

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2011

Michal Žák

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Vliv hluku automobilu na čichový práh člověka

Michal Žák

Bakalářská práce

2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal ŽÁK**
Osobní číslo: **D07377**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**
Název tématu: **Vliv hluku automobilu na čichový práh člověka**
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Základní teze o hluku a čichu
3. Metodika měření
4. Vlastní experiment
5. Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] SMETANA, Ctirad, et al. Hluk a vibrace, měření a hodnocení. 1. vyd. Praha: Sdělovací technika, c1998. 188 s. ISBN 80-901936-2-5 [2] BENA, Eduard, HOSKOVEC, Jiří, ŠTIKAR, Jiří. Psychologie a fyziologie řidiče. Buben Josef; Barta Jiří; Veverka Jaroslav. 2. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1968. 326 s. [3] VLK, František. Diagnostika motorových vozidel. Brno : [s.n.], 2006. 444 s. ISBN 80-239-7064-x [4] LINDA, BOHDAN. Statistické tabulky a vzorce. Kubanová Jana. 3. vyd. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-7194657-5 [5] Internetové zdroje


Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Pokorný

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

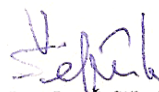
Datum zadání bakalářské práce: **25. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2011**


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.


Ing. Ivo Šefčík, Ph.D.
vedoucí katedry

dne

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 31. května 2011

Michal Žák

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Pokornému, Ph.D. za pomoc a čas, který mi věnoval při vytváření práce, a také kolegovi Michalu Vernerovi za pomoc s přípravou a měřením experimentu. Dále bych chtěl poděkovat MUDr. Janu Vodičkovi, Ph.D. a oddělení ORL Pardubické krajské nemocnice za odborné konzultace a zapůjčené materiály, Ing. Marcele Livorové, Mgr. Věře Záhorové, Ph.D. a v neposlední řadě všem dobrovolníkům, kteří se toho projektu zúčastnili a věnovali mu svůj čas. Bez pomoci výše jmenovaných by tato práce jen stěží vznikla.

Všem děkuji.

ANOTACE

Tato práce se zabývá výzkumem vlivu hluku automobilu na čichový práh člověka. V úvodní části je rozebrána problematika hluku a čichu. V následující části je popsána metodika měření a nakonec i samotný výzkum od prvotního vyšetření dobrovolníků, přes vlastní experiment, až po konečné vyhodnocení výsledků výzkumu.

KLÍČOVÁ SLOVA

hluk, čichový práh, automobil, člověk

TITLE

Influence of car noise on odour threshold of man

ANNOTATION

This work is focused on research of influence of car noise on odour threshold of man. In the entrance part of the work there are described problems of noise and sense of smell. In the next part there is described procedure of measurement and finally research itself - from primary investigation of volunteers, over experiment itself, to finally evaluation and interpretation of research results.

KEYWORDS

Noise, sense of smell, car, man

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. ZÁKLADNÍ TEZE O HLUKU A ČICHU	9
2.1. Hluk	9
2.2. Sluch	11
2.3. Čich.....	13
3. METODIKA MĚŘENÍ.....	15
3.1. Metodika měření sluchového prahu	15
3.2. Metodika měření čichového prahu	16
4. VLASTNÍ EXPERIMENT	21
4.1. Vyšetření sluchu	22
4.2. Příprava fix	23
4.3. Vyšetření čichu	25
4.4. Experiment.....	27
4.5. Vyhodnocení.....	29
4.5.1. Vyhodnocení vlivu hluku na čichový práh	30
4.5.2. Vyhodnocení vlivu pořadí měření	34
5. ZÁVĚR	38
6. POUŽITÁ LITERATURA	39
7. SEZNAM OBRÁZKŮ.....	40
8. SEZNAM TABULEK	40
9. SEZNAM GRAFŮ	41
10. SEZNAM PŘÍLOH.....	41
11. PŘÍLOHY	42

1. ÚVOD

Tato práce se zabývá pilotním výzkumem k zamýšlenému navazujícímu a zároveň rozsáhlejšímu projektu. Jejím základním cílem je určit, jakým způsobem hluk ovlivňuje čichový aparát člověka se zaměřením na silniční dopravu. Dokáže člověk za hluku vzniklého vozidlem lépe cítit nebo je tomu naopak? Na tuto a další související otázky se snaží tato práce odpovědět.

První impuls k vytvoření tohoto projektu přišel z Pardubické krajské nemocnice, jmenovitě od MUDr. Jana Vodičky, Ph.D. Po komunikaci s Ing. Janem Pokorným, Ph.D. dozrál projekt do současné podoby zadání. Následující provedení experimentu probíhalo v úzké spolupráci s pardubickou nemocnicí, která poskytla všechno potřebné vybavení k jeho splnění. Celá metodika měření a vyšetření byla vysvětlena MUDr. Janem Vodičkou, Ph.D. a posléze probrána s Ing. Janem Pokorným, Ph.D. Vzniklé komplikace se vždy řešily s těmito dvěma odborníky.

Kompletní měření experimentu probíhalo v součinnosti s Michalem Vernerem. Kolega pracoval na podobném projektu zaměřeném na reakční dobu člověka ovlivněného stavem prostředí, taktéž ve spolupráci s MUDr. Janem Vodičkou, Ph.D. a Ing. Janem Pokorným, Ph.D. Společné měření probíhalo z důvodu úzké souvislosti těchto dvou projektů. Prvotní vyšetření čichového a sluchového orgánu dobrovolníků bylo pro oba projekty společné, ale konečný experiment byl odlišný.

V odstavcích níže je rozebrána problematika související se zadáním práce. Poté následuje popsání metodiky měření vysvětlené MUDr. Janem Vodičkou, Ph.D. a pak i popis samotného experimentu. Nakonec jsou zjištěné výsledky statisticky vyhodnoceny a pomocí nich vyvozen závěr.

2. ZÁKLADNÍ TEZE O HLUKU A ČICHU

Tato práce se zabývá vlivem hluku na čichový práh člověka, proto je důležité si o těchto pojmech říci základní informace a porozumět jejich činnosti. S hlukem úzce souvisí i sluch, a tak je nezbytné se o něm také zmínit a vysvětlit si jeho funkci.

2.1. Hluk

Hluk je každý nežádoucí tón (zvuk), který má rušivý nebo obtěžující charakter, bez ohledu na jeho intenzitu hlasitosti. Dle výše intenzity hluku a doby jeho působení na člověka, může mít škodlivé účinky na lidské zdraví.^[1]

Vznik hluku lze rozdělit dvěma způsoby. Prvním je vznik hluku chvěním povrchu nejrůznějších materiálů, strojů, zařízení, stěn budov, atd. Druhým způsobem pak prouděním vzduchu a vody, jak je například patrné u čerpadel, ventilátorů, výfukových potrubí, atd.

Pro popis účinků hluku na člověka se používají hladiny hluku, jenž jsou vyjádřeny v decibelech (dB). Jako základ při měření hluku slouží hladiny akustického tlaku, které jsou charakteristické svoji proměnlivostí. Z tohoto důvodu se zavádí ekvivalentní hladina hluku L_{Aeq} , jenž slouží jako hlavní kritérium pro hodnocení hlučnosti. Vyjadřují energetický průměr okamžitých hladin akustického signálu. Přístroj pro měření hladin akustického tlaku se nazývá zvukoměr (Obr. 1). Skládá se z mikrofону, zesilovače, displeje a filtrů, které slouží k propouštění jen těch frekvencí, které jsou vyžadovány.



Obr. 1 – Zvukoměr^[2]

Většina populace zastává názor, že nejvyšší hluková zátěž pramení z pracovního prostředí. Ve skutečnosti činní jen přibližně 40%. Nejvyšší hluková zátěž je způsobena z 60% z mimopracovního prostředí, kde je hlavním zdrojem doprava, dále pak hluk související s bydlením a trávením volného času. Ve městech tvoří hluk z dopravy 75 až 85% z celkové hlukové zátěže. Na hlavních dopravních tazích dosahuje hluk 70 až 85dB.^[1]

Negativní účinky hluku na lidské zdraví jsou jednak účinky specifické, projevující se poruchami činnosti sluchového analyzátoru a jednak účinky nespecifické (mimo sluchové), kdy dochází k ovlivnění funkcí různých systémů organismu. Tyto nespecifické systémové účinky se projevují prakticky v celém rozsahu intenzit hluku, často se na nich podílí stresová reakce. Za dostatečně prokázané nepříznivé zdravotní účinky hluku je v současnosti považováno poškození sluchového aparátu, vliv na kardiovaskulární systém, obtěžování a rušení spánku a nepříznivé ovlivnění osvojení řeči a čtení u dětí.^[1]

V následující tabulce (Tabulka 1) jsou zaznamenány úrovně hluku (intenzita hluku), k nim přidány názorné příklady a samotné vnímání člověkem.

Tabulka 1 – Úrovně hluku^[3]

dB	Příklady a vnímání člověkem
0	práh slyšitelnosti
20	hluboké ticho, bezvětrí, akustické studio
30	šepot, velmi tichý byt či velmi tichá ulice
40	tlumený hovor, šum v bytě, tikot budíku
50	klid, tichá pracovna, obracení stránek novin
60	běžný hovor
70	mírný hluk, hlučná ulice, běžný poslech televize
80	velmi silná reprodukováná hudba, vysavač v blízkosti
90	silný hluk, jedoucí vlak
100	sbíječka, přádelna, maximální hluk motoru
110	velmi silný hluk, živá rocková hudba, kovárna kotlů
120	startující proudové letadlo
130	práh bolestivosti
140	akustické trauma, 10 m od startujícího proudového letadla
170	zábleskový granát

2.2. Sluch

Sluchové ústrojí umožňuje rozlišování nejrozličnějších zvuků (hluku), které vznikají při kmitání pevných těles nebo při proudění vzduchu či vody, a to pomocí speciálního smyslového orgánu, kterým je ucho. Kmitání zdroje (zvuk) je přenášeno vlněním prostředí (např. vzduchu, vody, pevných látek). Zvláštním případem je vakuum, kde se z důvodu nepřítomnosti vzduchu zvuk nešíří. Kmitání zachycuje sluchové ústrojí, které na tyto zvukové podněty reaguje. Následné počítky předává mozkovému analyzátoru, jehož výsledkem je sluchový vjem. Pro subjektivní vjem se používá pojem hlasitost, která je s fyzikálními veličinami v určité vzájemné, často i nepřesné, závislosti. ^[4;5]

