

Testování alkohol-testerů za modelových podmínek

Bakalářská práce

Studijní program:

B3944 Biomedicínská technika

Studijní obor:

Biomedicínská technika

Autor práce:

Matouš Klikar

Vedoucí práce:

prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

Katedra materiálového inženýrství





Zadání bakalářské práce

Testování alkohol-testerů za modelových podmínek

Jméno a příjmení: **Matouš Klikar**
Osobní číslo: D18000102
Studijní program: B3944 Biomedicínská technika
Studijní obor: Biomedicínská technika
Zadávací katedra: Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: **2020/2021**

Zásady pro vypracování:

Cíle práce:

- 1) Sestavit zařízení generující definovanou směs ethanolových par, pomocí tohoto zařízení otestovat alkohol-testery v laboratorních podmínkách.
- 2) Připravit si detekční trubičky. Ověření vlastností v laboratorních podmínkách, porovnat s těmi volně dostupnými na trhu.
- 3) Zjistit pomocí alkohol-testerů na dobrovolnících časové změny koncentrace ethanolu v dechu, po požití alkoholu.
- 4) Zhodnotit správnost a přesnost měření v reálných podmínkách, porovnání s laboratorními výsledky.
- 5) Zhodnotit uživatelské hledisko.

Teoretická východiska (včetně výstupu z kvalifikační práce):

Zákon č. 361/2000 Sb. zakazuje řídit motorová vozidla pod vlivem alkoholu. Dle statistik Policie ČR nadýchalo minulý rok 5852 řidičů při dechových zkouškách hodnotu do 1 promile, která představuje zmiňovanou menší dávku (Policie ČR, 2020). Z tohoto důvodu je nutné si hladinu alkoholu ověřit alkohol-testerem, který vyhovuje uživatelsky i funkčně.

Vytvoření článku připraveného k publikaci a přednáška na odborné konferenci.

Výzkumné předpoklady/ výzkumné otázky:

- 1) Předpokládáme správnou a přesnou funkci alkohol-testerů v rámci jejich specifikací.
- 2) Budou námi připravené detekční trubičky konkurenceschopné?
- 3) Předpokládáme průběh koncentrace alkoholu v dechu po exponenciální křivce.
- 3) Předpokládáme rozdíly koncentrace alkoholu v dechu v závislosti na fyziologických parametrech dobrovolníků.
- 3a) Předpokládáme odchylky měření oproti laboratorním podmínkám.
- 3b) Předpokládáme, že 80 % a více testovaných dobrovolníků zvládne správně použít každé zařízení.
- 4) Předpokládáme, že výsledky se budou lišit dle čidel a principu fungování.
- 4) Předpokládáme, že výsledky se budou lišit dle názoru jednotlivých dobrovolníků.

Metoda:

Kvantitativní.

Technika práce, vyhodnocení dat.:

Měření, strukturované pozorování a nestandardizovaný dotazník.

Zpracování dat pomocí Microsoft Office Excel 2019 a Microsoft Office Word 2019.

Místo a čas realizace výzkumu:

KMI, laboratoře. Září 2020 – duben 2021.

Vzorek:

Čtyři alkohol-testery, detekční trubičky připravené v laboratoři, detekční trubičky volně dostupné.

Pro testování využijeme 8 dobrovolníků z obou pohlaví.

Rozsah práce:

50-70 stran.

Forma zpracování kvalifikační práce:

Tištěná a elektronická.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

- CAMPBELL, A. S., J. KIM a J. WANG. 2018. Wearable electrochemical alcohol biosensors. *Current Opinion in Electrochemistry*. **10**, 126-135. DOI 10.1016/j.coelec.2018.05.014. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2451910318301066>
- ČESKO. 2000. Zákon č. 361 ze dne 14. září 2000 o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 98, 4570-4616. ISSN 1211-1244. Dostupné také z: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka_zakonu/SearchResult.aspx?q=361/2000&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
- ČESKO. ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT. 2018. *Opatření obecné povahy č. 0111-OOP-C040-17, kterým se stanovují metrologické a technické požadavky na stanovená měřidla, včetně metod zkoušení pro schvalování typu a pro ověřování stanovených měřidel: „analýzátory alkoholu v dechu“*. Brno: Český metrologický institut. Dostupné také z: https://www.cmi.cz/sites/all/files/public/download/Uredni_deska/OOP/0111-OOP-C040-17.pdf
- EHRMANN, Jiří et al. 2015. Alkoholové jaterní poškození. *Postgraduální gastroenterologie & hepatologie*. **1(3)**, 206-217. ISSN 2336-4998.
- HEIER, C., H. XIE a R. ZIMMERMANN. 2016. Nonoxidative ethanol metabolism in humans-from biomarkers to bioactive lipids. *IUBMB Life*. **68(12)**, 916-923. DOI 10.1002/iub.1569.
- KALINA, Kamil et al. 2015. *Klinická adiktologie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4331-8.
- KITTNAR, Otomar et al. 2020. *Lékařská fyziologie*. 2. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1963-4.
- KRÁL, Luděk. 2017. Analýzátory alkoholu v dechu. *Metrologie*. **26(2)**, 18-22. ISSN 1210-3543. Dostupné také z: [https://www.unmz.cz/files/metrologie/casopis/Metrologie_2-2017_-_small_-_WWW \[1\].pdf](https://www.unmz.cz/files/metrologie/casopis/Metrologie_2-2017_-_small_-_WWW [1].pdf)
- MCMURRY, John. 2015. *Organická chemie*. 2. vyd. Brno: VUTIUM. ISBN 978-80-214-4769-1.
- NETTER, Frank H. 2016. *Netterův anatomický atlas člověka*. Brno: CPress. ISBN 978-80-264-1176-5.
- POLICIE ČR. 2020. Statistika nehodovosti –Policie České republiky. POLICIE ČR. *Policie České republiky* [online]. Praha: Policie ČR, [cit. 2020-05-28]. Dostupné také z: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- RIORDAN, Benjamin C et al. 2017. The accuracy and promise of personal breathalysers for research: Steps toward a cost-effective reliable measure of alcohol intoxication?. *Digital Health*. **3**. DOI 10.1177/2055207617746752. Dostupné také z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2055207617746752>

Vedoucí práce: prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.
Katedra materiálového inženýrství

Datum zadání práce: 1. září 2020
Předpokládaný termín odevzdání: 30. června 2021

L.S.

prof. MUDr. Karel Cvachovec, CSc., MBA
děkan

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

14. května 2021

Matouš Klikar

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce prof. Ing. Jakubu Wienerovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné připomínky a trpělivost při konzultacích poskytnutých ke zpracování této práce. Další poděkování patří Mgr. Martě Zizienové za cenné rady a pomoc s úpravami této bakalářské práce.

Anotace

Jméno a příjmení autora: Matouš Klikar

Instituce: Technická univerzita v Liberci, Fakulta zdravotnických studií

Název práce: Testování alkohol-testerů za modelových podmínek

Vedoucí práce: prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

Počet stran: 79

Počet příloh: 64

Rok obhajoby: 2021

Anotace: Tato bakalářská práce se zabývá testováním alkohol-testerů za modelových podmínek. Výsledky a pracovní postupy této práce jsou efektivně aplikovatelné nejen do biomedicínské praxe. Teoretická část seznamuje čtenáře se základními vlastnostmi alkohol-testerů a s metodami, které zkoumají jejich vlastnosti. Převážná část se týká měřidel stanovených, avšak z těchto poznatků lze vycházet i pro měřidla nestanovená. Dále vysvětluje pojem metabolismu ethanolu v lidském těle a s ním spojené náležitosti (ethanol, příjem, resorpce a další). Výzkumná část se zabývá měřením koncentrace ethanolu, respektive isopropylalkoholu v reálných a v laboratorních podmínkách. Práce se věnuje především metodě a průběhu měření a dále také jeho vyhodnocení. Výsledkem práce je vyhodnocení nejvhodnějšího alkohol-testeru na základě získaných dat.

Klíčová slova: alkohol-tester, alkohol, senzor, metabolismus, testování

Annotation

Name and surname:	Matous Klikar
Institution:	Technical University of Liberec, Faculty of Health Studies
Title:	Testing breath alcohol analyzers under model conditions
Supervisor:	prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.
Pages:	79
Apendix:	64
Year:	2021

Annotation: This bachelor thesis deals with testing of breath alcohol analyzers under model conditions. The results and working procedures of this bachelor thesis are effectively applicable not only to biomedical practice. The theoretical part acquaints the reader with the basic properties of breath alcohol analyzers and with the methods that examine their properties. The predominant part concerns specified meters, but these findings can also be used for non-specified meters. It also explains the concept of ethanol metabolism in the human body and related requirements (ethanol, intake, resorption and others). The research part deals with measuring the concentration of ethanol and isopropylalcohol in real and laboratory conditions. The bachelor thesis deals mainly with the method and course of measurement and also its evaluation. The result of the bachelor thesis is the evaluation of the most suitable breath alcohol analyzer based on the obtained data.

Keywords: breath alcohol analyzers, alcohol, sensor, metabolism, testing

Obsah

Seznam použitých zkratek	12
1 Úvod.....	14
2 Teoretická část	15
2.1 Alkohol-tester.....	15
2.1.1 Dělení Alkohol-testerů.....	15
2.1.2 Měření pomocí alkohol-testeru	19
2.1.3 Technické nároky.....	23
2.1.4 Značení.....	25
2.1.5 Schvalování (typu).....	26
2.1.6 Ověření.....	33
2.1.7 Následná ověření.....	34
2.1.8 Přzkoušení stanoveného měřidla.....	34
2.2 Metabolismus ethanolu v lidském těle	35
2.2.1 Ethanol	35
2.2.2 Příjem a resorpce	36
2.2.3 Průchod a metabolismy v těle	36
2.2.4 Vylučování.....	38
2.2.5 Výpočet předpokládané koncentrace alkoholu v krvi.....	38
2.2.6 Souvislost mezi koncentrací alkoholu v dechu a koncentrací alkoholu v krvi	39
2.3 Proč se měří hladina ethanolu v lidském těle?.....	39
3 Výzkumná část.....	40
3.1 Cíle a výzkumné předpoklady.....	40
3.2 Metodika výzkumu.....	40
3.2.1 Výzkumný vzorek a použité materiály	41
3.3 Analýza výsledných dat	45
3.3.1 Testování v reálných podmínkách	45

3.3.2	Testování v laboratorních podmínkách.....	55
3.4	Analýza výzkumných předpokladů a výzkumných otázek.....	63
4	Diskuze	65
5	Návrh doporučení pro praxi.....	67
6	Závěr	68
	Seznam použité literatury	69
	Seznam tabulek	72
	Seznam obrázků.....	74
	Seznam grafů	75
	Seznam příloh	77

Seznam použitých zkratk

°C	stupeň Celsia
atd.	a tak dále
c	koncentrace
C ₂ H ₆ O	ethanol
C ₃ H ₈ O	isopropylalkohol
C ₆ H ₁₂ O ₆	glukóza
CO ₂	oxid uhličitý
CRM	certifikovaný referenční materiál
č.	číslo
ČR	Česká republika
dB	decibel
g	gram
g	tíhové zrychlení
g/kg	gram na kilogram
hPa	hektopascal
Hz	hertz
k ₁	koeficient závisující na počtu měření n
K ₂ Cr ₂ O ₇	dichroman draselný
kg	kilogram
kHz	kilohertz
KMI	Katedra materiálového inženýrství
kV	kilovolt
l	litr
l/min	litr za minutu
l/s	litr za sekundu
m	metr
m/s ²	metr za sekundu na druhou
mg/l	miligram na litr
MHz	megahertz

ml	mililitr
MPE	největší dovolená chyba analyzátoru alkoholu v dechu pro dané podmínky měření a úroveň hmotnostní koncentrace etanolu v certifikovaném referenčním materiálu
ms	milisekunda
n	počet naměřených hodnot
p	hmotnost
ppm	parts per million (jedna miliontina)
r	redukční faktor
r_{ind}	rozlišení hodnot odečtených z displeje
s	sekunda
s_A	směrodatná odchylka aritmetického průměru
Sb.	sbírky
SD	směrodatná odchylka
SnO ₂	oxid cíničitý
TUL	Technická univerzita v Liberci
$u(\beta_{RM})$	standardní nejistota (získaná z rozšířené nejistoty s koeficientem rozšíření $k = 2$),
$u_A(\bar{\beta})$	standardní nejistoty
$u_C(\bar{\beta})$	kombinovaná standardní nejistota
u_{ind}	standardní nejistota zobrazení měřidla
U_{nom}	nominální (jmenovité) napětí
V/m	volt na metr
α	množství alkoholu
β	eliminační faktor
$\bar{\beta}$	průměrná hodnota hmotnostní koncentrace
β_i	jednotlivé naměřené hodnoty hmotnostní koncentrace etanolu analyzátozem alkoholu v dechu při měření plynného certifikovaného referenčního materiálu
β_{RM}	hmotnostní koncentrace etanolu v měřeném plynném certifikovaném referenčním materiálu
Δt	časová změna

1 Úvod

Alkohol-tester je přístroj, který buď jen detekuje, nebo i měří množství alkoholu v dechu. V dnešní době je velice frekventovaně využívaným nástrojem a své uplatnění nachází v mnoha sektorech. Jmenovitě to jsou složky integrovaného záchranného systému, pracovní sektor a v neposlední řadě sektor soukromý. Konkrétně na soukromý sektor se budeme zaměřovat v této práci.

Ze statistických hodnot Policie ČR z roku 2019 vyplývá, že 5852 testovaným řidičům byla detekována hladina alkoholu v dechu do jedné promile (Policie ČR, 2020). Tato hodnota představuje malou dávku alkoholu, která již znatelně může ovlivnit naše reakční, koordinační a uvažovací schopnosti (Otomar, 2020). Pokud by každý řidič motorového vozidla, který si není jistý svým stavem, použil před jízdou alkohol-tester, snížilo by se riziko nehodovosti.

Díky své konstrukci jsou alkohol-testery použitelné ve venkovních i ve vnitřních prostorech. A jelikož využívají neinvazivního způsobu měření jsou vhodné pro jakéhokoli uživatele. Ale kvůli vysokému množství produktů dostupných na trhu je těžké zvolit vyhovující přístroj, který by vykazoval spolehlivé výsledky a zároveň byl uživatelsky přívětivý. Tato práce a konkrétně její výzkumná část se bude zabírat porovnáváním reprezentativního vzorku (nestanovených) přístrojů a vyhodnocením jejich vlastností.

2 Teoretická část

2.1 Alkohol-tester

Zařízení, které je schopné detekce a podle vyspělosti také měření množství alkoholu v dechu. Pro toto měření využívají různých metod. Analogové testery využívají chemické reakce a následného zbarvení. Digitální využívají různých typů senzorů. V ČR se využívají polovodičové a elektrochemické senzory. Mimo ČR se setkáme také s alkohol-testerem na bázi infračervené spektroskopie (Král, 2017).

2.1.1 Dělení Alkohol-testerů

Přístroje můžeme dělit dle různých hledisek, podle jejich konstrukce, podle principu měření a podle právní úpravy (Král, 2017).

2.1.1.1 Dělení dle konstrukce alkohol-testerů

Z konstrukčního hlediska rozlišujeme tři typy přístrojů podle jejich mobility (Král, 2017).

2.1.1.1.1 Přístroje přenosné

Tato kategorie přístrojů se vyznačuje nízkou váhou (pod jeden kilogram). Jsou malé a koncipované na vnitřní a vnější použití, pro tyto prostředí jsou také testovány (Král, 2017). Další vlastností je způsob napájení, nejčastěji je napájení zajištěno samostatnou baterií (Český metrologický institut, 2018).

2.1.1.1.2 Přístroje mobilní

Tato skupina je již svou konstrukcí objemnější a těžší než přístroje přenosné. Díky tomu nám ale může takový přístroj nabídnout větší prostor pro detektory a jejich možnou

kombinaci (Král, 2017). Svými parametry se nejvíce hodí na instalaci do vozidel (Český metrologický institut, 2018).

2.1.1.1.3 Přístroje stacionární

Tyto přístroje, jak už název napovídá, nejsou přenosné a využívají se tedy nejčastěji uvnitř budov nebo v prostředí se stálými podmínkami (Český metrologický institut, 2018). Zároveň je tato kategorie konstrukčně nejsložitější, může tedy nabízet širší spektrum využití (Král, 2017).

2.1.1.2 Dělení dle principu měření hladiny alkoholu

Alkohol-testery využívají k vyhodnocování hladiny alkoholu různé druhy senzorů (Král, 2017). Tím nejzákladnějším principem měření je Henryho zákon (Campbell, Kim a Wang, 2018). Dalším principem měření je například spektroskopie (Jirsa, 2015).

2.1.1.2.1 Polovodičový senzor

Tento typ senzorů funguje na principu polovodičové vodivosti a na principu chemisorpce viz Příloha A. Do polovodičových materiálů řadíme oxidy kovů.

Na příkladu polovodiče, který je tvořen SnO_2 si tento princip představíme. Polovodič z tohoto materiálu se chová jako typu N. Pokud budeme působit redukčním plynem na tento materiál, dojde k uvolnění elektronů, a tudíž ke zvýšení vodivosti. Naopak působením oxidačního plynu snížíme počet elektronů a zároveň i vodivost.

Tyto senzory mají mnoho kladných vlastností, pro které jsou hojně využívány. Těmito vlastnostmi jsou malé rozměry, malá hmotnost, rychlá odezva, dlouhá životnost, dostatečná přesnost a nízká cena (Šedivý, 2015).

Ale i přes to nám takový senzor neposkytuje tak přesné výsledky, proto je zřetelně levnější než ostatní typy senzorů. Používá se do nestanovených měřidel (Král, 2017).

2.1.1.2.2 Elektrochemický senzor (palivový článek)

Princip tohoto senzoru je založen na principu elektrochemické reakce. Kdy ethanol jako vydechovaná složka vzduchu vstupuje do série chemických reakcí. V reakci číslo jedna, která nás zajímá nejvíce, vzniká jako produkt oxid uhličitý, volné elektrony a vodíkové kationty. V druhé reakci, která je jako třetí jen částečnou oxidační cestou oproti první reakci, vzniká acetaldehyd, volné elektrony a vodíkové kationty. V poslední reakci je produktem kyselina octová a opět volné elektrony s vodíkovými kationty viz Příloha B. Při reakcích vzniklé vodíkové ionty cestují přes membránu od anody ke katodě. Pohyb vodíkových iontů dává vzniknout elektrickému proudu. Změny proudu můžeme poté převádět na změny koncentrace alkoholu v dechu (Ozoemena et al., 2018).

Základní konstrukce, ze které vychází všechny složitější senzory vypadá následovně. Uvažujme pórovitou vrstvu, která je chemicky netečná. Tato vrstva se potahuje oxidem platiny (platinová čern) a navíc je impregnována elektrolytem. K této vrstvě jsou připojeny dvě elektrody, kterými je přiváděn proud. Celý mechanismus se ukládá do pouzdra s otvorem pro přívod pozorovaného plynu viz Příloha C (Intoximeters, 2013).

Pro svou větší přesnost jsou elektrochemické senzory vkládány do měřidel stanovených, v některých případech také do měřidel nestanovených (pracovních). Tato měřidla mohou potom dosahovat podobné přesnosti, jako nejlevnější měřidla stanovená, ale kvalitnějším stanoveným měřidlům konkurovat nemohou. Přístroje s elektrochemickými senzory se taktéž vyznačují vyšší cenou oproti měřidlům využívajícím polovodičový senzor (Kráal, 2017).

2.1.1.2.3 Infračervená spektroskopie

Senzor využívající tuto metodu funguje na principu interakce elektromagnetického záření s pozorovaným plynem. Molekuly plynu mohou být excitovány, pokud jimi prochází infračervené záření. Když dojde k excitaci, dojde zároveň k absorbování energie paprsku infračerveného záření. To zapříčiní pokles intenzity záření na určité vlnové délce a se znalostí optické dráhy lze dopočítat koncentraci plynu.

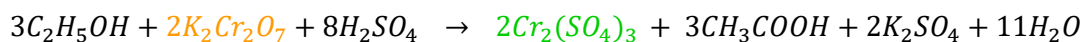
Ta nejjednodušší konstrukce takového senzoru by sestávala ze vstupního otvoru pro plyn, z výstupního otvoru pro plyn, ze zdroje infračerveného záření a z infračerveného čidla viz Příloha D (Jirsa, 2015).

Senzory této kategorie se používají ve složitějších přístrojích a často i v kombinaci s elektrochemickým senzorem (Král, 2017).

2.1.1.2.4 Chemická reakce

V tomto případě nenalezneme v zařízení (detekční trubička) žádný senzor, ukazatelem je nám pouze chemická reakce, která zapříčiňuje změnu zbarvení látky uvnitř trubičky (Zikmund, 2015).

V trubičce je uložen dichroman draselný, který je za normálního stavu oranžový. Při reakci s ethanolem dochází k jeho redukci a tento proces je doprovázen již zmíněnou změnou zbarvení, konkrétně na odstíny zelené (Univerzita Karlova, 2021). V trubičce doprovází reakci i kyselina sírová. Produkty této reakce jsou viditelné níže v rovnici. Jsou jimi síran chromitý (vzniká redukcí dichromanu draselného), kyselina octová (vzniká oxidací ethanolu), síran draselný a voda (University of California, Davis, 2020).



Rovnice 1 (University of California, Davis, 2020)

2.1.1.3 Dělení dle právní úpravy

Podle právní úpravy dělíme alkohol-testery z hlediska toho, jak je nakládáno s naměřenými hodnotami. Popřípadě jak vážně jsou měření brána v potaz. Dalším aspektem je postup, jakým se měřidla uvádí na trh (Král, 2017). Dále co se legislativy týče, všechny alkohol-testery (dechové analyzátoři na přítomnost alkoholu) jsou normovány opatřením obecné povahy 0111-OOP-C040-17. V tomto dokumentu jsou popsány požadavky na stanovená měřidla a jejich ověřování (Český metrologický institut, 2018).

2.1.1.3.1 Měřidlo nestanovené (pracovní)

Pracovní měřidla jsou měřidla, která nejsou etalonem ani stanoveným měřidlem (Český metrologický institut, 2021). Hodnoty, které získáme při použití nestanoveného měřidla nemají právní váhu, neobstojí před zákonem. Před vstupem na trh není nutné dávat nestanoveným měřidlům žádná speciální povolení a v průběhu používání se měřidlo kalibruje podle uživatele, který by se měl řídit doporučením výrobce (Král, 2017).

2.1.1.3.2 Měřidlo stanovené

Stanovená měřidla jsou měřidla, která Ministerstvo průmyslu a obchodu stanoví vyhláškou k povinnému ověřování s ohledem na jejich význam (Český metrologický institut, 2021). Hodnoty, které získáme pomocí stanoveného měřidla mají výpovědní hodnotu před zákonem a na základě těchto hodnot může testovaný subjekt obdržet sankce (Král, 2017), pokud je pod vlivem alkoholu například v době řízení motorového vozidla, což zákon nepovoluje (Česko, 2000). Před vstupem na trh podstupuje stanovené měřidlo mnoho zkoušek a testování. Aby si měřidlo udrželo statut stanoveného, musí být jednou ročně ověřováno. Při komplikacích pokračuje k justáži, pokud neprojde ani justáží, tak musí projít servisem. V případě, že přístroj nesplňuje požadavky ani po servisu, je vyřazen (Král, 2017).

2.1.2 Měření pomocí alkohol-testeru

Měření obecně sestává z několika fází, kdy se přístroj musí konkrétním způsobem připravit k použití. Používání měřidla, jakým alkohol-tester je, vyžaduje určité podmínky, za kterých správně funguje. Pro správné odečítání hodnot je také nutné pochopit, v jakých jednotkách vlastně přístroj měří a jaká je maximální povolená chyba (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.1 Průběh měření

Po zapnutí přístroje (výjimkou jsou detekční trubičky) je nutné počítat s časovou prodlevou, kdy se musí přístroj zahřát na pracovní teplotu. Samotné měření se skládá ze tří fází (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.1.1 Odebrání vzorku

Ve všech případech, kdy při odebrání vzorku jakýmkoliv způsobem dojde ke styku úst a měřidla je zapotřebí při každém měření měnit náustky. Tím jsou zaručeny hygienické zásady. Musí být zabráněno kondenzování. Aby byl vydechovaný vzduch vhodný pro analýzu a nedošlo ke znehodnocení měření, musí vzduch pocházet až z alveol. U digitálních analyzátorů je to zajištěno měřením průtoku (Český metrologický institut, 2018). U detekčních trubiček k tomuto účelu slouží balónek na konci trubičky (Zikmund, 2015).

2.1.2.1.2 Analýza vzorku

V této fázi se měří koncentrace ethanolu ve vydechovaném vzduchu. Aby byl vzorek kvalitní, musí pocházet až plicních sklípků. Dále nesmí být analýza ovlivněna vnějšími vlivy (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.1.3 Stanovení, prezentace, uložení a tisk

Naměřená koncentrace se zobrazuje na displeji (detekční trubičky jsou opět výjimkou). Hodnota, která se na displeji zobrazí se musí uložit do paměti. U stanoveného měřidla je nutné, aby existovala možnost výsledek měření vytisknout. Při uložení výsledku je nutné zachovat formát i doprovodné informace (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.2 Podmínky pro měření

Existuje seznam požadavků, které by měl splňovat každý přístroj, lze ale požádat o výjimku (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.2.1 Pracovní podmínky alkohol-testerů

Vyhovující pracovní podmínky, ve kterých se provádí měření zahrnují mnoho parametrů jako například: okolní teplotu, relativní vlhkost, atmosférický tlak, náhodné vibrace a další viz Příloha E (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.2.2 Laboratorní pracovní podmínky

Pracovní podmínky, které se dodržují při laboratorním ověřování či kalibraci. Zahrnují teplotu okolí, okolní tlak, průtok testovaného plynu a objem tohoto plynu viz Příloha F (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.2.3 Vlastnosti výdechu

Vydechovaný vzduch je důležitým parametrem. Pokud nejsou dodrženy podmínky výdechu, tak přístroj zahlásí chybu. Přístroj samotný si kontroluje objem vydechovaného vzduchu, průtok, dobu výdechu a protitlak viz Příloha G (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.3 Největší dovolená chyba

Největší povolené chyby se liší pro přístroje, které procházejí procesem schválení, ověření nebo procesem opravy viz Příloha H a CH. A také jejich výpočty jsou různé podle toho, v jakém případě se největší dovolená chyba zjišťuje. Postupy na stanovení největší dovolené chyby se ještě liší při přezkoušení stanoveného měřidla (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.4 Opakovatelnost měření

Vyjadřuje se jako směrodatná odchylka daného počtu měření. Nesmí se stát, aby nejvyšší hodnota směrodatné odchylky přesáhla jednu třetinu nejvyšší dovolené chyby (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.5 Drift

Neboli změna naměřených hodnot v čase. Krátkodobý drift pro 0,4 mg/l a drift nuly nesmí být větší než 0,1 mg/l za dobu čtyř hodin. Dlouhodobý drift pro 0,4 mg/l nesmí být větší než 0,02 mg/l za dobu dvou měsíců (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.6 Paměťový efekt

Tento efekt zapříčiňuje, že výsledek může být ovlivněn výsledkem předešlým. Paměťový efekt nesmí být větší než 0,01 mg/l (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.7 Reziduální efekt

V případě, že testujeme dva zkušební plyny, nesmí se stát, aby se referenční plyn s nižší hmotnostní koncentrací odlišoval o více než 0,01 mg/l (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.8 Jednotky měření

Přístroje mohou zobrazovat ve dvou různých jednotkách. První z nich vyjadřuje, kolik miligramů ethanolu je rozptýleno v litru vydechovaného vzduchu (mg/l). Druhá jednotka vyjadřuje, kolik gramů ethanolu je rozptýleno na kilogram krve (g/kg). Druhou jednotku lze také vyjádřit jako promile (‰). Pokud přístroj nezobrazuje hodnoty přímo

v jednotkách g/kg nebo v jednotkách ‰, musí nabízet možnost na tyto jednotky přepnout. Vztah mezi těmito jednotkami je možné vyjádřit poměrem ‰ : mg/l = 2,1 : 1. Důležitou hodnotou je chyba přepočtu, ta byla zjištěna experimentálním způsobem a činí 0,20 ‰. Desetinná místa lze oddělovat desetinnou tečkou i desetinnou čárkou (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.9 Měřicí rozsah

Minimální rozsah, který musí každý alkohol-tester splňovat je od 0,00 mg/l do 2,00 mg/l. Minimální rozsah může být rozšířen, pokud tak stanoví výrobce. Když dojde k překročení horní hranice, musí být hodnota indikována jinak (Český metrologický institut, 2018).

