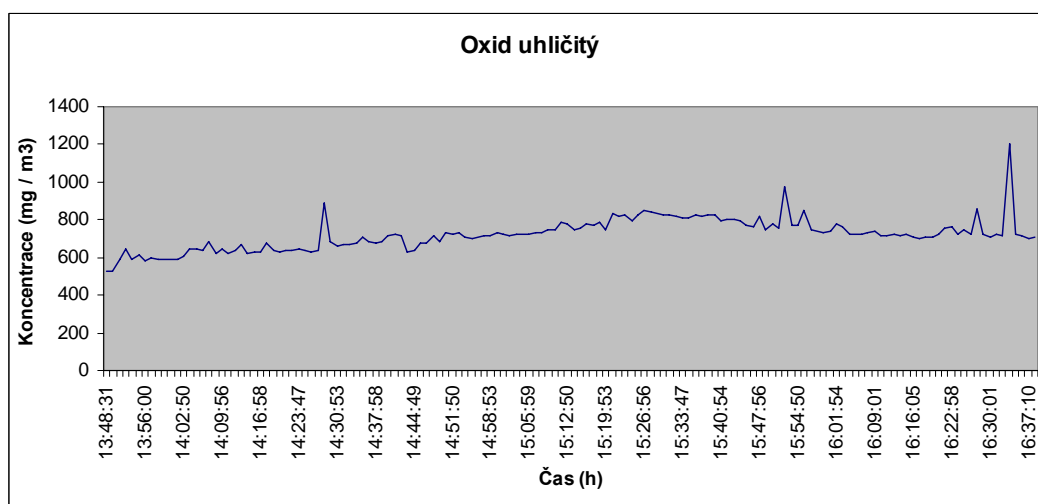


Graf 4.1.2 Závislost koncentrace oxidu uhličitého na čase

4.1.2. Vyšetřovna



Graf 4.1.3 Závislost koncentrace oxidu uhelnatého na čase



Graf 4.1.4 Závislost koncentrace oxidu uhličitého na čase

4.2. Tabulky

Tab. 2 Naměřené hodnoty
CO a CO₂ v jídelně

Jídelna		
Čas	Koncentrace [mg/m ³]	
	CO	CO ₂
8:48:31	1,1400	683,2910
8:50:05	1,0334	686,4063
8:51:13	0,9941	694,2766
8:52:22	1,0089	700,0153
8:53:30	1,0794	703,5131
8:54:39	0,9101	701,8188
8:55:58	1,0081	709,0333
8:57:06	1,0593	711,9846
8:58:14	1,0567	718,2152
8:59:22	0,9442	720,5654
9:00:31	0,9670	727,8344
9:01:40	0,7946	725,9215
9:02:49	0,9135	734,5569
9:03:57	0,9401	738,1095
9:05:21	0,8801	745,1599
9:06:29	0,8720	737,4536
9:07:37	0,7924	738,4374
9:08:45	0,8525	727,3425
9:09:53	0,7216	722,8062
9:11:02	0,8161	736,6339
9:12:10	0,7791	722,2596
9:13:18	0,8870	726,0308
9:14:26	0,7725	734,0650
9:15:45	0,8503	729,2007
9:16:53	0,7439	718,8711
9:18:02	0,8075	736,7977
9:19:10	0,9002	716,4116
9:20:18	0,6423	721,2758
9:21:26	0,6877	732,8080
9:22:35	0,7225	731,9882
9:23:43	0,7000	728,7635
9:24:51	0,7375	737,6722
9:26:12	0,5026	734,3383
9:27:21	0,7623	739,1479
9:28:29	0,8001	747,3461
9:29:37	0,7458	749,5869
9:30:46	0,6927	741,9899
9:31:54	0,7494	745,2145
9:33:02	0,6977	754,7791
9:34:11	0,6922	762,7587
9:35:34	0,7319	766,3658
9:36:43	0,7591	766,2019