Frekvence vibrací zvukového zdroje určuje výšku tónu. Čím rychlejší je vibrace, tím je výška tónu vyšší. Frekvence je nepřímo úměrná vlnové délce. Tóny o malé vlnové délce mají vysokou frekvenci a člověk je vnímá jako vysoké tóny. Naproti tomu tóny o velké vlnové délce mají nízkou frekvenci a člověk je vnímá jako hluboké tóny. ^[6]

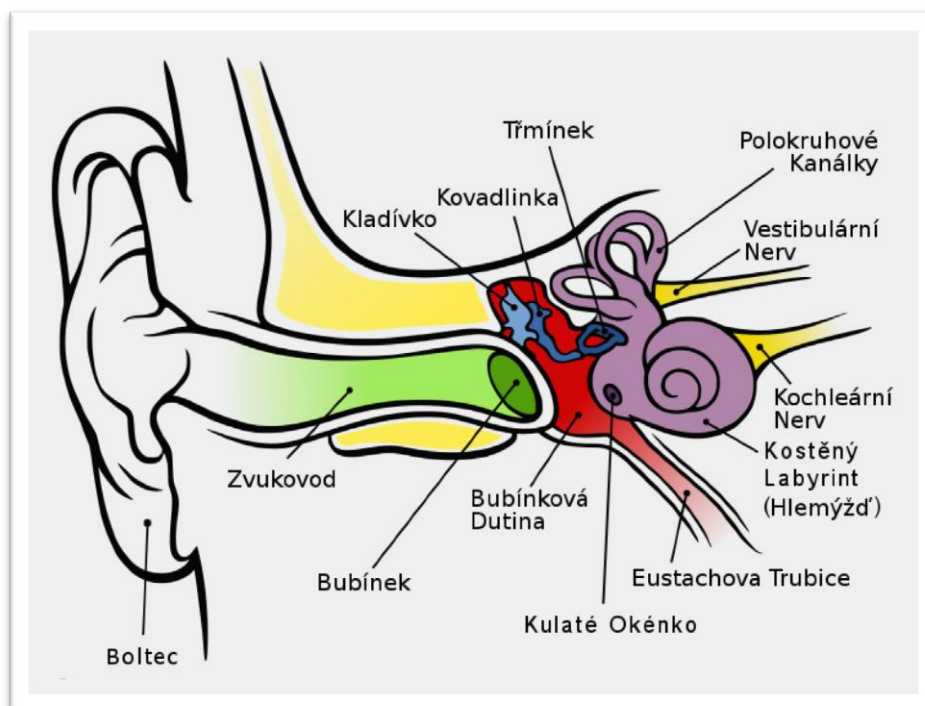
Lidské ucho rozlišuje zvukové vlny o rozsahu frekvencí 20 až 20 000 Hz. Nejcitlivější je pro tóny pohybující se okolo 1 000 až 3 000 Hz, což je např. mluvené slovo. S postupujícím věkem se citlivost sluchového orgánu zhoršuje. Je to důsledkem přirozeného vývoje člověka. Lidé okolo padesáti let již nemohou slyšet vyšší frekvence složených hudebních tónů nad asi 8 až 10 kHz. Dnes je toto zhoršení téměř běžné už u třicetiletých lidí, a to z důvodu rostoucí hlučnosti životního prostředí a hlučnějším životním stylem u mladých lidí (např. poslech hlasité hudby). U zvířat se oblast vnímání zvukových vln většinou pohybuje ve vyšších frekvencích, např. pes rozlišuje tóny vyšší než 20 000 Hz. Z toho vyplývá, že vnímá pro člověka neslyšitelné tóny. ^[5;6]

Sluchové ústrojí (ucho) se člení anatomicky i funkčně na tři části. První částí je zevní ucho, které se skládá z boltce a vnějšího zvukovodu zakončeného bubínkem. Boltce slouží k zachycení zvukových vln, jež postupují dále zvukovodem (trubicí) až k bubínku. Bubínek je tenká pružná membrána, která se s přicházejícími zvukovými vlnami rozkmitá. Druhá část ústrojí se nazývá střední ucho, což je dutina ve spánkové kosti, spojená s Eustachovou trubicí s nosohltanem. Je opatřena tenkou sliznicí, která pokrývá i tři sluchové kůstky. Jedná se o kladívko, kovádlíku a třmínek. Kladívko je svým držátkem přirostlé k bubínku, oblou hlavičkou je kloubně spojeno s kovádlíkem a ta je spojena s třmínkem, jenž je zasazen do oválného okénka kosti skalní. Velký

plošný rozdíl mezi plochou bubínku a ploškou třmínku má za následek několikanásobné zvýšení síly kmitu, který systém pák složených ze sluchových kůstek přenáší z bubínku. Poslední (třetí) částí je vnitřní ucho, uložené v dutinách skalní kosti, které se souborně označují jako kostěný labyrint, skládající se ze tří polokruhovitých kanálků, z předsíně a hlemýžďe. Blanitý hlemýžď je vazivová, slepě uzavřená trubička stočená do tvaru ulity tvořící 2,5 závit, vyplněna tekutinou – endolymfou. Je uložen v kostěném labyrintu v perilymfě, což je také tekutina. Hlemýžď obsahuje vlastní sluchový ústroj, kterým je Cortiho orgán. Ten se skládá z vláskové buňky nasedající na bazální membránu, nad níž je zavěšena krycí membrána. K bazální membráně se větví sluchový nerv.^[4;6]

Vnímání zvuku probíhá tak, že kmity z bubínku se přenesou sluchovými kůstkami na oválné okénko a jím na perilymfu. Chvění perilymfy působí zespodu na vlákna spodinové blanky, která se rozkmitá. Osinkové buňky svými výběžky narážejí na krycí membránu, a tím se podráždí. Hlubší tóny rozechvívají spodinová vlákna ve vrcholových závitech, vysoké tóny spodinová vlákna v počátečních závitech.^[4]

Na následujícím obrázku (Obr. 2) je zobrazeno schéma sluchového ústrojí.

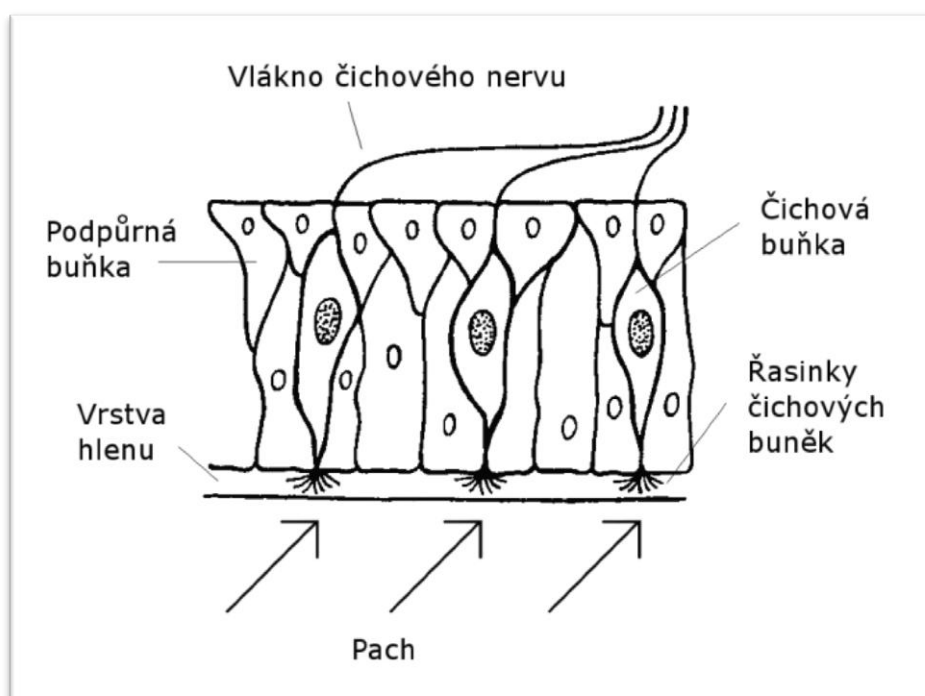


Obr. 2 – Schéma sluchového ústrojí^[7]

2.3. Čich

Hlavními složkami čichu, ale i chutě, jsou chemoreceptory, neboli smyslové buňky, které reagují na přítomnost chemických látek v prostředí. U čichu se jedná o pachové látky rozptýlené ve vzduchu.^[4;6]

Čichové buňky (chemoreceptory) mají tyčinkovitý tvar s vláskovitými výběžky, jenž leží na čichovém políčku sliznice v horní části nosní přepážky a stropu nosní dutiny. Informace zachycená čichovým aparátem je vedena za pomoci vláskovitých výběžků až do čichových center v mozku. Výběžky cestou procházejí do dutiny lebeční, kde se nachází mozek, přes otvory v čichové kosti. Schéma čichové sliznice je zobrazeno níže na obrázku (Obr. 3).^[4]



Obr. 3 – Schéma čichové sliznice^[6]

Čich je pro člověka dost omezený smysl, ale dobře vyvinutý, sice méně než u zvířat, ale přesto vysoce citlivý. Týká se to například některých sirných sloučenin, které člověk cítí již v nepatrném množství. Naopak některé látky, jako oxid uhelnatý, není člověk schopen čichem vůbec zachytit. S postupujícím věkem, jako tomu je

i u zraku a sluchu, začíná čichový vjem slábnout. Je to z důvodu postupného odumírání čichových receptorů, které nastává již od narození. ^[6]

Vnímání pachu člověkem je závislé na mnoha okolnostech. Například při nachlazení se reakce čichu na pach snižuje. Je to způsobeno zduřením sliznice nosní dutiny a také silnou vrstvou hlenu, která zakrývá receptorové (čichové) buňky. Když u člověka stoupá pocit hladu, tak je tomu naopak a funkce čichu je zesílena. ^[6]