2.1.2.10 Rozlišovací schopnost

Když jsme v režimu měření, tak by rozlišovací schopnost měla být 0,01 mg/l. Když si výrobce stanoví větší rozlišovací schopnost, tak se výsledek zaokrouhluje na dvě desetinná místa. Zaokrouhlení se provádí vždy dolů. V režimu servisním se výsledky měření zobrazují na tři desetinná místa. Vyplývá tedy, že rozlišovací schopnost musí činit 0,001 mg/l (Český metrologický institut, 2018).

2.1.3 Technické nároky

Před uvedením na trh jsou všechny alkohol-testery překontrolovány, jestli splňují následující technické požadavky (Český metrologický institut, 2018).

2.1.3.1 Software

Software použitý v měřidle je opatřen svým vlastním číslem, toto číslo se musí shodovat se schváleným typem měřidla. Zvolení vhodného softwaru je významné pro

vlastnosti každého přístroje. Výrobce by měl zajistit, aby software, který je nainstalován, nebyl napadnutelný. Při opětovné instalaci je nutné provést ověření (Český metrologický institut, 2018).

2.1.3.2 Fyziologické vlastnosti ovlivňující měření

Existují látky, které mohou svými vlastnostmi ovlivnit výsledky měření (blíže určeno v kapitole číslo 2.1.5.1.3.6). V případě, že se do vydechovaného vzduchu dostane složka určitých léčiv, abnormální metabolity člověka nebo určité plyny výsledná hodnota měření nemusí být přesná. Pokud chceme dosáhnout co nejpřesnějšího výsledku, je příhodné k tomu použít ty nejkvalitnější možné metody snímání (elektrochemický/infračervený senzor) (Český metrologický institut, 2018).

2.1.3.3 Odolnost proti vlivům okolí

Konstrukční vlastnosti by měly zabraňovat, aby okolní vlivy ovlivnily svým působením měření. Nesmí se vyskytovat chyby měření způsobené vnějšími podmínkami, které budou překračovat největší povolenou chybu. Pokud se taková chyba vyskytne, nesmí být měření vyhodnoceno jako číselná hodnota (Český metrologický institut, 2018).

2.1.3.3.1 Mechanické vlivy

Proti mechanickým vlivům je potřeba použít k výrobě kvalitní materiály. Vlastnosti materiálů, které se použijí ke konstrukci mají za úkol zajistit pevnost, stabilitu a aby byly dostatečně rezistentní vůči vibracím a rázům (Český metrologický institut, 2018).

2.1.3.3.2 Klimatické vlivy

Pokud není přístroj zapnutý, teplotní rozsah, kterému má podle předpisu odolat je v rozmezí od -20 °C do 70 °C. Výrobce má však právo na úpravu. Po zapnutí a obnovení provozní pracovní teploty se nesmí stát, aby přístroj z důvodu ovlivnění okolní teplotou překročil největší dovolenou chybu. Co se týče vlhkosti, tak měřidla nesmí být ani ve

vypnutém, ani v pracovním stavu vysokou vlhkostí ovlivněna (Český metrologický institut, 2018).

2.1.3.3.3 Elektromagnetická kompatibilita

Alkohol-testery nesmí být ovlivněny elektromagnetickým nebo elektrickým rušením a nesmí žádné nežádoucí elektromagnetické pole vyzářovat. Pokud zařízení reaguje na okolní elektromagnetické pole předepsaným způsobem (ohlášení chyby) je to v pořádku. Při laboratorním testování je akceptovatelné, pokud přístroje v krajních případech reagují na vnější elektromagnetické pole restartem (Český metrologický institut, 2018).

2.1.3.4 Napájecí napětí

Při napájení stejnosměrným napětím z baterie je specifikován výrobcem rozsah napětí, ve kterém má zařízení standardně pracovat. Pokud z nějakého důvodu vybočí mimo rozsah předepsaného napětí, má za úkol se vypnout nebo nastavit režim, ve kterém nelze měřit (Český metrologický institut, 2018).

2.1.3.5 Odolnost proti neoprávněné manipulaci

Při působení mechanických vlivů je zabráněno vhodnou konstrukcí ovlivnění měření, trvalému poškození a poškození úředních značek (Český metrologický institut, 2018).

2.1.4 Značení

Všechny přístroje musí mít náležitá označení, která by po celou dobu používání neměla jít smazat ani odstranit. Značení, která nesmí na přístroji chybět jsou aspoň tato:

- Název/ značka výrobce
- Značka schválení měřidla
- Sériové číslo a rok výroby
- Měřicí rozsah (mg/l)

- Pracovní teplotní rozsah (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5 Schvalování (typu)

Proces schvalování sestává z několika typů zkoušek, které prověřují vlastnosti daného typu měřidla (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1 Prováděné zkoušky

Všechny zkoušky jsou sestavené tak, aby prověřili přístroje ve všech oblastech (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.1 Potřebné vybavení k provádění zkoušek

V první řadě to jsou certifikované referenční materiály neboli CRM viz Příloha I. Takto se označují plynné směsi s předem daným složením. Dělíme je na primární CRM a sekundární CRM.

Do dalšího vybavení započítáváme hlavně nástroje jako průtokoměr (rozsah 0 l/s až 0,40 l/s), stopky s přesností na jednu desetinu sekundy, termohygrobarometr, ventily s možností nastavení tlaku plynu a zařízení na připojení a měření alkohol-testeru (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.2 Vnější prohlídka

Touto prohlídkou se kontroluje:

- Technická dokumentace a návod k obsluze
- Shoda technických a metrologických vlastností od výrobce s požadavky předpisu Opatření obecné povahy číslo 0111-OOP-C040-17
- Stav přístroje
- Shoda softwaru s verzí softwaru, kterou upřesňuje výrobce (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.3 Funkční zkoušky alkohol-testerů

Při každé funkční zkoušce se alkohol-tester musí teplotně stabilizovat podle určeného pracovního teplotního rozsahu. Ke zkouškám se využívají jen referenční materiály podle kapitoly 2.1.5.1.1. Postupuje se tak, že se do měřidla postupně přivádějí CRM od nejnižší po nejvyšší koncentraci. Před započítáním a po ukončení měření se provádí kontrola nulové hodnoty pomocí čistého dusíku (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.3.1 Přesnost a opakovatelnost

Pro každou certifikovanou koncentraci se provede dvacet měření. Poté se provede výpočet průměrné hodnoty hmotnostní koncentrace.

$$\bar{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{n} \quad \text{Rovnice 2}$$

Naměřené hodnoty by se neměly odchýlit o více než je největší dovolená chyba. Při měření počítáme s nejistotou měření a nejistotou CRM.

$$|\bar{\beta} - \beta_{RM}| + 2 * \sqrt{u_c(\bar{\beta})^2 + u(\beta_{RM})^2} \leq MPE \quad \text{Rovnice 3}$$

Opakovatelnost se ověřuje výpočtem směrodatné odchylky,

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\beta_i - \bar{\beta})^2}{n - 1}} \quad \text{Rovnice 4}$$

výsledek výpočtu nesmí vyjít větší než jedna třetina největší dovolené chyby (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.3.2 Drift, krátkodobý a dlouhodobý drift

Obecně lze říci, že tímto testem provádíme zkoušku stability. Pro drift se provede deset měření s časovým rozestupem čtyř hodin. Nejdříve se tedy naměří hodnoty čistého plynu a po čtyřech hodinách se naměří hodnoty plynu s koncentrací ethanolu v dusíku 0,40 mg/l atd. Krátkodobý drift se testuje obdobně, akorát se měří nejdříve pouze s čistým plynem. Opět deset měření, poté čtyři hodiny pauza a znovu deset měření s čistým

plynem. Hned vzápětí následuje testování pouze s plynem s koncentrací ethanolu 0,40 mg/l (deset měření – čtyři hodiny pauza – deset měření). Dlouhodobý drift se testuje se testuje velice podobně jako krátkodobá stabilita. Rozdílem je pauza, která v tomto případě trvá dva měsíce. Nejvyšší hodnota driftu nesmí přesáhnout hodnotu 0,20 mg/l (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.3.3 Paměťový efekt

Testování paměťového efektu probíhá ve dvou krocích. V prvním kroku se provede deset měření s plynem o koncentraci 0,10 mg/l ethanolu v dusíku. V druhém kroku se měří opět desetkrát. S tím rozdílem, že pro jedno měření se zaznamenává koncentrace 1,95 mg/l (pokud má přístroj rozsah měření pouze 2,00 mg/l, použije se koncentrace 1,50 mg/l) a 0,10 mg/l. V druhém kroku tímto způsobem získáme dvacet naměřených hodnot. Jak již bylo zmíněno výše, hodnota paměťového efektu nesmí přesahovat 0,01 mg/l (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.3.4 Reziduální efekt

Stejně jako paměťový efekt, tak i zkouška reziduálního efektu se provádí ve dvou krocích. V prvním kroku se provede série deseti měření s plynem o koncentraci 0,25 mg/l ethanolu v dusíku. V druhém kroku se provede dvacet měření. Deset s plynem o koncentraci 0,40 mg/l a deset s plynem o koncentraci 0,25 mg/l. Jak již bylo zmíněno výše, hodnota reziduálního efektu nesmí přesahovat 0,01 mg/l (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.3.5 Ovlivnění změnou průtoku

K testu se využívá plynu o koncentraci 0,40 mg/l. Testují se dva objemy tohoto plynu, 1,5 l a 3 l při průtoku 0,20 l/s až 0,35 l/s. Pro oba objemy se provede deset měření a rozdíl mezi měřeními nesmí přesáhnout 0,0010 mg/l. Jestliže je přístroj schopný monitorovat objem vydechnutého plynu automaticky, měření při větším objemu vydechnutého vzduchu ztrácí smysl. Přístupuje se potom k měření pouze v různých rozmezích průtoku. Pro hodnoty (0,15 až 0,20) l/s, (0,25 až 0,30) l/s a (0,35 až 0,40) l/s

se uskuteční třicet měření, pro každé rozpětí deset. Znovu je pozorována kritická hodnota rozdílu 0,0010 mg/l. Aby bylo měření platné a průkazné, nesmí hodnoty přesáhnout největší dovolenou chybu (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.3.6 Ovlivnění narušujícími složkami a CO₂

Pro tuto zkoušku opět používáme referenční plyn s koncentrací ethanolu v dusíku 0,40 mg/l. Desetkrát se zrealizuje měření bez interferující složky a s interferující složkou. Součet všech interferujících složek a CO₂ musí setrvat pod hodnotou 0,40 mg/l a každá složka má svou limitní hodnotu ovlivnění daného měření při stanovené koncentraci viz Příloha J (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.4 Zkoušky odolnosti proti mechanickým vlivům

2.1.5.1.4.1 Odolnost proti otřesům

Tato zkouška se uskuteční vždy bez ochranných prostředků jako je například pouzdro. Průběh zkoušky musí splňovat následující podmínky:

- Údery o intenzitě desetinásobku tíhového zrychlení ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).
- Požadavek na dobu trvání je 6 ms.
- Nastavená frekvence je 2 Hz.
- Počet otřesů v každé kolmé ose ke vzorku je 1000.

Po minimálně dvou hodinách od zkoušky musí přístroj splňovat podmínky největší dovolené chyby (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.4.2 Volný pád

Při tomto testu se použije přístroj z výšky 0,5 m na pevnou podložku. Testuje se zadní, pravá a levá strana. Každá strana dvakrát, dohromady šest volných pádů. Volný pád na čelní stranu, kde je displej se vynechává. Po volných pádech přijde na řadu vizuální kontrola. Minimálně po jedné hodině od posledního volného pádu musí testovaný přístroj obstát ve zkoušce přesnosti (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.4.3 Vlivy náhodných mechanických vibrací

Na přístroj při této zkoušce působí širokopásmové vibrace, a to ve třech pravouhlých osách. Podmínky, které jsou nastaveny při zkoušce jsou frekvenční rozsah, spektrální hustota zrychlení a doba trvání viz Příloha K. Po uplynulé hodině musí opět měřidlo prokázat, že je funkční a splnit požadavky testu přesnosti (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.5 Zkoušky odolnosti proti klimatickým podmínkám

2.1.5.1.5.1 Chlad

V teplotě -5 °C provede přístroj deset měření s plynem o hmotnostní koncentraci $0,40\text{ mg/l}$ ethanolu v dusíku, při kterých se kontroluje přesnost. Každé měření musí splňovat rozsah největší dovolené chyby (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.5.2 Suché teplo

V teplotě 40 °C provede přístroj deset měření s plynem o hmotnostní koncentraci $0,40\text{ mg/l}$ ethanolu v dusíku, při kterých se kontroluje přesnost. Opět musí být dodržena nejvyšší dovolená chyba (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.5.3 Vlhké teplo

Existují dvě zkoušky vlhkým teplem. První probíhá ve dvou cyklech po dvanácti hodinách (zkouška cyklickým vlhkým teplem). Vypnutý přístroj je v prostředí s teplotou od 25 °C s relativní vlhkostí nad 95% do 55 °C s relativní vlhkostí 93% . Ihned po zkoušce je provedena vizuální kontrola. Poté je testovaný vzorek stabilizován jednu hodinu při teplotě 20 °C . Po uplynulé hodině musí přístroj změřit koncentraci referenčního plynu s koncentrací $0,40\text{ mg/l}$ v rozsahu největší dovolené chyby.

Druhá zkouška zahrnuje zapnuté měřidlo, prostředí o teplotě 20 °C s relativní vlhkostí 85 % a referenční plyn o koncentraci 0,40 mg/l (zkouška vlhkým teplem). Měřidlo musí v těchto podmínkách obstát při zkoušce přesnosti, která probíhá desetkrát (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.5.4 Skladovací podmínky

Opět můžeme pozorovat průběh ve dvou fázích. Zkouška probíhá v teplotách od -25 °C do 70 °C. V první fázi se nainstaluje měřidlo do prostředí s teplotou -25 °C a zde zůstane nedotčené šest hodin. Po této době se stabilizuje hodinu v podmínkách podle kapitoly 2.1.2.2.2 a uskuteční se pět měření s plynem o koncentraci 0,40 mg/l pro kontrolu přesnosti.

V druhé fázi se měřidlo ponechá v prostředí o teplotě 70 °C, opět šest hodin. Po šesti hodinách se nechá měřidlo stabilizovat ve výchozích podmínkách podle kapitoly 2.1.2.2.2 a znovu se provede pět měření s CRM číslo čtyři. Měření musí být v rozsahu největší dovolené chyby. Ihned po měření probíhá vizuální prohlídka (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.6 Zkouška vlivu napájecího napětí

Zkouška se provádí jen u přístrojů napájených baterií. Nejdříve se nastaví maximální napětí (napětí na nové nezatížené baterii), a poté se nastaví napětí minimální (nejnižší pracovní napětí, které je dáno výrobcem při 20 °C).

Následně přichází na řadu zkouška přesnosti. Měření s CRM číslo 4. Výsledek nesmí překročit interval největší dovolené chyby (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.7 Zkoušky elektromagnetické kompatibility

2.1.5.1.7.1 Odolnost proti elektrostatickému výboji

Zkouška se provádí primárně kontaktní formou (6 kV) nebo výbojem vzduchem (8 kV) v případě, že z nějakého důvodu nelze použít kontaktní zkoušku. Vše probíhá,

když je přístroj zapnutý. Výboj je směřován na kryt, popřípadě do vazebních desek poblíž měřidla.

V průběhu zkoušky se uskuteční deset měření se zkušebním plynem. Měření se provádí pro každou polaritu a během měření je zasazen vždy jen jeden výboj a mezi výboji je přestávka deset sekund.

Výsledkem tohoto měření je rozdíl mezi hodnotami naměřenými s výbojem a bez výboje, Za předpokladu, že se používá CRM číslo 4, nesmí vyjít rozdíl větší než 0,040 mg/l. Po zkoušce se opět provede test přesnosti s totožným plynem (za klidových podmínek) (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.7.2 Odolnost proti vysokofrekvenčnímu elektromagnetickému poli

Zapnuté zařízení je vystaveno magnetickému poli o intenzitě 10 V/m a o frekvenci v intervalu 26 MHz až 3000 MHz. Amplitudově modulované pole je polarizované horizontálně a vertikálně a vysílá se na měřidlo ve čtyřech vzájemně kolmých směrech.

Na přesně definovaných hodnotách z frekvenčního rozmezí probíhají zkoušky s CRM číslo 4. Pokud některá frekvence ovlivňuje měření, zkouší se dále v okolí frekvence pro dosažení maximálního ovlivnění. V tomto testu nesmí dosáhnout rozdíl naměřených hodnot bez rušení a s rušením 0,040 mg/l, Po skončení měření musí opět přístroj splnit zkoušku přesnosti (Český metrologický institut, 2018).

2.1.5.1.7.3 Odolnost proti signálům TETRA

Stejně jako u předchozího testu je měřidlo zapnuté a signál polarizovaný horizontálně a vertikálně je vysílán na přístroj ve čtyřech vzájemně kolmých směrech.

Ve frekvenčním rozmezí 380 MHz až 420 MHz s krokem 5 MHz se na každé hodnotě postupně zvyšuje hladina intenzity zvuku až po dosažení zkušební meze (hladina, na které lze pozorovat určitý vliv).

Zkušební mez se vyjadřuje jako vrcholová hodnota modulovaného signálu. Zkušební mez pro měřidla, které se nepoužívají ve vozidlech, činí 65 V/m.

Signál, kterým se testuje, je amplitudově modulován pravoúhlým signálem s frekvencí 18 kHz a s hloubkou modulace větší než 98 %. Je také klíčován s kmitočtem 17 Hz (střída klíčování činí 50 %). V tomto testu nesmí dosáhnout rozdíl naměřených

hodnot bez rušení a s rušením 0,040 mg/l, Po skončení měření musí opět přístroj splnit zkoušku přesnosti (Český metrologický institut, 2018).

2.1.6 Ověření

Ověřením je myšleno prvotní ověření přístroje, které již závisí na uživateli (Český metrologický institut, 2017).

2.1.6.1 Zkoušky a zkušební vybavení

2.1.6.1.1 Potřebné pracovní vybavení

Vybavení je totožné jako v kapitole 2.1.5.1.1. Navíc se využívají sekundární certifikované referenční materiály. Ty jsou navázané na primární materiál hmotnostního zlomku primárního CRM viz Příloha L (Český metrologický institut, 2018).

2.1.6.1.2 Vizuální prohlídka

Při této prohlídce se hodnotí několik bodů, ve kterých musí měřidlo obstat.

- Shoda testovaného měřidla a schváleného typu.
- Měřidlo nesmí být poškozené a je zapotřebí, aby nic nechybělo.
- Označení musí být nepoškozené a nápisy musí být ve shodě se schváleným typem.
- Software v přístroji je totožný s verzí, kterou udává výrobce a s verzí schváleného typu daného měřidla (Český metrologický institut, 2018).

2.1.6.1.3 Zkouška přesnosti a opakovatelnosti

Tento test probíhá dle popisu a nároků v kapitole číslo 2.1.5.1.3.1 a pomůcky, které se použijí v rámci testu jsou popsány v kapitole číslo 2.1.6.1.1.

Nejistota k výpočtu aritmetického průměru koncentrace se vypočítá s použitím tohoto vzorce.

$$u_c(\bar{\beta}) = \sqrt{u_A(\bar{\beta})^2 + u_B(\bar{\beta})^2} \quad \text{Rovnice 5}$$

Nejistotu typu A spočítáme následovně dle vzorce,

$$u_A(\bar{\beta})^2 = k_1 * S_A \quad \text{Rovnice 6}$$

kde k_1 je koeficient odpovídající počtu měření n a S_A je směrodatná odchylka aritmetického průměru.

$$S_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\beta_i - \bar{\beta})^2}{n(n-1)}} \quad \text{Rovnice 7}$$

Druhý typ nejistoty lze vypočítat tímto způsobem,

$$u_A(\bar{\beta})^2 = \sqrt{u(\beta_{RM})^2 + u_{ind}^2} \quad \text{Rovnice 8}$$

kde u_{ind} je standardní nejistota zobrazení přístroje, kterou lze vypočítat podle tohoto vzorce.

$$u_{ind} = \frac{r_{ind}}{2\sqrt{3}} \quad \text{Rovnice 9}$$

Všechny ostatní nejistoty, podílející se na nejistotě vypočítané dle způsobu B, se nemusí při ověření určovat (Český metrologický institut, 2018).

2.1.7 Následná ověření

Všechna ověření, která budou následovat (opět závisí na vlastníkově a měla by se respektovat doporučení výrobce) jsou totožná s těmi, které jsou popsány v předchozím kapitole (Český metrologický institut, 2018).

2.1.8 Přezkoušení stanoveného měřidla

Pokud je někým požádáno o přezkoušení přístroje (konkrétně dle zákona o metrologii § 11a), postup je opět totožný jako v kapitole 2.1.6.1.3. Vše v rámci největší dovolené chyby (Český metrologický institut, 2018).

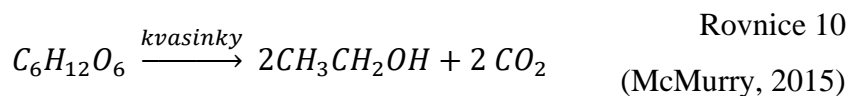
2.2 Metabolismus ethanolu v lidském těle

2.2.1 Ethanol

Jedná se o organickou sloučeninu. Řadí se do skupiny hydroxyderivátů, konkrétně do alkoholů. Tato skupina se vyznačuje tím, že látky, které do ní spadají obsahují ve své struktuře hydroxylovou skupinu (McMurry, 2015).

2.2.1.1 Příprava

Jedním ze způsobů, jak ethanol vyrobit je pomocí kvašení. Tento proces zajišťují kvasinky, když zpracovávají cukry za vzniku ethanolu a oxidu uhličitého (McMurry, 2015).



Pomocí tohoto postupu lze dosáhnout obsahu alkoholu v nápoji maximálně 18 % a například destilací lze toto procentuální zastoupení navýšit (Ehrmann et al., 2015).

2.2.1.2 Vlastnosti

Je to bezbarvá, hořlavá kapalina s charakteristickým zápachem. Ethanol je rozpouštědlem a má dezinfekční účinky. Skupina alkoholů se vyznačuje vyšší teplotou varu (78,3 °C), která je zapříčiněna vodíkovými vazbami. Kyselost ethanolu lze přirovnat ke kyselosti vody (Brížd'ala, 2020).

2.2.1.3 Účinky na lidské tělo

Ethanol je všudypřítomná látka a vyznačuje se psychotropními účinky. Zneužívání ethanolu jako drogy může vést k poruše orgánů a jiným nemocem (Heier, Xie,

a Zimmermann, 2016). Vše záleží na bližších okolnostech, například množství nebo tělesné předpoklady. V nejvíce případech se ethanol v těle projeví jako stav opilosti. Dle přijatého množství může působit povzbudivě, a naopak při větší dávce může tlumit.

Opilost se dá dělit do čtyř fází podle množství alkoholu rozpuštěného v krvi. Od lehké přes střední a těžkou opilost až po těžkou intoxikaci. Každou z těchto fází provází charakteristické projevy.

Účinky můžeme dále dělit na krátkodobé a dlouhodobé. Kdy působení ovlivňuje tělesné funkce i psychiku. Hlavní rozdíl je v závažnosti obtíží a v tom, že po přerušení dlouhodobé konzumace nastává odvykání (Kalina et al., 2015)

2.2.2 Příjem a resorpce

Ethanol je přijímán za normálních okolností ve formě alkoholických nápojů, kdy v takových nápojích tvoří pouze jednu ze složek. Vstřebávání do krve je založené na principu difúze, kdy ethanol postupuje po koncentračním spádu (Zikmund, 2015)

Požitý alkoholický nápoj je tedy nejdříve v dutině ústní. Pokračuje přes hltan a jícen do žaludku (Netter, 2016), kde začíná proces resorpce. Největší část resorpce probíhá na začátku tenkého střeva (dvanácterník a lačník) (Zikmund, 2015).

Rychlost, s jakou probíhá vstřebávání, se odvíjí od velikosti plochy trávicího ústrojí, které není pokryté. Tuto rychlost můžeme popsat exponenciální křivkou, a to až do doby, kdy koncentrace alkoholu v krvi je na svém maximu. V tuto chvíli i nadále probíhá resorpce, ale již pomaleji. Tento průběh je dán vlastnostmi difúzního děje (Zikmund, 2015).

