

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**MĚŘENÍ HLUKU MOBILNÍMI
APLIKACEMI**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vrbata** Jméno: **Matyáš** Osobní číslo: **501516**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Měření hluku mobilními aplikacemi

Název bakalářské práce anglicky:

Measurement of Noise by Mobile Applications

Pokyny pro vypracování:

Porovnejte dostupné mobilní aplikace, určené na měření hluku, s kalibrovaným zvukoměrem. Podle možností jednotlivých aplikací proveďte buď měření celkových hodnot, případně lépe spekter hladin akustického tlaku. Měření realizujte v laboratorních podmínkách s všesměrovým referenčním zdrojem zvuku. Výsledky měření vzájemně porovnejte a definujte vhodnou metodiku při měření zvuku mobilním telefonem.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Miroslav Kučera, Ph.D. ústav techniky prostředí FS


Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

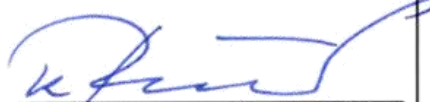
Datum zadání bakalářské práce: **20.03.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14.06.2023**

Platnost zadání bakalářské práce:


Ing. Miroslav Kučera, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce



doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

20. 3. 2023
Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Souhrn

Tato bakalářská práce s názvem: „Měření hluku mobilními aplikacemi“ se zabývá porovnáním dostupných aplikací na měření hluku pro mobilní telefony. V první části práce je provedena rešerše na dané téma. V druhé části práce je ověřena rovnoměrnost zvukového pole všesměrového reproduktoru a je prokázáno, že rozdílné hodnoty naměřené mobilem a zvukoměrem lze považovat za chybu mobilu, resp. aplikace. V další části práce je sestavena metodika pro měření mobilními aplikacemi a jsou vybrány aplikace a zvoleny měřené hladiny akustického tlaku A. V poslední části práce je provedeno měření mobilem a kalibrovaným zvukoměrem, následně jsou naměřená data vyhodnocena. Všechna měření jsou prováděna v akustické laboratoři.

Summary

This bachelor thesis entitled: "Noise measurement by mobile applications" deals with the comparison of available noise measurement applications for mobile phones. In the first part of the thesis, a research on the topic is conducted. In the second part of the thesis, the homogeneity of the sound field of an omnidirectional loudspeaker is verified and it is shown that the different values measured by the mobile phone and the calibrated sound meter can be considered as an error of the mobile phone or the application. In the next part of the thesis, a methodology for measurement by mobile applications is established and the applications are selected and the measured sound pressure levels A are chosen. In the last part of the thesis, measurements with the mobile phone and the calibrated sound level meter are performed, and then the measured data are evaluated. All measurements are performed in the acoustic laboratory.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Měření hluku mobilními aplikacemi“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miroslava Kučery, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze

Matyáš Vrbata

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Miroslavu Kučerovi, Ph.D. za rady a pomoc při provádění experimentů a poskytnuté konzultace při zpracování práce. Dále bych rád poděkovat rodině a přátelům, kteří mě podporovali při studiu.

Obsah

| | |
|---|----|
| Obsah..... | 6 |
| 1. Úvod | 7 |
| 2. Teoretická část..... | 8 |
| 2.1. Rešerše..... | 8 |
| 2.2. Hladina akustického tlaku A..... | 19 |
| 2.3. Akustická laboratoř | 20 |
| 3. Experiment: ověření zvukového pole | 22 |
| 3.1. Všesměrový reproduktor CESVA BP012 | 22 |
| 3.2. Schéma rozmístění mikrofónů okolo bodového zdroje..... | 23 |
| 3.3. Měření..... | 24 |
| 3.4. Metodické vyhodnocení | 24 |
| 3.5. Tabulky výsledků | 25 |
| 3.6. Vyhodnocení..... | 27 |
| 3.7. Vyhodnocení okolí pozice pět | 31 |
| 4. Metodika experimentu měření hluku mobilními aplikacemi | 33 |
| 4.1. Výběr aplikací..... | 33 |
| 4.2. Volení měřených hladin | 34 |
| 4.3. Použité mobily | 34 |
| 4.4. Metodika měření | 34 |
| 5. Metodické vyhodnocení experimentu..... | 37 |
| 5.1. Vyhodnocení jednotlivých aplikací..... | 37 |
| 5.2. Vyhodnocení zvukoměru PARKSIDE..... | 56 |
| 5.3. Vyhodnocení všech dat..... | 56 |
| 6. Závěr | 58 |
| 7. Seznam použité literatury | 59 |

1. Úvod

Chytré telefony se v posledních letech staly nedílnou součástí života většiny z nás. V roce 2018 používalo v České republice chytrý telefon 63,1 % lidí starších šestnácti let a v roce 2022 tento podíl vzrostl na 80,7 % na úkor mobilních telefonů bez operačního systému. V oblasti vývoje chytrých telefonů neustále dochází k velkému pokroku. Vývoj neprobíhá pouze u tzv. vlajkových lodí každé značky, ale napříč všemi cenovými kategoriemi a lze předpokládat, že dochází ke zlepšování mikrofonů u všech modelů. Dále se zlepšuje i software, což následně podporuje vývoj nových aplikací. Z těchto důvodů se nabízí otázka, zda je již hardware i software na dostatečné úrovni, aby se měření hluku pomocí mobilu dalo považovat za přesné. [1]

Cílem práce je porovnání mobilních aplikací na měření hluku s kalibrovaným zvukoměrem a definování vhodné metodiky při měření zvuku mobilním telefonem (v dalším textu zkráceno na „mobil“).

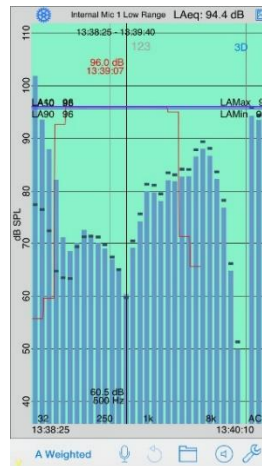
2. Teoretická část

2.1. Rešerše

„Měření hluku mobilem“ autor: Jan Novák a Radovan Zadražil; 9. 2016:

Pro měření byl použit pouze jeden mobil a to iPhone 6 a měřilo se pomocí 11 různých aplikací (Decibel 10th, Decibels, SPLnFFT, dB Meter, Sound Meter, SPL GraphPro, dBMeter Pro, SPL Spectrum, DecibelMeter, dB Volume a SPL Pro). Jako referenční zvukoměr byl použit ověřený zvukoměr B&K Type 2270. Zvukoměr snímal přes přesný měřicí mikrofon B&K 4198, který byl propojen kabelem se zvukoměrem. Měření bylo prováděno v bezdozvukové komoře a jako zdroj akustického signálu byl použit zdroj růžového šumu. Oba mikrofony byly směřovány přímo proti referenčnímu reproduktoru, aby byly vyloučeny směrové charakteristiky mikrofonů. Mobil byl položen na rovnou plochu tak, aby byl ve stejné výšce jako mikrofon zvukoměru. Všechny aplikace byly nekalibrované, a to i ty, které kalibraci nabízely.

Ověřený zvukoměr během celého testu ukazoval stálou hodnotu akustického tlaku A a to 78,2 dB. Jednotlivé programy zobrazovaly rozdílné hodnoty, dva shodně ukazovaly 74 dB, jeden 76,4 dB. Další aplikace zobrazovaly hodnoty v rozmezí 77 dB až 79 dB (dB Meter Pro), tři programy ukazovaly hladinu akustického tlaku A do 82 dB, dva do 85 dB, tři do 95 dB a jeden 102,4 dB. Obdobných hodnot se dosáhlo i s bílým šumem. Výsledků je více než testovaných aplikací, protože některé programy mají dva rozsahy pro měření, nízký a vysoký. To je případ i dB Meter Pro, ve vysokém rozsahu ukazoval 87 až 89 dB. Na obr. 2.1 lze vidět frekvenční spektrum měřeného hluku, mělo by být spojitě a hladké, ale zde jsou na nízkých frekvencích patrné vysoké hodnoty hladin akustických tlaků. Jak autor uvádí je to pravděpodobně způsobeno tím, že na těchto nízkých frekvencích zdroj není schopen významného buzení a mikrofon bude na konci svého frekvenčního rozsahu. [2]



Obr. 2.1 – frekvenční spektrum z mobilní aplikace [2]

„Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise“ autoři: Enda Murphy a Eoin A. King; 5. 2016:

Pro měření bylo použito 100 mobilů, 65 s operačním systémem iOS a 35 s operačním systémem Android. Vybrané aplikace musely splňovat určitá kritéria: 1) schopnost zobrazovat hladinu akustického tlaku A, 2) schopnost zobrazovat tuto hodnotu jako číslo a 3) program musí být zdarma nebo stát méně než \$5.00. Kalibrace u aplikací, které ji nabízejí, nebyla využita z důvodu přiblížení reálnému využití. Kritéria splnily čtyři aplikace na iOS (Sound Level Analyzer Lite, SPLnFFT, Decibel Meter Pro, UE SPL) a tři na Android (Sound Meter, Noise Meter, Decibel Pro). Jako zdroj signálu byl použit zdroj bílého šumu v dozvukové místnosti. Šum byl generován systémem od Brüel & Kjær a přehráván reproduktorem Type 4292-L OmniPower, který byl umístěný uprostřed místnosti. Bylo vytvořeno rovnoměrné zvukové pole o hladinách akustického tlaku A 50 dB, 70 dB a 90 dB, tyto hodnoty byly potvrzeny kalibrovaným zvukoměrem B&K Type 2250 SLM. Každý den byl naměřen hluk pozadí jako 27 dB. Mobily byly drženy jedním člověkem v úrovni ramen a byly z nich sundány kryty, aby nedocházelo k rušení mikrofonu. Provádělo se jedno měření pro každou aplikaci na každém mobilu pro každou testovanou hladinu (hluk pozadí, 50, 70 a 90 dB). O mobilech byly zjišťovány tyto informace: značka a model, operační systém a stáří mobilu, podle kterého byly následně rozřazeny do 5 kategorií. Na analýzu dat byla použita ANOVA a t-testy, dále byla použita popisná statistika, standartní boxplot analýza a sekvenční regresivní analýza.