Tab. 3 Naměřené hodnoty
CO a CO₂ ve vyšetřovně

Vyšetřovna		
Čas	Koncentrace [mg/m ³]	
	CO	CO ₂
13:48:31	1,3037	530,0889
13:50:07	1,3197	529,3893
13:51:16	1,5127	593,2750
13:52:24	1,3335	642,1907
13:53:33	1,4305	591,7446
13:54:41	1,5312	616,1206
13:56:00	1,4413	583,8744
13:57:09	1,6139	594,3134
13:58:17	1,4484	593,6028
13:59:25	1,3974	593,2203
14:00:34	1,4317	586,5524
14:01:42	1,5019	586,2245
14:02:50	1,3759	606,7200
14:03:58	1,3038	644,3223
14:05:07	1,3995	642,6281
14:06:31	1,4643	634,7578
14:07:39	1,4000	683,2363
14:08:48	1,4095	619,8370
14:09:56	1,5120	643,9944
14:11:05	1,4117	622,1326
14:12:13	1,3680	636,0695
14:13:22	1,3570	669,8459
14:14:30	1,3773	623,2256
14:15:49	1,1924	626,6142
14:16:58	1,3084	632,7902
14:18:06	1,3700	675,4754
14:19:14	1,3062	634,2659
14:20:22	1,2612	632,7902
14:21:31	1,1082	636,2880
14:22:39	1,2210	638,4742
14:23:47	1,2423	641,4802
14:24:56	1,2794	635,6322
14:26:15	1,1527	630,9319
14:27:24	1,0677	636,6707
14:28:32	1,3992	887,0977
14:29:42	1,1514	681,2687
14:30:53	1,0953	659,0244
14:32:01	1,0945	665,8015
14:33:09	1,1803	665,0364
14:34:18	1,1342	677,6616
14:35:26	1,0144	704,3876
14:36:49	1,1536	687,1714

9:37:51	0,6146	768,8800
9:39:00	0,8473	771,5580
9:40:08	0,7019	769,1533
9:41:17	0,6343	771,8860
9:42:26	0,8648	784,2925
9:43:34	0,6952	782,9808
9:44:44	0,7688	782,7622
9:46:03	0,7773	788,8835
9:47:12	0,7029	780,6307
9:48:20	0,8347	785,7136
9:49:29	0,6967	783,3087
9:50:37	0,6581	789,5940
9:51:46	0,7552	791,4523
9:52:54	0,6657	780,5214
9:54:02	0,6369	782,2156
9:55:22	0,6009	791,6163
9:56:30	0,5999	791,5616
9:57:38	0,7947	796,6445
9:58:47	0,7918	798,9946
9:59:55	0,7277	804,5147
10:01:04	0,8057	801,5087
10:02:12	0,6698	808,7231
10:03:21	0,7109	806,5916
10:04:29	0,7348	803,2030
10:05:53	0,6839	804,6787
10:07:01	0,7109	806,2637
10:08:10	0,6664	810,8000
10:09:18	0,7571	825,5021
10:10:27	0,9140	825,3927
10:11:36	0,7429	831,0222
10:12:44	0,8768	827,4150
10:13:53	0,6084	826,9777
10:15:12	0,7012	837,3074
10:16:21	0,7624	827,7429
10:17:29	0,7020	822,2775
10:18:38	0,6524	830,9129
10:19:46	0,8135	829,8198
10:20:54	0,7550	829,0000
10:22:03	0,6020	818,9982
10:23:11	0,7546	822,9333
10:24:20	0,7975	814,4618
10:25:39	0,8229	809,3790
10:26:48	0,6935	817,1399
10:27:57	0,7190	819,1622
10:29:05	0,9773	816,9213
10:30:14	0,8911	791,3430
10:31:22	0,6497	783,9100
10:32:31	0,8253	790,9604
10:33:40	0,6846	774,4547
10:34:48	0,7040	781,8878