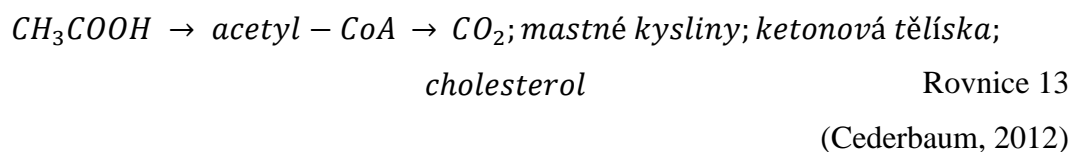
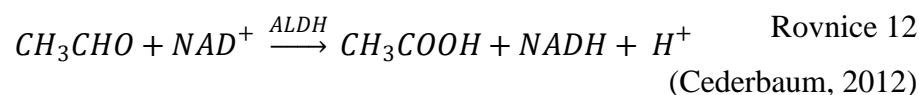
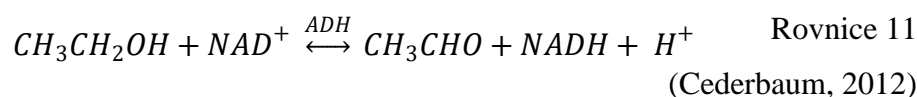
2.2.3 Průchod a metabolismy v těle

Poté, co se z žaludku a tenkého střeva dostane ethanol do krve, distribuuje se do zbytku těla a postupně ovlivňuje funkce podle toho, kde se nachází. Pokud půjdeme od hlavy, tak zde působí na podvěsek mozkový, který je uložen v tureckém sedle kosti klínové (Netter, 2016). Zde ovlivňuje produkci antidiuretického hormonu (McMurry, 2015). Dalším zasaženým oddílem mozku je mozeček, který odpovídá za řízení motoriky a pohybů (Kittnar et al., 2020). Ovlivnění mozečku alkoholem se nejčastěji projevuje

poruchami rovnováhy (Kalina et al., 2015). V žaludku narůstá produkce kyseliny, ovlivněny jsou cévy, které dilatují a dochází tak ke ztrátám tepla. Poté ethanol doputuje krví do jater, kde dochází k jeho přeměnám (McMurry, 2015).

V játrech, díky enzymu alkoholdehydrogenáza, probíhá většinová přeměna ethanolu na metabolity (Cederbaum, 2012)

Dva hlavní metabolity, které v játrech vznikají jsou acetaldehyd, který vzniká přímo z ethanolu za přítomnosti alkoholdehydrogenázy. Druhým metabolitem je kyselina octová, která vzniká přeměnou toxického acetaldehydu za přítomnosti acetaldehyddehydrogenázy (Vaculík, 2012). Kyselina octová se buď znovu účastní dalších metabolismů za vzniku acetylkoenzymu A, nebo se ještě dále přeměňuje na látky uvedené ve třetí rovnici. Těmito látkami jsou oxid uhličitý, mastné kyseliny, ketonová tělíska nebo cholesterol (Cederbaum, 2012). Menší množství alkoholu metabolizuje za přítomnosti enzymu kataláza, a to převážně ve svalech. Také je nutné uvažovat fyziologickou hodnotu alkoholu, která činí 0,20 ‰ a může se v některých případech vyskytovat v těle i dlouhou dobu po konzumaci (Zikmund, 2015).



2.2.3.1 Okolnosti ovlivňující metabolismus alkoholu

Lidský organismus je schopný odbourávat alkohol různou rychlostí. Je možné, že se odbourávání alkoholu bude lišit u dvou lidí s podobným somatotypem třikrát až čtyřikrát. Vše záleží na doplňujících faktorech jako jsou například cvičení, alkoholismus, pohlaví, rasa nebo věk (Cederbaum, 2012).

2.2.4 Vylučování

Převážná většina ethanolu je vyloučena pomocí metabolických procesů v játrech. Číselně se pohybujeme okolo 90 %. Zbytek je vyloučen močí, potem, dechem a slinami (Brodanová a Kordač, 1993). Těchto 10 % ethanolu opouští tělo ve stejném stavu, jako když byl přijat (Zikmund, 2015).

2.2.4.1 Vylučování dechem

Mechanismus vylučování ethanolu dechem začíná stejně jako u moči vstřebáváním přes stěny žaludku a tenkého střeva do krve. Jak bylo popsáno v předchozí kapitole 2.2.2 ethanol takto putuje po koncentračním spádu procesem difúze. Ethanol jako látka dobře rozpustná ve vodě putuje cévním systémem. Skrze žíly je krev s ethanolem vedena do pravé pňlky srdce, která vypuzuje tuto krev do plic. Část ethanolu se vyloučí spolu s vydechovaným plynem a část se vrací s okysličenou krví zpět do srdce viz Příloha M (Duke University, 2020).

Průchod z krve do plicních sklípků je dle prvního Fickova zákona zajištěn rozdílnými koncentracemi v kapilárách a v plicích, respektive v plicních sklípcích (Hlastala a Anderson, 2016).

2.2.5 Výpočet předpokládané koncentrace ethanolu v krvi

Pro výpočet koncentrace c se využívá vzorce, který sestává z těchto veličin. Množství alkoholu značené α (g), hmotnost jedince p (kg), redukční faktor r (muži – 0,7, ženy – 0,6), eliminační faktor značený β (0,12 – 0,20 g/kg za hodinu) a časová změna (udávaná v hodinách) (Zikmund, 2015).

$$c = \frac{\alpha}{p * r} - \beta * \Delta t$$

Rovnice 14
(Zikmund, 2015)

2.2.6 Souvislost mezi koncentrací alkoholu v dechu a koncentrací alkoholu v krvi

Hodnota koncentrace alkoholu ve vydechovaném vzduchu závisí na koncentraci alkoholu v krvi dle Henryho zákona. Od tohoto poznatku se také odvíjejí používané jednotky. V plicních sklípcích, kde se vytváří vydechovaný vzduch s ethanolem tím, jak z krve prochází skrze stěny okolních kapilár právě do alveol. Jeho zastoupení je v alveolách a krvi udáváno v jednotkách mg/l. Kvůli české legislativě je ale tato jednotka přepočítávána na jednotky g/kg, které jsou známější jako promile (‰). Přepočet je v poměru 2,1 (‰):1 (mg/l) (Český metrologický institut, 2018).

2.3 Proč se měří hladina ethanolu v lidském těle?

Dle zákona 361/2000 Sb. nesmí řidič motorového vozidla být v době řízení pod vlivem alkoholu. Dále je řidič povinen podrobit se dechové zkoušce na přítomnost alkoholu, pokud je k tomu vyzván (Česko, 2000).

Vlivy alkoholu na lidské tělo, které by mohly znehodnotit schopnosti řidiče motorového vozidla jsou nastíněny v kapitole 2.2.1.3.

Konkrétně se jedná o sníženou schopnost vnímání rovnováhy, zkrácenou reakční dobu, ovlivněné svalové napětí atd. Pití alkoholu také vede k riskantnímu chování, které je dáno nízkou sebekritičností (Kalina et al., 2015).

3 Výzkumná část

3.1 Cíle a výzkumné předpoklady

Cílem této práce je podrobit reprezentativní skupinu alkohol-testerů, které byly vhodně zvolené dle průzkumu trhu, sérii testů. Jedna část testů má ověřit funkčnost v reálných podmínkách. Za tímto účelem bylo vybráno osm mužských a osm ženských dobrovolníků. Dobrovolníci dále hodnotí uživatelské hledisko.

Druhá část, laboratorní, ověřuje přesnost získaných dat na dobrovolnících. Spolu s tímto testem probíhal pokus o vytvoření materiálu, který by nám umožňoval detekovat alkohol změnou zbarvení stejně tak, jako je tomu u detekčních trubiček. Tento laboratorní test je uskutečněn pomocí zařízení generujícího ethanolové páry požadované koncentrace.

Předpokládáme, že testery se budou chovat v rámci svých specifikací zadaných výrobcem, pokud se s nimi bude zacházet dle přiloženého manuálu.

Dále předpokládáme, že křivky, které budou vyplývat ze získaných dat budou připomínat exponenciální křivku.

Dalším předpokladem je, že takto vzniklý graf se bude lišit dle fyziologických vlastností dobrovolníků a oproti laboratorním testům budeme pozorovat určité odchylky.

Předpokládáme také s různými výsledky v závislosti na použitých čidlech samotných testerů a také, že 80 % a více dobrovolníků zvládne správně použít každý přístroj.

Co se týče uživatelského hlediska, předpokládáme, že se názory budou lišit dle dobrovolníků. Otázkou je, zda námi připravené detekční trubičky budou konkurenceschopné oproti detekčním trubičkám zakoupeným na trhu.

3.2 Metodika výzkumu

Laboratorní testy byly zrealizovány v laboratořích TUL, na KMI v dubnu roku 2021. Vzorky získané od dobrovolníků byly získány v časovém rozmezí od září 2020 až do dubna 2021 v Liberci a Kosmonosích. Jedná se o kvantitativní výzkum. Metodami kvantitativního výzkumu, které byly využity pro získání dat byly měření, nestandardizovaný dotazník a pozorování. Získané hodnoty byly zpracovány pomocí

programu Microsoft Office Excel 2019 a zapsány pomocí programu Microsoft Office Word 2019.

3.2.1 Výzkumný vzorek a použité materiály

3.2.1.1 Alkohol-testery

Pro tuto práci byla zvolena skupina čtyř digitálních testerů (nestanovených) a jeden typ detekčních trubiček. Byly zvoleny dle několika kategorií. První z nich byly zákaznické recenze, kterým předcházela průzkum trhu. Další kategorií byla cenová skupina, od které se odvíjí kvalita zpracování a technické specifikace. Poslední kategorií pro výběr byl typ použitého senzoru. U dvou digitálních měřidel se jedná o čidlo polovodičové, u dvou o elektrochemický článek a u detekčních trubiček je namísto čidla látka charakterizující změny chemickou reakcí.

3.2.1.2 Látka obsahující ethanol

Pro testy s dobrovolníky jsme využili pivo. Tento alkoholický nápoj byl zvolen pro svůj nízký obsah alkoholu a jednoduchou dostupnost.

Zvolená dávka byla zamýšlena tak, aby koncentrace alkoholu v těle dobrovolníků nepřesáhla jedno promile. Tato dávka vychází podle pohlaví a fyzických parametrů na 500 ml a 1000 ml. Procentuální podíl alkoholu ve zvoleném alkoholickém nápoji byl 4,6 %. Zároveň byla tato dávka zvolena s ohledem na to, že se po požití nemusí dostavovat viditelné nežádoucí účinky. Ale nežádoucí účinky jako například nízká sebekritičnost nebo prodloužená reakční doba se dostavit mohou a mohou ohrozit zdraví a bezpečí uživatele nebo jeho okolí.

Pro laboratorní testování byl připraven vždy konkrétně namíchaný roztok 96% ethanolu (C_2H_6O) v destilované vodě a pro zajímavost bylo provedeno také měření s roztokem 99,8% isopropylalkoholu (C_3H_8O) v destilované vodě.

3.2.1.3 Dobrovolníci

Pro měření v reálných podmínkách bylo nutné zvolit si vzorek dobrovolníků. Tento vzorek tvořila skupina osmi mužů a osmi žen starších osmnácti let.

Dobrovolníci byli vybráni na základě různých tělesných parametrů, aby se mohli projevit různé predispozice pro odbourávání alkoholu z těla. Všechny parametry byly od dobrovolníků zaznamenány do předpřipravených dotazníků. A do těchto dotazníků byly zaneseny také připomínky k uživatelské přívětivosti všech zařízení.

3.2.1.4 Testování v reálných podmínkách

Každému testu předcházelo počáteční seznámení s alkohol-testery a případné seznámení se s manuály.

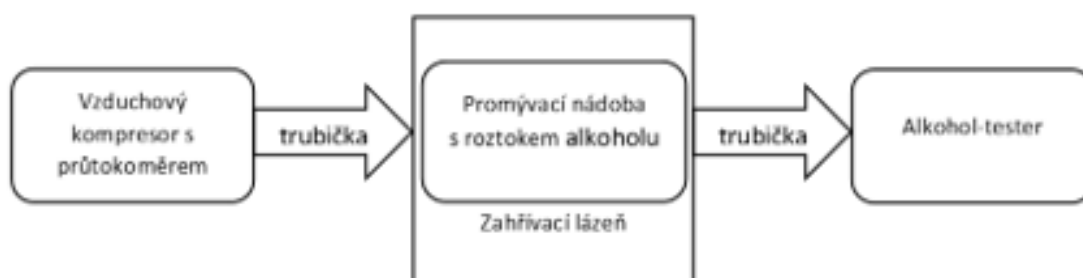
Po tomto kroku dostali všichni dobrovolníci stejný čas na vypití jednoho (20 minut) nebo dvou piv (40 minut). Po dopití dostal testovaný dobrovolník sklenici vody na výplach dutiny ústní. Tento výplach zaručil, že v ústní dutině nezbylo významné množství alkoholu, které by mohlo znehodnotit výsledky testu. Výsledky každého měření byly vnášeny do tabulek. Pro dostatek dat byly zvoleny vhodné časové intervaly, které zároveň dovozovaly klidný a spořádaný průběh testu. Konkrétně u mužů při testování vlivu jednoho piva se jednalo o pětiminutové intervaly, u testování vlivu dvou piv desetiminutové intervaly a u žen při testování vlivu jednoho i dvou piv byly zvoleny také desetiminutové intervaly. Data byla měřena, dokud nedosáhl výsledek měření u všech alkohol-testerů hodnoty nula promile.

Po dokončení měření byly s účastníky tohoto experimentu vyplněny dotazníky. Dobrovolníci vyplnili svoje parametry: pohlaví, věk a věk, poté kdy měli poslední jídlo, zda jsou sportovně aktivní a jestli pravidelně kouří cigarety. V poslední vyplňované kolonce seřadili dobrovolníci testery podle několika aspektů: obsluha, rychlost měření a zpracování výsledků a chybovost zobrazované výsledné hodnoty.

3.2.1.5 Testování v laboratorních podmínkách

3.2.1.5.1 Zařízení generující páry ethanolu a isopropylalkoholu

Pro laboratorní testování bylo základem sestavení zařízení, které by pod definovaným průtokem generovalo páry ethanolu, respektive isopropylalkoholu do ústí alkohol-testerů. Jako vzduchový kompresor a zároveň průtokoměr byl použit přístroj společnosti TRIOTECH s.r.o. (GO 5LAB-K), který původně sloužil jako generátor ozonu. Přístroj prošel úpravou tak, aby vyhovoval zvoleným požadavkům. Pro vedení vzduchu byly použity silikonové hadičky. Přes hadičky putoval vzduch do promývačky, kde bylo vždy v jednom litru destilované vody rozpuštěné definované množství alkoholu. Tato promývačka byla vložena do vodní zahřívací lázně, a to z důvodu simulace tělesné teploty (teplota byla kontrolována teploměrem). Z této nádoby se již do ústí alkohol-testerů přiváděly alkoholové páry pomocí hadiček. Kontrola přetlaku tohoto systému byla zajištěna provizorním ventilem vytvořeným ze silikonové hadičky a spony. Pro názornost jsme připravili jednoduché schéma tohoto systému, fotografie viz Příloha N.



Obr. 1 Blokové schéma zařízení na generování par alkoholu (zdroj, Autor)

3.2.1.5.2 Ověření přesnosti měření koncentrace alkoholu

K tomuto měření byl zapotřebí ethanol, isopropylalkohol, destilovaná voda, sestavené zařízení na generování par, váha a alkohol-testery.

Pro ověření správnosti měření bylo nutné připravit si roztoky alkoholu v destilované vodě. Postupně ethanol - 0,3 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; 2,0 g v jednom litru vody a 1 g isopropylalkoholu v jednom litru vody. Takto připravené roztoky jsme ponechali zahřívát ve vodní lázni na teplotu 37 °C a provedli 10 měření každým alkohol-testerem.

3.2.1.5.3 Příprava detekčních trubiček

Pro přípravu detekčních trubiček byl využit dichroman draselný ($K_2Cr_2O_7$), destilovaná voda, nosič ze skelných vláken, váha, sušárna, potřebné nádoby a pipeta.

Nejdříve bylo nutné zvážit si potřebné množství dichromanu draselného, aby bylo možné připravit si roztoky s požadovanou koncentrací (1 g; 0,1 g a 0,01 g rozpuštěný ve 100 ml destilované vody). Takto připravený roztok o různých koncentracích byl nanesen pipetou na nosič ze skelných vláken. Po nanesení bylo vše usušeno a byly provedeny kontrolní testy, zda námi zhotovené detekční materiál ob stojí.

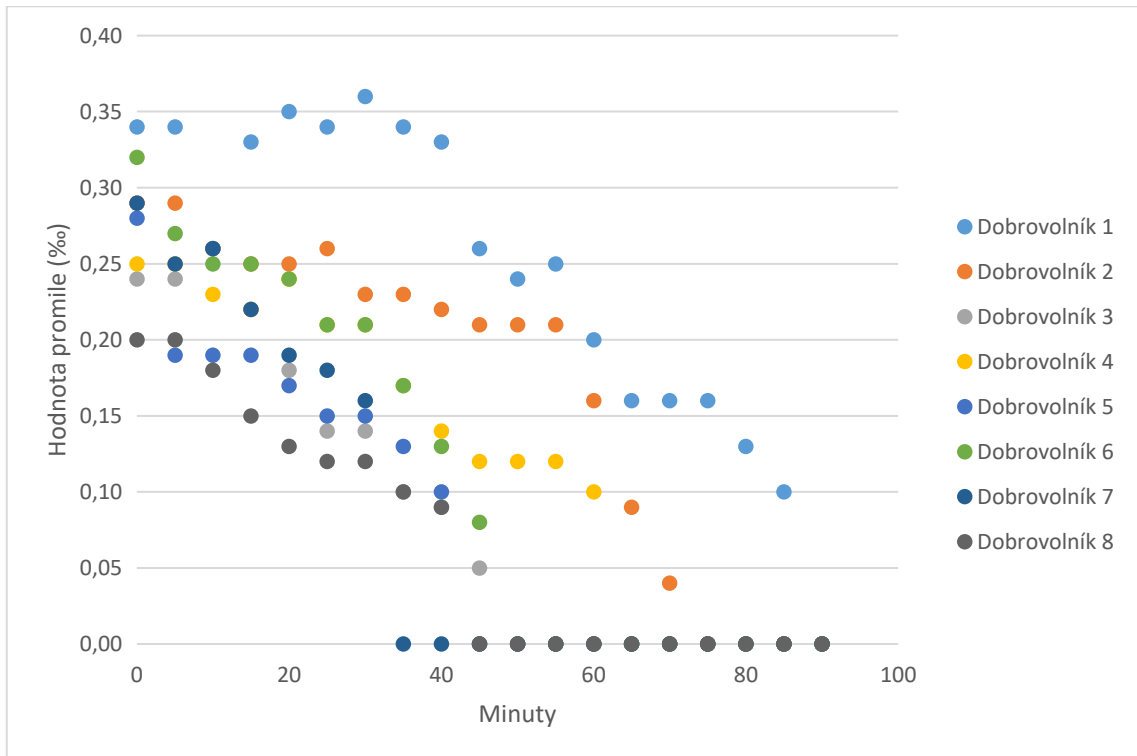
3.2.1.5.4 Testování připravených detekčních trubiček

Tomuto testování předcházelo kontrolní testování. Z každého nosiče ze skelného papíru s různou koncentrací roztoku dichromanu draselného byly nastříhány proužky a následně pokapány v tomto pořadí destilovanou vodou, ethanolem a isopropylalkoholem. Po zaschnutí došlo ke kontrole změny zbarvení.

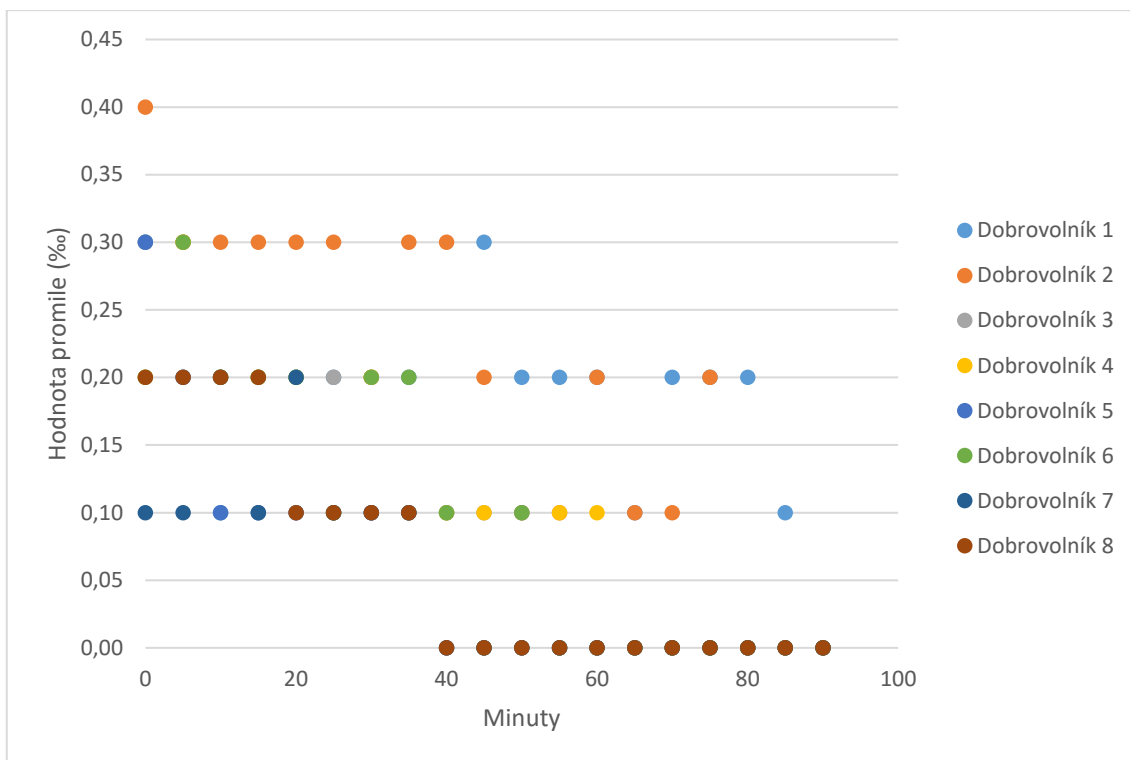
3.3 Analýza výsledných dat

3.3.1 Testování v reálných podmínkách

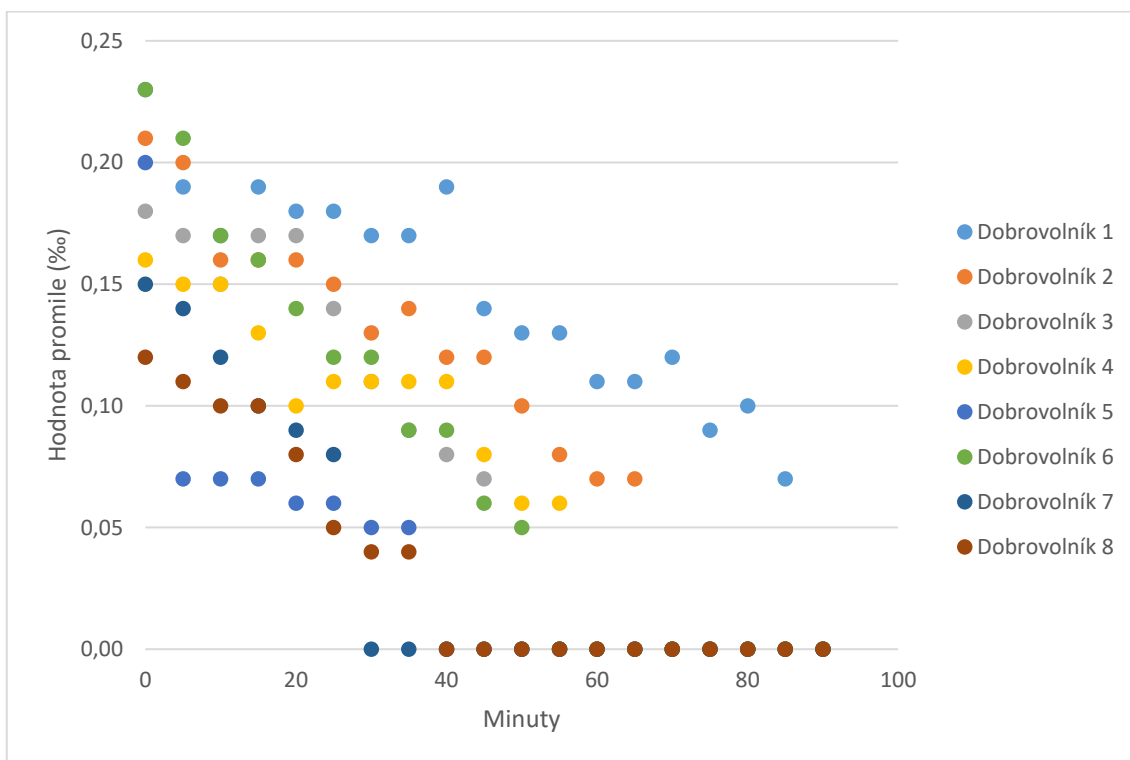
3.3.1.1 Testování mužských dobrovolníků vystavených dávce 0,5 l piva



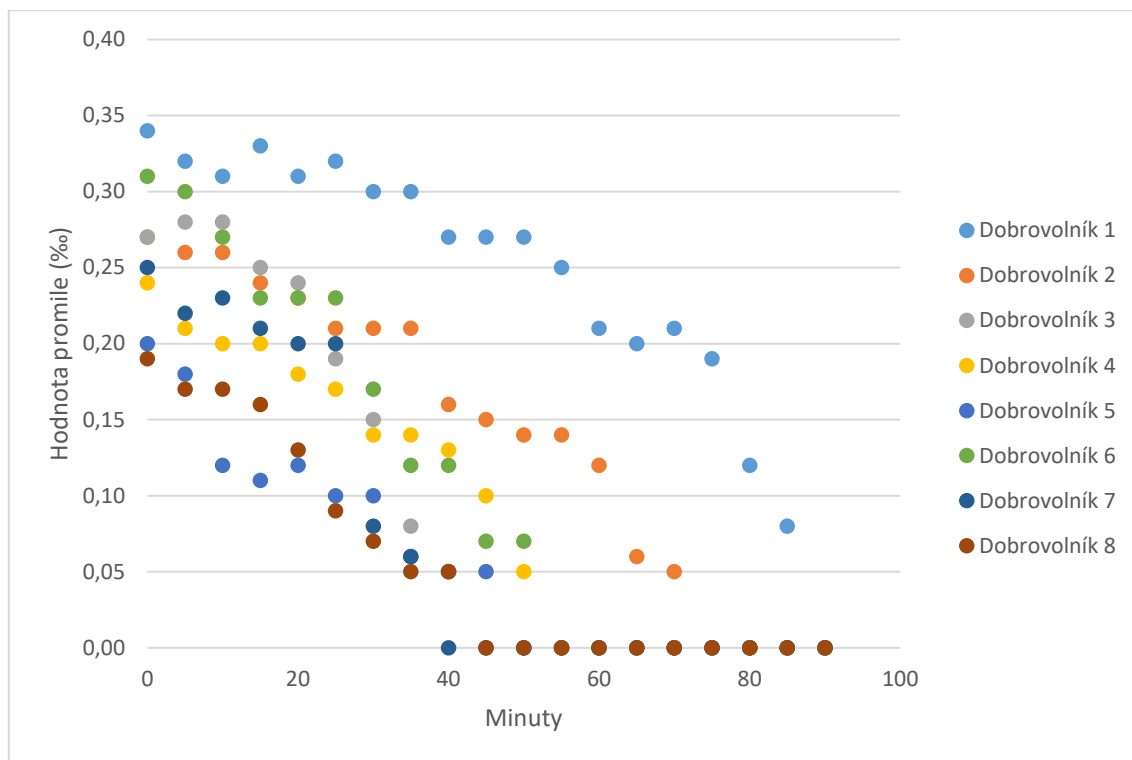
Graf 1 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 1 (zdroj, Autor)