Tabulka tab. 2.1 ukazuje popisnou statistiku průměrného rozdílu mezi naměřenými hodnotami pomocí mobilů a referenčními hodnotami

| Reference (dB(A)) | N | Mean difference from reference | S.D. | S.E. | Range |
|-------------------|-----|--------------------------------|------|------|-------|
| Background (27) | 368 | 5.33 | 9.64 | 0.50 | 48.0 |
| 50 | 368 | 2.09 | 6.50 | 0.34 | 54.2 |
| 70 | 368 | 1.33 | 6.27 | 0.33 | 56.5 |
| 90 | 368 | -3.57 | 6.99 | 0.36 | 51.0 |

Tab. 2.1 – tabulka popisné statistiky průměrného rozdílu [3]

Velký rozptyl jednotlivých měření pro stejnou referenční hodnotu naznačuje, že spolehlivost mobilů pro určování hluku závisí na tom, zda je k dispozici velké množství náměrů. Dále byla vyhodnocována závislost mezi platformou mobilu a přesností. Pro všechny referenční hodnoty, kromě 90 dB, se skutečné hodnotě více blíží mobily se systémem Android, avšak mají vyšší hodnoty směrodatné odchylky ve srovnání se systémem iOS, což naznačuje nižší spolehlivost z hlediska konzistence. Dále byla vyhodnocována závislost mezi značkou telefonu a naměřenými hodnotami. Nejlépe dopadly mobily HTC s průměrnou odchylkou 0,33 dB od skutečné hladiny, Samsung je druhý těsně následován přístroji Apple. Celkově na platformě iOS byla průměrná naměřená hladina vyšší o 2,93 dB se směrodatnou odchylkou 6,81 dB a na platformě Android byla průměrná naměřená hladina nižší o 2,79 dB než referenční hodnota se směrodatnou odchylkou 9,58 dB. Přestože Android má průměrné hodnoty bližší těm referenčním, tak rozptyl jednotlivých náměrů je větší, a proto je méně spolehlivý. Nejlepších výsledků dosáhla aplikace SLA Lite (iOS) a na druhém místě byla Sound Meter (Android). U SLA Lite průměrná hodnota rozdílu u všech čtyř referenčních a naměřených hodnot byla v rozmezí ± 1 dB, směrodatná odchylka byla pouze 1,41 dB. U Sound Meter byl celkový průměr rozdílu těsně pod hranicí přijatelné chyby ± 2 dB s hodnotou 1,93 dB. Avšak u všech referenčních úrovní je patrné, že průměrná odchylka od skutečné hladiny hluku se pohybuje mezi 3 až 4 dB. Nakonec byla vyhodnocena naměřená data v závislosti na stáří mobilu. Mobily byly rozděleny do 5 kategorií: 0-6 měsíců, 6-12 měsíců, 1-1,5 roku, 1,5-2 roky a 2 a více let. Nejlépe dopadly nejmladší mobily s naměřenou odchylkou od referenčních hladin akustických tlaků A 0,15 dB, ale směrodatná odchylka byla vysoká, 8,61 dB. Se stářím mobilu se naměřená odchylka zvětšovala a směrodatná odchylka naopak klesala. Pro porovnání mobily starší než 2 roky měly absolutní odchylku 2,76 dB a směrodatnou 6,55 dB. [3]

„Evaluation of smartphone sound measurement application“ autoři: Chucrí A. Kardous a Peter B. Shaw; 21. 3. 2014:

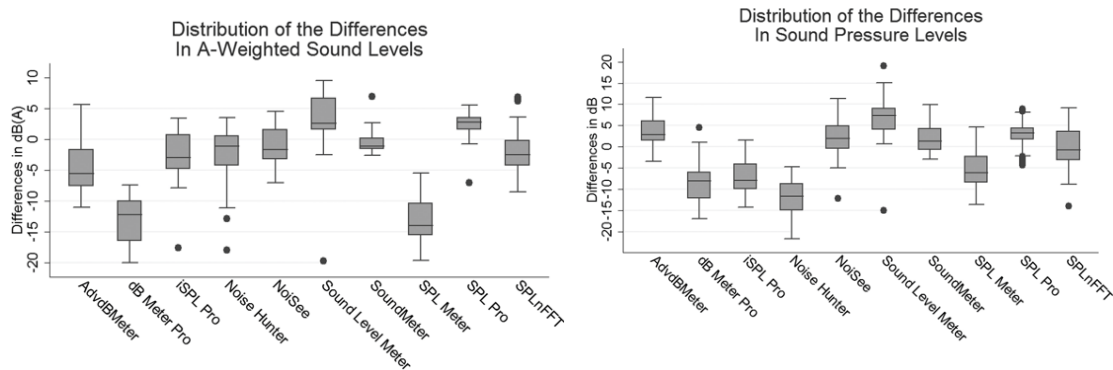
Pro studii byly vybrány čtyři zařízení s operačním systémem iOS a pět s Android. Aplikace byly vybírány na základě kritérií: 1) schopnost udávat nevážené nebo A-vážené hladiny zvuku, 2) s rozlišovací hodnotou 3 dB nebo 5 dB 3) pomalá nebo rychlá odezva 4) ekvivalentní hladina akustického tlaku je údaj, který je vyhodnocován vždy v časovém intervalu. U aplikací nabízejících kalibraci nebyla tato možnost využita. Pro zařízení s iOS bylo vybráno deset aplikací (Adv Decibel Meter, Decibel Meter Pro, iSPL Pro, Noise Hunter, NoiSee, Sound Level Meter, SoundMeter, SPL Meter, SPL Pro a SPLnFFT), pro zařízení s Android splňovaly kritéria čtyři aplikace (SPL Meter, deciBel Pro, dB Sound Meter a Noise Meter). Pro generování hluku byl použit zdroj růžového šumu s rozsahem frekvencí 20 Hz až 20 kHz, s hladinami akustického tlaku od 65 do 95 dB s krokem 5 dB. Pořadí jednotlivých zařízení bylo v rámci každé hladiny akustického tlaku náhodné a pořadí aplikací bylo u každého zařízení taktéž náhodné. Byla zjišťována hodnota vážených a nevážených hladin akustického tlaku A pro každé zařízení v testovacím rozsahu 65 až 95 dB. Měření probíhalo v rozptýleném zvukovém poli v dozvukové komoře. Generování a sběr hluku byly provedeny pomocí softwaru Trident. Šum byl generován pomocí tří reproduktorů JBL XRX715 orientovaných tak, aby zajišťovaly maximální rozptyl zvuku v komoře. K referenčnímu měření byl použit mikrofón Larson-Davis 2559 a k ověření hladiny akustického tlaku byl použit zvukoměr Larson-Davis 831 typ 1, oba přístroje byly před a po každém měření kalibrovány. Telefony byly umístěny na stativ do výšky 4 stop (přibližně 1,22 m). K vyhodnocení výsledků byla použita analýza rozptylu pomocí softwaru sas a Stata. Byl použit rozdíl mezi referenční hladinou změřenou jak přesným zvukoměrem, tak i měřením aplikací a poté byl určen vliv hladiny, zařízení a aplikace na výsledek.

Aby bylo zjištěno, které aplikace poskytly měření nejbližší skutečným referenčním hladinám zvuku, bylo použito Tukeyho vícenásobné párové porovnání k porovnání průměrů rozdílů mezi měřeními aplikacemi a referenčními hladinami zvuku. K výpočtu průměrů rozdílů pro každou aplikaci bylo použito celkem 168 kombinací vzorků zařízení a hladin hluku. Výsledky porovnání jsou uvedeny v tabulce

Tab. 2.2 – tabulka výsledků [4]

| App | N | Mean (dB) | S. E. (dB) | Mean (dBA) | S. E. (dBA) |
|-------------------|-----|-------------------|------------|----------------------|-------------|
| Adv Decibel Meter | 168 | 3.78 | 0.25 | -5.04 | 0.27 |
| Decibel Meter Pro | 168 | -8.65 | 0.32 | -13.17 ^A | 0.27 |
| iSPL Pro | 168 | -7.42 | 0.27 | -2.57 ^C | 0.25 |
| Noise Hunter | 168 | -12.21 | 0.33 | -1.92 ^B | 0.27 |
| NoiSee | 168 | 1.97 ^D | 0.29 | -1.12 | 0.25 |
| Sound Level Meter | 168 | 6.76 | 0.29 | 3.60 | 0.27 |
| SoundMeter | 168 | 1.75 ^D | 0.23 | -0.51 | 0.12 |
| (Real) SPL Meter | 168 | -5.58 | 0.30 | -13.13 ^A | 0.27 |
| SPL Pro | 168 | 2.78 | 0.23 | 2.48 | 0.11 |
| SPLnFFT | 168 | 0.06 | 0.35 | -2.27 ^{B,C} | 0.25 |

Na dalším obrázku jsou znázorněné box plots rozložení rozdílů mezi referenčními a aplikačními měřeními.