14:37:58	1,0026	678,7000
14:39:06	1,1682	686,7888
14:40:14	1,1388	712,8044
14:41:23	1,0818	723,7900
14:42:31	0,9731	712,7498
14:43:39	0,8538	630,7133
14:44:49	0,9496	637,8730
14:46:08	0,9390	678,9186
14:47:16	0,7955	679,5198
14:48:25	0,9110	717,7780
14:49:34	0,9671	685,8597
14:50:42	0,9171	734,5023
14:51:50	1,0547	722,6969
14:52:59	0,9956	734,3929
14:54:08	0,8976	704,3876
14:55:16	0,9030	701,6549
14:56:36	1,1201	709,2518
14:57:44	0,9064	718,5978
14:58:53	0,9663	716,4116
15:00:01	0,8966	729,8566
15:01:09	1,0250	722,9702
15:02:18	1,0259	718,4338
15:03:27	1,1377	723,9539
15:04:35	1,0561	724,2272
15:05:59	1,0125	723,2981
15:07:08	0,9770	729,9113
15:08:17	1,0278	732,9719
15:09:25	1,0344	746,6356
15:10:33	1,0636	748,7671
15:11:42	0,9072	787,4625
15:12:50	1,0098	776,5316
15:13:59	0,9648	750,6254
15:15:08	1,1298	756,7466
15:16:27	0,9825	781,8878
15:17:36	0,9199	773,6896
15:18:44	1,0654	785,3310
15:19:53	0,8634	748,5485
15:21:01	0,7412	830,1477
15:22:10	0,9847	821,1297
15:23:19	0,8181	823,9171
15:24:27	0,7618	795,1688
15:25:36	1,0490	826,1033
15:26:56	0,9330	848,0743
15:28:05	0,8416	843,4287
15:29:13	0,9365	831,4594
15:30:22	0,8312	826,1033
15:31:30	0,7773	828,3987
15:32:38	0,6008	820,1459
15:33:47	0,9243	813,3141
15:34:56	0,6938	808,7231

10:36:13	0,7149	774,6733
10:37:21	0,4909	778,1713
10:38:30	0,7972	778,0619
10:39:40	0,6904	789,9220
10:40:49	0,6674	759,3701
10:41:57	0,7986	790,0313
10:43:06	0,8223	774,5094
10:44:15	0,7089	779,6469
10:45:34	0,7761	758,8782
10:46:43	0,6415	737,8362
10:47:52	0,6510	741,9353
10:49:01	0,7695	758,4409
10:50:09	0,6178	747,0182
10:51:18	0,7876	747,4008
10:52:26	0,5306	735,2128
10:53:35	0,7216	741,6074
10:54:44	0,6776	730,4032
10:56:04	0,7912	736,1419
10:57:12	0,6580	730,2938
10:58:21	0,6127	734,4476
10:59:29	0,7789	737,5629
11:00:38	0,7721	729,4194
11:01:46	0,8867	738,2188
11:02:55	0,6886	719,5815
11:04:03	0,7033	742,5365
11:05:27	0,7446	725,7576
11:06:36	0,6853	711,3834
11:07:45	0,6267	707,9402
11:08:54	0,5091	694,4951
11:10:02	0,5010	697,9930
11:11:11	0,6543	697,3372
11:12:19	0,7720	690,6693
11:13:28	0,7267	690,0135
11:14:37	0,5437	689,7949
11:15:56	0,7037	680,5582
11:17:05	0,5857	686,6796
11:18:13	0,6265	678,8093
11:19:22	0,5855	687,2808
11:20:31	0,6395	685,6411
11:21:39	0,6587	690,2321
11:22:48	0,6194	686,7888
11:23:57	0,8001	695,0417
11:25:16	0,8693	685,5319
11:26:25	0,6961	688,3192
11:27:34	0,7134	691,6531
11:28:43	0,5863	681,7607
11:29:51	0,5174	685,3679
11:31:00	0,6460	678,5360
11:32:08	0,5201	677,3337
11:33:17	0,7032	678,8640

15:36:20	0,7928	825,4474
15:37:28	0,7103	814,1885
15:38:37	0,7958	821,9495
15:39:46	0,9173	826,3765
15:40:54	0,8503	792,3267
15:42:03	0,7363	802,0553
15:43:12	0,9256	800,6889
15:44:20	0,7499	792,5453
15:45:39	0,8161	768,5520
15:46:48	0,6837	766,2019
15:47:56	0,7439	820,3099
15:49:05	0,7364	744,4494
15:50:14	0,7659	777,3514
15:51:22	0,7693	752,3743
15:52:31	0,8444	974,6543
15:53:41	0,8260	773,9082
15:54:50	0,7430	767,0764
15:56:11	0,8730	850,0966
15:57:20	0,6964	744,4494
15:58:28	0,6429	739,6945
15:59:37	0,7673	733,9011
16:00:46	0,8095	738,4374
16:01:54	0,7312	775,4385
16:03:03	0,6542	764,1796
16:04:12	0,7927	723,6807
16:05:21	0,8007	722,1504
16:06:45	0,8473	723,9539
16:07:53	0,6806	728,3263
16:09:01	0,6889	735,7047
16:10:10	0,7720	718,2698
16:11:18	0,8280	717,7780
16:12:28	0,6819	720,7840
16:13:36	0,5606	714,2255
16:14:45	0,7461	721,3306
16:16:05	0,6472	705,9179
16:17:14	0,5696	703,6771
16:18:22	0,6861	705,0435
16:19:31	0,8869	708,2681
16:20:40	0,6428	723,6807
16:21:49	0,4390	753,1395
16:22:58	0,6467	763,8517
16:24:06	0,7415	720,9479
16:25:15	0,7255	744,4494
16:26:34	0,6049	719,9095
16:27:43	0,6714	861,1368
16:28:52	0,6586	724,3365
16:30:01	0,5795	710,8369
16:31:09	0,4774	726,7960
16:32:18	0,7230	714,8813
16:33:26	0,7657	1199,6123