Graf 2 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 2 (zdroj, Autor)



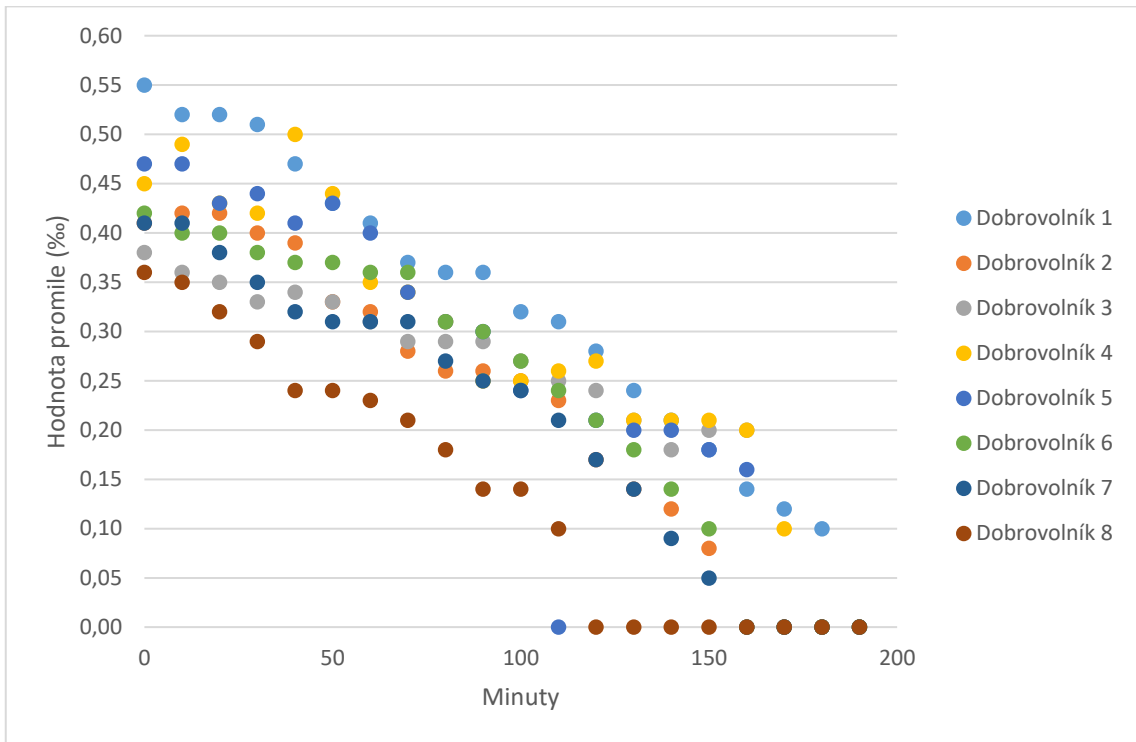
Graf 3 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 1 (zdroj, Autor)



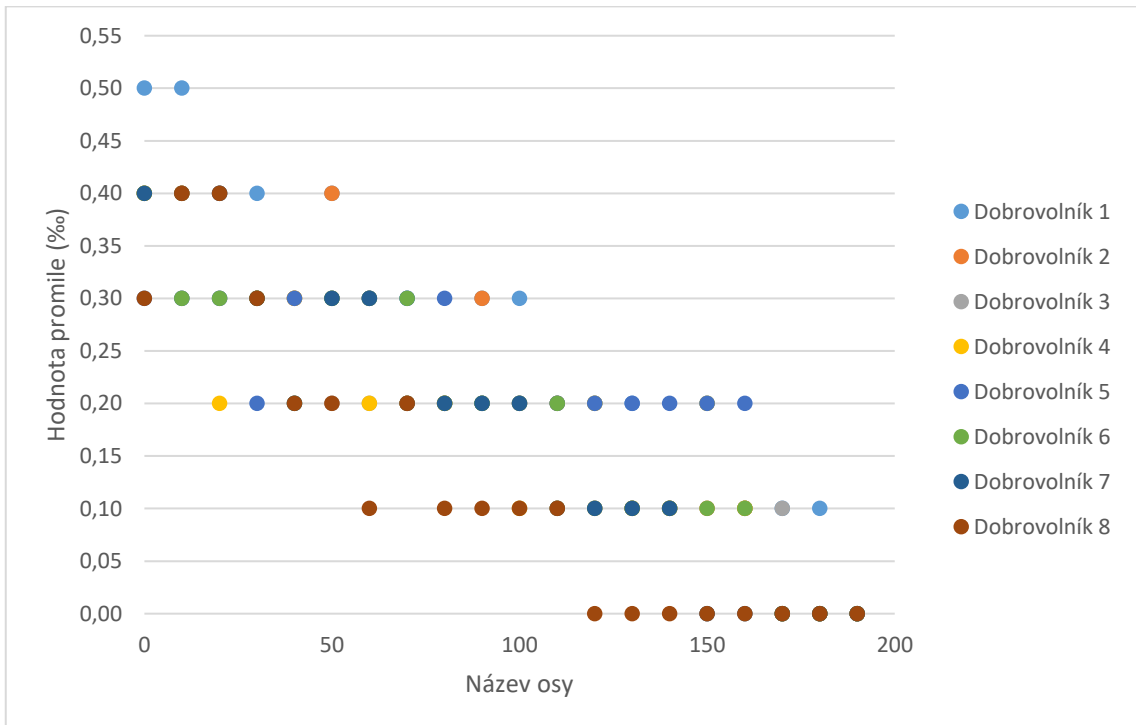
Graf 4 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 2 (zdroj, Autor)

Na grafech 1 až 4 je znázorněn časový vývoj hodnoty promile v dechu. Na všech grafech lze vidět, že nejvyšší hodnoty nepřekročily 0,4 ‰ a zmíněný časový průběh je u všech typů senzorů podobný.

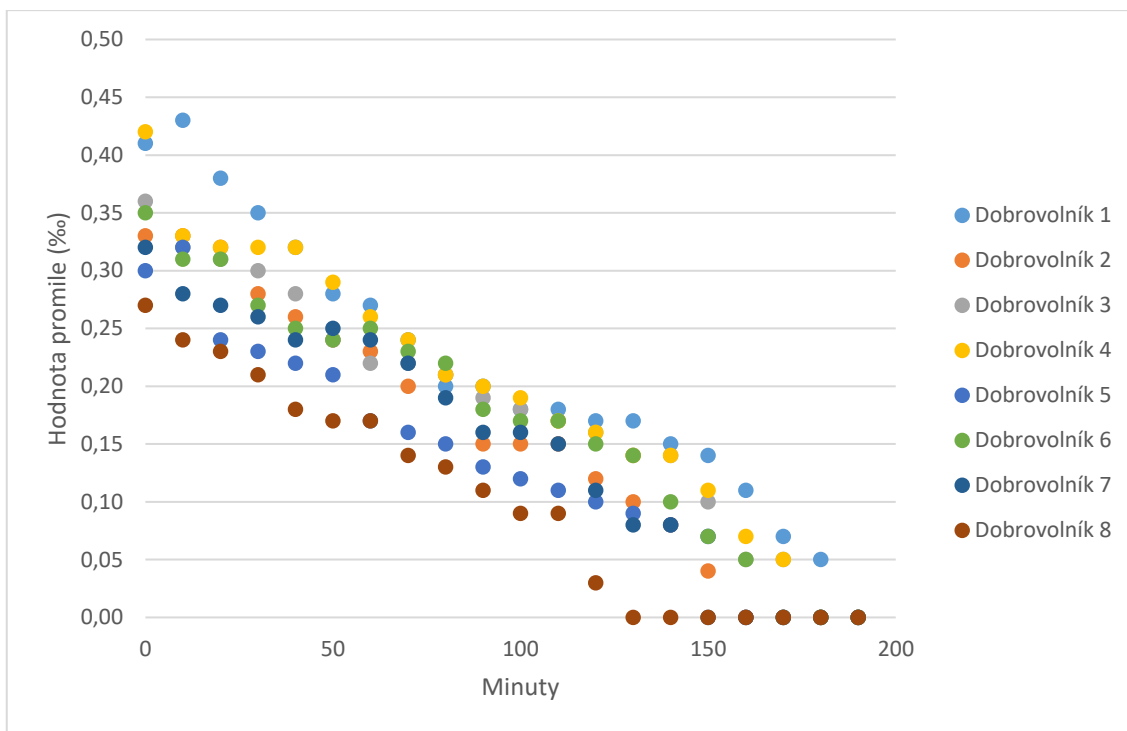
3.3.1.2 Testování mužských dobrovolníků vystavených dávce 1 l piva



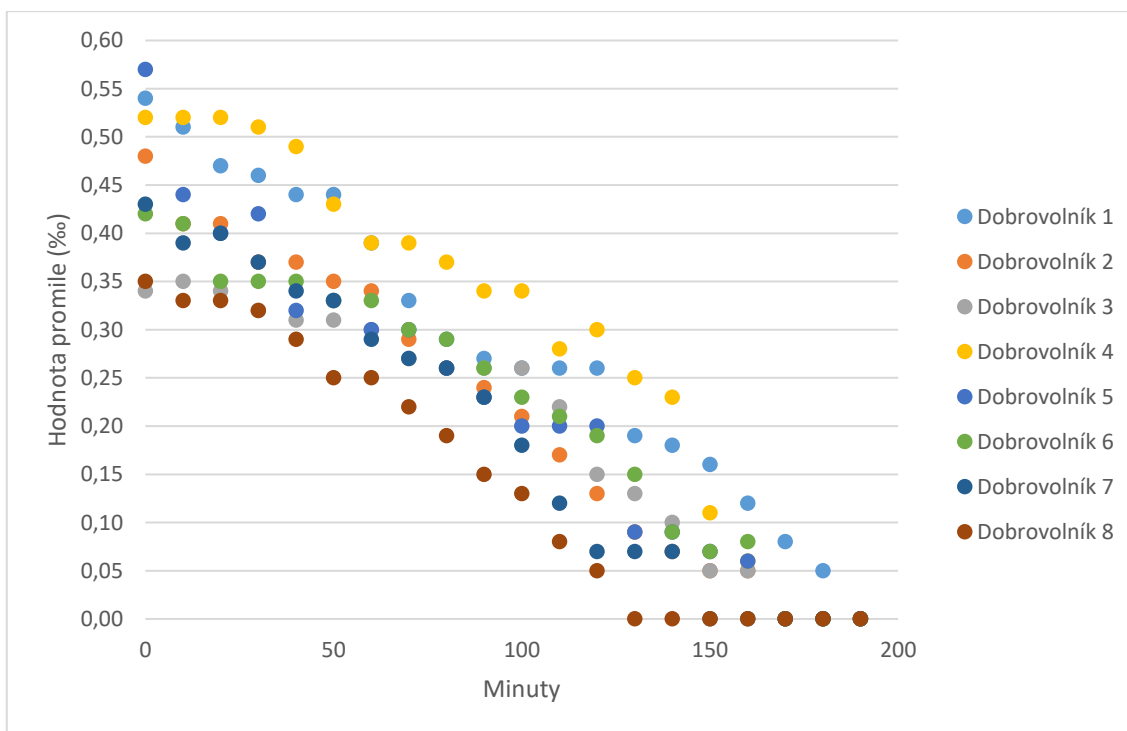
Graf 5 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 1 (zdroj, Autor)



Graf 6 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 2 (zdroj, Autor)



Graf 7 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 1 (zdroj, Autor)

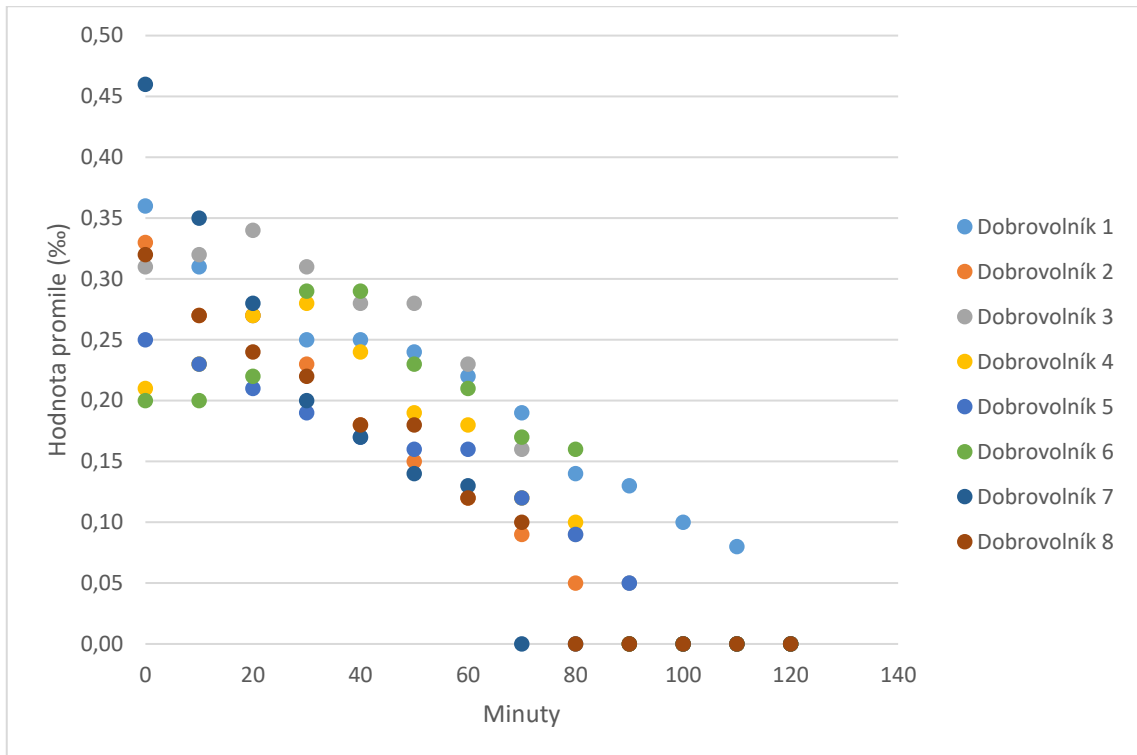


Graf 8 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 2 (zdroj, Autor)

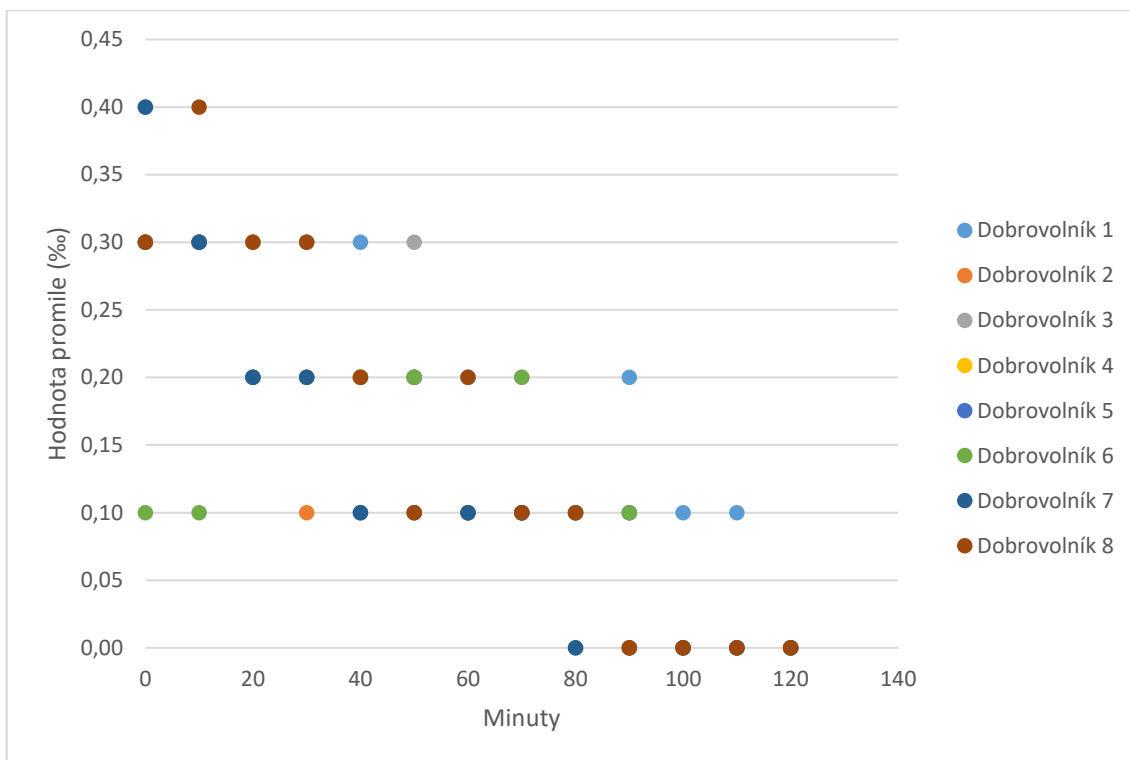
Na grafech 5 až 8 si můžeme povšimnout oproti předchozím grafům výrazného časového nárůstu. A za zmínku stojí, že po vyšší dávce alkoholického nápoje mají křivky mnohem plynulejší průběh a v rámci jednoho měřidla jsou křivky více seskupené, než je

tomu u grafů 1 až 4. Zároveň lze oproti menší dávce alkoholického nápoje pozorovat některé křivky, které nejprve rostou a až poté klesají.

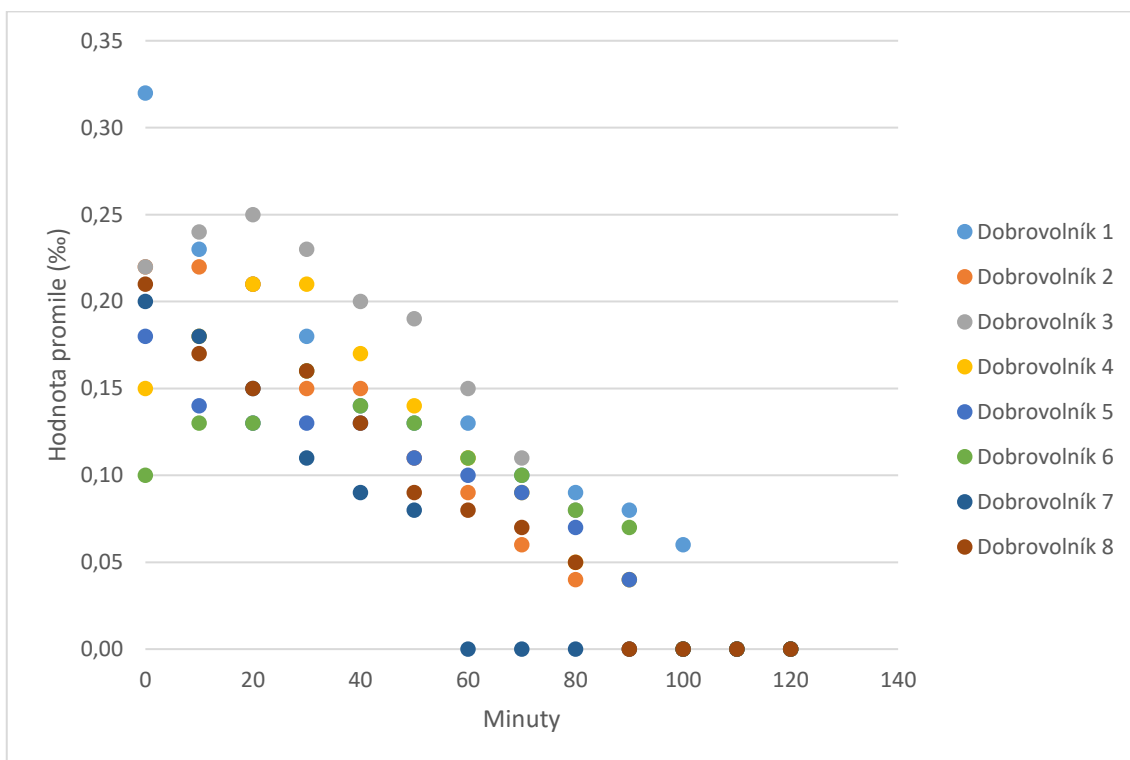
3.3.1.3 Testování ženských dobrovolníků vystavených dávce 0,5 l piva



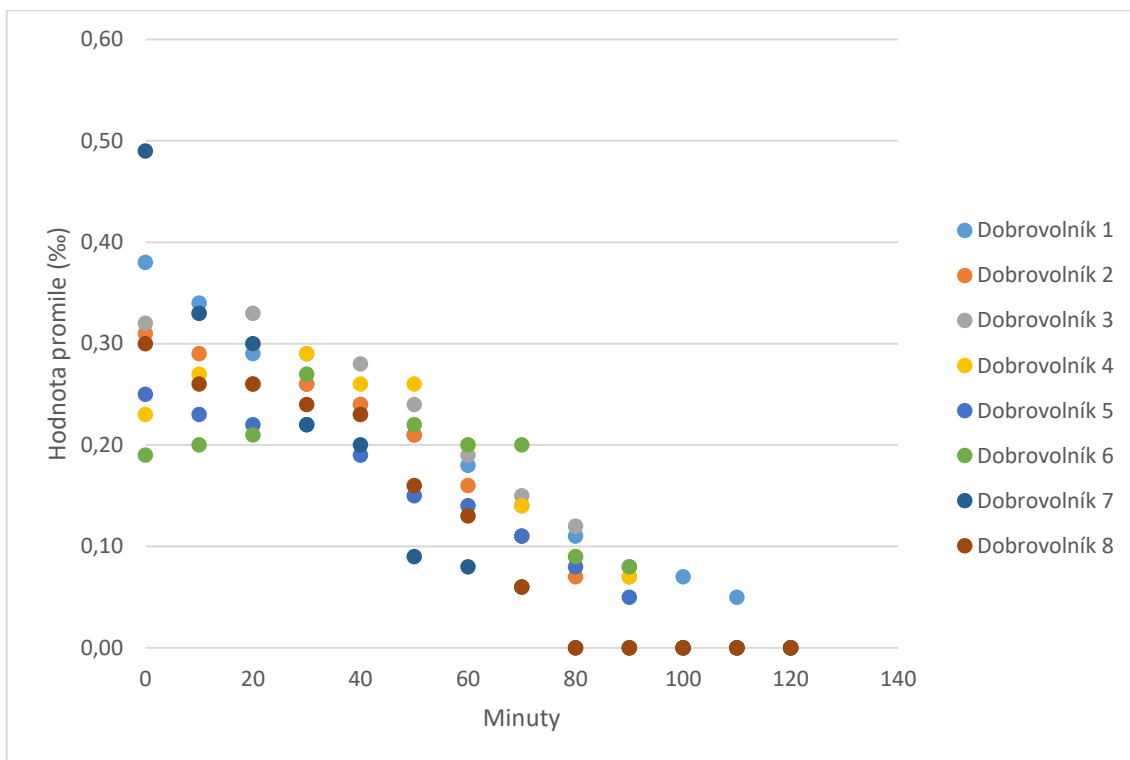
Graf 9 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u žen alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 1 (zdroj, Autor)



Graf 10 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u žen alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 2 (zdroj, Autor)



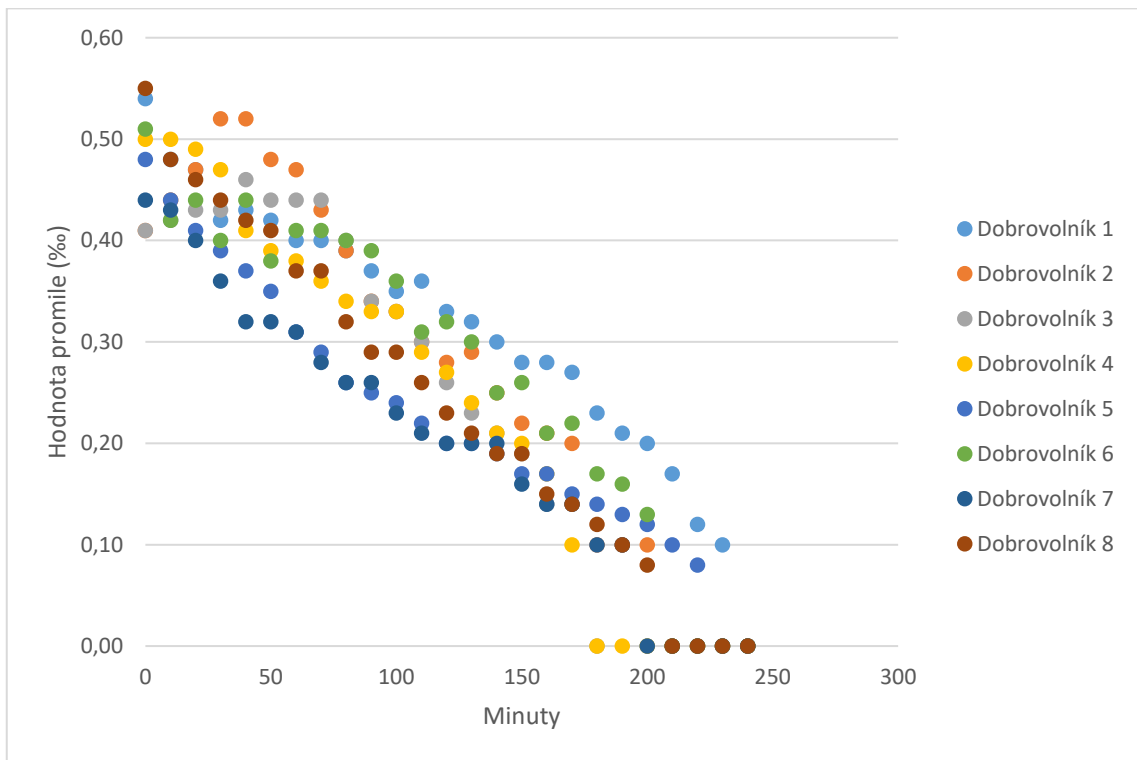
Graf 11 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 1 (zdroj, Autor)



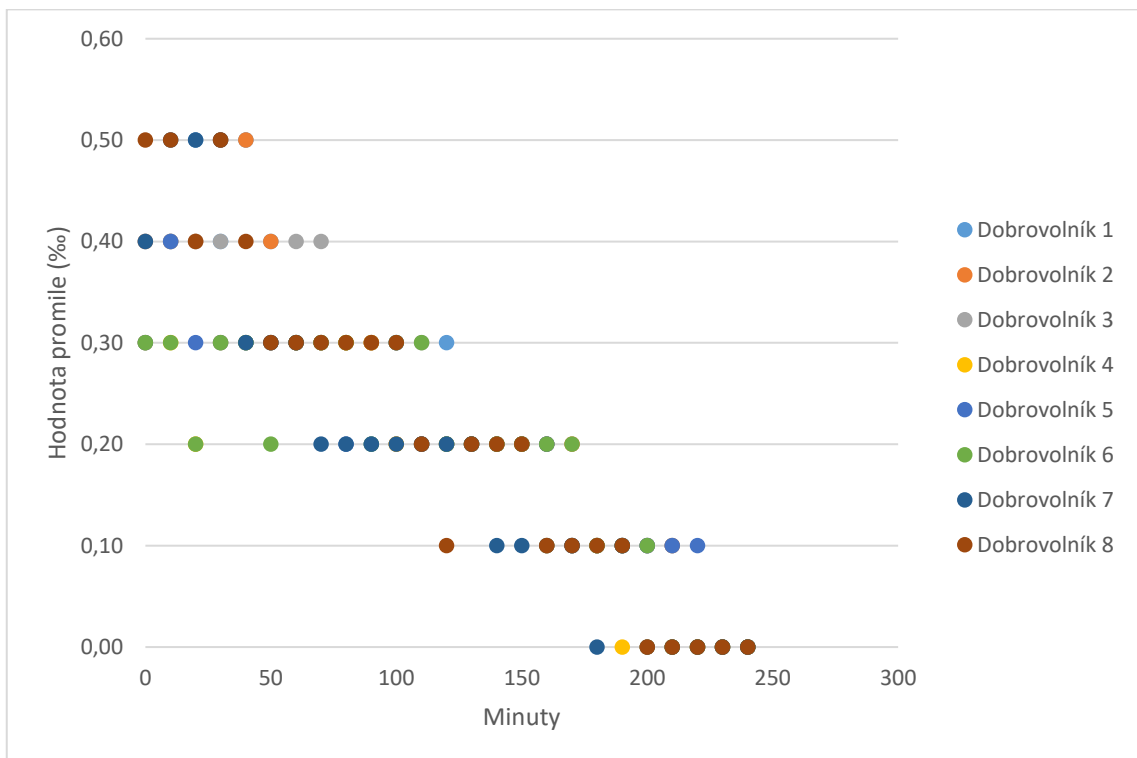
Graf 12 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 2 (zdroj, Autor)

Na grafech 9 až 12, oproti mužským dobrovolníkům, je obecně při stejné dávce patrný malý nárůst hodnoty promile a až třetinový nárůst času potřebného pro odbourání alkoholu. Už při této nižší dávce je u žen vidět, že křivka u mnoha dobrovolnic nejdříve roste a až poté klesá k nule.