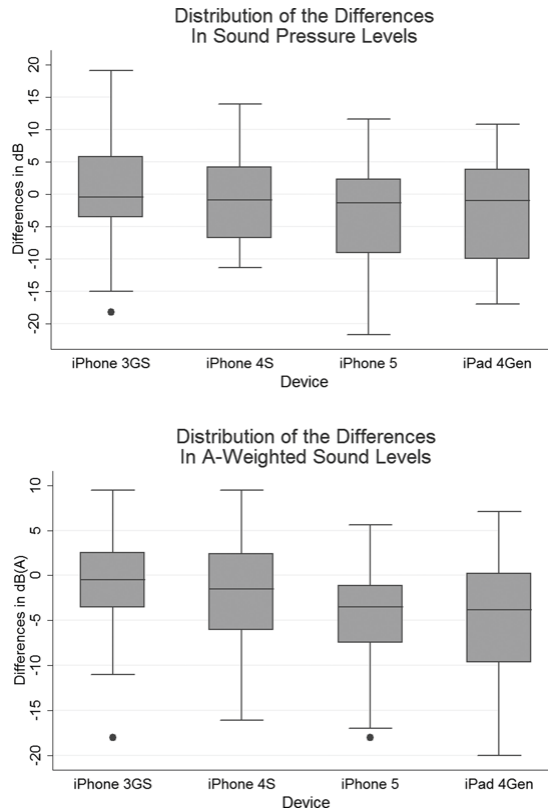


Obr. 2.2 – grafy rozložení rozdílů mezi referenčními a aplikačními měřeními [4]

Vliv použitého mobilu je také značný. Opět byly porovnány průměry rozdílů pomocí Tukeyho postupu vícenásobného párování. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 3 a na Obr. 2.3 jsou znázorněny box plots rozdělení rozdílů mezi měřeními aplikací a referenčním mikrofonom.

Tab. 2.3 – tabulka výsledků [4]

| App | N | Mean (dB) | Mean (dBA) |
|-------------|-----|-----------|------------|
| iPhone 3Gs | 420 | 0.44 | -0.70 |
| iPhone 4s | 420 | -0.83 | -2.57 |
| iPad 4thGen | 420 | -2.67 | -5.38 |
| iPhone 5 | 420 | -3.62 | -4.80 |



Obr. 2.3 – grafy rozložení rozdílu mezi hodnotami z aplikací a referenčními hodnotami [4]

Vyhodnocení výsledků ze zařízení s operačním systémem Android nebylo provedeno z důvodu nízkého počtu aplikací a nedostatečnými shodami funkcí mezi zařízeními. [4]

**„Sound level measurements using smartphone “apps“: Useful or inaccurate?“
autoři: Daniel R. Nast, William S. Speer, Colleen G. Le Prell; 10. 9. 2014:**

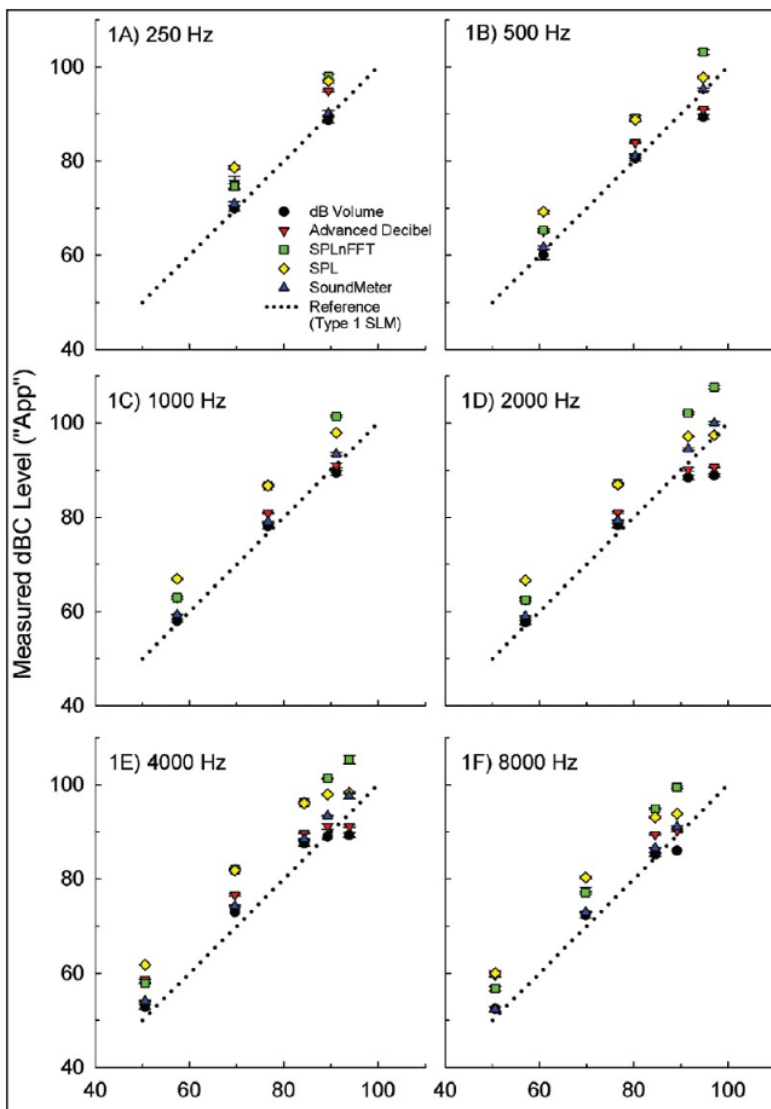
Měření bylo prováděno ve dvoustěnné tlumicí komoře dle specifikací ANSI. Referenční měření bylo prováděno na přístroji B&K 2250, před každou sadou měření byla ověřena jeho přesnost. Naměřené průměrné hodnoty, které byly průměrem 20 vzorků pro každou zkušební podmínku, byly definovány jako referenční. Od vybraných aplikací bylo požadováno, aby měly váhový filtr A i C, následně byly aplikace rozděleny do pěti cenových skupin (Zdarma, 0,99 USD, 2,00-4,99 USD, 5,00-9,99 USD a <10,00 USD), poté dle hodnocení v iTunes byla vybrána nejlepší aplikace v každé cenové skupině. Vybrané aplikace dle rostoucí ceny: dB volume, Advanced Decibel, SPLnFFT Noise Meter, SPL a SoundMeter. Měření probíhalo pouze na jednom mobilu, a to na iPhone 4S. Měřicí zařízení bylo vždy umístěno na stativu směrem k reproduktoru ve vzdálenosti tři stop (přibližně 91,5 cm) a azimutu 0°. Akustické podněty se skládaly z ~1/3 oktávového pásma šumu se středovými frekvencemi 0,25 kHz, 0,5 kHz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz a 8 kHz;

signály byly generovány pomocí klinického audiometru GSI-61. Měření bylo prováděno v nepřítomnosti hluku okolí a v kalibrovaném zvukovém poli při hladině slyšitelnosti 0, 50 a 70 (dB HL). Hladina okolního hluku uvnitř zvukové místnosti byla 31 dB při 125 Hz, 21 dB při 250 Hz, 19 dB při 500 Hz, 14 dB při 1000 Hz, 4 dB při 2000 Hz, 7 dB při 4000 Hz a 6 dB při 8000 Hz. Hladiny zvuku byly vzorkovány s výstupem audiometru nastaveným na 85, 90 a 95 dB HL, tedy až do maximální výstupní hladiny audiometru při použití externích reproduktorů (70 dB HL: 0,25 kHz; 85 dB HL: 0,5, 1, 2, 4 a 8 kHz; 90 dB HL: 2, 4 a 8 kHz; 95 dB HL: 4 kHz). Hodnoty jsou uváděny v dB HL, protože používaný audiometr byl kalibrován v dB HL a autoři hodnoty nepřeváděli. Měření pomocí aplikací se místo toho porovnávalo s naměřenými hodnotami pomocí zvukoměru. Rozdíl mezi těmito hodnotami byl považován za chybu aplikace. Po ustálení signálu se odečetlo 10 hodnot po 10 sekundách, toto bylo provedeno pro všechny možné kombinace frekvencí a intenzit. Poté bylo měření opakováno, dokud se nenashromáždilo 20 hodnot pro každou kombinaci. Pro vyhodnocení výsledku byla použita analýza rozptylu ANOVA, byla také provedena Dunnova korekce pro vícenásobné srovnání.