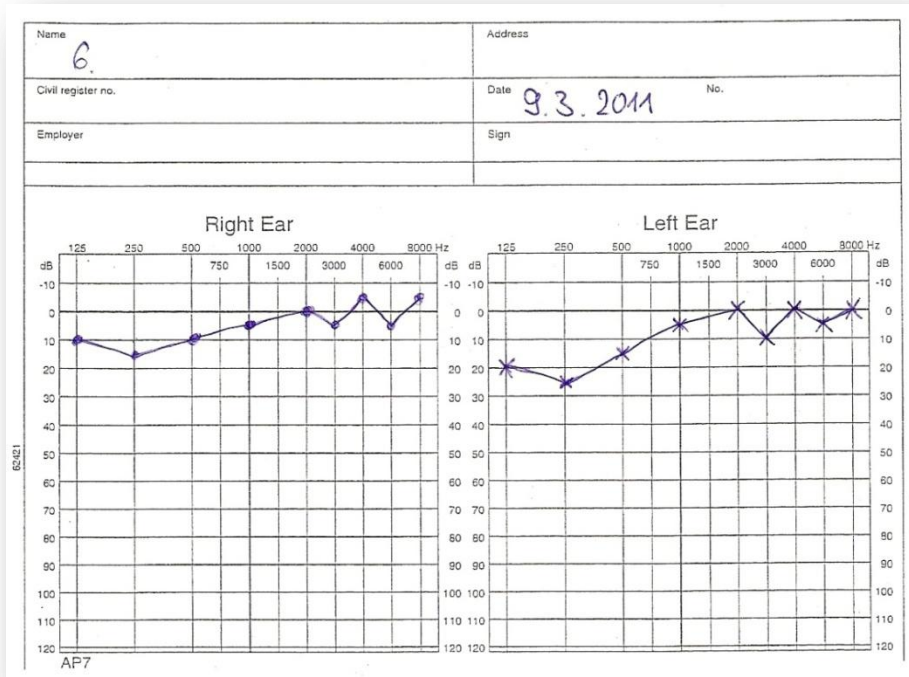
U čichu je zajímavé, jak rychle se dokáže adaptovat, tj. snížit svou citlivost vůči podnětu při jeho delším působení. Pokud jsou čichové receptory vystaveny po delší dobu i velmi nepříjemnému pachu, tak jejich vnímání postupně slábne, až se úplně zastaví. Toto platí pouze u pachu, kterému je člověk vystaven. Čich se na něj postupně adaptuje, ale pro ostatní pachy zůstává nezměněn. Některé látky mohou však zabránit čichovému vnímání jiných látek. ^[6]

3. METODIKA MĚŘENÍ

Metodika měření sluchu a čichu byla předem vysvětlena a prodiskutována s MUDr. Janem Vodičkou, Ph.D. a dalšími pracovníky nemocnice. Obě metody měření byly ilustračně provedeny na dobrovolníkovi. Výskyt pozdějších nejasností v metodice byl vždy konzultován s Ing. Janem Pokorným, Ph.D., popřípadě s MUDr. Janem Vodičkou, Ph.D. Nutno dodat, že tyto metodiky měření se využívají v lékařské praxi.

3.1. Metodika měření sluchového prahu

K měření sluchu slouží audiometr. Tento elektronický přístroj se skládá z hlavní centrály s displejem a klávesnicí pro obsluhu, dále z přípojných zařízení jako jsou sluchátka a tlačítko pro signalizaci. Přístroj vydává přerušovaný signál zvolené frekvence, kterou lze měnit, přímo do sluchátek. Dle potřeby jde signál zesilovat od -10db až do 120dB. Audiometr má mnoho dalších funkcí, které nebyly vysvětleny, protože pro měření nebyly potřebné.



Obr. 4 – Formulář pro měření sluchového prahu

Hodnoty změřené pomocí audiometru se zakreslují do formuláře zachyceného, i s názornou ukázkou záznamu, na předchozím obrázku (Obr. 4). Tento formulář se skládá z hlavičky a dvou mřížek pro levé a pravé ucho, sloužících pro zápis změřených hodnot. Svislé linky představují různé frekvence signálu od 125 Hz až po 8 000 Hz (viz. Obr. 4.). Naproti tomu vodorovné linky znázorňují úroveň hlasitosti od -10 dB až do 120 dB.

Celý princip měření sluchu a následného zjištění sluchového prahu je vcelku jednoduchý. Základem je pouštění přerušovaného signálu o zvolené frekvenci pomocí sluchátek do jednoho ucha a zvyšování jeho hlasitosti. Ta se zvyšuje pomocí kláves na audiometru. Začíná se na hodnotě -10 dB a postupně se zvyšuje o 5 dB do té doby, nežli dá vyšetřovaný jedinec signál pomocí tlačítka světelné signalizace. Tlačítko signalizace drží pacient v ruce a zmáčkne ho vždy, když přerušovaný tón uslyší. Od přístroje do druhého ucha žádný zvuk přes sluchátka neprochází. Ucho je zatíženo jenom hlukem z prostředí. Zjištěná hlasitost, při které měřený jedinec tón pro danou frekvenci slyší, je zakreslena do mřížky pro měřené ucho ve formuláři. Z důvodu přehlednosti jsou výsledky měření pro levé a pravé ucho zakresleny pomocí různých symbolů. Pro pravé ucho je tomu puntík a pro levé křížek. Není to ale nikde pevně dáno, spíše se jedná o nepsané pravidlo.

Princip měření se opakuje stejně pro všechny frekvence. Začíná se na střední frekvenci 1 000 Hz a pokračuje se k vysokým frekvencím, tedy 2 000, 3 000, 4 000, 6 000 až 8 000 Hz. Poté se měření na 1 000 Hz opakuje. Jednak z důvodu vzniku možné chyby při prvním měření a jednak, aby nevznikl velký skok při přechodu na nízké frekvence. Ty se měří na kmitočtech 500, 250 až 125 Hz. Výsledný sluchový práh pro pravé a levé ucho se získá spojením jednotlivých bodů. Z něj je patrné, které frekvence jedinec slyší lépe a které zase hůře. Dále jde porovnávat i sluch mezi jednotlivými uchy. Z těchto informací je lékaři diagnostikován stav sluchu u pacientů.

3.2. Metodika měření čichového prahu

K měření čichového prahu slouží test Sniffin sticks. Způsob měření tohoto testu vychází z poznávání pachových látek přikládaných pacientovi k nosu. Tyto látky jsou neprodyšně uzavřené ve schránce podobné fixce. Na jednom jejím konci je pěnový hrot pronikající do vnitřku fixy k uzavřené látce. Tento hrot, přes nějž proniká vůně látky, je

poté přikládán pacientovi k nosu. Po konci měření je fixa zavičkována. Formulář pro zápis hodnot z měření je uveden v příloze (Příloha 9).

Tento test se skládá ze tří částí. V měření bylo použito části identifikace a práh, proto netřeba vysvětlovat třetí část jménem diskriminace, která byla předem z testu vyloučena jako nadbytečná.



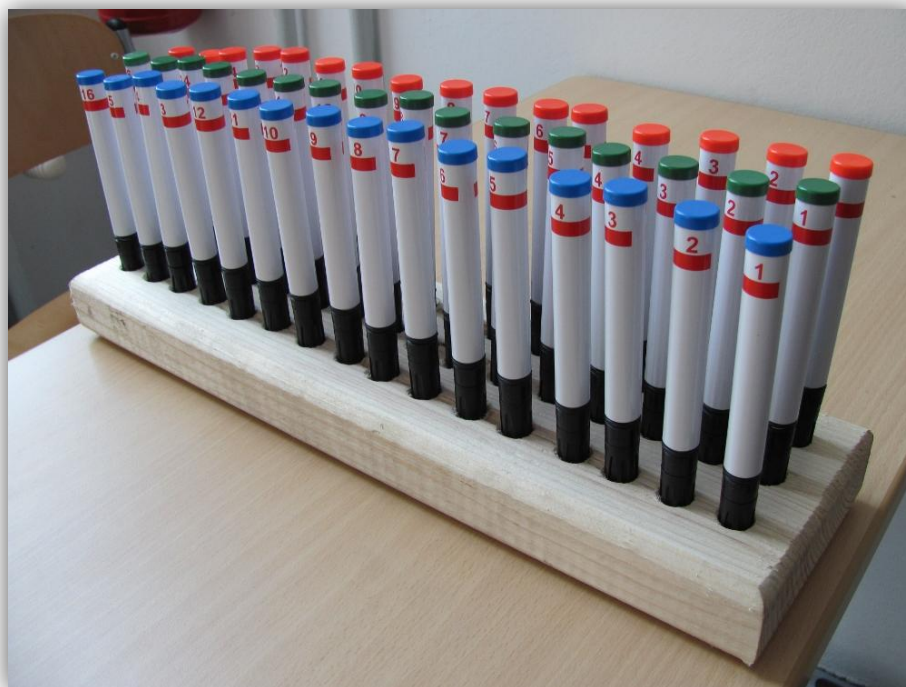
Obr. 5 – Test identifikace

Princip identifikace spočívá v pojmenování dané látky. Pacient před sebe dostane sadu šestnácti fix a formulář. Každá z fix je očíslovaná od 1 až po 16. Formulář Sniffin sticks testu obsahuje pro tuto část příslušnou tabulku. V ní lze nalézt pro každou fixu výběr čtyř možností její vůně. Například pro fixu číslo 1 je tomu: pomeranč, ostružina, jahody a ananas. Pacient má za úkol k ní přičichnout a určit, která ze čtyř vůní náleží pro danou fixu. Ke splnění tohoto testu je zapotřebí určit nejméně 10 fix správně. Fixy identifikace a příslušný formulář jsou vyobrazeny na předchozím obrázku (Obr. 5).

Druhý test je složitější. Jeho cílem je určit čichový práh pacienta s pomocí referenční látky, kterou je N-butanol. V této části se využívá 48 fix rozdělených do tří skupin po 16. Jedna ze skupin je naplněna N-butanolem a druhé dvě jsou prázdné. Každá ze skupin má jiné barevné označení, aby se od sebe odlišily. Fixy mají v každé

ze tří skupin číselné označení od 1 do 16. Toto označení u skupiny s N-butanolem udává koncentraci látky u každé fixy. Nejvyšší koncentrace začíná u čísla 1. Jedná se tedy o fixu s nejpronikavějším pachem. U následujících fix koncentrace látky klesá, proto je u čísla 16 pach nejslabší. I pro tuto část je v Sniffin sticks testu obsažena příslušná tabulka. Ta se skládá z 16 řádků zobrazujících danou fixu a několika sloupců, jejichž množství určuje počet měření.

Následující obrázek (Obr. 6) zachycuje sadu fix pro měření čichového prahu rozdělených do 3 barevných skupin: červená, zelená a modrá. Červená skupina obsahuje referenční látku N-butanol.