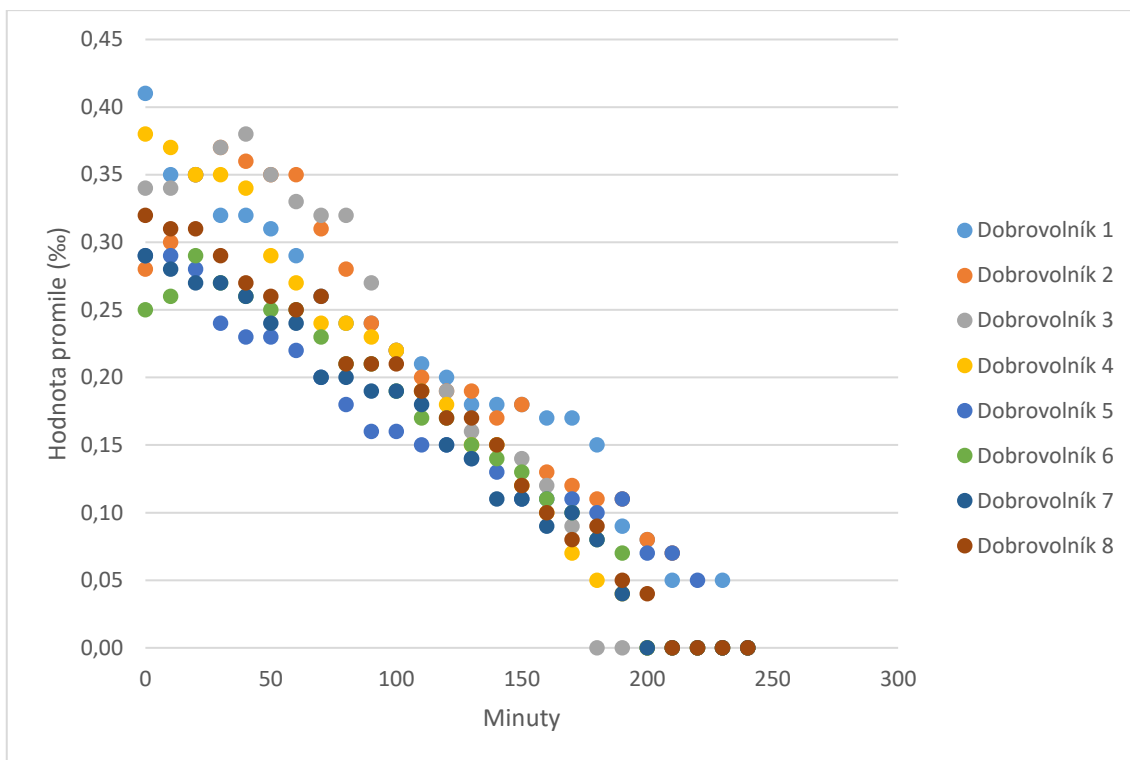
3.3.1.4 Testování ženských dobrovolníků vystavených dávce 1 l piva



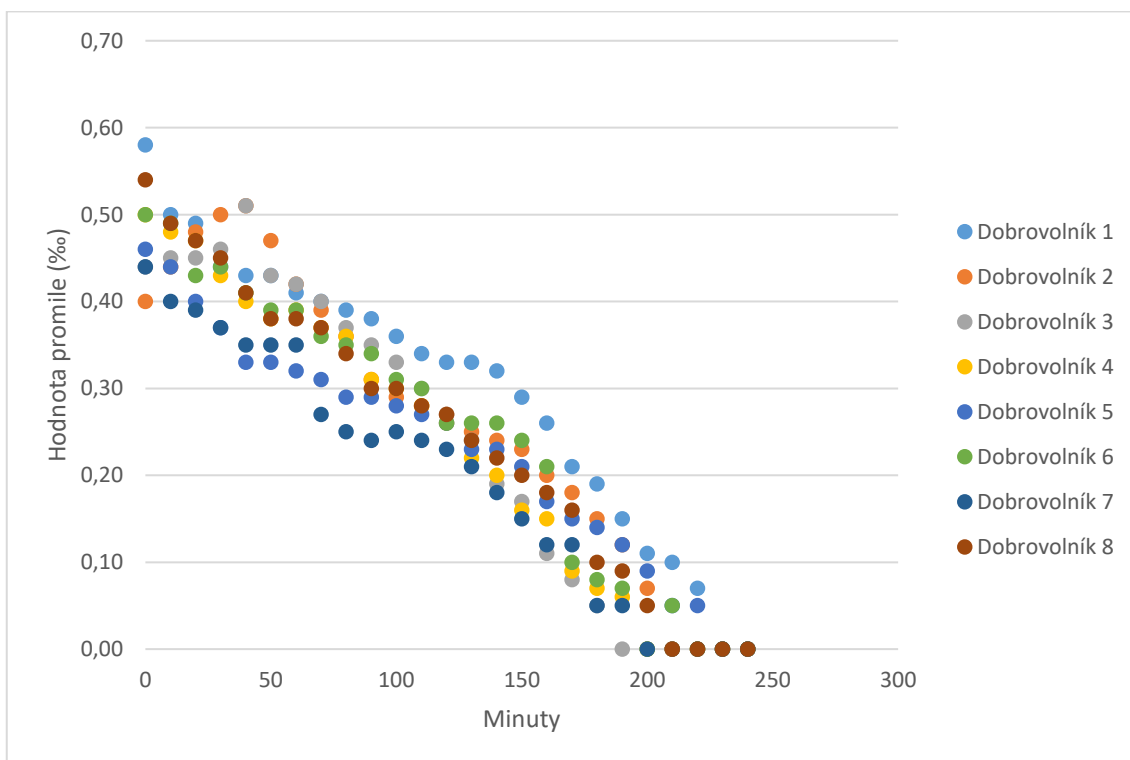
Graf 13 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u žen alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 1 (zdroj, Autor)



Graf 14 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u žen alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 2 (zdroj, Autor)



Graf 15 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u žen alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 1 (zdroj, Autor)



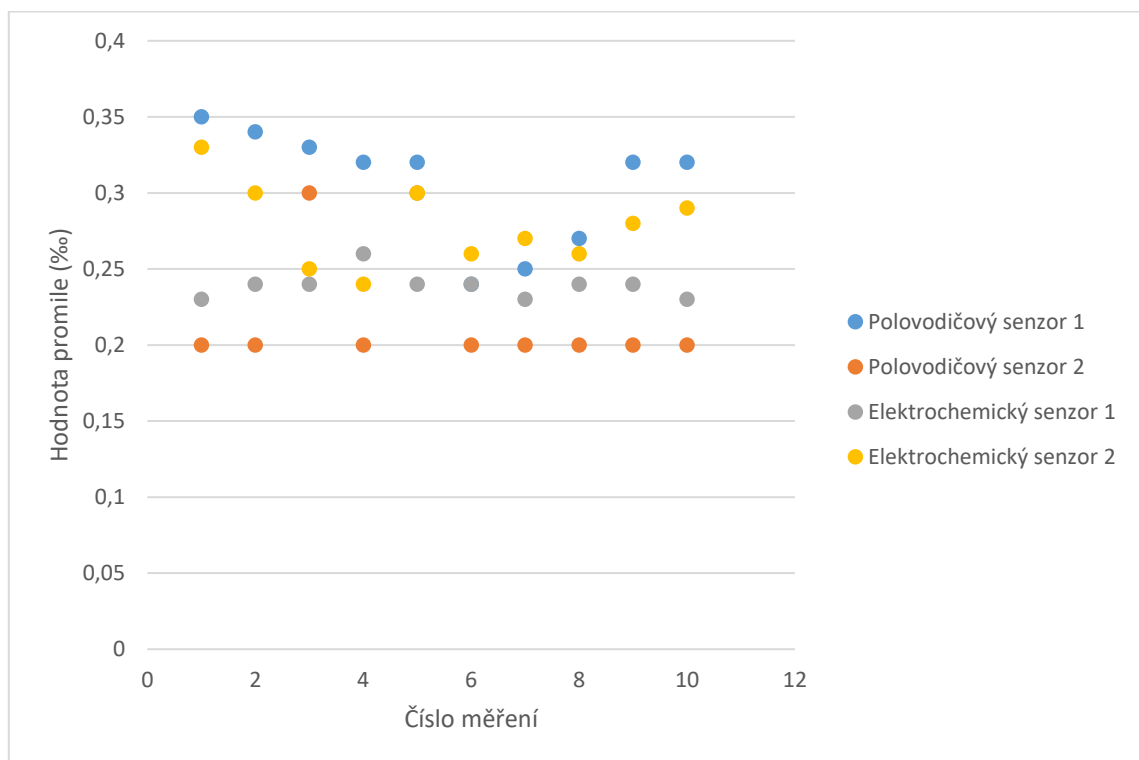
Graf 16 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u žen alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 2 (zdroj, Autor)

Opět je patrné, stejně jako u mužů, že s vyšší dávkou alkoholu mají křivky plynulejší průběh. Čas na odbourání je zde znovu výrazně delší než u mužských dobrovolníků.

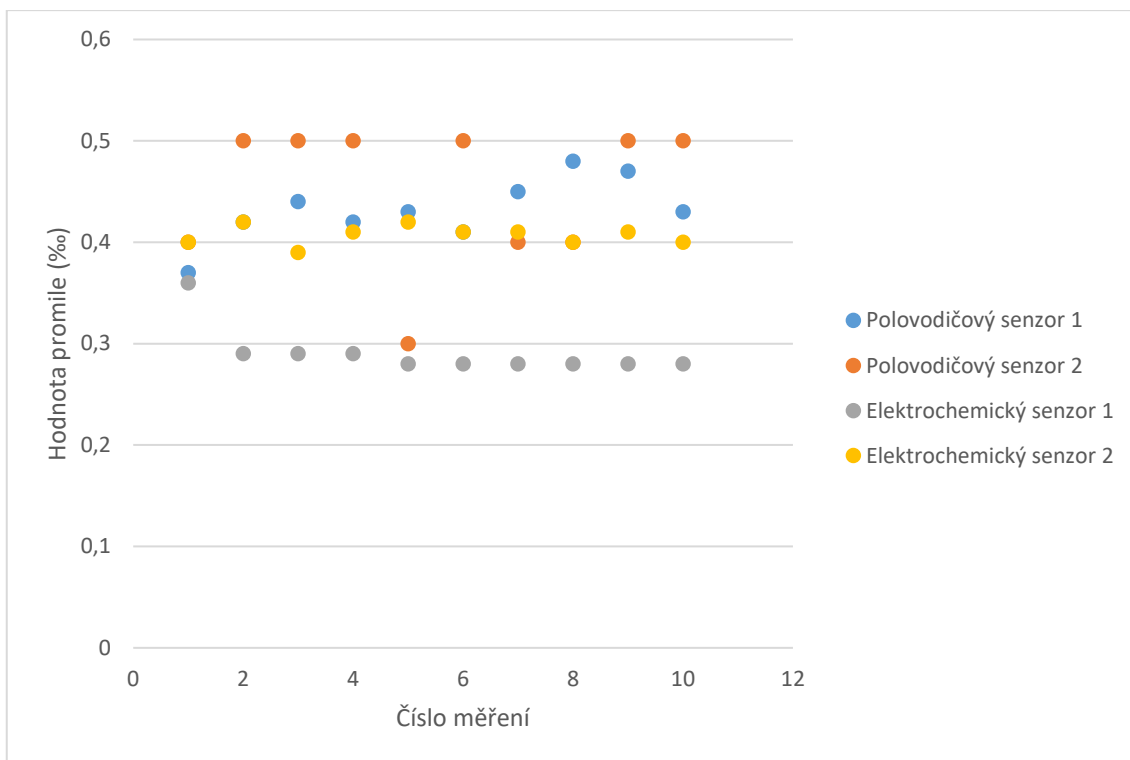
A znovu pozorujeme, že odebraná data jsou v rámci jednoho měřidla více seskupená, než je tomu u předešlé čtveřice grafů.

3.3.2 Testování v laboratorních podmínkách

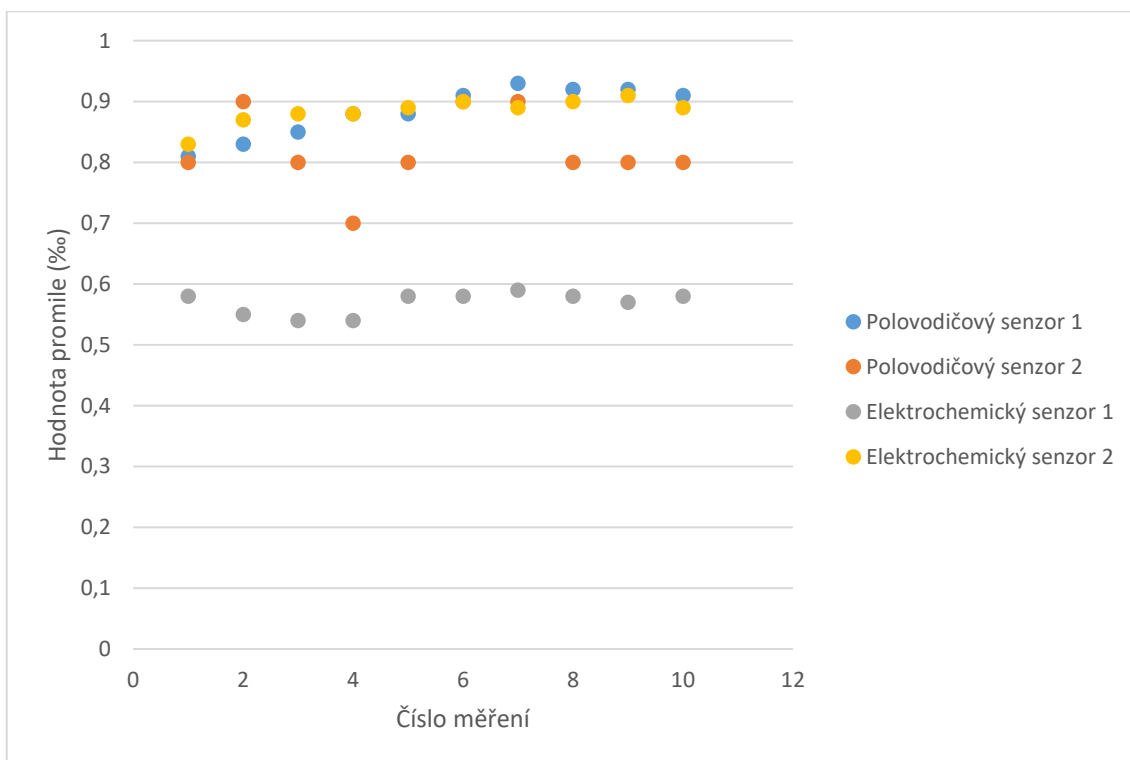
3.3.2.1 Testování odlišných koncentrací roztoků ethanolu



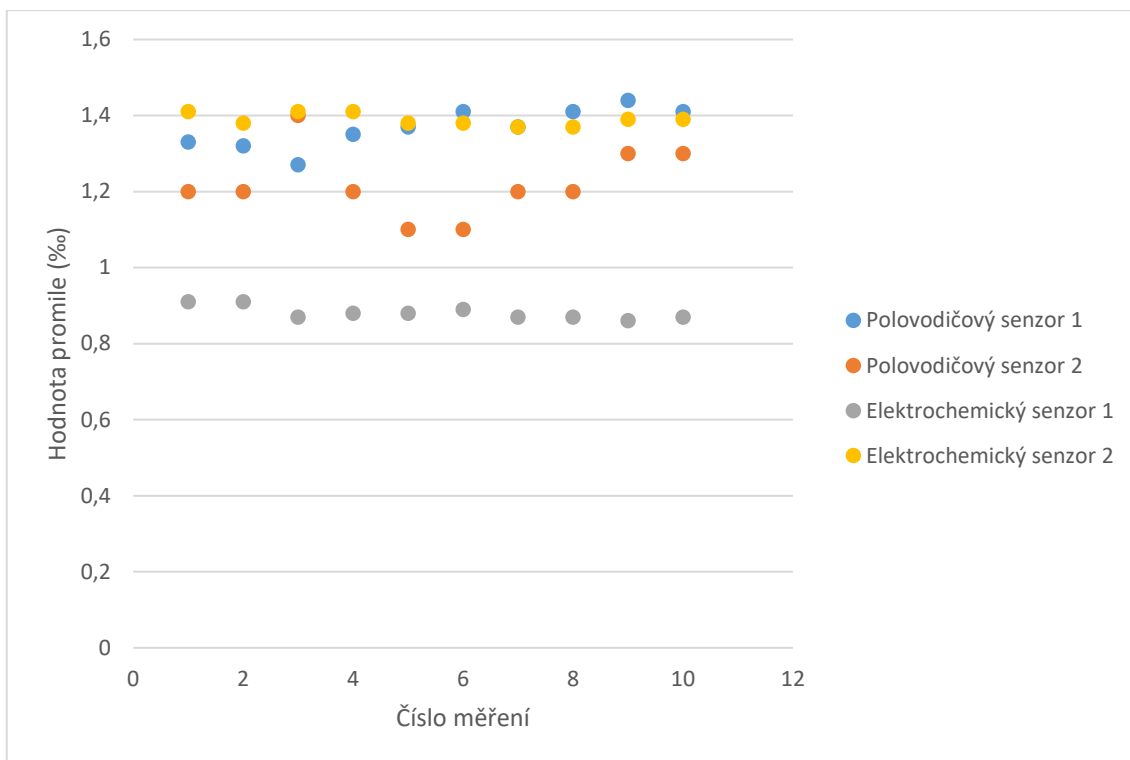
Graf 17 Měření koncentrace 0,3 g ethanolu v 1 litru vody (zdroj, Autor)



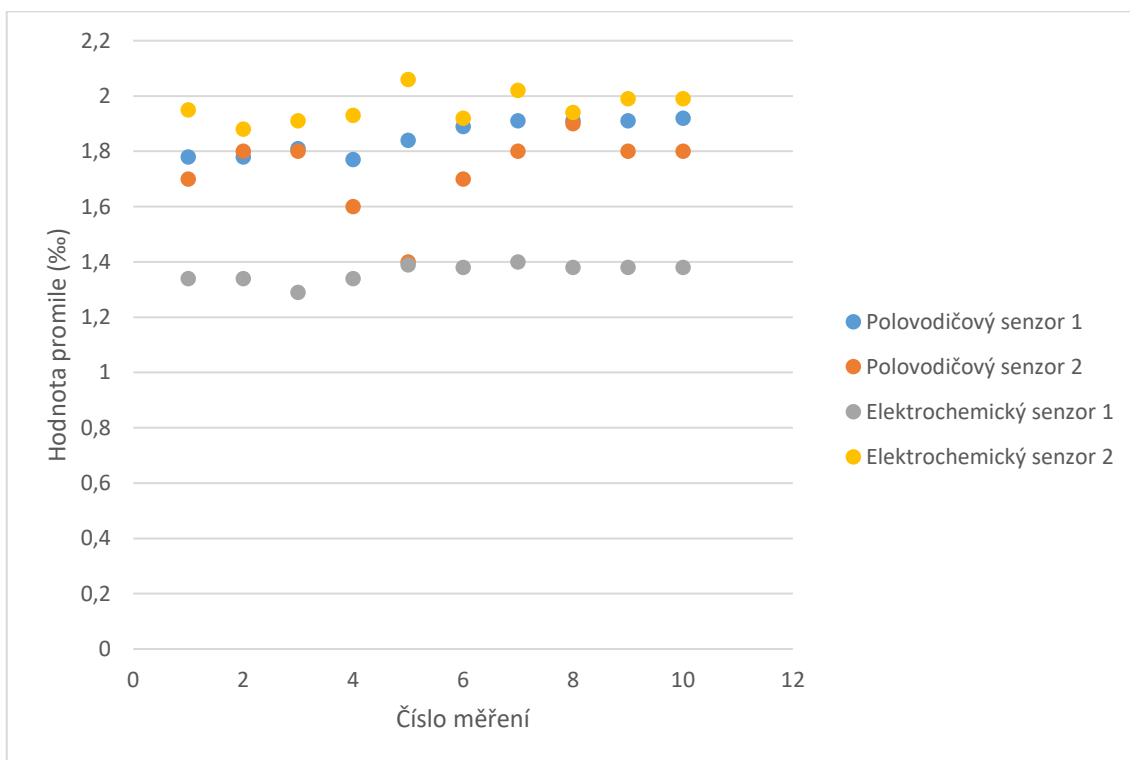
Graf 18 Měření koncentrace 0,5 g ethanolu v 1 litru vody (zdroj, Autor)



Graf 19 měření koncentrace 1 g ethanolu v 1 litru vody (zdroj, Autor)



Graf 20 Měření koncentrace 1,5 g ethanolu v 1 litru vody (zdroj, Autor)



Graf 21 Měření koncentrace 2 g ethanolu v 1 litru vody (zdroj, Autor)

Na grafech 17 až 21 jsou zanesené hodnoty z měření odlišných koncentrací ethanolu ve vodě.

Podle křivek, které ze zapsaných hodnot vychází, můžeme konstatovat, že s nižší koncentrací ethanolu se zvyšuje přesnost všech měřidel.

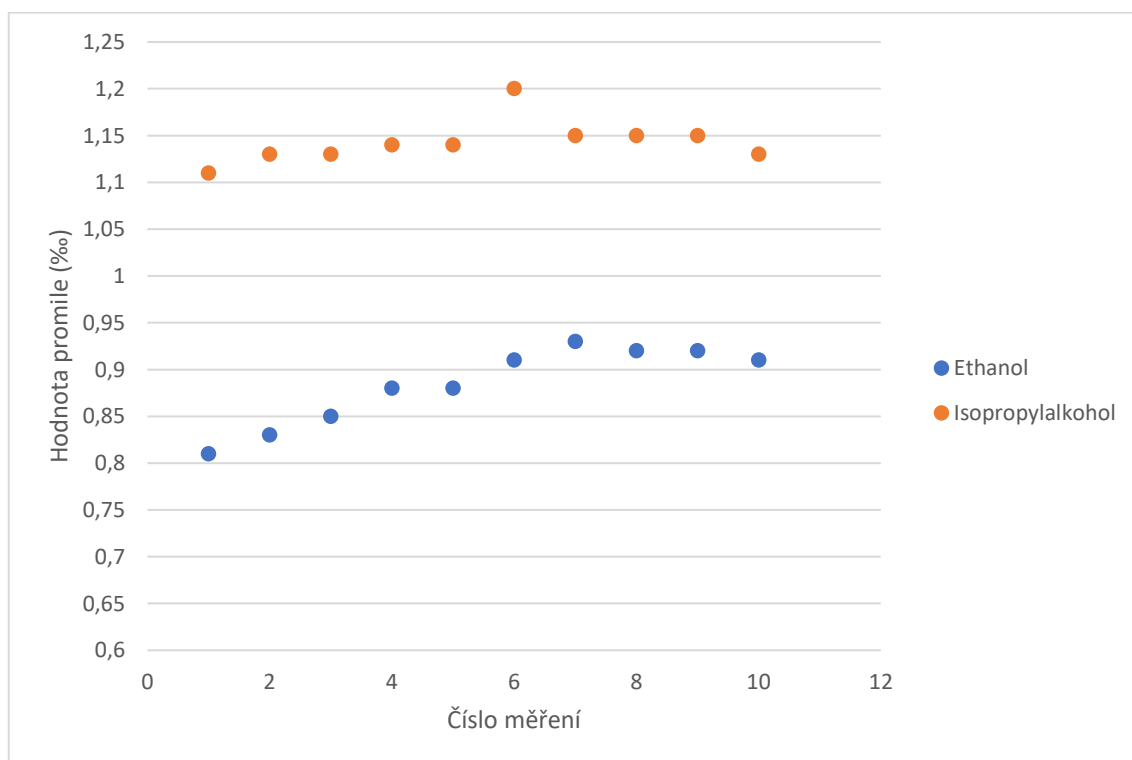
Dalším poznatkem je to, že elektrochemická čidla podávají mnohem stálejší výsledky měření v čase než polovodičová čidla.

Dále je z grafů patrné, že alkohol-tester s elektrochemickým senzorem 1 se zvyšující se koncentrací udává stále nižší výsledky měření oproti všem ostatním měřidlům.