Měření hladiny okolního hluku a signálů 0 dB HL byla nerozlišitelná bez ohledu na zařízení, signály 0 dB HL nepřekročily hluk pozadí. Navíc z důvodu nízké hladiny akustického tlaku nedošlo k překročení zvukové hladiny zařízení. U měření aplikacemi byla hodnota nejméně o 5 dB vyšší než u zvukoměru, což naznačuje větší problémy s vnitřním hlukem mobilů a menší přesnost pro menší hodnoty, proto výsledky pro tyto hodnoty nebyly v článku prezentovány ani diskutovány. Měření aplikacemi pro 50 dB HL a vyšší jsou uvedeny na Obr. 2.4. Vzhledem k tomu, že naměřené hodnoty byly v rámci jedné aplikace téměř nerozlišitelné pro jednu podmínku, byly rozdíly mezi aplikacemi a zvukoměrem statisticky významné u většiny kombinací. Přesnost jednotlivých aplikací ve srovnání se zvukoměrem se značně lišila. Lepších výsledků se dosahovalo pro váhový filtr C. Některé aplikace vykazovaly nelineární chybu pro vyšší hodnoty na frekvencích 2, 4 a 8 kHz, zatímco několik aplikací naměřilo malý nebo žádný nárůst navzdory zvyšujícím se úrovním podnětů ve volném poli. Vypočtené chyby (rozdíl naměřených průměrů aplikacemi vzhledem k průměrnému měření zvukoměru) jsou uvedeny na Obr. 2.5. Při použití váhového filtru C se naměřené hodnoty pomocí Sound Meter obvykle pohybovaly v rozmezí 3 dB od referenčních hodnot. U aplikací dB volume a Advanced decibel se měření pohybovala v rozmezí 5 dB pro většinu referenčních hodnot, kromě 85 dB a víc při 2 kHz, bylo naměřeno o 7-8 dB méně. Zbylé dvě aplikace

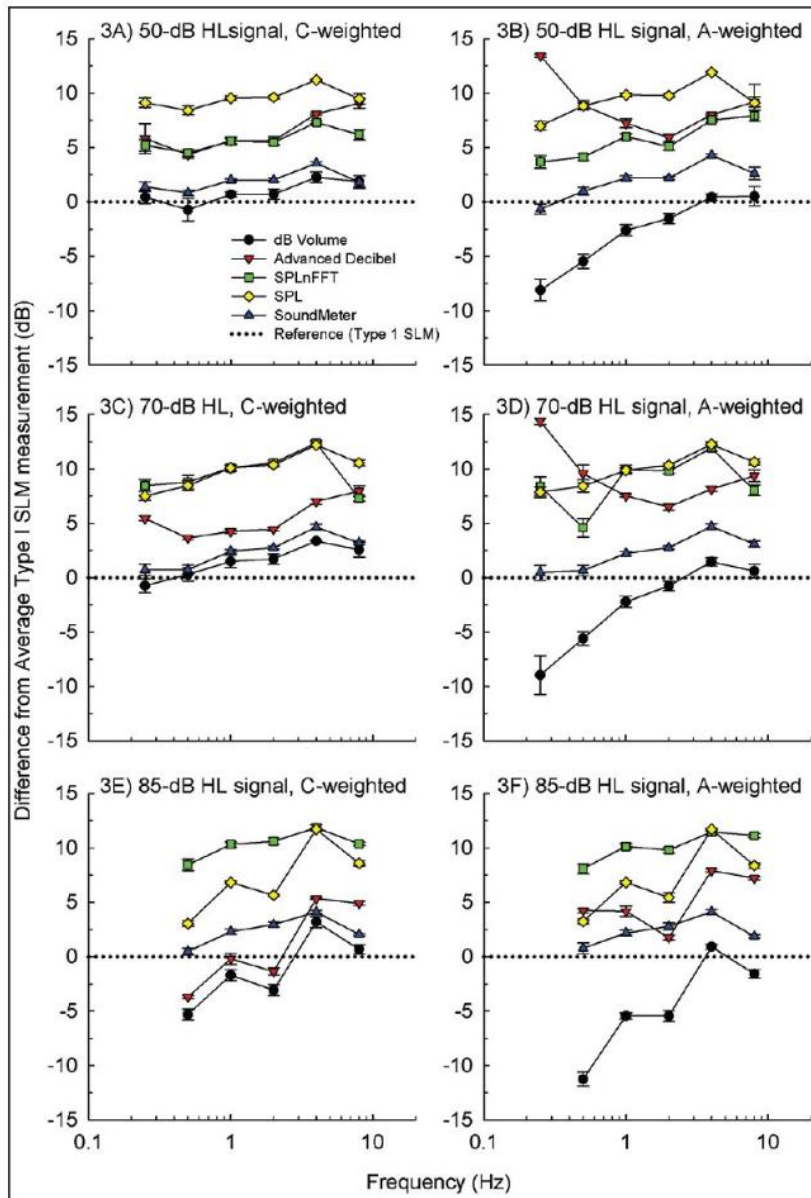
udávaly hodnoty o 8-10 dB vyšší. U aplikací dB Volume, Advanced decibel a SPL byly pozorovány nelineární chyby při hodnotách nad 85 dB. Při použití váhového filtru A při měření byl Sound Meter velmi přesný, pohyboval se v rozmezí 1-2 dB od referenčních hodnot. Aplikace dB volume pro hladiny do 80 dB na frekvencích 1, 2, 4 a 8 kHz dosahovala chyby pouze 1-2 dB oproti referenčním hodnotám, ale pro ostatní nastavení byla hodnota o 5-10 dB nižší. U ostatních aplikací byly uváděné hodnoty větší o 3-10 dB než referenční.

U aplikací dB volume, Advanced decibel a SPL byla pozorována nelineární chyba nad 85 dB. Odchyly jsou zobrazeny v grafech pro jednotlivé hladiny jako závislost odchyly



Obr. 2.4 - naměřené hladiny akustického tlaku C pomocí aplikací [5]

na frekvenci. V některých případech chyby aplikací přesáhly ± 10 dB. Pouze SoundMeter byl přesný napříč všemi nastavenými hodnotami s odchylkou nepřesahující 5 dB. [5]



Obr. 2.5 – vypočtené chyby [5]

Bakalářská práce „Srovnání geografických měřicích zařízení s mobilními aplikacemi“ autor: Štěpán Horky; 2019:

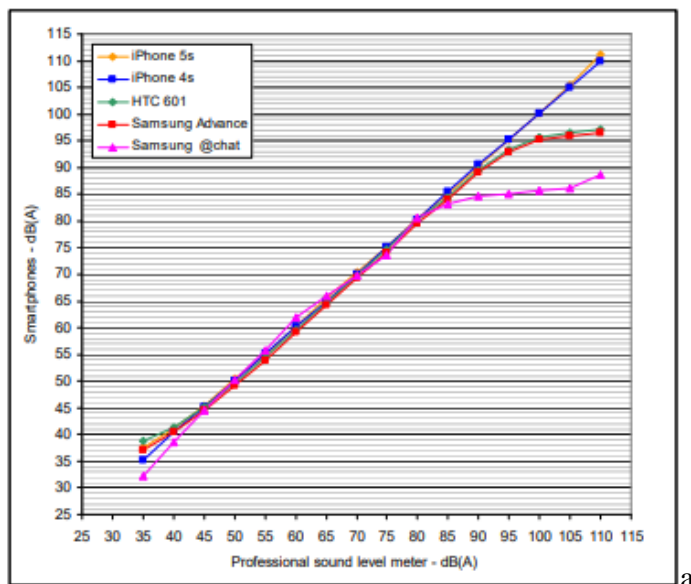
Hlavní cílem této bakalářské práce nebylo zkoumat měření hluku mobilními aplikacemi, to bylo pouze jedno z několika experimentů, také se nejednalo o laboratorní měření, ale o měření ve venkovním prostředí města Brna (tři lokality) a v jednom bytě. Referenční hodnoty byly získávány Voltcraft, který byl kalibrován dle návodu. Byly použity tři mobily (iPhone, Lenovo a Samsung) s pomocí jedné aplikace Decibel X. Jedno měření trvalo 90 sekund, měřidlo bylo umístěno na zem směrem k největšímu zdroji hluku.

Hodnoty udávané hlukoměrem byly brány jako referenční. Na první lokalitě hlukoměr průměrně naměřil 60,4 dB, iPhone 72,6 dB, Lenovo 94,1 dB a Samsung 94,2 dB. Podobný trend se opakoval i na ostatních lokalitách, iPhone udával nejbližší hodnoty vzhledem k referenčním, průměrná odchylka byla zhruba 10 dB. Zbývající dva mobily byly nepřesné. [6]

„Smartphone as noise level meter“ autoři: Jacopo Fogola, Stefano Masera a Vincenzo Bevacqua; 12-16. 7. 2015:

Použitá zařízení s operačním systémem Android byla Samsung @chat GT-B5330, Samsung Advance GT-I9070P a HTC Desire 601 a s operačním systémem iOS: iPhone 4S a iPhone 5S. Mobily a mikrofon zvukoměru byly položeny na rovnou plochu vedle sebe. Použitá bezplatná aplikace na zařízení s Android byla Noise Meter a placená aplikace na iOS byla Noise Immission Analyzer. Měření byla porovnáována s hlukoměrem první třídy. Jako zdroj hluku byl použit zdroj bílého šumu, na hodnotách od 35 do 110 dB s krokem 5 dB. Mobily byly kalibrovány na 70 dB. Zesílení u zařízení s Android bylo nastaveno u HTC na 10 dB, u Samsung Advance na 9 dB a u Samsung @chat na 6 dB.