Obr. 6 – Test čichového prahu

Postup měření čichového prahu probíhá tak, že pacientovi se postupně předloží před nos tři fixy, do vzdálenosti přibližně jeden centimetr od nosních dírek. Jeho úkol spočívá v určení, který ze tří fix obsahuje N-butanol neboli pachovou látku. Zpravidla se začíná u fix s nízkou koncentrací. Vezmou se např. fixy s číslem 12 ze všech tří skupin a předloží se pacientovi v libovolném pořadí před nos. Pacient má po dobu měření oči zavřené, aby nebyl schopen látky podle barevného označení rozeznat. Po předložení všech tří fix pacient odpoví, který z nich obsahuje pachovou náplň. Zde se

měření člení do dvou směrů. Jedním směrem je správná odpověď a druhým špatná. Pokud pacient odpoví správně, provede se měření ještě jednou, aby se vyloučil náhodný tip. Špatná odpověď po druhém ověřovacím měření vede k již dříve zmiňovanému druhému směru vysvětlenému v dalším odstavci. Pokud odpoví i na podruhé správně, vezmou se fixy o dvě čísla menší, tedy fixy číslo 14, jejíž koncentrace pachové látky je ještě nižší. V případě správných odpovědí se dále postupuje stejným způsobem do té doby, nežli pacient odpoví špatně. Až se tak stane, zapíše se do tabulky ve formuláři křížek pro příslušnou koncentraci, kde se zmýlil. Pro názornou ukázkou došlo k zmýlení např. u fix číslo 14. Dále se postupuje tak, že se zkouší fixy s koncentrací o číslo větší, tedy číslo 13. Ty se opakovaně o jednu zvyšují (12,11,10,...) do té doby než pacient určí dvakrát po sobě správnou fixu s pachovou látkou, např. u fix číslo 10. Tato koncentrace se opět zanesse křížkem do tabulky ve formuláři. Poté se vezmou fixy s koncentrací o jednu menší, než byla ta, kterou pacient dvakrát po sobě uhodl. Jedná se tedy o fixy s čísly 11. Následuje stejný princip měření, který pokračuje do doby, než se pacient zmýlí a určí špatnou fixu. Správně určená fixa musí být vždy potvrzena dvěma pokusy. Výsledek, např. fixy číslo 13, je opět zanesen do tabulky. Pak se předkládají pacientovi opět fixy o jedno číslo menší, takže číslo 12 s koncentrací větší než byla předchozí. Opět se bez přerušení pokračuje v testu, dokud pacient neurčí správnou fixu dvakrát po sobě. Takto se celé měření opakuje pořád dokola, dokud není dosažen potřebný počet hodnot pro výsledné měření. Počet závisí na subjektivním rozhodnutí měřící osoby, ale zpravidla se jedná o 7 hodnot. V následující tabulce (Tabulka 2) je zaznamenán ilustrační příklad prvního směru popsaného na řádcích výše.

Tabulka 2 – Ilustrační příklad (a)

pořadí	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10		X					
11				X		X	
12							
13			X				
14	X				X		X
15							
16							

Princip měření druhého směru, tedy špatná odpověď při prvním měření (fixa č. 12) nebo špatná odpověď při druhém ověřovacím pokusu, je vlastně obdobný. Dojde-li na špatnou odpověď, berou se fixy s vyšší koncentrací. Toto je základní rozdíl mezi těmito dvěma směry. U prvního se vezmou fixy o dvě čísla větší (č. 14), ale u druhého se berou o dvě čísla menší (č. 10). V měření se pokračuje, dokud pacient neurčí správnou fixu s pachovou látkou. Číslo fixy se poté zapíše do tabulky, např. číslo 8. Následně se vezmou fixy s číslem o jedno větším, tedy s nižší koncentrací (fixa č. 9). Opět přichází měření, ale tentokrát se čeká, než pacient určí špatnou fixu. Jak je patrné, zde se už jedná o stejný princip měření jako u prvního směru. I zde se měření opakuje do té doby, než se je měřící osoba rozhodne ukončit. V tabulce (Tabulka 3) je zaznamenán ilustrační příklad, tentokrát druhého směru měření, popsáno na předchozích řádcích.

Tabulka 3 – Ilustrační příklad (b)

pořadí	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8	X						
9			X				X
10					X		
11		X					
12				X		X	
13							
14							
15							
16							

Vyhodnocení čichového prahu se provede tak, že se vypočte průměr z hodnot čísel fix, které byly zjištěny měřením. Průměr se počítá z posledních čtyř zjištěných hodnot, protože se jedná o hodnoty již ustálené. Pro názornost je uveden příklad. Poslední čtyři naměřené hodnoty fix zaznamenané v tabulce (Tab. 3) se sečtou. Jde o hodnoty 12, 10, 12 a 9, jejichž součet dává hodnotu 43. Tento součet se následně podělí počtem čísel, z kolika je vypočten součet. V tomto případě se jedná o číslo 4. Výsledný podíl je zároveň i zjišťovaným čichovým prahem pacienta. V ilustračním příkladu je hodnota čichového prahu 10,75. Dle výroku oddělení ORL by hodnota čichového prahu neměla u Sniffin sticks testu klesnout pod hodnotu 6. Do tohoto mezního stavu může být čichový orgán pacienta považován za zdravý.

4. VLASTNÍ EXPERIMENT

Jak již bylo řečeno v úvodu, postup měření a celá jeho problematika byla předem vysvětlena a prodiskutována s MUDr. Janem Vodičkou, Ph.D. a Ing. Janem Pokorným, Ph.D. Problémy vzniklé při vytváření experimentu a jejich následné odstranění se vždy řešily komunikací s těmito dvěma odborníky. Jak vše probíhalo, je uvedeno v odstavcích níže.

Tento experiment vznikl na bázi měření na dobrovolnících, kteří se skládali ze studentů a pedagogů univerzity. Už ze zadání je patrné, že měření úzce souvisí jak s čichem, tak i se sluchem. Z těchto důvodů museli dobrovolníci splňovat dvě podmínky: zdravý čich a zdravý sluch. Proto bylo nutné tyto smyslové orgány u dobrovolníků vyšetřit a určit ty, kteří podmínky splňují. Na těchto dobrovolnících byl poté proveden experiment. Po konzultaci s MUDr. Janem Vodičkou, Ph.D. se uskutečnil i na těch, kteří podmínky nespĺnili. Z důvodu možného pozdějšího využití jejich výsledků.

Následující obrázek (Obr. 7) prezentuje laboratoř, kde měření probíhalo.



Obr. 7 – Laboratoř

Celé měření, tím myšleno i vyšetření smyslových orgánů, probíhalo v areálu Dopravní fakulty Jana Pernera, přesněji v jedné z univerzitních laboratoří. Měření vznikalo jednou za hluku a jednou za ticha. Ticho je samozřejmě relativní pojem, protože v laboratoři vždy nějaké zvukové pozadí existuje. Z tohoto důvodu v ní bylo potřeba zvukové pozadí určit. Toho bylo docíleno pomocí univerzitního zvukoměru a hodnota hluku činila 35 dB. Hluk v okolí byl ale nestálý. Z tohoto důvodu se na ni musí nahlížet spíše jako na střední hodnotu, okolo které se hladina hluku pohybuje.

4.1. Vyšetření sluchu

Tímto měřením byl projekt zahájen. Vyšetření sluchu u dobrovolníků časově předcházelo měření experimentu, čímž se rozdělila doba měření na jednotlivých dobrovolnících na dvě části, což bylo pro celý projekt časově výhodnější. Není zde taková pravděpodobnost, že by došlo k tak náhlé změně, kdy by se dobrovolníkovi sluch značně zhoršil. U některých dobrovolníků činilo časové období mezi vyšetřením čichu a měřením experimentu i více než jeden měsíc. Dělo se tak hlavně z důvodu časové náročnosti měření experimentu a domluvy termínu s dobrovolníky.



Obr. 8 – Audiometr

Vyšetření sluchu probíhalo pomocí audiometru zapůjčeného z Pardubické krajské nemocnice. Jednalo se o starší model typ Clinical Audiometer AC30 (serial 2929), zachycený na obrázku výše (Obr. 8). Obsluha probíhala ve dvou lidech. Jeden člověk zapisoval hodnoty a druhý obsluhoval přístroj. Dobrovolník seděl na židli zády k audiometru, vzdálenému přibližně jeden metr. Metodika měření sluchu byla probrána v předchozí kapitole 3.1. Metodika měření sluchového prahu.

Počet vyšetřených činil 42 dobrovolníků. Z toho bohužel šest dobrovolníků bylo shledáno pro projekt nevyhovujícími. Jejich výsledky překročili již dříve smlouvanou mezní hranici, která byla stanovena po domluvě s MUDr. Janem Vodičkou, Ph.D. Mezní hodnota byla stanovena na 25 dB. Jedná se o hodnotu, určující úroveň hlasitosti tónu vydávaného audiometrem. Pokud dobrovolník tón neslyší ani při této hlasitosti, i třeba jen u jedné frekvence, bereme jeho sluch pro projekt jako nevyhovující. Sluch u těchto případů nelze prohlásit za zdravý. Všem byla poté doporučena návštěva odborného lékaře.

Více obrázků zachycujících vyšetření sluchu je k nalezení v příloze.

4.2. Příprava fix

Pro vyšetření čichu byly k dispozici pachové fixy zapůjčené pardubickou nemocnicí. Pro vlastní experiment ale žádné fixy neexistovaly a bylo je tedy nutné připravit. To představovalo namíchat různé koncentrace látek, které byly rovněž nemocnicí zapůjčeny a naplnit jimi prázdné fixy. Jednalo se o dvě látky: N-butanol a benzaldehyd. Kvůli propojení s automobilem byly přidány další tři látky a to nafta, hydraulický olej a vyjetý převodový olej. Po dohodě s MUDr. Janem Vodičkou, Ph.D. bylo zamýšleno provádět experiment se třemi látkami.

Práce na přípravě náplní fix probíhala ve spolupráci s Ing. Marcelou Livorovou. Míchání koncentrací se uskutečňovalo v prostorách laboratoře Dopravní fakulty Jana Pernera v Doubravících. Cílem přípravy bylo vytvořit sadu fix k měření čichového prahu. Tato sada se měla skládat z nejméně 15 fix, kde první fixa měla představovat nejsilnější koncentraci, tedy s nejvýraznějším pachem a poslední fixa zase tu s nejméně výrazným pachem. Metodika pro přípravu roztoků a ani hodnoty a odstupňování jejich koncentrací nebyly nijak dány. S tím se bylo nutné vypořádat.

Nejdůležitější bylo vymyslet metodiku přípravy různě koncentrovaných roztoků. Po konzultaci s Ing. Marcelou Livorovou se podle intenzity vůně látky odhadem namíchal určitý počet roztoků o různých koncentracích. Pomocí několika dobrovolníků se určilo, kde by se čichový práh mohl přibližně nacházet. Od této zjištěné hodnoty koncentrace roztoku pachové látky se poté vytvořilo odstupňování jejich koncentrací, pomocí níž se následně domíchala celá sada roztoků pro naplnění fix. Příprava fix byla časově náročná a zabrala bezmála čtrnáct dní intenzivní práce v laboratoři.