11:34:26	0,6403	686,5156
11:35:50	0,6909	685,3679
11:36:58	0,7517	694,6045
11:38:07	0,6822	696,9546
11:39:16	0,7089	704,0050
11:40:24	0,6815	703,3492
11:41:33	0,5555	708,5960
11:42:42	0,7705	715,2639
11:43:50	0,6760	708,7053
11:45:10	0,7476	722,5876
11:46:18	0,6918	717,7780
11:47:27	0,7854	712,2579
11:48:35	0,5219	714,3894
11:49:44	0,8277	701,9282
11:50:52	0,5743	693,4020

16:34:36	0,5866	725,9215
16:36:02	0,6652	713,5696
16:37:10	0,5324	696,4080
16:38:19	0,7741	711,2741

5. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Po vypočítání průměrných hodnot oxidu uhelnatého v jídelně vyšlo 0,7401 mg/m³. Oxid uhličitý měl průměrnou koncentraci 747,27 mg/m³. Ve vyšetřovně bylo 0,972 mg/m³ oxidu uhelnatého a 721,93 mg/m³ oxidu uhličitého. Z grafů je vidět že hodnoty byly stabilní. Pouze ve vyšetřovně jsou znatelné výkyvy v koncentracích oxidu uhličitého, které byly příčinou práce personálu u pracovní desky.

6. DISKUZE A ZÁVĚR

Podle Vyhlášky 6/2003 Sb. která se stanovuje hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností je limitní hodinová koncentrace oxidu uhelnatého 5 mg/m^3 . Naše výsledky nedosahují ani 1 mg/m^3 , což je velmi pozitivní.

Naměřené hodnoty oxidu uhelnatého ve vyšetřovně jsou o $0,2 \text{ mg/m}^3$ vyšší v jídelně. Zdrojem mohl být automobilový provoz areálu nemocnice..

Množství oxidu uhličitého, bylo v obou místnostech srovnatelné a vykazovalo průměrné hodnoty.

Toto měření nás dovedlo k pozitivním výsledkům, které dokazují, že automobilové imise tuto místnost nezatěžovaly.

Bohužel jsme nezměřili obvyklou dopravní situaci, protože byla v době měření částečná uzavírka ulice Benátská, která je bez uzavírky velmi zatížena automobilovou dopravou.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- [1] TROJAN S. a kolektiv, Lékařská fyziologie. Praha, GRADA, ISBN 80-247-0512-5
- [2] MOUREK J., Fyziologie – učebnice pro studenty zdravotnických oborů. Praha, GRADA, 2005. ISBN 80-247-1190-7,
- [3] KADLEC, K.: Měření koncentračních veličin. Automatizace, 42 (1999), č. 11, s. 821–822 .
- [4] KABEŠ, K.: Přehled trhu – průmyslové analyzátory složení plynů. Automatizace, 43 (2000), č. 11, s. 764–768.
- [5] DATACHEM, 1997, “DataChem Laboratories Environmental Chemistry/Radiochemistry Quality Assurance Program Plan,” 1997 Revision, DataChem Laboratories, Salt Lake City, UT.
- [6] WAYNE EINFELD, National Laboratoriem Albuquerque, Photoacoustic Spectrophotometer Type 1312 Multigas Monitor, New Mexico, 1998
- [7] S. Ďaďo, Marcel Kreidl, Senzory a měřicí obvody, Vydavatelství ČVUT, Praha 1999, ISBN 80-01-02057-6
- [8] Sbírka zákonů č. 6/2003
- [9] www.poly-analyser.com
- [10] www.eng.warwick.ac.uk/
- [11] www.automatizace.cz
- [12] www.customsensorsolutions.com