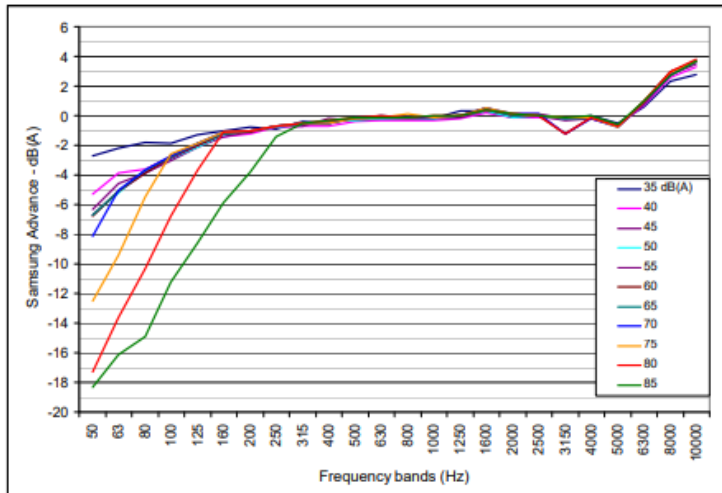
V rozmezí 45-80 dB byla přesnost zařízení dobrá s výchytkou 2-3 dB pro všechny mobily. přístroje s iOS měli odchylku od 1 dB až do 110 dB.



Obr. 2.6 – graf naměřených hodnot v závislosti na referenčních hodnotách [7]

Dále byla proveda frekvenční analýza pro mobil Samsung Advance s použitou aplikací Noise Meter. Experiment byl proveden měřením čistých tónů v rozsahu 50-10 000 Hz

s různou intenzitou v porovnání se zvukoměrem první třídy. Protože Noise Meter neumožňuje měření ve frekvenčních pásmech, byla analýza provedena porovnáním globálních ekvivalentních hladin hluku. V rozsahu 160-5 000 Hz jsou hodnoty vykazované na mobilu dobré do 80 dB. [7]



Obr. 2.7 – frekvenční analýza mobilu Samsung Advance v porovnání s kalibrovaným zvukoměrem [7]

Shrnutí rešerše

Pro různá měření hluku pomocí mobilů byl použit různý počet mobilů, ve dvou pracích byl použit pouze jeden mobil, a to mobil s operačním systémem iOS, a v dalších pracích byly použity 3, 5, 9 a 100 mobilů, a to s operačním systémem iOS nebo Android. Ve třech pracích nebyl uveden způsob výběru aplikací (kritéria), ve zbylých pracích bylo požadováno, aby aplikace zobrazovala hladinu akustického tlaku A, z toho ve dvou pracích byla kritériem cena aplikace (zdarma nebo do 5 USD, cenové kategorie) a v jedné práci byla požadována možnost bližšího nastavení aplikací. Ve dvou pracích byla pro oba operační systémy vybrána pouze jedna aplikace, v dalších pracích, s mobily pouze s iOS, bylo vybráno pět, respektive jedenáct aplikací, ve zbylých dvou pracích bylo vybráno pro mobily iOS čtyři, respektive deset aplikací a pro Android tři, respektive čtyři aplikace. Ve všech pracích, kromě jedné, nebyly aplikace kalibrovány. Ve třech pracích byly mobily položeny na zvýšenou podložku, ve dvou pracích byly mobily umístěny na stativ do výšky 3 a 4 stop, v jedné práci byl mobil držen ve výšce ramen. Ve všech pracích byly odstraněny kryty u všech mobilů a mikrofon byl vždy směřován ke zdroji hluku. Měřené hladiny akustického tlaku A byly v jedné práci vybrány čtyři (pozadí, 50 dB, 70 dB, 90 dB), ve dvou pracích byly zvoleny od 65 dB do 95 dB s krokem 5 dB, resp. 35 dB až

110 dB a krokem 5 dB. V jedné práci byly měřeny tři hladiny akustického tlaku A a C (práh slyšitelnosti, 50 dB HL a 70 dB HL) pro různá 1/3 oktávová pásma, v jedné práci byla použita pouze jedna hladina a v jedné práci byl měřen hluk okolí.

Zajímavými aplikacemi jsou pouze aplikace Sound Meter od vývojáře Smart Tools co. a DecibelX, zbylé aplikace v době vypracování této práce buď nebyly dostupné nebo byly na zařízení Apple, z těchto důvodů budou shrnuty pouze tyto dvě aplikace. Aplikace Sound Meter nebyla vyhodnocena v článku, v kterém byla použita. Aplikace DecibelX byla velmi nepřesná pro měření v nelaboratorních podmínkách, laboratorní měření nebylo prováděno.

2.2. Hladina akustického tlaku A

Hladina akustického tlaku A dle hygienických předpisů, slouží k vyhodnocení hluku, zda odpovídá hygienickým limitům. Hodnota hladiny akustického tlaku A L_{pA} [dB] je vykazována zvukoměrem při zapnutém váhovém filtru A. Váhový filtr A upravuje naměřené spektrum tak, aby odpovídalo vjemu z lidského ucha, protože lidský sluch má rozdílnou citlivost na různé kmitočty. Lze snadno sestavit elektrická zvukoměrná zařízení, která se chovají podobně jako lidské ucho. Hladinu akustického tlaku A je možno dopočítat ze známých hladin akustického tlaku v oktávových nebo třetinooktávových pásmech dle vzorce 2.1. [8]

$$L_{pA} = 10 \log \left(\sum 10^{0,1(L_{pi} + K_{Ai})} \right) \quad 2.1$$

Tab. 2.2. Korekce K_{Ai} v [dB]

| f_m [dB] | filtr A [dB] | f_m [dB] | filtr A [dB] | f_m [dB] | filtr A [dB] | f_m [dB] | filtr A [dB] |
|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| 10 | -70,5 | 80 | -22,50 | 630 | -1,90 | 5000 | 0,50 |
| 12,5 | -63,4 | 100 | -19,10 | 800 | -0,80 | 6300 | -0,10 |
| 16 | -56,7 | 125 | -16,10 | 1000 | 0,00 | 8000 | -1,10 |
| 20 | -50,4 | 160 | -13,40 | 1250 | 0,60 | 10000 | -2,50 |
| 25 | -44,7 | 200 | -10,90 | 1600 | 1,00 | 12500 | -4,30 |
| 31,5 | -39,40 | 250 | -8,60 | 2000 | 1,20 | 16000 | -6,50 |
| 40 | -34,60 | 315 | -6,60 | 2500 | 1,30 | 20000 | -9,20 |
| 50 | -30,20 | 400 | -4,80 | 3150 | 1,20 | | |
| 63 | -26,20 | 500 | -3,20 | 4000 | 1,00 | | |

2.3. Akustická laboratoř

Akustická laboratoř se nachází v prostorách ČVUT, Fakulta Strojní. Laboratoř má rozměry $5,5 \times 5,5 \text{ m}$ a výšku $3,5 \text{ m}$, laboratoř není konstrukcí dům v domě. Stěny a strop jsou obloženy zvukopohltivým molitanem Polyson, podlaha je betonová. Hodnoty doby dozvuku a střední součinitel zvukové pohltivosti, které byly zjištěny v práci [9] a hodnoty jsou uvedeny v tabulce tab 2.3.

Autor uvádí, že šedě označené hodnoty byly odhadnuty. Vzhledem k použitému materiálu na obklad místnosti lze laboratoř klasifikovat jako pohltivou resp. poloodrazivé prostředí, z důvodu betonové podlahy. [9] [10]

Tab. 2.3 – Hodnoty doby dozvuku a střední součinitel zvukové pohltivosti místnosti [9]

| | Naměřená doba dozvuku | Výpočet dle Eyringa, rovnice (3.10) | Výpočet dle Sabina, rovnice (3.9) |
|----------|--------------------------|---|---|
| f [Hz] | T_m [s] | α_{mE} [-] | α_{mS} [-] |
| 25 | 3,109 | 0,04 | 0,04 |
| 31,5 | 2,958 | 0,04 | 0,04 |
| 40 | 1,749 | 0,07 | 0,07 |
| 50 | 0,541 | 0,21 | 0,23 |
| 63 | 0,423 | 0,26 | 0,30 |
| 80 | 0,348 | 0,31 | 0,36 |
| 100 | 0,279 | 0,37 | 0,45 |
| 125 | 0,231 | 0,42 | 0,55 |
| 160 | 0,233 | 0,42 | 0,54 |
| 200 | 0,226 | 0,43 | 0,56 |
| 250 | 0,217 | 0,44 | 0,58 |
| 315 | 0,218 | 0,44 | 0,58 |
| 400 | 0,224 | 0,43 | 0,57 |
| 500 | 0,224 | 0,43 | 0,57 |
| 630 | 0,212 | 0,45 | 0,60 |
| 800 | 0,215 | 0,45 | 0,59 |
| 1000 | 0,212 | 0,45 | 0,60 |
| 1250 | 0,211 | 0,45 | 0,60 |
| 1600 | 0,210 | 0,45 | 0,60 |
| 2000 | 0,211 | 0,45 | 0,60 |
| 2500 | 0,211 | 0,45 | 0,60 |
| 3150 | 0,209 | 0,45 | 0,61 |
| 4000 | 0,209 | 0,45 | 0,61 |
| 5000 | 0,211 | 0,45 | 0,60 |
| 6300 | 0,211 | 0,45 | 0,60 |
| 8000 | 0,211 | 0,45 | 0,60 |
| 10000 | 0,214 | 0,45 | 0,59 |
| 12500 | 0,243 | 0,41 | 0,52 |