Tabulka 4 – Koncentrace pachových látek v roztocích fix

Číslo fixy	Koncentrace látky v roztoku [g/l]		
	n-butanol	nafta	benzaldehyd
1	29,16	208,75	0,63
2	8,1	35,07	0,59
3	7,29	31,73	0,53
4	6,48	28,39	0,48
5	5,67	25,05	0,42
6	4,86	21,71	0,37
7	4,05	18,37	0,32
8	3,24	15,03	0,26
9	2,84	11,69	0,21
10	2,43	8,35	0,16
11	2,03	5,01	0,11
12	1,62	1,67	0,086
13	1,22	1,25	0,078
14	0,81	0,84	0,069
15	0,41	0,42	0,061

Příprava začala s n-butanolem, u kterého se jako rozpouštědlo pro přípravu roztoků s různými koncentracemi používala voda. Následovala příprava sady roztoků s naftou, u nichž se roztoky o různé koncentraci připravovaly s rostlinným olejem, protože nafta není s vodou ředitelná. Mezi prací na naftě a n-butanolu se vyloučilo použití hydraulického oleje a vyjetého převodového oleje na další sady roztoků. U hydraulického oleje kvůli nevýraznému pachu a u převodového oleje kvůli vysoké viskozitě. Kvůli ní nešlo látku přesně odměřovat, a protože je obsah těchto látek ve vzniklých roztocích nepatrný, tak by celá sada byla nepřesná. Jako poslední probíhala příprava sady roztoků s benzaldehydem, u něhož byla opět jako rozpouštědlo použita voda. Výsledné hodnoty koncentrací sady roztoků pro dané látky jsou uvedeny v předchozí tabulce (Tabulka 4).



Obr. 9 – Sada pro naplnění fixy

Výslednými sadami roztoků o různých koncentracích pachových látek byly poté fixy naplněny. Jedná se o speciální sadu fix pro naplňování, která byla darována Pardubickou krajskou nemocnicí. S pomocí injekční stříkačky s jehlou je roztok vstříknut do těla fixy, pomocí pěnového hrotu utěsněn a následně zavičkován. Takto probíhalo naplňování u všech fix. Aby nedošlo ke smísení roztoků s různými látkami a tedy i různých pachů, byla pro každou látku vzata nová injekční stříkačka. Předchozí obrázek zachycuje kompletní sadu pro naplnění fixy pachovou látkou (Obr. 9). Více fotek z přípravy sad fixů pro měření experimentu je k nalezení v příloze.

Tato část projektu měla vysoký přínos, protože se stanovila metodika a zároveň i hodnoty koncentrací roztoků zvolených pachových látek, z nichž mohou později vycházet další kolegové.

4.3. Vyšetření čichu

Vyšetřování čichu probíhalo současně s měřením experimentu a to z jednoho prostého důvodu. Na rozdíl od sluchu se čich může ze dne na den změnit, např. pokud člověk onemocní nachlazením, tak by poté skoro nic necítil.

Problematika vyšetření čichového prahu byla vysvětlena v předchozí kapitole 3.2. Metodika měření čichového prahu. Fixy, které k tomuto vyšetření slouží, byly opět zapůjčené z Pardubické krajské nemocnice. Jednalo se o starší sady fix Sniffin sticks testu pro identifikaci a čichový práh. U testu pro zjištění čichového prahu člověka se při zkušebním vyšetření odhalil problém. Pachová látka, kterou fixy obsahují, již nebyla téměř citelná. Usoudilo se, že následkem stáří fix pachová látka v jejich těle vyschla. Rozdíl mezi fixami byl znát jen přibližně u prvních šesti, to ale na vyšetření čichu u dobrovolníků nestačilo. Znamenalo to, že test byl pro projekt nevhodný. Tento problém se konzultoval jak s Ing. Janem Pokorným, Ph.D. tak posléze i s MUDr. Janem Vodičkou, Ph.D. Bohužel nemocnice nemohla v krátké době poskytnout jeho náhradu, tak bylo rozhodnuto, že pro vyšetření čichového prahu postačí jen test identifikace. Toto rozhodnutí padlo z toho důvodu, že následující experiment vlastně vychází z metodiky vyšetření čichového prahu, tudíž z něj lze vyhodnotit, jestli mají dobrovolníci zdravý čich.



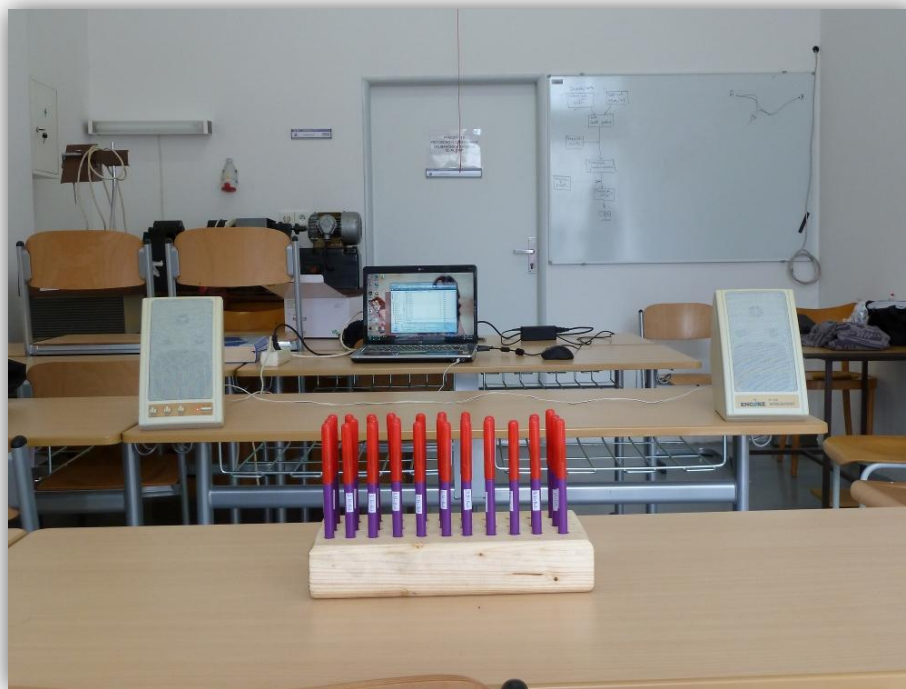
Obr. 10 – Vyšetření identifikace

Předchozí obrázek (Obr. 10) zachycuje dobrovolníka při vyšetření identifikace. Více fotek k zhlédnutí je opět k nalezení v příloze.

Vyšetření čichu tedy probíhalo jen s pomocí testu identifikace. Po vysvětlení metodiky vyšetření prováděli jeho měření sami dobrovolníci. Všichni, kteří tento test absolvovali, vyšetřením prošli. Nikdo další nebyl z projektu vyloučen, tudíž všichni splnili podmínku správného určení nejméně deseti pachů ze šestnácti, které fixy vydávaly.

4.4. Experiment

Teprve po vyšetření čichu se přistoupilo k měření experimentu. Jeho metodika měření vycházela z metodiky vyšetření čichového prahu s tím rozdílem, že měření probíhalo dvakrát za různých akustických podmínek. Jedno měření bylo provedeno za ticha a druhé za hluku. Volba, které z měření bude první, jestli za ticha nebo za hluku, se volila náhodně tak, aby výsledný počet měření byl pro oba přibližně stejný. Tato metodika měření byla zvolena z důvodu potlačení vlivu faktoru opakování na hodnoty zjištěné za ticha či za hluku. Druhým rozdílem oproti vyšetření čichu bylo použití odlišných fix, které byly předem naplněny koncentracemi n-butanolu, benzaldehydu a nafty. Více o přípravě fix v kapitole 4.2. Příprava fix.



Obr. 11 – Laboratoř připravená na experiment

Na předchozím obrázku (Obr. 11) je z pohledu dobrovolníka zachycena laboratoř připravená na zahájení experimentu. Ilustračně je zde zobrazena sada fix s pachovou látkou vytvořená pro potřeby projektu.

Hluk působící na dobrovolníky při měření experimentu simuloval hluk za jízdy ve vozidle. Jeho přibližně čtyřminutovou nahrávku poskytla Pardubická krajská nemocnice. Při měření experimentu byla přehrávána pomocí notebooku značky HP a pouštěna přes reproduktory značky Encore, které zapůjčila Univerzita Pardubice, Katedra dopravních prostředků a diagnostiky. Pro nastavení hlasitosti nahrávky při experimentu bylo nutné zjistit velikost hluku ve vozidle za jízdy. Tato hodnota byla změřena zvukoměrem v reálných podmínkách. Zjištěná hodnota dosahovala úrovně 70 dB. Jde opět o proměnlivou hodnotu, jako tomu bylo u úrovně hluku pozadí v laboratoři, proto je nutné ji brát jako střední hodnotu, okolo níž se hladina hluku pohybuje. Nastavení hlasitosti reproduktorů a notebooku pro měření experimentu proběhlo s pomocí univerzitního zvukoměru.

Z počátku bylo zamýšleno provést experiment pro všechny tři látky. Po zkušebním měření se od úmyslu ustoupilo z důvodu velké časové náročnosti měření i velkého zatížení čichového orgánu dobrovolníků. Po konzultaci s Ing. Janem Pokorným, Ph.D. bylo rozhodnuto vykonat experiment u každého dobrovolníka jen pro jednu látku s tím, že se jako pachové látky střídaly nafta a benzaldehyd. Sada s N-butanolem nakonec nebyla v projektu vůbec využita. Hlavním důvodem jejího vyřazení byl nevyhovující pachový rozsah této sady fix.

Také připravenou sadu fix s benzaldehydem ne každý dobrovolník cítil, protože jeho vůně byla oproti naftě nevýrazná. U některých tedy byla z tohoto důvodu použita nafta. Kvůli této skutečnosti obsahuje soubor dat pro benzaldehyd méně hodnot.

Na začátku experimentu byl každý dobrovolník posazen na židli čelem k reproduktorům, přibližně do vzdálenosti 1,5 metru od nich. Z důvodu písemného označení fix musel mít každý dobrovolník při měření zavřené oči, aby je nerozeznal. Poté následovalo měření jedné ze dvou připravených verzí (ticho/hluk nebo hluk/ticho). Po prvním měření např. za ticha následovalo ihned druhé, v tomto případě za hluku. Výsledné hodnoty čichového prahu v experimentu se zaznamenávaly do předem vytvořeného formuláře. Tento formulář je k nalezení v příloze (Příloha 10).

Po vyšetření každého dobrovolníka se ze zjištěných dat vytvořily ve formuláři dvě výsledné hodnoty čichového prahu (vysvětleno v metodice), jedna pro měření za

ticha a druhá pro měření za hluku. Tyto hodnoty byly poté zaznamenány do konečné tabulky experimentu uvedené v příloze (Příloha 11) a v následující kapitole s pomocí statistických funkcí vyhodnoceny. Celkový počet dobrovolníků, na kterých byl experiment proveden, se zastavil na čísle 31. Kvůli vypracování práce do daného termínu nebylo již možno zbylých 6 dobrovolníků z časových důvodů změřit.