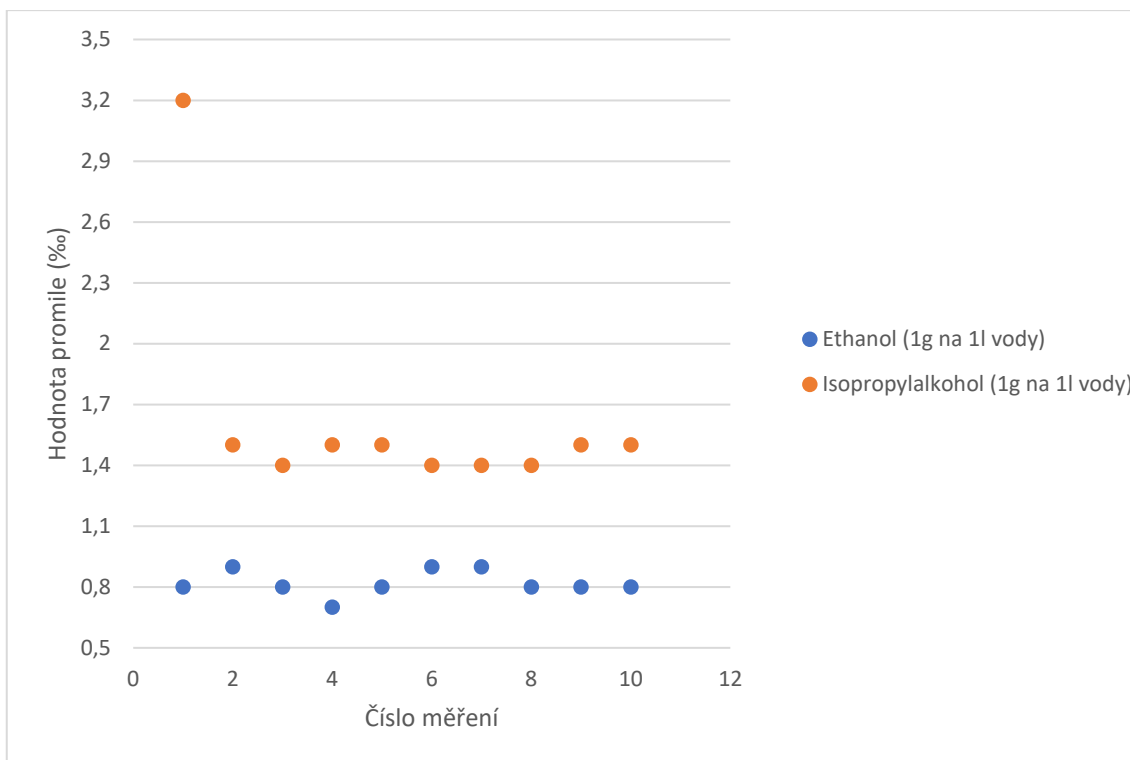
Podobný nedostatek se dá pozorovat u alkohol-testeru s polovodičovým senzorem 2, kdy se zvyšující se koncentrací udává výsledné hodnoty v čím dál větším rozptylu.

V neposlední řadě ještě vyčteme z grafů, jestli přesnost jejich měření spadá do takzvané fyziologické odchylky (0,20 ‰). V případě koncentrace ethanolu 0,3 g v 1l vody vyhověly všechny přístroje, v případě koncentrace 0,5 g v 1l vody nevyhověl alkohol-tester s polovodičovým senzorem 2 a v případě dalších koncentrací vyhověl už jen alkohol-tester s elektrochemickým senzorem 2.

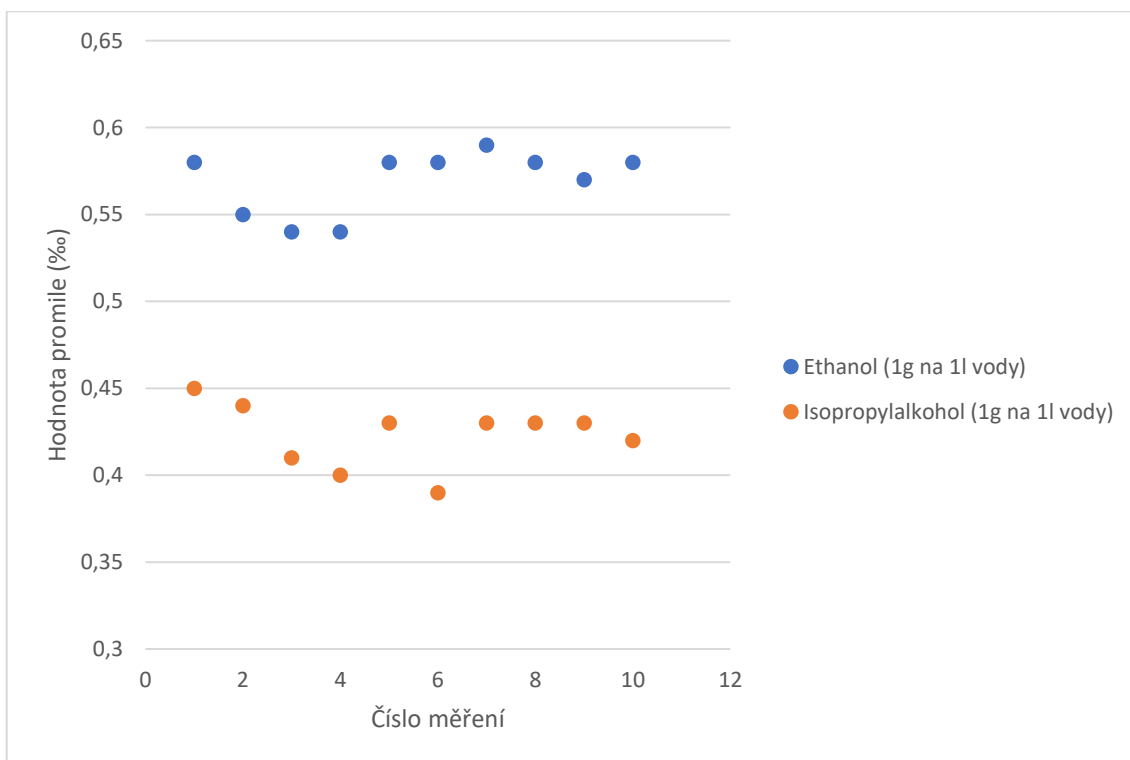
3.3.2.2 Porovnání isopropylalkoholu a ethanolu při stejné koncentraci roztoku



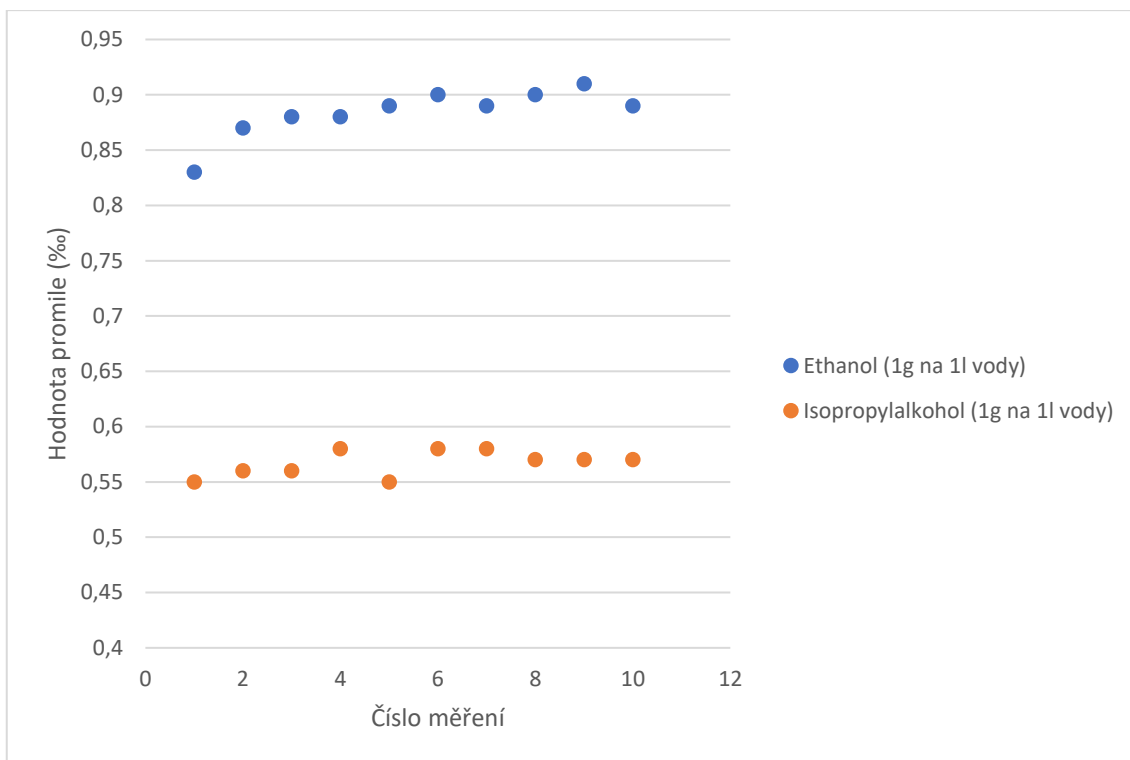
Graf 22 Měření na alkohol-testeru s polovodičovým senzorem 1 (zdroj, Autor)



Graf 23 Měření na alkohol-testeru s polovodičovým senzorem 2 (zdroj, Autor)



Graf 24 Měření na alkohol-testeru s elektrochemickým senzorem 1 (zdroj, Autor)

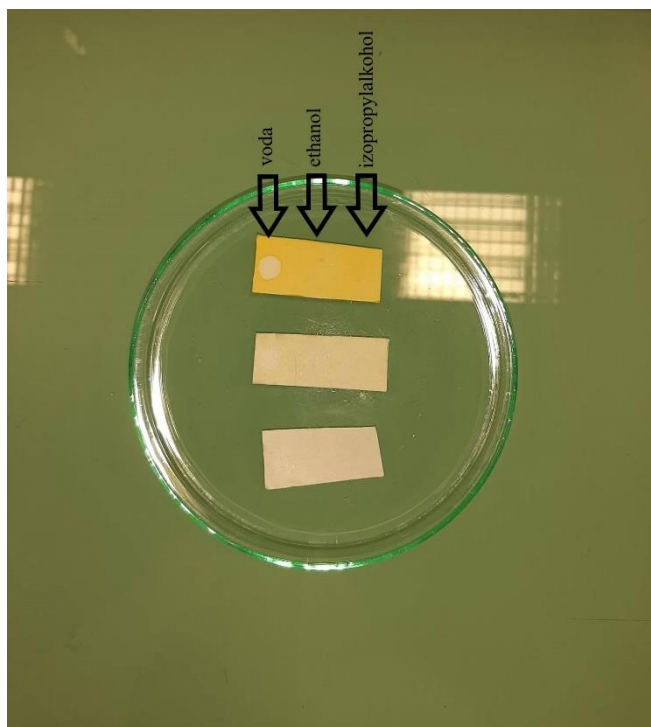


Graf 25 Měření na alkohol-testeru s elektrochemickým senzorem 2 (zdroj, Autor)

Na grafech 22 až 25 vidíme porovnání toho, jak naše testované senzory ovlivňují různé druhy alkoholu. Koncentrace obou látek byla 1 g na 1 litr vody.

Můžeme si povšimnout rozdílného chování v rámci typu použitých senzorů. U polovodičových senzorů měl isopropylalkohol mnohem větší vliv na měření než u elektrochemických čidel. Tímto testem jsme poukázali na větší odolnost elektrochemických čidel vůči isopropylalkoholu oproti čidlům polovodičovým.

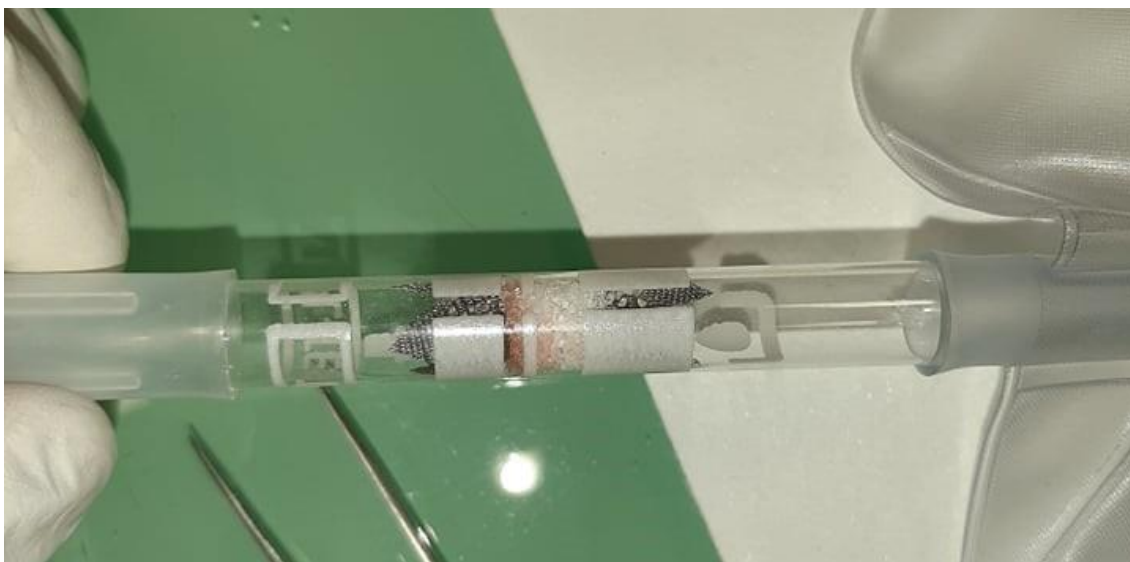
3.3.2.3 Testování detekčního prvku pro detekční trubičky



Obr. 2 Detekční materiál s různými koncentracemi roztoku (zdroj, Autor)

Na obrázku lze vidět tři detekční prvky po usušení (skelný papír s dichromanem draselným). Shora dolů se jedná o koncentrace 1 g, 0,1 g a 0,01g dichromanu draselného ve 100 ml vody. Šipky vložené do obrázku naznačují, kam byla kápnuta postupně destilovaná voda, ethanol a isopropylalkohol.

V tomto pokusu jsme se zaměřili hlavně na viditelnou změnu zbarvení po reakci dichromanu draselného s ethanolem. Tato reakce však nenastala. V dalším kroku mělo přijít porovnání s pořízenou detekční trubičkou, kde po kontaktu s ethanolovými parami došlo k viditelnému zbarvení.



Obr. 3 Detekční trubička použitá při nízké koncentraci ethanolu (zdroj, Autor)

Na tomto obrázku byla první trubička podrobena koncentraci ethanolu 0,3 g v 1 l vody. Na obrázku následujícím jsme duhou trubičku podrobili vyšší koncentraci (1 g /1 l). Určitou orientaci v měření nám udává bílá linka na trubičce, která znázorňuje hodnotu 0,20 ‰.



Obr. 4 Detekční trubička použitá při vyšší koncentraci ethanolu (zdroj, Autor)

3.4 Analýza výzkumných předpokladů a výzkumných otázek

Na počátku této bakalářské práce jsme si ke zkoumanému tématu a k průběhu práce zadali několik předpokladů a otázek. První, co jsme předpokládali, bylo správné a přesné fungování alkohol-testerů v rámci jejich technických specifikací. Tento předpoklad se nám vyplnil. Všechna měřidla se chovala dle očekávání.

Druhým bodem byla otázka. Budou námi připravené detekční trubičky konkurenceschopné? Odpovědí na tuto otázku je ne. V laboratoři se nám totiž vůbec nepodařilo vytvořit takový detekční materiál, který by indikoval barevnou změnou přítomnost alkoholu.

Druhým předpokladem, který byl stanoven, je průběh koncentrace ethanolu po exponenciální křivce (při měření na dobrovolnících). Tento předpoklad se naplnil jen částečně. Nedokonalý exponenciální průběh lze pozorovat pouze u hmotnějších dobrovolníků a dobrovolnic a spolu s vyšší dávkou alkoholického nápoje se průběh po exponenciální křivce vytrácí. V některých případech křivky opisují pomyslnou konkávní parabolu.

Čtvrtým bodem byl třetí předpoklad. Předpokládalo se, že koncentrace se budou lišit dle fyziologických parametrů dobrovolníků. Nejvýznamnějším parametrem byla v této situaci tělesná hmotnost. Vysvětlit se tento efekt dá tím, že jedinec s větší hmotností má i více tkáně, tudíž více buněk, které alkohol odbourávají. Ostatní tělesné parametry viditelně koncentraci u testovaných dobrovolníků neovlivnili.

Následovaly další dva předpoklady k měření v reálných podmínkách. Prvním z nich jsme předpokládali odchylky měření oproti laboratorním podmínkám. Z výsledků laboratorního měření je patrné, že alkohol-tester s elektrochemickým senzorem 1 a ten s polovodičovým senzorem 2 dosahovaly větších odchylek od nadefinované hodnoty než zbylé dva testery. Z tohoto pohledu jsme předpoklad vyvrátili, neboť podobné chování vykazovaly alkohol-testery i při měření v reálných podmínkách. Druhým předpokladem z této dvojice jsme si stanovili, že 80 % a více dobrovolníků správně použije každé zařízení. Tento předpoklad byl naplněn, neboť všichni účastníci testování byli schopni, po prostudování manuálů, správné obsluhy a správného používání kompletně všech měřidel.

Předposlední předpoklad nám určoval, že výsledky se budou lišit v závislosti na použitém čidlu. Opět lze konstatovat, že jsme předpoklad splnili. U polovodičových senzorů jsme pozorovali větší rozptyl naměřených hodnot a v určitých situacích se

hodnoty zdály až jako nahodilé. U elektrochemických senzorů byly naopak rozptýly mnohem užší a svým průběhem hodnoty opisovaly pomyslné přímky, konkávní paraboly nebo exponenciály.

Posledním předpokladem se poжил ke zhodnocení uživatelského hlediska. Zde byl předpoklad nastaven tak, že se výsledky budou lišit dle názoru jednotlivých dobrovolníků. I zde se nám předpoklad naplnil. Rozhodujícím faktorem při rozhodování dobrovolníků byla jednoduchost obsluhy a doba za kterou od zapnutí měřidlo ukáže naměřenou hodnotu. Jako nejlepší se projevil u dobrovolníků alkohol-tester s elektrochemickým senzorem 2, který nikdo neumístil na poslední příčku, naopak tomu bylo u alkohol-testeru s polovodičovým senzorem 2, který nikdo neumístil na první příčku.

4 Diskuze

V této práci jsme se zabývali testováním alkohol-testerů za modelových podmínek. Konkrétně se jednalo o podmínky reálné, kde jsme měřili dobrovolníky po požití alkoholického nápoje a o podmínky laboratorní, kde jsme měřili předem nadefinované množství roztoku alkoholu vhaněného vzduchovým kompresorem do ústí alkohol-testerů. Práce měla porovnat čtyři měřidla z různých cenových skupin, různé konstrukční úrovně a funkčnosti.

Průběh a podmínky všech měření vychází z kapitoly 2.1.2. Některé parametry bylo ale třeba poupravit, aby vyhověly našim zájmům a technickým specifikacím použitých alkohol-testerů. Zejména průtok plynu v laboratorních podmínkách byl velice závislý na typu měřidla a aby se dalo měření provést hodnoty průtoku se pohybovaly od 6 l/min do 10 l/min. Přesto parametry jako rozlišovací schopnost, měřicí rozsah, jednotky a drift se nám povedlo kompletně dodržet.

Při měření v reálných podmínkách jsme získávali data od dobrovolníků a kontrolovali průběh vznikajících křivek v grafu. U těchto křivek byla hodnocena jejich časová proměna v závislosti na fyzických vlastnostech testovaných dobrovolníků. Protože tyto testy trvaly vždy minimálně desítky minut bylo možné si na nich ověřit, že měřidla jsou schopna pod touto zátěží udávat stále validní data. I přes to šlo ale v grafech zaznamenat rozdíly mezi použitými senzory.

Důvěryhodnost našich měřidel a důvody rozdílných průběhů grafických křivek nám zajistily laboratorní testy. V laboratorních testech jsme hodnotili přesnost měření, stálost udávaných výsledků a ovlivnění narušujícím isopropylalkoholem. Postupně si tedy rozebereme výsledky jednotlivých alkohol-testerů.

Nejpřesnějším měřidlem celkově je alkohol-tester s elektrochemickým senzorem 2, který udával výsledky s nejmenšími odchylkami. Stálou přesnost měření při všech koncentracích jsme mohli pozorovat také u alkohol-testeru s polovodičovým čidlem 1. I když by se alkohol-tester s elektrochemickým senzorem 1 měl vyznačovat podobnou přesností, není tomu tak. Přesnost tohoto měřidla se projevovala jen u nižších koncentrací. Obdobné výsledky zaznamenal i alkohol-tester s polovodičovým senzorem 2.

Měřidlem s nejstabilnějšími výsledky byl alkohol-tester s elektrochemickým senzorem 1. Obecně lze říci, že čím vyšší koncentrace alkoholu, tím stálější a plynulejší vývoj křivky.

Posledním faktorem, který jsme testovali bylo narušení cizí látkou, v našem případě isopropylalkohol. Zde byly výsledky jasné, Polovodičová čidla byla narušujícím alkoholem ovlivněna při stejné koncentraci mnohem více než ethanolem. Naopak u elektrochemických čidel bylo ovlivnění narušujícím isopropylalkoholem nižší a v případě elektrochemického senzoru 2 téměř poloviční.

Podle kapitoly 2.1.1.2 je nám známo, že elektrochemický senzor by měl být oproti senzoru polovodičovému přesnějším a udávat tedy lepší výsledky měření. Celkově lze říci, že při nižších koncentracích (na které jsou testovaná měřidla primárně dimenzovaná) ethanolu jsou testované elektrochemické senzory stabilnější a udávají přesnější výsledky. Avšak z laboratorních výsledků lze usuzovat, že námi testované měřidlo s polovodičovým senzorem 1 může konkurovat.

5 Návrh doporučení pro praxi

Tato práce porovnává měřidla s dvěma typy senzorů. Na trhu je nepřehledné množství typů měřidel s oběma typy senzorů, ale tato práce má případný výběr usnadnit. Z výsledků, které se nám povedlo získat v rámci této práce si lze zvolit vhodné měřidlo s vhodným senzorem pro analyzování dechu na přítomnost alkoholu v organismu.

Pro testování koncentrace alkoholu v dechu bychom zvolili měřidlo s elektrochemickým senzorem, hlavně pro jeho přesnost, rychlost měření a stálost výsledků.

V práci bychom doporučili pokračovat. Bylo by zajímavé porovnat naše data s krevními testy na přítomnost alkoholu v organismu a dále si tak ověřit přesnost dechových analyzátorů oproti přesnějším laboratorním měřidlům. Kdy výsledky z těchto laboratorních měřidel na přítomnost alkoholu v krvi jsou již prokazatelně usvědčujícími materiály.

6 Závěr

Tato práce se zabývá porovnáním dvou typů senzorů užitých v alkohol-testerech. Konkrétně jejich přesností a stálostí udávaných výsledků měření. Na začátku práce jsme si stanovili pět cílů. Prvním cílem bylo zhotovit přístroj na generování ethanolových, respektive isopropylalkoholových par. Přístroj se nám podařilo zhotovit za použití vzduchového kompresoru s indikací průtoku vzduchu, silikonových hadiček, zahřívací vodní lázně a promývací nádoby.

Druhým cílem bylo připravit si detekční trubičky v laboratorních podmínkách a porovnat je s trubičkami zakoupenými. Tento cíl se neseťkal s úspěchem. Konkrétní neúspěch nastal ve fázi testování detekčního materiálu, který byl zhotoven ze skelného papíru s naneseným dichromanem draselným. Po otestování tohoto materiálu na změnu zbarvení po kontaktu s destilovanou vodou, ethanolem a isopropylalkoholem jsme nebyli schopni pozorovat požadované barevné změny.

Třetím cílem této práce bylo zjistit časové změny koncentrace alkoholu na dobrovolnících po požití alkoholického nápoje. Splnění tohoto cíle bylo časově velice náročné, ale kritické pro vyhodnocení pátého cíle. Během jednoho školního roku jsme změřili 128 časových průběhů.

Čtvrtým cílem bylo zhodnotit správnost a přesnost měření v reálných podmínkách a porovnání s laboratorními výsledky. S laboratorními výsledky lze říci, že u alkohol-testerů s polovodičovým senzorem 1 a s elektrochemickým senzorem 2 je přesnost měření důvěryhodná a nevyskytují se v něm hrubé chyby. To také díky tomu, že byla dodržena správnost měření dle doložených příruček k obsluze práci s přístroji. U zbylých dvou alkohol-testerů lze říci, že při nižších koncentracích podávají uspokojivé výsledky, ale při vyšších koncentracích jsou odchylky měření na těchto dvou měřidlech příliš vysoké, i mimo fyziologickou hodnotu 0,20 ‰.

Posledním cílem bylo zhodnotit uživatelské hledisko. To bylo zhodnoceno po dotázání testovaných dobrovolníků, bez ohledu na výsledky měření jednotlivých měřidel. Dobrovolníci měli zvolit nejvhodnější měřidlo podle několika parametrů. Obsluha, konstrukční zpracování, rychlost měření a chybovost analýzy vzorků. Z tohoto dotazníku vyšlo nejlépe měřidlo z nejvyšší cenové skupiny, alkohol-tester s elektrochemickým senzorem 2.

Seznam použité literatury

- BRODANOVÁ, Marie a Václav KORDAČ. 1993. *Klinická hepatologie*. Praha: Grada. ISBN 80-7169-069-4.
- BŘÍŽĎALA, Jan. 2020. *Organická chemie pro gymnázia*. Třebíč: Jan Břížďala. ISBN 978-80-270-8161-5. Dostupné také z: http://e-chembook.eu/Brizdala_Organicka-chemie-pro-gymnazia.pdf
- CAMPBELL, A. S., J. KIM a J. WANG. 2018. Wearable electrochemical alcohol biosensors. *Current Opinion in Electrochemistry*. 10, 126-135. DOI 10.1016/j.coelec.2018.05.014. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2451910318301066>
- CEDERBAUM, Arthur I. 2012. Alcohol Metabolism. *Clinics in Liver Disease*. 16(4), 67-685. DOI 10.1016/j.cld.2012.08.002. Dostupné také z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3484320/>
- ČESKO. 2000. Zákon č. 361 ze dne 14. září 2000 o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 98, s. 4570-4616. ISSN 1211-1244. Dostupné také z: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=361/2000&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
- ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT. 2017. Komentovaný zákon o metrologii. ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT. *Vitá Vás Český metrologický institut | Český metrologický institut* [online]. Brno: Český metrologický institut, [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.cmi.cz/komentovany%20zakon%20o%20metrologii>
- ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT. 2018. *Opatření obecné povahy č. 0111-OOP-C040-17, kterým se stanovují metrologické a technické požadavky na stanovená měřidla, včetně metod zkoušení pro schvalování typu a pro ověřování stanovených měřidel: „analyzátory alkoholu v dechu“*. Brno: Český metrologický institut. Dostupné také z: https://www.cmi.cz/sites/all/files/public/download/Uredni_deska/OOP/0111-OOP-C040-17.pdf
- ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT. 2021. Základní pojmy. ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT. *Vitá Vás Český metrologický institut | Český metrologický institut* [online]. Brno: Český metrologický institut, [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.cmi.cz/node/537>
- DUKE UNIVERSITY. 2020. Content: How Does Ethanol Get to the Lungs - The Alcohol Pharmacology Education Partnership. DUKE UNIVERSITY. *The Alcohol*

Pharmacology Education Partnership [online]. [Durham]: Duke University, [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: https://sites.duke.edu/apep/module-4-alcohol-and-the-breathalyzer-test/content-how-does-ethanol-get-to-the-lungs/?fbclid=IwAR3ZFnAaLXEvTQImOX-KD3TZ_0xubCtKxFsw8r2WVhQEBoC42sSo20piFIM

EHRMANN, Jiří et al. 2015. Alkoholové jaterní poškození. *Postgraduální gastroenterologie & hepatologie*. **1**(3), 206-217. ISSN 2336-4998.