3. Experiment: ověření zvukového pole

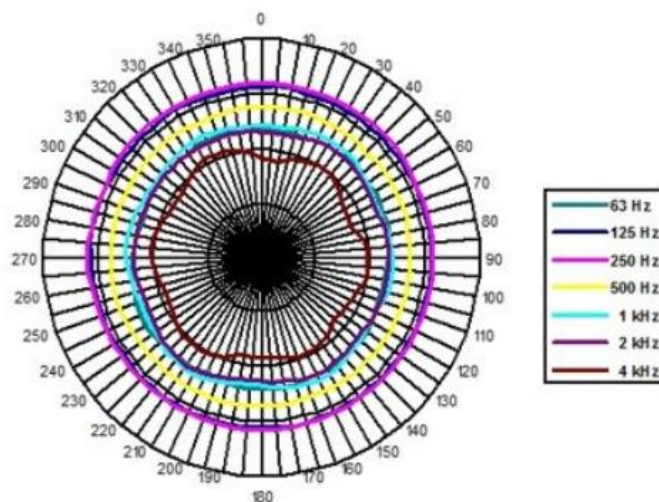
Měření zvukového pole bylo prováděno proto, aby se zjistilo, zda naměřené hodnoty závisí na poloze. Měření bylo prováděno pro dva reproduktory, prvním byl směrový reproduktor GENELEC a druhým byl všesměrový reproduktor CESVA BP012. Měření bylo prováděno v akustické laboratoři.



Obr. 3.1 Reproduktor GENELEC

3.1. Všeměrový reproduktor CESVA BP012

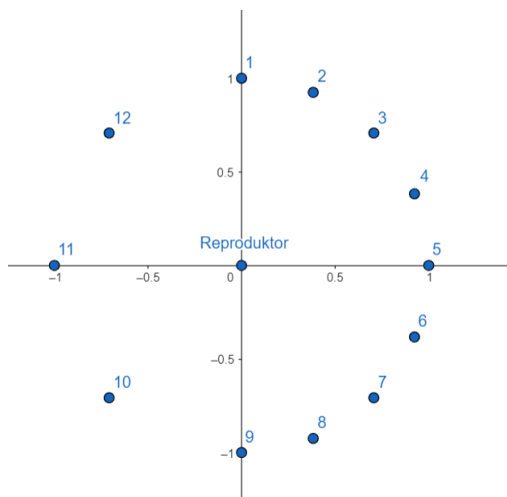
Všeměrový reproduktor CESVA BP012 má dvanáct reproduktorů na dvanáctistěnné konstrukci krytu. To zajišťuje kompletní všesměrový vyzařovací diagram, zvuk je tedy vyzařován ve sférickém rozložení, jak požadují ISO normy. Reproduktor je schopen vyvinout zvukový výkon až 123 dB (PWL) s růžovým šumem v 1/3 oktávových pásmech od 50 - 5000 Hz. [11]



Obr. 3.2 – Všeměrový vyzařovací diagram [11]

3.2. Schéma rozmístění mikrofonů okolo bodového zdroje

Pro měření byl použit vícekanálový zvukoměr s dvanácti vstupy. Mikrofony byly umístěny na pozice dle obrázku Obr. 3.1 do výšky jeden metr a od reproduktoru byly vzdáleny taktéž jeden metr. Pozice číslo pět byla považována, že leží na nulovém azimutu. Na stativ mikrofonu číslo 5 byl připevněn mikrofon kalibrovaného zvukoměru Brüel&Kjær 2260 tak, aby byl co nejbližší mikrofonu Obr 3.2. Jak si lze dále ze schématu povšimnout, mikrofony nejsou rozloženy rovnoměrně, mikrofonů bylo k dispozici pouze dvanáct. Především bylo potřeba ověřit rovnoměrnost zvukového pole v blízkosti pozice pět, proto byly mikrofony rozmístěny tak, aby bylo více mikrofonů v této oblasti.



Obr. 3.3 – Schéma měřicí soustavy



Obr. 3.4 – Připevnění mikrofonu zvukoměru k mikrofonu č. 5

Směrový reproduktor byl nejdříve natočen čelem k mikrofonu číslo pět, poté byl otočen o 180° . Všesměrový reproduktor byl nejprve natočen nápisem CESVA k mikrofonu číslo pět a následně byl pootočen o $22,5^\circ$ doleva, tudíž nápis CESVA směřoval k mikrofonu číslo čtyři. Měření bylo obsluhováno z vedlejší místnosti, aby nedocházelo k rušení.



Obr. 3.5 – Fotka měřicí soustavy s všesměrovým reproduktorem

3.3. Měření

Ke směrovému reproduktoru byl připojen zdroj schopný generovat růžový šum. Měřilo se na třech hladinách akustického tlaku, a to pro šum reproduktoru bez zapnutého zdroje šumu, 50 dB a 80 dB. Poté byl reproduktor otočen o 180° a měření proběhlo pouze pro 50 dB. Pro všesměrový reproduktor byl použit zdroj šumu CESVA AP602, který generoval růžový šum. Zde se také měřilo na třech hladinách akustického tlaku A, a to na minimální, kterou lze na generátoru nastavit, což bylo 38 dB, a dále na 50 dB a 80 dB. Na začátku a na konci měření bylo provedeno měření hladiny akustického tlaku okolí.

3.4. Metodické vyhodnocení

Vícekanálový zvukoměr měřil jednu hodnotu každou sekundu pro každou střední frekvenci třetinooktávového pásma, hodnoty byly uváděny v lineární podobě. Z těchto hodnot se první tři hodnoty neuvažovaly, kvůli ustálení výstupů. Dále byl vypočten logaritmický průměr bez váhového filtru, dle rovnice 3.1, a s použitím váhového filtru A, dle rovnice 3.2, byla vypočítána hladina akustického tlaku A.

$$L_p = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum 10^{0,1L_{pi}} \right) \quad 3.1$$

$$L_{pA} = 10 \log \left(\sum 10^{0,1(L_{pi} + K_{Ai})} \right) \quad 3.2$$

Tento výpočet dat byla provedena pro všechny vstupy a pro všechna měření. Následně byly vytvořeny paprskové grafy pro jednotlivá měření.

3.5. Tabulky výsledků

Tab. 3.1 – Tabulka výsledků pro směrový reproduktor pro 50 dB a 50 dB otočený

| Směrový reproduktor 50 dB | L_pA [dB] | Směrový reproduktor 50 dB otočený | L_pA [dB] |
|---------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
| Signal 1 | 41,0 | Signal 1 | 41,1 |
| Signal 2 | 43,5 | Signal 2 | 39,8 |
| Signal 3 | 45,9 | Signal 3 | 38,1 |
| Signal 4 | 48,2 | Signal 4 | 38,1 |
| Signal 5 | 49,7 | Signal 5 | 40,3 |
| Signal 6 | 48,3 | Signal 6 | 39,1 |
| Signal 7 | 46,0 | Signal 7 | 39,0 |
| Signal 8 | 42,7 | Signal 8 | 40,0 |
| Signal 9 | 40,7 | Signal 9 | 41,4 |
| Signal 10 | 38,5 | Signal 10 | 46,4 |
| Signal 11 | 40,6 | Signal 11 | 49,8 |
| Signal 12 | 38,6 | Signal 12 | 46,0 |
| průměr | 43,6 | průměr | 41,6 |
| směr. odch | 3,740 | směr. odch | 3,594 |
| zvukoměr | 50,6 | zvukoměr | 40,7 |

Tab. 3.2 – Tabulka výsledků pro směrový reproduktor pro šum bez zapnutého zdroje a 80 dB

| Směrový reproduktor šum | L_pA [dB] | Směrový reproduktor 80 dB | L_pA [dB] |
|-------------------------|-----------|---------------------------|-----------|
| Signal 1 | 27,3 | Signal 1 | 70,8 |
| Signal 2 | 28,4 | Signal 2 | 73,2 |
| Signal 3 | 28,6 | Signal 3 | 75,7 |
| Signal 4 | 29,7 | Signal 4 | 78,0 |
| Signal 5 | 31,9 | Signal 5 | 79,5 |
| Signal 6 | 31,1 | Signal 6 | 78,1 |
| Signal 7 | 29,8 | Signal 7 | 75,8 |
| Signal 8 | 28,1 | Signal 8 | 72,5 |
| Signal 9 | 27,0 | Signal 9 | 70,4 |
| Signal 10 | 25,8 | Signal 10 | 68,2 |
| Signal 11 | 26,4 | Signal 11 | 70,3 |
| Signal 12 | 26,3 | Signal 12 | 68,3 |
| průměr | 28,4 | průměr | 73,4 |
| směr. odch | 1,861 | směr. odch | 3,764 |
| zvukoměr | 32,5 | zvukoměr | 80,3 |