Následující obrázek (Obr. 12) zachycuje dobrovolníka při měření experimentu. Lze z něj vypožorovat rozmístění reproduktorů i jejich vzdálenost od dobrovolníka. Pro bližší představu průběhu měření experimentu je více fotek uvedeno v příloze.



Obr. 12 – Měření experimentu

4.5. Vyhodnocení

Naměřené hodnoty čichového prahu z experimentu pro naftu a benzaldehyd bylo třeba zpracovat a zjistit tak výsledek projektu. Konečné vyhodnocení vycházelo jen z hodnot změřených na dobrovolnících, kteří prošli vstupním vyšetřením čichu a sluchu. Ke zpracování dat získaných z experimentu byl využit program Microsoft Excel 2010 a jeho statistické funkce. U všech prováděných testů bylo rozhodováno na hladině významnosti 0,05. Výsledné zpracování proběhlo ve spolupráci s Mgr. Věrou

Záhorovou, Ph.D. S její pomocí dostala data srozumitelnou a hlavně konečnou podobu pro vyhodnocení projektu.

4.5.1. Vyhodnocení vlivu hluku na čichový práh

V průběhu měření byl zaregistrován signál, že skoro každé opakované měření je lepší, než to první, bez ohledu na to, jestli se jednalo o měření provedené za ticha nebo za hluku (uvedený fakt je důkladně diskutován v následující podkapitole). Proto byla do experimentu vnesena náhodnost – někteří dobrovolníci reagovali při prvním měření za ticha, jiní za hluku. Dá se předpokládat, že tímto způsobem byl potlačen vliv faktoru opakování na hodnoty zjištěné za ticha či za hluku.

Naměřená data pro naftu a benzaldehyd upravená pro zpracování v Excelu jsou ilustračně zobrazena v následující tabulce (Tabulka 5). Řádky obsahují hodnoty čichového prahu naměřeného za ticha nebo za hluku u jednotlivých osob pro danou látku. U nafty bylo naměřeno více dat než u benzaldehydu. Z tohoto důvodu byly tyto hodnoty v tabulce 5 rozmístěny do čtyř řádků.

Tabulka 5 – Data k výslednému zpracování

Nafta	Ticho	12,5	11,75	13,5	15,5	11,75	12,75	5,5	12,5	14,75	11,5
	Hluk	12	13	13,5	13,75	11	12,5	8,5	12	12,5	11,25
	Ticho	9,5	15	12,75	11,5	11,5	9	11,5	14	12,75	12,5
	Hluk	10	13,25	12	12,5	12	6,25	12,75	13	10,5	14

Benzaldehyd	Ticho	8,25	8,5	4,75	3,75	2,25	3,75	9,75	4,5	5	4,5	4	4,75	2
	Hluk	8,25	8,5	6,5	3,5	5	3,75	11	2,75	4,5	4,5	3,5	7	3

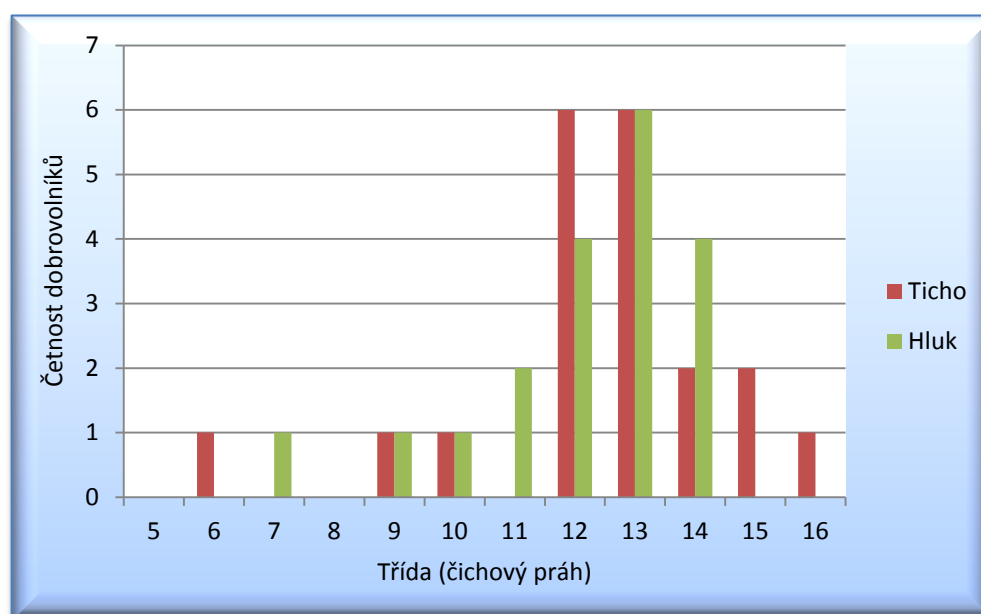
Jako první bylo nutné zjistit, jestli je data možno považovat za výběr ze základního souboru s normálním rozdělením pravděpodobnosti. K testování hypotézy o normalitě byl použit Kolmogorovův- Smirnovův test, který se používá u menšího počtu dat. Jeho výsledkem je testovací kritérium, které se poté porovnává s kritickou hodnotou. Ta se získá z tabulek pro Kolmogorovův-Smirnovův test. Tento test byl proveden pro obě látky použité v experimentu a pro obě sledované okolnosti měření (ticho a hluk) zvlášť. Po porovnání hodnot testovacích kritérií příslušnými kritickými hodnotami se potvrdilo, že tato data náleží do normálního rozdělení pravděpodobnosti.

Výsledky testů nulové hypotézy „výběr pochází ze základního souboru s normálním rozdělením pravděpodobnosti“ jsou uvedeny v tabulce níže (Tabulka 6).

Tabulka 6 – Výsledné hodnoty Kolmogorovova-Smirnovova testu

		Testovací kritérium	Kritická hodnota	Vyhodnocení
Nafta	Ticho	0,248	0,294	hypotéza se přijímá
	Hluk	0,246	0,294	hypotéza se přijímá
Benzaldehyd	Ticho	0,279	0,361	hypotéza se přijímá
	Hluk	0,194	0,361	hypotéza se přijímá

K základnímu popisu dat slouží popisná statistika, která poskytne nejzákladnější charakteristiky, jako jsou střední hodnota, směrodatná odchylka, maximum, minimum, počet hodnot apod. Přehled získaný pomocí Excelu je uveden v tabulkách níže (Tabulka 7 a 8). Ke grafickému vyjádření hodnot se používá histogram. Ten vyjadřuje rozdělení četností osob, které začaly reagovat při dané koncentraci roztoků sledovaných látek. Histogramy pro naftu a benzaldehyd (Graf 1 a 2) jsou také zobrazeny níže.



Graf 1 – Histogram pro naftu

Jako první byla vyhodnocena nafta. Z histogramu (Graf 1) je patrné, že výsledný čichový práh u dobrovolníků se nejčastěji pohyboval kolem fix s číslem 12, 13 a 14, a že rozdíl mezi měřením za ticha a hluku je velmi malý.

Tabulka 7 – Popisná statistika pro naftu

	<i>ticho</i>	<i>hluk</i>
Stř. hodnota	12,08	11,79
Směr. odchylka	2,23	1,86
Minimum	5,5	6,25
Maximum	15,5	14
Počet	20	20

Z tabulky (Tabulka 7) je patrné, že střední hodnota čichového prahu je u hodnot naměřených za ticha poněkud menší – to by mohlo signalizovat skutečnost, že za ticha dobrovolníci reagovali na o něco méně výrazné čichové podněty. Směrodatná odchylka je nižší u hodnot naměřených za hluku. Dalo by se tedy říci, že za hluku se méně liší čichový práh jednotlivých osob. Dobrovolníci reagovali jakoby „stejněji“. Než se však přijmou dalekosáhlé závěry, je třeba testovat, zda jsou zjištěné rozdíly statisticky významné.

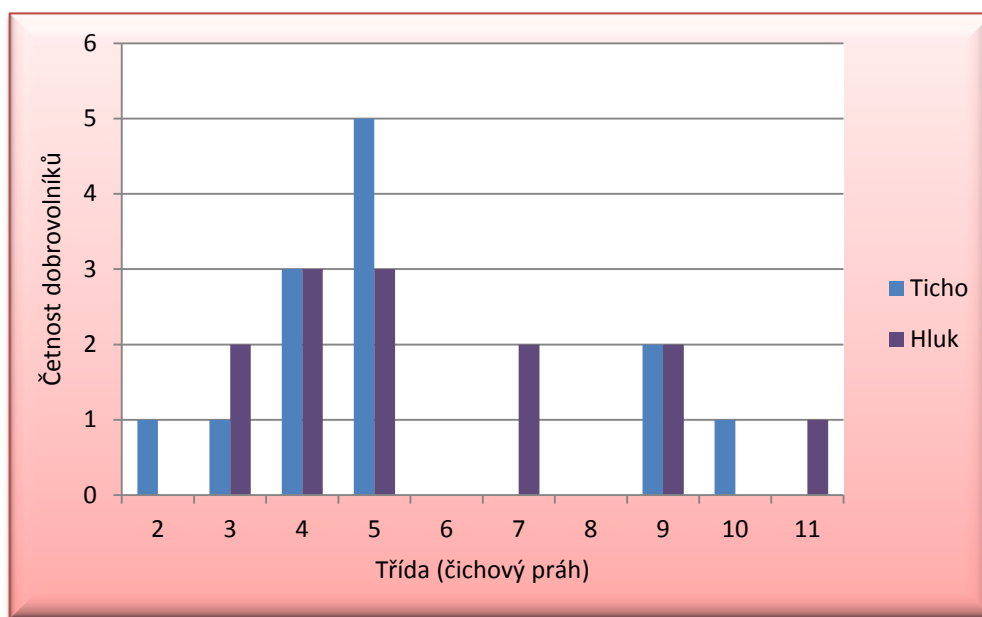
K tomu poslouží test hypotézy o rovnosti rozptylů (směrodatná odchylka je druhou odmocninou z rozptylu) tzv. F-test a test hypotézy o rovnosti středních hodnot tzv. T-test. Oba testy jsou k nalezení v paletě funkcí v Excelu. F-test dává pro naftu hodnotu testovacího kritéria 1,436 a kritickou hodnotu 2,168. Hodnota testovacího kritéria nepatří do horního kritického oboru, tudíž rozdíl směrodatných odchylek není statisticky významný. T-test dává hodnotu testovacího kritéria 0,443 a kritickou hodnotu 1,686. Ani zde nepatří hodnota testovacího kritéria do horního kritického oboru. Dá se tedy říci, že mezi středními hodnotami není statisticky významný rozdíl.