HEIER, C., H. XIE a R. ZIMMERMANN. 2016. Nonoxidative ethanol metabolism in humans—from biomarkers to bioactive lipids. *IUBMB Life*. **68**(12), 916-923. DOI 10.1002/iub.1569.

HLASTALA, Michael P. a Joseph C. ANDERSON. 2016. Alcohol breath test: gas exchange issues. *Journal of Applied Physiology*. **121**(2), 367-375. DOI 10.1152/jappphysiol.00548.2015. Dostupné také z: <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappphysiol.00548.2015?fbclid=IwAR0magfRJsalakpKPYkJZqvwr88S4pdKOrW52wujlsDyd3IZvkXmdRWscaQ>

INTOXIMETERS. 2013. Fuel cell white paper. INTOXIMETERS. *Intoximeters - Leaders in Breath Alcohol Testing since 1945* [online]. St. Louis: Intoximeters, [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.intox.com/fuel-cell-white-paper/>

JIRSA, Jakub. 2015. Infračervená absorpční spektroskopie a detekce plynů. *Aldebaran bulletin*. **13**(40), ISSN 1214-1674. Dostupné také z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2015_40_ird.php

KALINA, Kamil et al. 2015. *Klinická adiktologie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4331-8.

KITTNAR, Otomar et al. 2020. *Lékařská fyziologie*. 2. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1963-4.

KRÁL, Luděk. 2017. Analyzátory alkoholu v dechu. *Metrologie*. **26**(2), 18-22. ISSN 1210-3543. Dostupné také z: [https://www.unmz.cz/files/metrologie/casopis/Metrologie_2-2017_-_small_-_WWW\[1\].pdf](https://www.unmz.cz/files/metrologie/casopis/Metrologie_2-2017_-_small_-_WWW[1].pdf)

MCMURRY, John. 2015. *Organická chemie*. Brno: VUTIUM. ISBN 978-80-214-4769-1.

NETTER, Frank H. 2016. *Netterův anatomický atlas člověka*. Brno: CPress. ISBN 978-80-264-1176-5.

ORGANISATION INTERNATIONALE DE MÉTROLOGIE LÉGALE. 2012. OIML R 126:2012 (E). *Evidential breath analyzers: Ethylomètres*. Paris: Organisation

Internationale de Métrologie Légale. Dostupné také z:
https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r126-e12.pdf

OZOEMENA, Kenneth I. et al. 2018. Fuel cell-based breath-alcohol sensors: innovation-hungry old electrochemistry. *Current Opinion in Electrochemistry*. **10**, 82-87. DOI 10.1016/j.coelec.2018.05.007. Dostupné také z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451910318301030?via%3Dihub>

ŠEDIVÝ, Matúš. 2015. *Polovodičové senzory plynů pro detekci organických plynů a par*. Brno. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav mikroelektroniky. Dostupné také z:
<https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/41618/final-thesis.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

UNIVERSITY OF CALIFOTNIA, DAVIS. 2020. Breathalyzer. UNIVERSITY OF CALIFOTNIA, DAVIS. *Chemistry LibreTexts* [online]. University of California, [cit. 2021-05-19]. Dostupné z:
https://chem.libretexts.org/Courses/University_of_California_Davis/UCDemos/Breathalyzer

UNIVERZITA KARLOVA. PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA. 2021. Oxidace alkoholů dichromanem - Studium chemie, PřF UK. UNIVERZITA KARLOVA. PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA. *Studium chemie, PřF UK - Portál PřF UK pro podporu výuky chemie na SŠ a ZŠ* [online]. Praha: Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, [cit. 2021-03-30]. Dostupné z:
<https://studiumchemie.cz/experiment/oxidace-alkoholu-dichromanem/>

VACULÍK, Petr. 2012. Chemie nebezpečného alkoholového opojení - Články - Chemik | Přírodovědci.cz. UNIVERZITA KARLOVA. PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA. *Úvod | Přírodovědci.cz* [online]. Praha: Přírodovědecká fakulta UK, [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.prirodovedci.cz/chemik/clanky/chemie-nebezpecneho-alkoholoveho-opojeni>

ZIKMUND, Jaroslav. 2015. Ing. Jaroslav Zikmund - pojednání o alkoholu - Stanovení alkoholu v organismu člověka. Jaroslav ZIKMUND. *Ing. Jaroslav Zikmund - Znalec v oborech zdravotnictví - toxikologie, chemie - instrumentální analýza* [online]. [Česko]: Jaroslav Zikmund, [cit. 2021-03-30]. Dostupné z:
<http://www.zikmund.org/alkohol/stanoveni.htm>

Seznam tabulek

Tab. 1 Certifikované referenční materiály seřazené podle koncentrace (Organisation internationale de metrologie legale, 2012)	89
Tab. 2 Sekundární certifikované referenční materiály seřazené podle koncentrace (Český metrologický institut, 2018).....	92
Tab. 3 Hodnoty mužského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 0,5 l piva	95
Tab. 4 Hodnoty mužského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 0,5 l piva	96
Tab. 5 Hodnoty mužského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 0,5 l piva	97
Tab. 6 Hodnoty mužského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 0,5 l piva	98
Tab. 7 Hodnoty mužského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 0,5 l piva	99
Tab. 8 Hodnoty mužského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 0,5 l piva	100
Tab. 9 Hodnoty mužského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 0,5 l piva	101
Tab. 10 Hodnoty mužského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 0,5 l piva	102
Tab. 11 Hodnoty mužského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 1 l piva	103
Tab. 12 Hodnoty mužského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 1 l piva	104
Tab. 13 Hodnoty mužského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 1 l piva	105
Tab. 14 Hodnoty mužského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 1 l piva	106
Tab. 15 Hodnoty mužského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 1 l piva	107
Tab. 16 Hodnoty mužského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 1 l piva	108
Tab. 17 Hodnoty mužského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 1 l piva	109
Tab. 18 Hodnoty mužského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 1 l piva	110
Tab. 19 Hodnoty ženského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 0,5 l piva.....	111
Tab. 20 Hodnoty ženského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 0,5 l piva.....	112
Tab. 21 Hodnoty ženského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 1 l piva.....	113
Tab. 22 Hodnoty ženského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 0,5 l piv	114
Tab. 23 Hodnoty ženského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 0,5 l piva.....	115
Tab. 24 Hodnoty ženského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 0,5 l piva.....	116
Tab. 25 Hodnoty ženského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 0,5 l piva.....	117
Tab. 26 Hodnoty ženského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 0,5 l piva.....	118
Tab. 27 Hodnoty ženského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 1 l piva.....	119
Tab. 28 Hodnoty ženského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 1 l piva.....	120
Tab. 29 Hodnoty ženského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 1 l piva.....	121
Tab. 30 Hodnoty ženského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 1 l piva.....	122

Tab. 31 Hodnoty ženského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 1 l piva.....	123
Tab. 32 Hodnoty ženského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 1 l piva.....	124
Tab. 33 Hodnoty ženského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 1 l piva.....	125
Tab. 34 Hodnoty ženského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 1 l piva.....	126
Tab. 35 Dotazník mužského dobrovolníka 1	127
Tab. 36 Dotazník mužského dobrovolníka 2	128
Tab. 37 Dotazník mužského dobrovolníka 3	129
Tab. 38 Dotazník mužského dobrovolníka 4	130
Tab. 39 Dotazník mužského dobrovolníka 5	131
Tab. 40 Dotazník mužského dobrovolníka 6	132
Tab. 41 Dotazník mužského dobrovolníka 7	133
Tab. 42 Dotazník mužského dobrovolníka 8	134
Tab. 43 Dotazník ženského dobrovolníka 1	135
Tab. 44 Dotazník ženského dobrovolníka 2	136
Tab. 45 Dotazník ženského dobrovolníka 3	137
Tab. 46 Dotazník ženského dobrovolníka 4	138
Tab. 47 Dotazník ženského dobrovolníka 5	139
Tab. 48 Dotazník ženského dobrovolníka 6	140
Tab. 49 Dotazník ženského dobrovolníka 7	141
Tab. 50 Dotazník ženského dobrovolníka 8	142

Seznam obrázků

Obr. 1 Blokové schéma zařízení na generování par alkoholu	43
Obr. 2 Detekční materiál s různými koncentracemi roztoku	61
Obr. 3 Detekční trubička použitá při nízké koncentraci ethanolu	62
Obr. 4 Detekční trubička použitá při vyšší koncentraci ethanolu.....	62
Obr. 5 Princip chemisorpce (Šedivý, 2015).....	80
Obr. 6 Chemické reakce v elektrochemickém senzoru (Ozoemena et al., 2018).....	81
Obr. 7 Základní schéma konstrukce elektrochemického senzoru (Intoximeters, 2013)..	82
Obr. 8 Konstrukce senzoru na principu infračervené spektroskopie (Jirsa, 2015)	83
Obr. 9 Proces vylučování ethanolu dechem (Duke University, 2020) Chyba! Záložka není definována.	
Obr. 10 Zařízení na generování par alkoholu	94

Seznam grafů

Graf 1 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 1	45
Graf 2 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 2	46
Graf 3 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 1	46
Graf 4 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 2	47
Graf 5 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 1	48
Graf 6 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 2	48
Graf 7 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 1	49
Graf 8 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 2	49
Graf 9 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u žen alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 1	50
Graf 10 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u žen alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 2	51
Graf 11 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 1	51
Graf 12 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u mužů alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 2	52
Graf 13 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u žen alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 1	53
Graf 14 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u žen alkohol-testerem s polovodičovým senzorem 2	53
Graf 15 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u žen alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 1	54
Graf 16 Časové změny koncentrace ethanolu naměřené u žen alkohol-testerem s elektrochemickým senzorem 2	54

Graf 17 Měření koncentrace 0,3 g ethanolu v 1 litru vody.....	55
Graf 18 Měření koncentrace 0,5 g ethanolu v 1 litru vody.....	56
Graf 19 měření koncentrace 1 g ethanolu v 1 litru vody	56
Graf 20 Měření koncentrace 1,5 g ethanolu v 1 litru vody.....	57
Graf 21 Měření koncentrace 2 g ethanolu v 1 litru vody	57
Graf 22 Měření na alkohol-testeru s polovodičovým senzorem 1	58
Graf 23 Měření na alkohol-testeru s polovodičovým senzorem 2.....	59
Graf 24 Měření na alkohol-testeru s elektrochemickým senzorem 1	59
Graf 25 Měření na alkohol-testeru s elektrochemickým senzorem 2	60

Seznam příloh

Příloha A Princip chemisorpce

Příloha B Chemické reakce probíhající v elektrochemickém senzoru

Příloha C Základní konstrukce elektrochemického senzoru

Příloha D Konstrukce senzoru na principu infračervené spektroskopie

Příloha E Pracovní podmínky alkohol-testerů

Příloha F Laboratorní podmínky

Příloha G Vlastnosti výdechu

Příloha H Největší dovolená chyba při schválení, ověření nebo při procesu opravy

Příloha CH Největší dovolená chyba při přezkoušení

Příloha I Certifikovaný referenční materiál

Příloha J Limitní hodnoty ovlivnění interferujícími složkami

Příloha K Podmínky při vlivu náhodných vibrací

Příloha L Sekundární certifikovaný referenční materiál

Příloha M Vylučování ethanolu dechem

Příloha N Fotografie zařízení generujícího páry alkoholu

Příloha O Získané hodnoty mužského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha P Získané hodnoty mužského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha Q Získané hodnoty mužského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha R Získané hodnoty mužského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha S Získané hodnoty mužského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha T Získané hodnoty mužského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha U Získané hodnoty mužského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha V Získané hodnoty mužského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha W Získané hodnoty mužského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha X Získané hodnoty mužského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha Y Získané hodnoty mužského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha Z Získané hodnoty mužského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AA Získané hodnoty mužského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AB Získané hodnoty mužského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AC Získané hodnoty mužského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AD Získané hodnoty mužského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AE Získané hodnoty ženského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha AF Získané hodnoty ženského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha AG Získané hodnoty ženského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AH Získané hodnoty ženského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha ACH Získané hodnoty ženského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha AI Získané hodnoty ženského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha AJ Získané hodnoty ženského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha AK Získané hodnoty ženského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 0,5 l piva

Příloha AL Získané hodnoty ženského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AM Získané hodnoty ženského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AN Získané hodnoty ženského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AO Získané hodnoty ženského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AP Získané hodnoty ženského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AQ Získané hodnoty ženského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AR Získané hodnoty ženského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AS Získané hodnoty ženského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 1 l piva

Příloha AT Dotazník od mužského dobrovolníka 1

Příloha AU Dotazník od mužského dobrovolníka 2

Příloha AV Dotazník od mužského dobrovolníka 3

Příloha AW Dotazník od mužského dobrovolníka 4

Příloha AX Dotazník od mužského dobrovolníka 5

Příloha AY Dotazník od mužského dobrovolníka 6

Příloha AZ Dotazník od mužského dobrovolníka 7

Příloha AAA Dotazník od mužského dobrovolníka 8

Příloha AAB Dotazník od ženského dobrovolníka 1

Příloha AAC Dotazník od ženského dobrovolníka 2

Příloha AAD Dotazník od ženského dobrovolníka 3

Příloha AAE Dotazník od ženského dobrovolníka 4

Příloha AAF Dotazník od ženského dobrovolníka 5

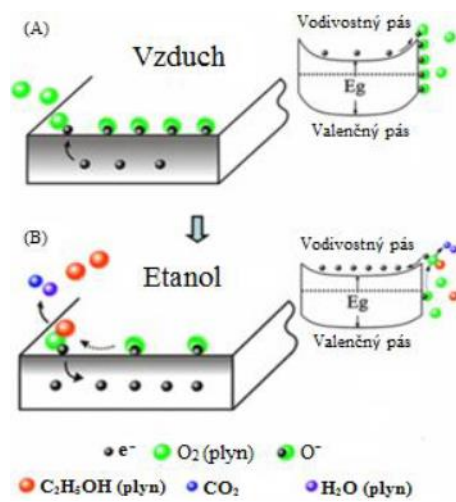
Příloha AAG Dotazník od ženského dobrovolníka 6

Příloha AAH Dotazník od ženského dobrovolníka 7

Příloha AACD Dotazník od ženského dobrovolníka 8

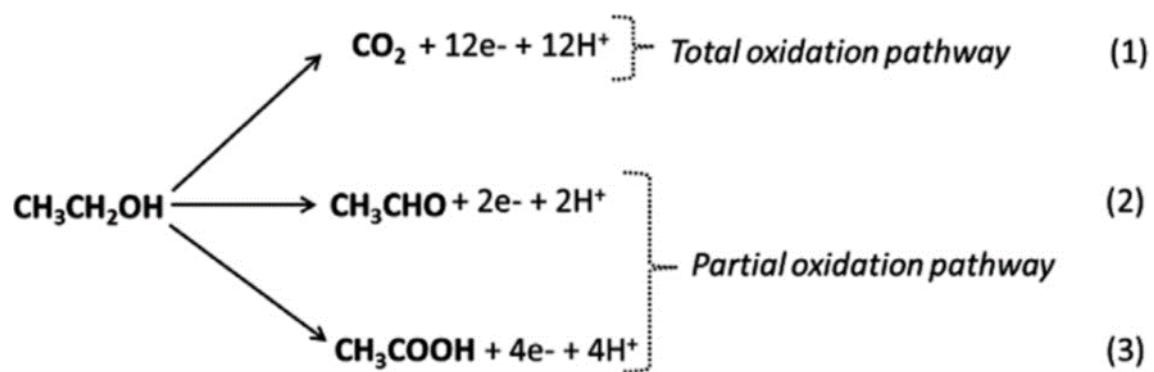
Příloha AAI Obsah přiloženého CD

Příloha A Princip chemisorpce



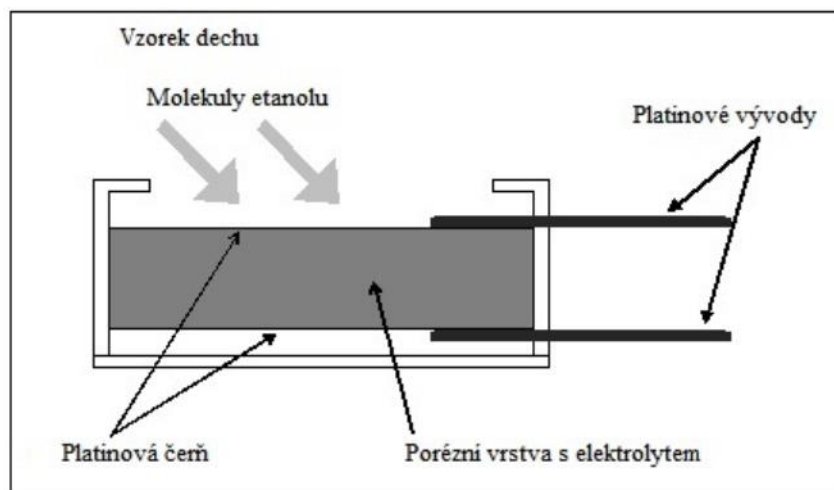
Obr. 5 Princip chemisorpce (Šedivý, 2015)

Příloha B Chemické reakce probíhající v elektrochemickém senzoru



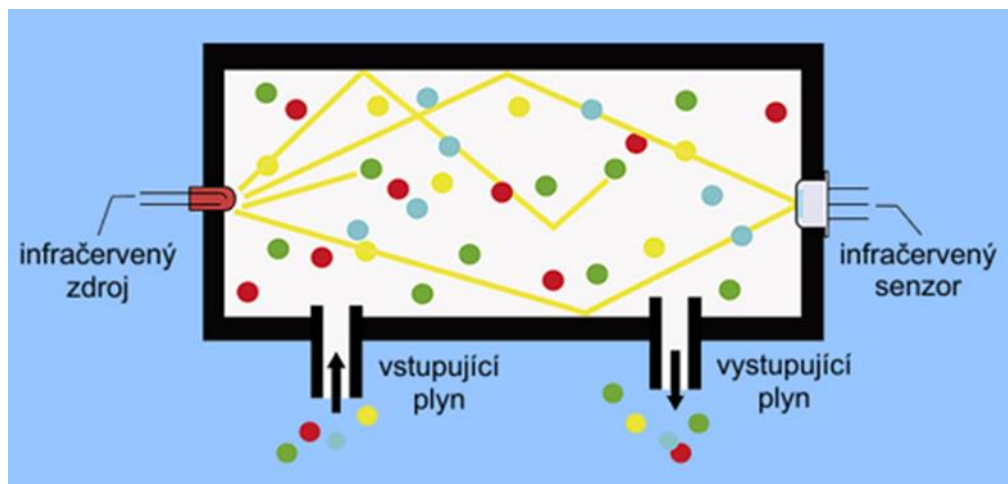
Obr. 6 Chemické reakce v elektrochemickém senzoru (Ozoemena et al., 2018)

Příloha C Základní konstrukce elektrochemického senzoru



Obr. 7 Základní schéma konstrukce elektrochemického senzoru (Intoximeters, 2013)

Příloha D Konstrukce senzoru na principu infračervené spektroskopie



Obr. 8 Konstrukce senzoru na principu infračervené spektroskopie (Jirsa, 2015)

Příloha E Pracovní podmínky alkohol-testerů

- Okolní teplota:
 - Přenosné alkohol-testery: od -5 °C do 40 °C.
 - Mobilní alkohol-testery: od -5 °C do 40 °C.
 - Stacionární alkohol-testery: od 5 °C do 30 °C.
- Relativní vlhkost:
 - Přístroje musí plnit svou funkci do vlhkosti vzduchu 85 %.
- Atmosférický tlak:
 - V rozmezí 860 hPa až 1060 hPa
- Náhodné vibrace:
 - U stacionárních přístrojů jsou vibrace zanedbatelné.
 - U zbylých dvou kategorií se pohybujeme v kmitočtové oblasti od 10 Hz do 150 Hz.
- Síťové napětí:
 - Stejnoseměrné závisí na upřesnění výrobce.
 - Střídavé se pohybuje v hodnotách od ($U_{nom} - 15\%$) do ($U_{nom} + 10\%$).
- Síťová frekvence:
 - Hodnoty síťové frekvence jsou ($f_{nom} \pm 2\%$).
- Napětí baterie:
 - Kompletní rozsah od nejnižšího napětí až po nově/plně nabitou baterii. Konkrétně tyto hodnoty upravuje výrobce.
- Koncentrace uhlovodíků v prostředí:
 - Je zapotřebí dosáhnout koncentrace méně než 5 ppm (Český metrologický institut, 2018)

Příloha F Laboratorní podmínky

- Teplota okolí:
 - Musí se dodržovat teploty od 18 °C do 28 °C.
- Okolní tlak:
 - Okolní tlak se pohybuje v totožných hodnotách, tedy od 860 hPa do 1060 hPa.
- Průtok testovacího plynu:
 - Průtok plynu se nastavuje v rozmezí od 0,20 l/s do 0,35 l/s.
- Objem plynu:
 - Zde máme stálou hodnotu 1,2 l (Český metrologický institut, 2018)

Příloha G Vlastnosti výdechu

- Objem vzduchu:
 - Stejný jako u objemu testovacího plynu, 1,2 l.
- Průtok:
 - Hodnota perfuze je 6 l/min.
- Doba výdechu:
 - Činí 5 s.
- Protitlak:
 - Ten musí dosahovat hodnoty 25 hPa při průtoku 12 l/min (Český metrologický institut, 2018)

Příloha H Největší dovolená chyba při schválení, ověření nebo při procesu opravy

- 0,4 mg/l a méně:
 - V tomto případě je největší dovolená chyba 0,020 mg/l.
- 0,4 mg/l – 2,0 mg/l:
 - V tomto případě je největší dovolená chyba 5 % z naměřené koncentrace.
- 2,0 mg/l a více:
 - V tomto případě je největší dovolená chyba [(referenční hodnota/2) – 0,90]
(Český metrologický institut, 2018)

Příloha CH Největší dovolená chyba při přezkoušení

- 0,4 mg/l a méně:
 - V tomto případě je největší dovolená chyba 0,030 mg/l.
- 0,4 mg/l – 2,0 mg/l:
 - V tomto případě je největší dovolená chyba 7,5 % z naměřené koncentrace.
- 2,0 mg/l a více:
 - V tomto případě je největší dovolená chyba $[(0,75 \times \text{referenční hodnota}) - 1,35]$ (Český metrologický institut, 2018)

Příloha I Certifikovaný referenční materiál

Tab. 1 Certifikované referenční materiály seřazené podle koncentrace (Organisation internationale de metrologie legale, 2012)

Test gas No.	Mass concentration (mg/L)
1	0.00 to 0.05
2	0.10
3	0.25
4	0.40
5	0.70
6	0.95
7	1.50
8	1.95
9	If the upper value specified by the manufacturer is greater than 2 mg/l, the test gas mass concentration shall be equal to 90 % of the upper limit.