Tab. 3.3 – Tabulka výsledků pro všesměrový reproduktor pro 38 dB a 38 dB pootočený o 22,5 °

| Všesměrový reproduktor 38 dB | L_pA [dB] | Všesměrový reproduktor 38 dB pootočený | L_pA [dB] |
|------------------------------|-----------|--|-----------|
| Signal 1 | 36,8 | Signal 1 | 37,1 |
| Signal 2 | 36,8 | Signal 2 | 36,0 |
| Signal 3 | 34,9 | Signal 3 | 34,6 |
| Signal 4 | 35,4 | Signal 4 | 36,1 |
| Signal 5 | 37,4 | Signal 5 | 36,9 |
| Signal 6 | 36,5 | Signal 6 | 37,3 |
| Signal 7 | 36,2 | Signal 7 | 36,2 |
| Signal 8 | 36,4 | Signal 8 | 35,7 |
| Signal 9 | 36,4 | Signal 9 | 37,1 |
| Signal 10 | 36,3 | Signal 10 | 36,7 |
| Signal 11 | 37,9 | Signal 11 | 37,3 |
| Signal 12 | 36,5 | Signal 12 | 36,3 |
| průměr | 36,5 | průměr | 36,4 |
| směr. odch | 0,760 | směr. odch | 0,755 |
| zvukoměr | 38,0 | zvukoměr | 37,7 |

Tab. 3.4 – Tabulka výsledků pro všesměrový reproduktor pro 50 dB a 50 dB pootočený o 22,5 °

| Všesměrový reproduktor 50 dB | L_pA [dB] | Všesměrový reproduktor 50 dB pootočený | L_pA [dB] |
|------------------------------|-----------|--|-----------|
| Signal 1 | 48,8 | Signal 1 | 49,0 |
| Signal 2 | 48,7 | Signal 2 | 47,8 |
| Signal 3 | 46,7 | Signal 3 | 46,5 |
| Signal 4 | 47,4 | Signal 4 | 48,0 |
| Signal 5 | 49,3 | Signal 5 | 48,8 |
| Signal 6 | 48,4 | Signal 6 | 49,1 |
| Signal 7 | 48,1 | Signal 7 | 48,0 |
| Signal 8 | 48,3 | Signal 8 | 47,6 |
| Signal 9 | 48,3 | Signal 9 | 49,0 |
| Signal 10 | 48,1 | Signal 10 | 48,5 |
| Signal 11 | 49,9 | Signal 11 | 49,1 |
| Signal 12 | 48,4 | Signal 12 | 48,1 |
| průměr | 48,4 | průměr | 48,3 |
| směr. odch | 0,776 | směr. odch | 0,769 |
| zvukoměr | 50,0 | zvukoměr | 49,6 |

Tab. 3.5 – Tabulka výsledků pro všesměrový reproduktor pro 80 dB a 80 dB pootočený o 22,5 °

| Všesměrový reproduktor 80 dB | L_pA [dB] | Všesměrový reproduktor 80 dB pootočený | L_pA [dB] |
|------------------------------|-----------|--|-----------|
| Signal 1 | 78,6 | Signal 1 | 78,9 |
| Signal 2 | 78,6 | Signal 2 | 77,7 |
| Signal 3 | 76,6 | Signal 3 | 76,3 |
| Signal 4 | 77,2 | Signal 4 | 77,9 |
| Signal 5 | 79,2 | Signal 5 | 78,7 |
| Signal 6 | 78,2 | Signal 6 | 79,0 |
| Signal 7 | 78,0 | Signal 7 | 77,9 |
| Signal 8 | 78,2 | Signal 8 | 77,5 |
| Signal 9 | 78,2 | Signal 9 | 78,9 |
| Signal 10 | 78,0 | Signal 10 | 78,4 |
| Signal 11 | 79,8 | Signal 11 | 79,0 |
| Signal 12 | 78,3 | Signal 12 | 78,0 |
| průměr | 78,3 | průměr | 78,2 |
| směr. odch | 0,785 | směr. odch | 0,768 |
| zvukoměr | 79,8 | zvukoměr | 79,4 |

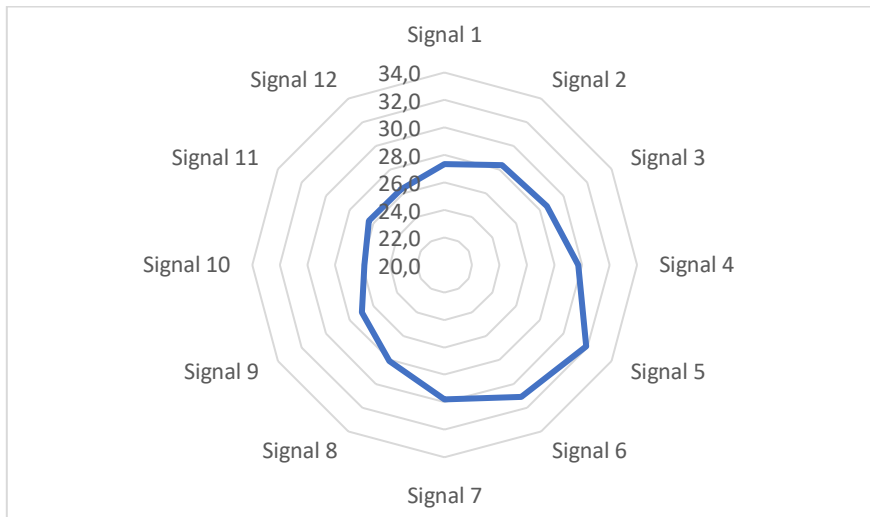
Tab. 3.5 – Tabulka výsledků měření pozadí před a po experimentu

| Pozadí 1 | L_pA [dB] | Pozadí 2 | L_pA [dB] |
|------------|-----------|------------|-----------|
| Signal 1 | 16,6 | Signal 1 | 16,6 |
| Signal 2 | 16,2 | Signal 2 | 16,2 |
| Signal 3 | 17,5 | Signal 3 | 17,6 |
| Signal 4 | 16,6 | Signal 4 | 16,7 |
| Signal 5 | 16,6 | Signal 5 | 16,6 |
| Signal 6 | 16,6 | Signal 6 | 16,6 |
| Signal 7 | 16,1 | Signal 7 | 16,2 |
| Signal 8 | 16,6 | Signal 8 | 16,6 |
| Signal 9 | 17,0 | Signal 9 | 17,0 |
| Signal 10 | 16,5 | Signal 10 | 16,5 |
| Signal 11 | 16,6 | Signal 11 | 16,5 |
| Signal 12 | 16,7 | Signal 12 | 16,6 |
| průměr | 16,6 | průměr | 16,6 |
| směr. odch | 0,337 | směr. odch | 0,345 |
| zvukoměr | 17,0 | zvukoměr | 17,0 |

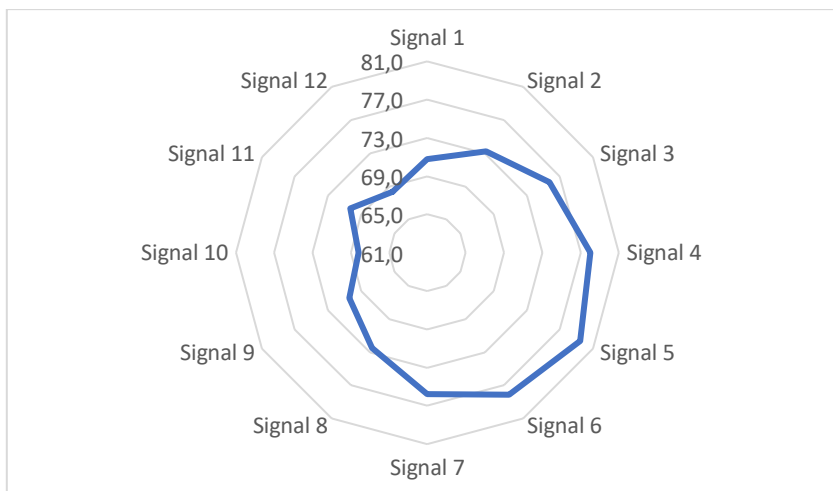
3.6. Vyhodnocení

Jak si lze povšimnout z grafů Obr. 3.5 – Obr. 3.8 směrový reproduktor měl silně nevyrovnané zvukové pole a hladina akustického tlaku rychle klesala od nulového azimutu, podle kterého bylo zvukové pole symetrické. Výjimkou bylo měření šumu bez zapnutého zdroje, zde je patrný rychlejší pokles směrem k pozici jedna Obr. 3.5.