Hodnoty zjištěné v experimentu, při kterém byla použita sada naplněných naftou, vedou k závěru, že hluk nemá statisticky významný vliv na změnu čichového prahu zkoumaných osob.

Tabulka 8 – Popisná statistika pro benzaldehyd

	<i>ticho</i>	<i>hluk</i>
Stř. hodnota	5,06	5,48
Směr. odchylka	2,36	2,45
Minimum	2	2,75
Maximum	9,75	10,5
Počet	13	13

Střední hodnoty z popisné statistiky pro benzaldehyd (Tabulka 8) jsou rozdílné. Oproti naftě se zlepšení projevilo u měření za hluku. To by mohlo signalizovat skutečnost, že za hluku dobrovolníci reagovali na o něco méně výrazné čichové podněty. Směrodatná odchylka u této látky nevykazuje takový rozdíl jako u nafty a je nižší u hodnot zjištěných za ticha. Dalo by se tedy říci, že se méně liší čichový práh jednotlivých osob u měření za ticha. Než se tyto hypotézy přijmou, je opět třeba testovat, zda jsou zjištěné rozdíly statisticky významné.



Graf 2 – Histogram pro benzaldehyd

K jejich otestování opět poslouží tzv. F-test a T-test. U F-testu vychází hodnota testovacího kritéria -0,449 a kritická hodnota -1,711. Jedná se o dolní obor kritických hodnot a hodnota testovacího kritéria do něho nespadá. Hodnota testovacího kritéria u T-testu činila 0,926 a kritická hodnota 0,372. Zde také hodnota testovacího kritéria do

dolního oboru kritických hodnot nespadá. Dá se tedy říci, že jak u směrodatné odchylky, tak u střední hodnoty není statisticky významný rozdíl.

Také u tohoto experimentu, při kterém byla použita sada fix naplněných benzaldehydem, nelze ze zjištěných hodnot dojít k závěru, že by hluk měl statisticky významný vliv na změnu čichového prahu u dobrovolníků.

4.5.2. Vyhodnocení vlivu pořadí měření

Na počátku kapitoly 4.5.1. Vyhodnocení vlivu hluku na čichový práh byl zmíněn fakt: při měření se zdálo, že skoro každé opakované měření bylo lepší, než to první, bez ohledu na to, jestli se jednalo o měření provedené za ticha nebo za hluku. Pokud by se jednalo o správnou hypotézu, musely by výše uvedené výsledky být brány s ohledem na tento závěr, i když byla do experimentu vnesena náhodnost (vysvětleno v kapitole 4.5.1. Vyhodnocení vlivu hluku na čichový práh).

Výsledná data se upravila do podoby vhodné pro vyhodnocení této hypotézy. Tyto hodnoty jsou zaznamenány v následující tabulce (Tabulka 9), kde řádky obsahují hodnoty čichového prahu naměřené u jednotlivých osob při prvním a druhém měření. I zde se vyskytuje více dat pro naftu než pro benzaldehyd.

Tabulka 9 – Data ke zpracování

Nafta	1. měření	12,5	11,75	13,5	13,75	11	12,5	5,5	12,5	12,5	11,25
	2. měření	12	13	13,5	15,5	11,75	12,75	8,5	12	14,75	11,5
	1. měření	9,5	13,25	12	11,5	12	6,25	12,75	12,5	10,5	12,5
	2. měření	10	15	13	12,5	12	9	11,5	13,5	12,75	14

Benzaldehyd	1. měření	8,25	8,5	6,5	3,5	2,25	3,75	9,75	4,5	4,5	4,5	3,5	4,75	3
	2. měření	8,25	8,5	4,75	3,75	5	3,75	10,5	2,75	5	4,5	4	7	2

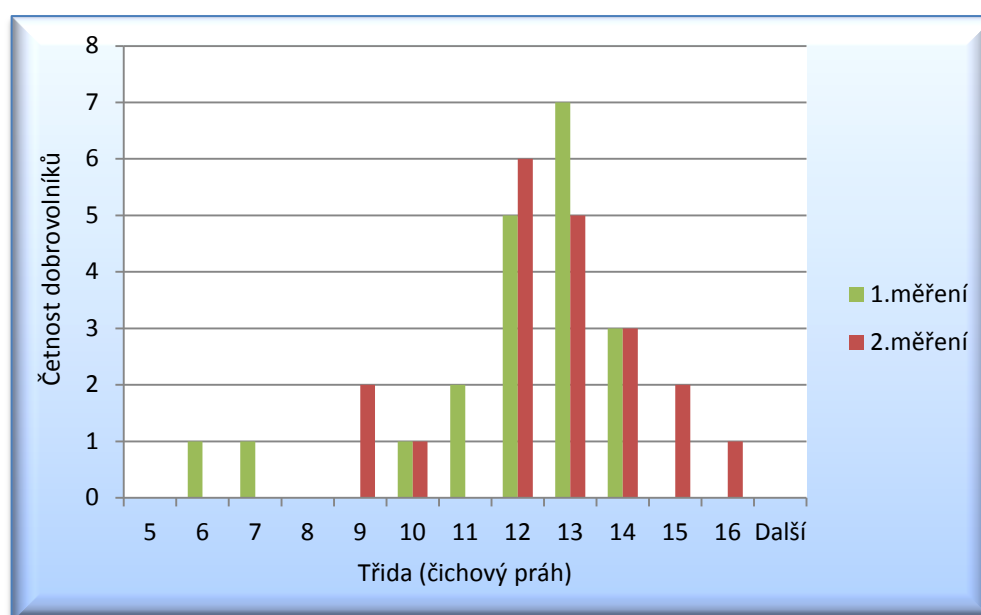
Jako u měření za ticha a za hluku, i zde bylo nutné určit, jestli se data mohou považovat za výběr ze základního souboru s normálním rozdělením pravděpodobnosti. Opět se použil k testování hypotézy o normalitě Kolmogorovův-Smirnovův test. Proběhl pro obě látky použité v experimentu a pro obě sledované okolnosti (1. měření a 2. měření) zvlášť. Po porovnání hodnot testovacích kritérií s příslušnými kritickými

hodnotami se potvrdilo, že výše uvedená data náleží do normálního rozdělení pravděpodobnosti. Výsledky testů jsou uvedeny v následující tabulce (Tabulka 10).

Tabulka 10 – Výsledné hodnoty Kolmogorovova-Smirnovova testu

		Testovací kritérium	Kritická hodnota	Vyhodnocení
Nafta	1. měření	0,213	0,294	hypotéza se přijímá
	2. měření	0,163	0,294	hypotéza se přijímá
Benzaldehyd	1. měření	0,264	0,361	hypotéza se přijímá
	2. měření	0,251	0,361	hypotéza se přijímá

Pro základní popis hodnot z prvního a z druhého měření u obou látek se opět využilo popisné statistiky, pro grafický popis pak znovu histogram četností. Jako první byly otestovány hodnoty u nafty. Výsledný přehled získaný z Excelu je zaznamenán v následujícím grafu (Graf 3) a tabulce (Tabulka 11).



Graf 3 – Histogram pro naftu

Z histogramu pro naftu (Graf 3) jde vyčíst, že se hodnoty u druhého měření pohybují u fix s menší koncentrací nafty. To potvrzují i střední hodnoty z popisné statistiky (Tabulka 11). U nafty lze tedy usuzovat, že u druhého měření dobrovolníci

reagovali lépe než u prvního měření. Než se tato hypotéza přijme jako pravdivá, musí se určit, jestli je zjištěný rozdíl statisticky významný.

Tabulka 11 – Popisná statistika pro naftu

	<i>1. měření</i>	<i>2. měření</i>
Stř. hodnota	11,48	12,39
Směr. odchylka	2,17	1,83
Minimum	5,5	8,5
Maximum	13,75	15,5
Počet	20	20

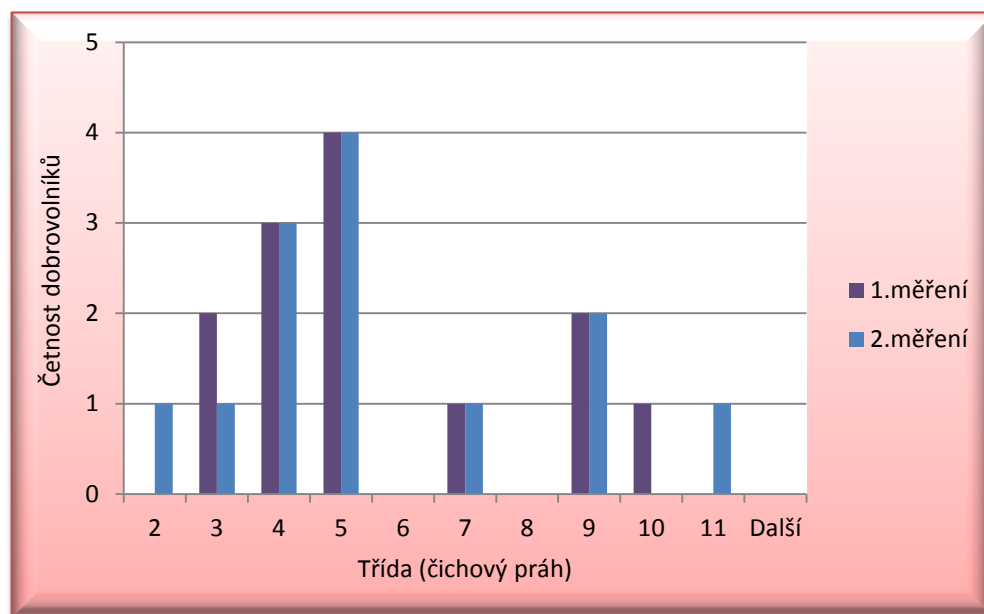
K tomu poslouží dvou výběrový párový T-test pro střední hodnotu. Vychází z velikosti rozdílů mezi hodnotami získanými v prvním a druhém měření a za předpokladu normality rozdílů testuje hypotézu, že střední hodnota rozdílu je rovna 0. I tento test je k nalezení v paletě funkcí v Excelu. Pro naftu vyšla hodnota testovacího kritéria -3,503 a kritická hodnota -1,729. Jedná se o dolní obor kritických hodnot a hodnota testovacího kritéria do něho patří. Dá se tedy říci, že rozdíl mezi naměřenými hodnotami je statisticky významný. Hodnoty zjištěné z experimentu tedy ukazují, že dobrovolníci u fix s naftou při druhém měření cítili látku opravdu lépe, než při prvním měření.