Příloha J Limitní hodnoty ovlivnění interferujícími složkami

- Aceton při koncentraci 0,50 mg/l má povolené největší možné ovlivnění 0,05 mg/l.
- Metanol při koncentraci 0,10 mg/l má povolené největší možné ovlivnění 0,10 mg/l.
- Isopropanol při koncentraci 0,10 mg/l má povolené největší možné ovlivnění 0,10 mg/l.
- Oxid uhelnatý při koncentraci 0,20 mg/l má povolené největší možné ovlivnění 0,08 mg/l.
- Toluén při koncentraci 0,20 mg/l má povolené největší možné ovlivnění 0,08 mg/l.
- Metan při koncentraci 0,30 mg/l má povolené největší možné ovlivnění 0,08 mg/l.
- Acetaldehyd při koncentraci 0,15 mg/l má povolené největší možné ovlivnění 0,10 mg/l.
- Oxid uhličitý při koncentraci 100 mg/l má povolené největší možné ovlivnění 0,05 mg/l (Český metrologický institut, 2018)

Příloha K Podmínky při vlivu náhodných vibrací

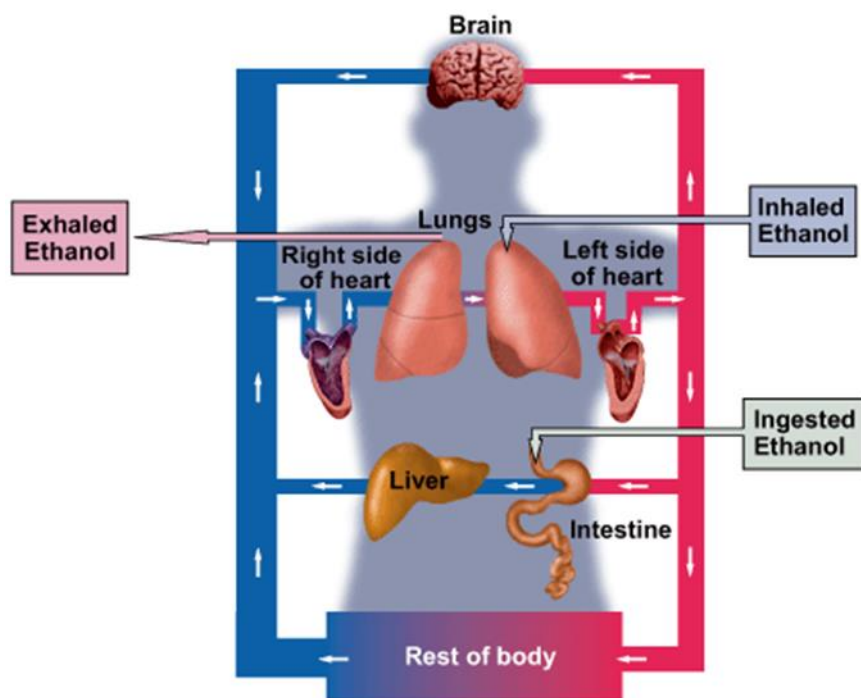
- Frekvenční rozsah od 10 Hz do 150 Hz.
- Spektrální hustota zrychlení v rozmezí od 10 Hz do 20 Hz je 0,02 g/Hz.
- Spektrální hustota zrychlení v rozmezí od 20 Hz do 150 Hz je -3 dB na oktávu.
- Doba trvání je nastavena na pět minut v každé ze tří os (Český metrologický institut, 2018)

Příloha L Sekundární certifikovaný referenční materiál

Tab. 2 Sekundární certifikované referenční materiály seřazené podle koncentrace
(Český metrologický institut, 2018)

Certifikovaný referenční materiál číslo	Hmotnostní koncentrace ethanolu v dusíku (mg/l)	Počet měření daným plynem
1	0,14	10
2	0,48	10
3	0,9	5
4	1,4	5

Příloha M Vylučování ethanolu dechem



Obr. 9 Proces vylučování ethanolu dechem (Duke University, 2020)

Příloha N Fotografie zařízení generujícího páry alkoholu



Obr. 10 Zařízení na generování par alkoholu (zdroj, Autor)

Příloha O Získané hodnoty mužského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 3 Hodnoty mužského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,34	0,30	0,23	0,34
0,34	0,20	0,19	0,32
0,26	0,10	0,17	0,31
0,33	0,20	0,19	0,33
0,35	0,20	0,18	0,31
0,34	0,20	0,18	0,32
0,36	0,20	0,17	0,30
0,34	0,20	0,17	0,30
0,33	0,10	0,19	0,27
0,26	0,30	0,14	0,27
0,24	0,20	0,13	0,27
0,25	0,20	0,13	0,25
0,20	0,20	0,11	0,21
0,16	0,10	0,11	0,20
0,16	0,20	0,12	0,21
0,16	0,20	0,09	0,19
0,13	0,20	0,10	0,12
0,10	0,10	0,07	0,08
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha P Získané hodnoty mužského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 4 Hodnoty mužského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,29	0,40	0,21	0,27
0,29	0,30	0,20	0,26
0,26	0,30	0,16	0,26
0,25	0,30	0,16	0,24
0,25	0,30	0,16	0,23
0,26	0,30	0,15	0,21
0,23	0,20	0,13	0,21
0,23	0,30	0,14	0,21
0,22	0,30	0,12	0,16
0,21	0,20	0,12	0,15
0,21	0,10	0,10	0,14
0,21	0,10	0,08	0,14
0,16	0,20	0,07	0,12
0,09	0,10	0,07	0,06
0,04	0,10	0,00	0,05
0,00	0,20	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha Q Získané hodnoty mužského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 5 Hodnoty mužského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,24	0,30	0,18	0,27
0,24	0,30	0,17	0,28
0,26	0,20	0,15	0,28
0,22	0,20	0,17	0,25
0,18	0,10	0,17	0,24
0,14	0,20	0,14	0,19
0,14	0,10	0,11	0,15
0,10	0,10	0,09	0,08
0,09	0,10	0,08	0,05
0,05	0,10	0,07	0,00
0,00	0,10	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha R Získané hodnoty mužského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 6 Hodnoty mužského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,25	0,20	0,16	0,24
0,25	0,30	0,15	0,21
0,23	0,20	0,15	0,20
0,22	0,20	0,13	0,20
0,24	0,20	0,10	0,18
0,21	0,10	0,11	0,17
0,21	0,20	0,11	0,14
0,17	0,10	0,11	0,14
0,14	0,10	0,11	0,13
0,12	0,10	0,08	0,10
0,12	0,00	0,06	0,05
0,12	0,10	0,06	0,00
0,10	0,10	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha S Získané hodnoty mužského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 7 Hodnoty mužského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,28	0,30	0,20	0,20
0,19	0,20	0,07	0,18
0,19	0,10	0,07	0,12
0,19	0,10	0,07	0,11
0,17	0,10	0,06	0,12
0,15	0,10	0,06	0,10
0,15	0,10	0,05	0,10
0,13	0,10	0,05	0,06
0,10	0,00	0,00	0,05
0,00	0,00	0,00	0,05
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha T Získané hodnoty mužského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 8 Hodnoty mužského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,32	0,20	0,23	0,31
0,27	0,30	0,21	0,30
0,25	0,20	0,17	0,27
0,25	0,20	0,16	0,23
0,24	0,20	0,14	0,23
0,21	0,10	0,12	0,23
0,21	0,20	0,12	0,17
0,17	0,20	0,09	0,12
0,13	0,10	0,09	0,12
0,08	0,00	0,06	0,07
0,00	0,10	0,05	0,07
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha U Získané hodnoty mužského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 9 Hodnoty mužského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,29	0,10	0,15	0,25
0,25	0,10	0,14	0,22
0,26	0,20	0,12	0,23
0,22	0,10	0,10	0,21
0,19	0,20	0,09	0,20
0,18	0,10	0,08	0,20
0,16	0,10	0,00	0,08
0,00	0,10	0,00	0,06
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha V Získané hodnoty mužského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 10 Hodnoty mužského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,20	0,20	0,12	0,19
0,20	0,20	0,11	0,17
0,18	0,20	0,10	0,17
0,15	0,20	0,10	0,16
0,13	0,10	0,08	0,13
0,12	0,10	0,05	0,09
0,12	0,10	0,04	0,07
0,10	0,10	0,04	0,05
0,09	0,00	0,00	0,05
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha W Získané hodnoty mužského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 11 Hodnoty mužského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,55	0,50	0,41	0,54
0,52	0,50	0,43	0,51
0,52	0,40	0,38	0,47
0,51	0,40	0,35	0,46
0,47	0,30	0,32	0,44
0,43	0,40	0,28	0,44
0,41	0,30	0,27	0,39
0,37	0,30	0,24	0,33
0,36	0,20	0,20	0,29
0,36	0,30	0,20	0,27
0,32	0,30	0,18	0,26
0,31	0,20	0,18	0,26
0,28	0,20	0,17	0,26
0,24	0,20	0,17	0,19
0,21	0,10	0,15	0,18
0,18	0,20	0,14	0,16
0,14	0,10	0,11	0,12
0,12	0,10	0,07	0,08
0,10	0,10	0,05	0,05
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha X Získané hodnoty mužského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 12 Hodnoty mužského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,41	0,40	0,33	0,48
0,42	0,40	0,33	0,41
0,42	0,40	0,32	0,41
0,40	0,30	0,28	0,37
0,39	0,30	0,26	0,37
0,33	0,40	0,24	0,35
0,32	0,30	0,23	0,34
0,28	0,20	0,20	0,29
0,26	0,20	0,21	0,26
0,26	0,30	0,15	0,24
0,25	0,20	0,15	0,21
0,23	0,20	0,15	0,17
0,17	0,10	0,12	0,13
0,14	0,10	0,10	0,09
0,12	0,10	0,08	0,07
0,08	0,10	0,04	0,05
0,00	0,10	0,00	0,05
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha Y Získané hodnoty mužského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 13 Hodnoty mužského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,38	0,40	0,36	0,34
0,36	0,30	0,32	0,35
0,35	0,30	0,31	0,34
0,33	0,30	0,30	0,32
0,34	0,20	0,28	0,31
0,33	0,20	0,24	0,31
0,31	0,20	0,22	0,30
0,29	0,20	0,22	0,27
0,29	0,20	0,21	0,26
0,29	0,20	0,19	0,26
0,27	0,10	0,18	0,26
0,25	0,10	0,17	0,22
0,24	0,20	0,16	0,15
0,21	0,10	0,14	0,13
0,18	0,10	0,14	0,10
0,20	0,00	0,10	0,05
0,20	0,10	0,05	0,05
0,00	0,10	0,05	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha Z Získané hodnoty mužského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 14 Hodnoty mužského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,45	0,40	0,42	0,52
0,49	0,40	0,33	0,52
0,43	0,20	0,32	0,52
0,42	0,30	0,32	0,51
0,50	0,30	0,32	0,49
0,44	0,30	0,29	0,43
0,35	0,20	0,26	0,39
0,34	0,20	0,24	0,39
0,31	0,20	0,21	0,37
0,25	0,20	0,20	0,34
0,25	0,10	0,19	0,34
0,26	0,10	0,17	0,28
0,27	0,20	0,16	0,30
0,21	0,10	0,14	0,25
0,21	0,10	0,14	0,23
0,21	0,20	0,11	0,11
0,20	0,10	0,07	0,06
0,10	0,00	0,05	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AA Získané hodnoty mužského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 15 Hodnoty mužského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,47	0,30	0,30	0,57
0,47	0,30	0,32	0,44
0,43	0,30	0,24	0,40
0,44	0,20	0,23	0,42
0,41	0,30	0,22	0,32
0,43	0,30	0,21	0,33
0,40	0,30	0,17	0,30
0,34	0,30	0,16	0,30
0,31	0,30	0,15	0,26
0,30	0,20	0,13	0,23
0,24	0,20	0,12	0,20
0,00	0,20	0,11	0,20
0,21	0,20	0,10	0,20
0,20	0,20	0,09	0,09
0,20	0,20	0,08	0,09
0,18	0,20	0,07	0,07
0,16	0,20	0,00	0,06
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AB Získané hodnoty mužského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 16 Hodnoty mužského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,42	0,40	0,35	0,42
0,40	0,30	0,31	0,41
0,40	0,30	0,31	0,35
0,38	0,30	0,27	0,35
0,37	0,20	0,25	0,35
0,37	0,30	0,24	0,33
0,36	0,30	0,25	0,33
0,36	0,30	0,23	0,30
0,31	0,20	0,22	0,29
0,30	0,20	0,18	0,26
0,27	0,20	0,17	0,23
0,24	0,20	0,17	0,21
0,21	0,10	0,15	0,19
0,18	0,10	0,14	0,15
0,14	0,10	0,10	0,09
0,10	0,10	0,07	0,07
0,00	0,10	0,05	0,08
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AC Získané hodnoty mužského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 17 Hodnoty mužského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,41	0,40	0,32	0,43
0,41	0,40	0,28	0,39
0,38	0,40	0,27	0,40
0,35	0,30	0,26	0,37
0,32	0,20	0,24	0,34
0,31	0,30	0,25	0,33
0,31	0,30	0,24	0,29
0,31	0,20	0,22	0,27
0,27	0,20	0,19	0,26
0,25	0,20	0,16	0,23
0,24	0,20	0,16	0,18
0,21	0,10	0,15	0,12
0,17	0,10	0,11	0,07
0,14	0,10	0,08	0,07
0,09	0,10	0,08	0,07
0,05	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AD Získané hodnoty mužského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 18 Hodnoty mužského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,36	0,30	0,27	0,35
0,35	0,40	0,24	0,33
0,32	0,40	0,23	0,33
0,29	0,30	0,21	0,32
0,24	0,20	0,18	0,29
0,24	0,20	0,17	0,25
0,23	0,10	0,17	0,25
0,21	0,20	0,14	0,22
0,18	0,10	0,13	0,19
0,14	0,10	0,11	0,15
0,14	0,10	0,09	0,13
0,10	0,10	0,09	0,08
0,00	0,00	0,03	0,05
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AE Získané hodnoty ženského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 19 Hodnoty ženského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,36	0,40	0,32	0,38
0,31	0,30	0,23	0,34
0,27	0,30	0,21	0,29
0,25	0,30	0,18	0,26
0,25	0,30	0,14	0,24
0,24	0,20	0,13	0,21
0,22	0,20	0,13	0,18
0,19	0,10	0,10	0,14
0,14	0,10	0,09	0,11
0,13	0,20	0,08	0,08
0,10	0,10	0,06	0,07
0,08	0,10	0,00	0,05
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AF Získané hodnoty ženského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 20 Hodnoty ženského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,33	0,30	0,22	0,31
0,27	0,30	0,22	0,29
0,27	0,20	0,21	0,26
0,23	0,10	0,15	0,26
0,18	0,20	0,15	0,24
0,15	0,20	0,11	0,21
0,12	0,10	0,09	0,16
0,09	0,10	0,06	0,11
0,05	0,10	0,04	0,07
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AG Získané hodnoty ženského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 21 Hodnoty ženského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,31	0,30	0,22	0,32
0,32	0,30	0,24	0,33
0,34	0,30	0,25	0,33
0,31	0,30	0,23	0,29
0,28	0,20	0,20	0,28
0,28	0,30	0,19	0,24
0,23	0,20	0,15	0,19
0,16	0,20	0,11	0,15
0,09	0,10	0,08	0,12
0,05	0,10	0,04	0,07
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AH Získané hodnoty ženského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 22 Hodnoty ženského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 0,5 l piv (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,21	0,30	0,15	0,23
0,23	0,30	0,18	0,27
0,27	0,30	0,21	0,30
0,28	0,20	0,21	0,29
0,24	0,20	0,17	0,26
0,19	0,10	0,14	0,26
0,18	0,10	0,11	0,20
0,12	0,10	0,09	0,14
0,10	0,10	0,05	0,09
0,00	0,00	0,04	0,07
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha ACH Získané hodnoty ženského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 23 Hodnoty ženského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	vElektrochemický senzor 2
0,25	0,30	0,18	0,25
0,23	0,30	0,14	0,23
0,21	0,20	0,13	0,22
0,19	0,20	0,13	0,22
0,17	0,10	0,13	0,19
0,16	0,20	0,11	0,15
0,16	0,10	0,10	0,14
0,12	0,10	0,09	0,11
0,09	0,10	0,07	0,08
0,05	0,10	0,04	0,05
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AI Získané hodnoty ženského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 24 Hodnoty ženského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,20	0,10	0,10	0,19
0,20	0,10	0,13	0,20
0,22	0,20	0,13	0,21
0,29	0,20	0,16	0,27
0,29	0,20	0,14	0,23
0,23	0,20	0,13	0,22
0,21	0,10	0,11	0,20
0,17	0,20	0,10	0,20
0,16	0,00	0,08	0,09
0,00	0,10	0,07	0,08
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AJ Získané hodnoty ženského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 25 Hodnoty ženského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,46	0,40	0,20	0,49
0,35	0,30	0,18	0,33
0,28	0,20	0,15	0,30
0,20	0,20	0,11	0,22
0,17	0,10	0,09	0,20
0,14	0,10	0,08	0,09
0,13	0,10	0,00	0,08
0,00	0,10	0,00	0,06
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AK Získané hodnoty ženského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 0,5 l piva

Tab. 26 Hodnoty ženského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 0,5 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,32	0,30	0,21	0,30
0,27	0,40	0,17	0,26
0,24	0,30	0,15	0,26
0,22	0,30	0,16	0,24
0,18	0,20	0,13	0,23
0,18	0,10	0,09	0,16
0,12	0,20	0,08	0,13
0,10	0,10	0,07	0,06
0,00	0,10	0,05	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AL Získané hodnoty ženského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 27 Hodnoty ženského dobrovolníka 1 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,54	0,40	0,41	0,58
0,48	0,40	0,35	0,50
0,47	0,50	0,35	0,49
0,42	0,40	0,32	0,44
0,43	0,50	0,32	0,43
0,42	0,40	0,31	0,43
0,40	0,30	0,29	0,41
0,40	0,30	0,26	0,40
0,39	0,30	0,24	0,39
0,37	0,30	0,24	0,38
0,35	0,30	0,22	0,36
0,36	0,20	0,21	0,34
0,33	0,30	0,20	0,33
0,32	0,20	0,18	0,33
0,30	0,20	0,18	0,32
0,28	0,20	0,18	0,29
0,28	0,20	0,17	0,26
0,27	0,10	0,17	0,21
0,23	0,10	0,15	0,19
0,21	0,10	0,09	0,15
0,20	0,10	0,08	0,11
0,17	0,10	0,05	0,10
0,12	0,00	0,00	0,07
0,10	0,00	0,05	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AM Získané hodnoty ženského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 28 Hodnoty ženského dobrovolníka 2 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	vElektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,41	0,40	0,28	0,40
0,44	0,40	0,30	0,44
0,47	0,40	0,35	0,48
0,52	0,50	0,37	0,50
0,52	0,50	0,36	0,51
0,48	0,40	0,35	0,47
0,47	0,30	0,35	0,42
0,43	0,30	0,31	0,39
0,39	0,30	0,28	0,36
0,34	0,30	0,24	0,31
0,33	0,20	0,22	0,29
0,30	0,20	0,20	0,28
0,28	0,20	0,19	0,27
0,29	0,20	0,19	0,25
0,25	0,20	0,17	0,24
0,22	0,20	0,18	0,23
0,21	0,20	0,13	0,20
0,20	0,20	0,12	0,18
0,10	0,10	0,11	0,15
0,10	0,10	0,11	0,12
0,10	0,10	0,08	0,07
0,00	0,10	0,07	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AN Získané hodnoty ženského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 29 Hodnoty ženského dobrovolníka 3 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	vElektrochemický senzor 2
0,41	0,30	0,34	0,44
0,42	0,40	0,34	0,45
0,43	0,40	0,35	0,45
0,43	0,40	0,37	0,46
0,46	0,30	0,38	0,51
0,44	0,30	0,35	0,43
0,44	0,40	0,33	0,42
0,44	0,40	0,32	0,40
0,40	0,30	0,32	0,37
0,34	0,30	0,27	0,35
0,33	0,30	0,22	0,33
0,30	0,30	0,19	0,30
0,26	0,20	0,19	0,27
0,23	0,20	0,16	0,24
0,21	0,20	0,15	0,19
0,19	0,20	0,14	0,17
0,14	0,10	0,12	0,11
0,14	0,10	0,09	0,08
0,00	0,10	0,00	0,05
0,10	0,10	0,00	0,00
0,00	0,10	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AO Získané hodnoty ženského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 30 Hodnoty ženského dobrovolníka 4 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,50	0,30	0,38	0,50
0,50	0,30	0,37	0,48
0,49	0,20	0,35	0,47
0,47	0,30	0,35	0,43
0,41	0,30	0,34	0,40
0,39	0,30	0,29	0,38
0,38	0,30	0,27	0,39
0,36	0,30	0,24	0,37
0,34	0,30	0,24	0,36
0,33	0,30	0,23	0,31
0,33	0,20	0,22	0,30
0,29	0,20	0,19	0,28
0,27	0,20	0,18	0,26
0,24	0,20	0,15	0,22
0,21	0,20	0,15	0,20
0,20	0,20	0,12	0,16
0,17	0,10	0,10	0,15
0,10	0,10	0,07	0,09
0,00	0,10	0,05	0,07
0,00	0,00	0,04	0,06
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AP Získané hodnoty ženského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 31 Hodnoty ženského dobrovolníka 5 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,48	0,30	0,29	0,46
0,44	0,40	0,29	0,44
0,41	0,30	0,28	0,40
0,39	0,30	0,24	0,37
0,37	0,30	0,23	0,33
0,35	0,30	0,23	0,33
0,31	0,30	0,22	0,32
0,29	0,30	0,20	0,31
0,26	0,20	0,18	0,29
0,25	0,20	0,16	0,29
0,24	0,30	0,16	0,28
0,22	0,20	0,15	0,27
0,20	0,20	0,15	0,26
0,20	0,20	0,14	0,23
0,19	0,20	0,13	0,23
0,17	0,20	0,11	0,21
0,17	0,20	0,11	0,17
0,15	0,10	0,11	0,15
0,14	0,10	0,10	0,14
0,13	0,10	0,11	0,12
0,12	0,10	0,07	0,09
0,10	0,10	0,07	0,05
0,08	0,10	0,05	0,05
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AQ Získané hodnoty ženského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 32 Hodnoty ženského dobrovolníka 6 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,51	0,30	0,25	0,50
0,42	0,30	0,26	0,49
0,44	0,20	0,29	0,43
0,40	0,30	0,27	0,44
0,44	0,30	0,26	0,41
0,38	0,20	0,25	0,39
0,41	0,30	0,25	0,39
0,41	0,30	0,23	0,36
0,40	0,30	0,21	0,35
0,39	0,20	0,21	0,34
0,36	0,30	0,19	0,31
0,31	0,30	0,17	0,30
0,32	0,20	0,17	0,26
0,30	0,20	0,15	0,26
0,25	0,20	0,14	0,26
0,26	0,20	0,13	0,24
0,21	0,20	0,11	0,21
0,22	0,20	0,10	0,10
0,17	0,10	0,08	0,08
0,16	0,10	0,07	0,07
0,13	0,10	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,05
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AR Získané hodnoty ženského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 33 Hodnoty ženského dobrovolníka 7 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,44	0,40	0,29	0,44
0,43	0,50	0,28	0,40
0,40	0,50	0,27	0,39
0,36	0,50	0,27	0,37
0,32	0,30	0,26	0,35
0,32	0,30	0,24	0,35
0,31	0,30	0,24	0,35
0,28	0,20	0,20	0,27
0,26	0,20	0,20	0,25
0,26	0,20	0,19	0,24
0,23	0,20	0,19	0,25
0,21	0,20	0,18	0,24
0,20	0,20	0,15	0,23
0,20	0,20	0,14	0,21
0,20	0,10	0,11	0,18
0,16	0,10	0,11	0,15
0,14	0,10	0,09	0,12
0,14	0,10	0,10	0,12
0,10	0,00	0,08	0,05
0,10	0,10	0,04	0,05
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AS Získané hodnoty ženského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 1 l piva

Tab. 34 Hodnoty ženského dobrovolníka 8 vystaveného dávce 1 l piva (zdroj, Autor)

Polovodičový senzor 1	Polovodičový senzor 2	Elektrochemický senzor 1	Elektrochemický senzor 2
0,55	0,50	0,32	0,54
0,48	0,50	0,31	0,49
0,46	0,40	0,31	0,47
0,44	0,50	0,29	0,45
0,42	0,40	0,27	0,41
0,41	0,30	0,26	0,38
0,37	0,30	0,25	0,38
0,37	0,30	0,26	0,37
0,32	0,30	0,21	0,34
0,29	0,30	0,21	0,30
0,29	0,30	0,21	0,30
0,26	0,20	0,19	0,28
0,23	0,10	0,17	0,27
0,21	0,20	0,17	0,24
0,19	0,20	0,15	0,22
0,19	0,20	0,12	0,20
0,15	0,10	0,10	0,18
0,14	0,10	0,08	0,16
0,12	0,10	0,09	0,10
0,10	0,10	0,05	0,09
0,08	0,00	0,04	0,05
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

Příloha AT Dotazník od mužského dobrovolníka 1

Tab. 35 Dotazník mužského dobrovolníka 1 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	muž
Věk:	28 let
Váha:	70 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	5 hodin
Pravidelný sport?	ano
Kuřák?	ne
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	E2, P1, P2, E1

Příloha AU Dotazník od mužského dobrovolníka 2

Tab. 36 Dotazník mužského dobrovolníka 2 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	muž
Věk:	32 let
Váha:	75 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	2 hodiny
Pravidelný sport?	ano
Kuřák?	ne
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	P1, E2, P2, E1

Příloha AV Dotazník od mužského dobrovolníka 3

Tab. 37 Dotazník mužského dobrovolníka 3 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	muž
Věk:	26 let
Váha:	80 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	2 hodiny
Pravidelný sport?	ne
Kuřák?	ne
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	E1, E2, P1, P2

Příloha AW Dotazník od mužského dobrovolníka 4

Tab. 38 Dotazník mužského dobrovolníka 4 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	muž
Věk:	46 let
Váha:	80 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	2 hodiny
Pravidelný sport?	ano
Kuřák?	ne
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	E2, P1, E1, P2

Příloha AX Dotazník od mužského dobrovolníka 5

Tab. 39 Dotazník mužského dobrovolníka 5 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	muž
Věk:	21 let
Váha:	85 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	2 hodiny
Pravidelný sport?	ano
Kuřák?	ne
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	P1, E1, E2, P2

Příloha AY Dotazník od mužského dobrovolníka 6

Tab. 40 Dotazník mužského dobrovolníka 6 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	muž
Věk:	25 let
Váha:	90 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	3 hodiny
Pravidelný sport?	ne
Kuřák?	ano
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	E2, P1, E1, P2

Příloha AZ Dotazník od mužského dobrovolníka 7

Tab. 41 Dotazník mužského dobrovolníka 7 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	muž
Věk:	26 let
Váha:	95 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	1 hodina
Pravidelný sport?	ano
Kuřák?	ano
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	E2, E1, P1, P2

Příloha AAA Dotazník od mužského dobrovolníka 8

Tab. 42 Dotazník mužského dobrovolníka 8 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	muž
Věk:	34 let
Váha:	100 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	4 hodiny
Pravidelný sport?	ne
Kuřák?	ano
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	E2, P1, E1, P2

Příloha AAB Dotazník od ženského dobrovolníka 1

Tab. 43 Dotazník ženského dobrovolníka 1 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	žena
Věk:	25 let
Váha:	45 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	1 hodina
Pravidelný sport?	ano
Kuřák?	ne
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	P1, E2, P2, E1

Příloha AAC Dotazník od ženského dobrovolníka 2

Tab. 44 Dotazník ženského dobrovolníka 2 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	žena
Věk:	20 let
Váha:	50 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	4 hodiny
Pravidelný sport?	ano
Kuřák?	ne
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	E1, E2, P1, P2

Příloha AAD Dotazník od ženského dobrovolníka 3

Tab. 45 Dotazník ženského dobrovolníka 3 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	žena
Věk:	27 let
Váha:	50 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	1 hodinu
Pravidelný sport?	ne
Kuřák?	ne
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	E1, P1, E2, P2

Příloha AAE Dotazník od ženského dobrovolníka 4

Tab. 46 Dotazník ženského dobrovolníka 4 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	žena
Věk:	22 let
Váha:	55 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	1 hodina
Pravidelný sport?	ano
Kuřák?	ne
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	P1, E2, E1, P2

Příloha AAF Dotazník od ženského dobrovolníka 5

Tab. 47 Dotazník ženského dobrovolníka 5 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	žena
Věk:	31 let
Váha:	55 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	3 hodiny
Pravidelný sport?	ano
Kuřák?	ano
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	E2, E1, P1, P2

Příloha AAG Dotazník od ženského dobrovolníka 6

Tab. 48 Dotazník ženského dobrovolníka 6 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	žena
Věk:	19 let
Váha:	55 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	2 hodiny
Pravidelný sport?	ne
Kuřák?	ne
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	P1, P2, E2, E1

Příloha AAH Dotazník od ženského dobrovolníka 7

Tab. 49 Dotazník ženského dobrovolníka 7 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	žena
Věk:	21 let
Váha:	65 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	3 hodiny
Pravidelný sport?	ano
Kuřák?	ano
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	E2, E1, P1, P2

Příloha AACH Dotazník od ženského dobrovolníka 8

Tab. 50 Dotazník ženského dobrovolníka 8 (zdroj, Autor)

Pohlaví:	žena
Věk:	47 let
Váha:	65 kg
Kdy proběhlo poslední stravování?	2 hodiny
Pravidelný sport?	ne
Kuřák?	ne
Seřad'te alkohol-testery podle spokojenosti (bez ohledu na výsledky):	P1, E2, P2, E1

Příloha AAI Obsah přiloženého CD

Text bakalářské práce

- bakalarska_prace_2021_Matous_Klikar.pdf