Tabulka 12 – Popisná statistika pro benzaldehyd

	<i>1. měření</i>	<i>2. měření</i>
Stř. hodnota	5,17	5,37
Směr. odchylka	2,34	2,48
Minimum	2,25	2
Maximum	9,75	10,5
Počet	13	13

U vyhodnocení dat prvního a druhého měření s benzaldehydem se postupovalo totožně. Rozdíl mezi zjištěnými hodnotami se opět ověřil pomocí tzv. párového T-testu. Jak je patrné z popisné statistiky pro benzaldehyd (Tabulka 12), tentokrát není rozdíl znatelný ze středních hodnot tak výrazný jako u nafty. Jistá změna tu však je. Hodnota u druhého měření je opět oproti prvnímu měření větší. Dle výsledku testu není rozdíl zjištěných hodnot statisticky významný, protože hodnota testovacího kritéria nenáležela

dolnímu oboru kritických hodnot. U této látky nelze tedy konstatovat, že by u druhého měření dobrovolníci cítili látku lépe než u prvního. Velikost testovacího kritéria se rovnala hodnotě -0,532 a kritická hodnota byla -1,782.



Graf 4 – Histogram pro benzaldehyd

Už z histogramu pro benzaldehyd (Graf 4) je patrné, jak si jsou obě měření podobná. Je možné i podle něho usuzovat, že u této látky nemá vliv na výsledné měření, jestli bylo provedeno jako první nebo druhé.

5. ZÁVĚR

Dle výsledků experimentu nemá hluk na čichový práh řidiče statisticky významný vliv. Takto dokázala tato práce odpovědět na základní otázku položenou v počátku úvodní kapitoly. Ani u jedné z měřených látek (nafta a benzaldehyd) nebyl statisticky prokázán vliv hluku na čichový práh. U obou látek se sice objevila nepatrná změna, ale nikdy ne taková, aby se dalo prohlásit, že je významná.

Během měření experimentu se vyzorovalo, že by skoro každé opakované měření mohlo být lepší než to první, bez ohledu na to, jestli se jednalo o měření provedené za ticha nebo za hluku. Tento fakt měnil základní význam, jak nahlížet na zjištěné hodnoty experimentu. Hypotéza se ale potvrdila pouze pro měření se sadou fix naplněných naftou. U benzaldehydu nebyl rozdíl mezi prvním a druhým měřením statisticky významný. Dle úvahy se tak u nafty děje, protože s ní člověk přichází skoro denně do styku na rozdíl od benzaldehydu. Pro člověka není její pach neznámý, a tak se na ni čich lépe přizpůsobuje. Dalším vlivem by mohla být i její výraznější vůně, která se projevovala i v roztocích o nízké koncentraci této látky. Odstranění vlivu pořadí měření u nafty by mohlo být provedeno úpravou metodiky měření, např. provedení ještě jednoho měření za ticha nebo za hluku podle okolností navíc.

Pokud by měly být zjištěné výsledky považovány za vědecký fakt, musel by být projekt realizován v daleko větším měřítku, než byl proveden. Například 13 hodnot u fix s benzaldehydem je na konečné závěry velice málo. Bohužel z důvodu velké časové náročnosti nebylo možné získat více hodnot, protože jenom samotný projekt bez vyšetření a přípravy trval bezmála dva měsíce. Už v úvodu bylo ale zmíněno, že je projekt brán spíše jako pilotní výzkum k mnohem rozsáhlejšímu projektu, proto i tyto závěry mají významný klad.

Velkým přínosem projektu je zavedení metodiky měření, ze které se dá v navazujících projektech vycházet. To samé platí i pro sady parfémových fix naplněné n-butanolem, naftou a benzaldehydem. Při jejich výrobě se dá postupovat pomocí informací obsažených v této práci.

6. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Státní zdravotní ústav* [online]. c2007-2008 [cit. 2011-04-16]. Dostupné z WWW: <<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/hluk>>.
- [2] *JSP e-shop měřicí a regulační techniky : Hlukoměry* [online]. c2010 [cit. 2011-04-24]. Dostupné z WWW: <<http://www.jspshop.cz/hlukomery/kimo-db200>>.
- [3] *Wikipedie: Hluk* [online]. 2002 [cit. 2011-04-16]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Hluk>>.
- [4] JELÍNEK, Jan, et al. *Biologie pro gymnázia*. Vyd. 4. Olomouc : Nakladatelství Olomouc, 2000. 559 s. ISBN 80-7182-107-1.
- [5] SMETANA, Ctirad, et al. *Hluk a vibrace : Měření a hodnocení*. Vyd. 1. Praha : Sdělovací technika, 1998. 190 s. ISBN 80-901936-2-5.
- [6] NOVOTNÝ, Ivan; HRUŠKA, Michal. *Biologie člověka*. Vyd. 2. Praha : Fortuna, 1997. 136 s. ISBN 80-7168-462-7.
- [7] *Wikipedie* [online]. 15.3.2010 [cit. 2011-04-24]. Anatomy of the Human Ear-CZ.svg. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Anatomy_of_the_Human_Ear-CZ.svg>.
- [8] VODIČKA, MuDr. Jan. *Výšetření čichu se zaměřením na pracující v chemickém provozu*. [s.l.], 2009. 74 s. Dizertační práce. Univerzita Karlova v Praze: Lékařská fakulta v Hradci Králové.

7. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Zvukoměr ^[2]	9
Obrázek 2 – Schéma sluchového ústrojí ^[7]	12
Obrázek 3 – Schéma čichové sliznice ^[6]	13
Obrázek 4 – Formulář pro měření sluchového prahu	15
Obrázek 5 – Test identifikace	17
Obrázek 6 – Test čichového prahu	18
Obrázek 7 – Laboratoř	21
Obrázek 8 – Audiometr	22
Obrázek 9 – Sada pro naplnění fixy	25
Obrázek 10 – Vyšetření identifikace	26
Obrázek 11 – Laboratoř připravená na experiment	27
Obrázek 12 – Měření experimentu	29

8. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Úrovně hluku ^[3]	10
Tabulka 2 – Ilustrační příklad (a)	19
Tabulka 3 – Ilustrační příklad (b)	20
Tabulka 4 – Koncentrace pachových látek v roztocích fix	24
Tabulka 5 – Data k výslednému zpracování	30
Tabulka 6 – Výsledné hodnoty Kolmogorovova-Smirnovova testu	31
Tabulka 7 – Popisná statistika pro naftu	32
Tabulka 8 – Popisná statistika pro benzaldehyd	33
Tabulka 9 – Data ke zpracování	34
Tabulka 10 – Výsledné hodnoty Kolmogorovova-Smirnovova testu	35
Tabulka 11 – Popisná statistika pro naftu	36
Tabulka 12 – Popisná statistika pro benzaldehyd	36

9. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 – Histogram pro naftu	31
Graf 2 – Histogram pro benzaldehyd	33
Graf 3 – Histogram pro naftu	35
Graf 4 – Histogram pro benzaldehyd	37

10. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Měření sluchu.....	42
Příloha 2 – Příprava fix (a)	42
Příloha 3 – Příprava fix (b).....	43
Příloha 4 – Sady pachových látek	43
Příloha 5 – Vyšetření identifikace	44
Příloha 6 – Vyšetření čichového prahu	44
Příloha 7 – Měření experimentu (a).....	45
Příloha 8 – Měření experimentu (b)	45
Příloha 9 – Formulář Sniffin sticks testu	46
Příloha 10 – Formulář k měření experimentu.....	47
Příloha 11 – Naměřené hodnoty z experimentu	48

11. PŘÍLOHY



Příloha 1 – Měření sluchu



Příloha 2 – Příprava fix (a)



Příloha 3 – Příprava fix (b)



Příloha 4 – Sady pachových látek



Příloha 5 – Vyšetření identifikace



Příloha 6 – Vyšetření čichového prahu



Příloha 7 – Měření experimentu (a)



Příloha 8 – Měření experimentu (b)

Sniffin sticks

Jméno _____

1 Práh

pořadí	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

2 Diskriminace

bar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
čer																
zel																
mod																

3 Identifikace

1	pomeranč	ostružina	jahody	ananas	9	cibule	kyselé zelí	česnek	mrkev
2	kouř	lepidlo	kůže	tráva	10	cigareta	kafe	víno	svíčka
3	med	vanilka	čokoláda	skořice	11	meloun	brokev	pomeranč	jablko
4	pažitka	máta	smrk	cibule	12	koření	pepř	skořice	hořčice
5	kokos	banán	vl. ořech	třešeň	13	hruška	švestka	brokev	ananas
6	brokev	jablko	citrón	grep	14	heřmánek	malina	růže	třešeň
7	lékořice	medvídek	žvýkačka	sušenka	15	anýz	rum	med	smrk
8	hořčice	pryž	mentol	terpentýn	16	chleba	ryba	sýr	šunka

Příloha 9 – Formulář Sniffin sticks testu

Vlastní experiment (TICHO, HLUK)

Číslo dobrovolníka:



N-BUTANOL (TICHO)							
Pořadí	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

NAFTA (TICHO)							
Pořadí	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

BENZALDEHYD (TICHO)							
Pořadí	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							

Příloha 10 – Formulář k měření experimentu

Dobrovolníci	Ticho		Hluk		Které měření bylo první
	Nafta	Benzaldehyd	Nafta	Benzaldehyd	
Pořadí					
1	14		13		Hluk
2	12,5	8,25	12	8,25	Ticho
3	11,75	8,5	13	8,5	Ticho
4	13,5		13,5		Ticho
5	15,5		13,75		Hluk
6	11,75		11		Hluk
7	12,75		12,5		Hluk
8	13		12,75		Ticho
9		4,75		6,5	Hluk
10	5,5		8,5		Ticho
11		3,75		3,5	Hluk
12	12,5		12		Ticho
13		2,25		5	Ticho
14	14,75		12,5		Hluk
15	11,5		11,25		Hluk
16	9,5		10		Ticho
17	15		13,25		Hluk
18	12,75		12		Hluk
19					
20		3,75		3,75	Hluk
21		9,75		10,5	Ticho
22		4,5		2,75	Ticho
23	11,5		12,5		Ticho
24		5		4,5	Hluk
25	11,5		12		Hluk
26	9		6,25		Hluk
27		4,5		4,5	Ticho
28					
29	11		12,75		Ticho
30		4		3,5	Hluk
31	11,5		12,75		Hluk
32		3,25		3,5	Ticho
33	13,5		12,5		Hluk
34		4,75		7	Ticho
35		5,75		5,5	Ticho
36	12,75		10,5		Hluk
37					
38	12,5		14		Ticho
39					
40					
41		2		3	Hluk
42					

 neprošli přes vyšetření sluchu
 nezměření

Příloha 11 – Naměřené hodnoty z experimentu