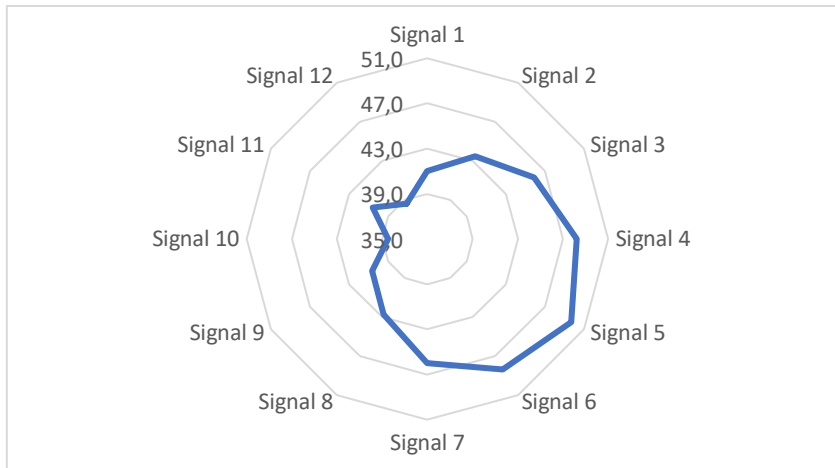
Průměrná absolutní odchylka pro L_{pA} odpovídající 80 dB a 50 dB byla $\overline{\Delta L_{pA}} = 3,3 \text{ dB}$ a maximální absolutní odchylka nabývala hodnot přibližně 6,1 dB. Pro hluk odpovídající pouze šumu reproduktoru, bez zapnutého zdroje, bylo $\overline{\Delta L_{pA}} = 1,6 \text{ dB}$ a maximální odchylka $\Delta L_{pAmax} = 3,5 \text{ dB}$. Pro situaci, kdy byl reproduktor otočen, byly hodnoty následující $\overline{\Delta L_{pA}} = 2,9 \text{ dB}$ a $\Delta L_{pAmax} = 8,2 \text{ dB}$.



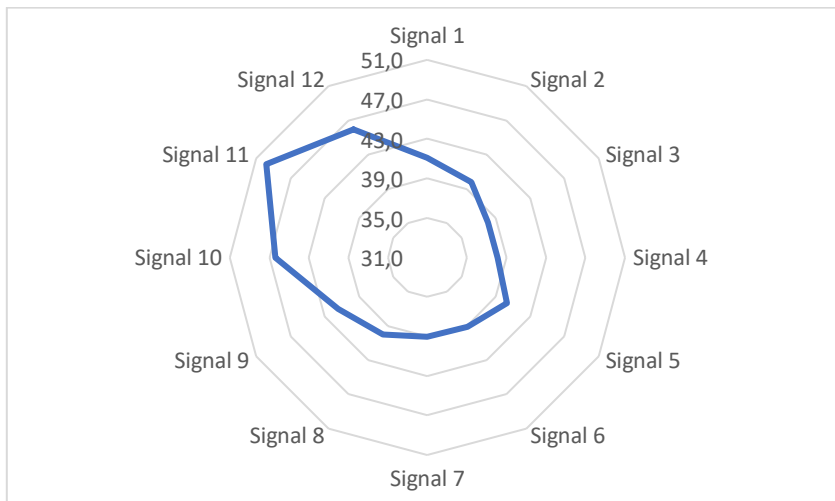
Obr. 3.6 – Graf zobrazující hladinu akustického tlaku na vícekanálovém zvukoměru pro směrový reproduktor pro šum



Obr. 3.7 – Graf zobrazující hladinu akustického tlaku na vícekanálovém zvukoměru pro směrový reproduktor pro 80 dB

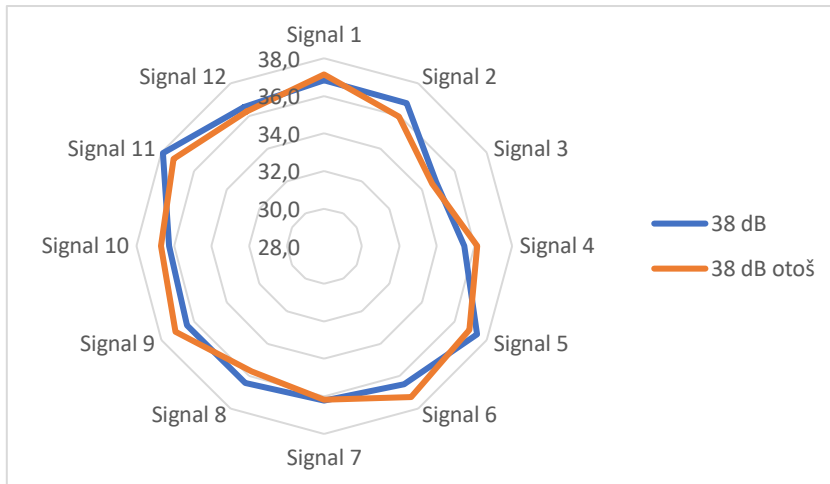


Obr. 3.8 – Graf zobrazující hladinu akustického tlaku na vícekanálovém zvukoměru pro směrový reproduktor pro 50 dB

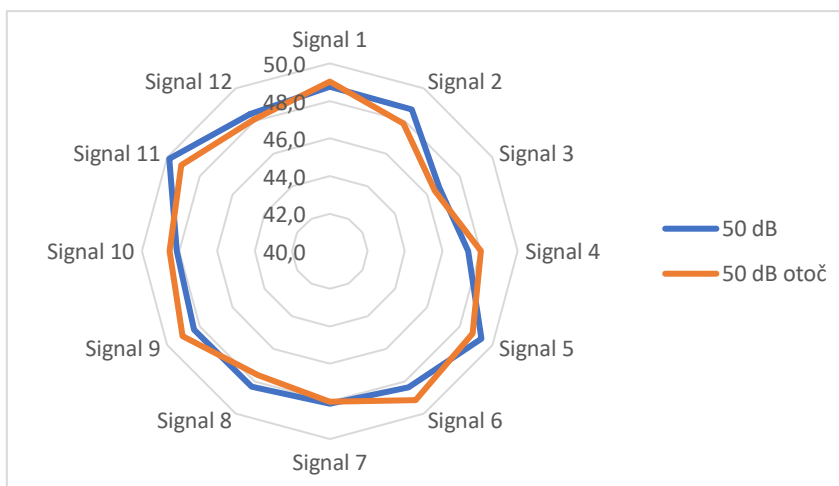


Obr. 3.9 – Graf zobrazující hladinu akustického tlaku na vícekanálovém zvukoměru pro směrový reproduktor pro 50 dB otočený

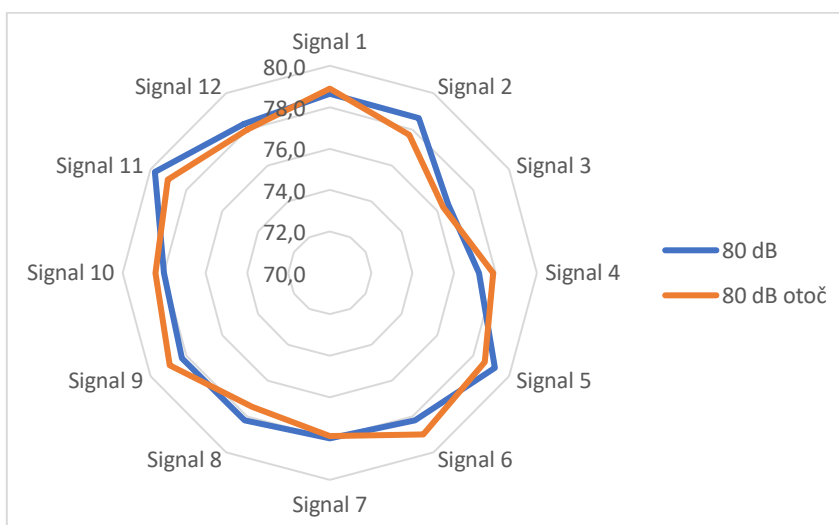
Zvukové pole všesměrového reproduktoru bylo velmi vyrovnané, jak je patrné z grafů Obr. 3.9 – Obr. 3.11, k lehkému poklesu hladin akustického tlaku A docházelo pouze v místech, kde byly na reproduktoru hrany. Pro všechna tři nastavení byla průměrná absolutní odchylka stejná a to $\overline{\Delta L_{pA}} = 0,5 \text{ dB}$ a maximální odchylka byla $\Delta L_{pAmax} = \pm 1,7 \text{ dB}$. Při pootočení reproduktoru o $22,5^\circ$ došlo pouze k malé změně v poli, a to k jeho pootočení, které odpovídalo natočení reproduktoru, jak lze vidět z grafů. Zde byla průměrná absolutní odchylka také stejná pro všechny tři hladiny $\overline{\Delta L_{pA}} = 0,6 \text{ dB}$ a maximální odchylka byla $\Delta L_{pAmax} = \pm 1,9 \text{ dB}$.



Obr. 3.10 – Graf zobrazující hladinu akustického tlaku na vícekanálovém zvukoměru pro všesměrový reproduktor 38 dB a 38 dB potočený



Obr. 3.11 – Graf zobrazující hladinu akustického tlaku na vícekanálovém zvukoměru pro všesměrový reproduktor 50 dB a 50 dB potočený



Obr. 3.12 – Graf zobrazující hladinu akustického tlaku na vícekanálovém zvukoměru pro všesměrový reproduktor 80 dB a 80 dB potočený

3.7. Vyhodnocení okolí pozice pět

Zajímavou oblastí bylo okolí pozice pět, které bude sloužit jako měřicí pozice při měření hluku mobilem, respektive pozice čtyři a šest. Jak si lze všimnout v Tab 3.6, hladiny akustického tlaku se zde liší přibližně pouze o jeden decibel pro všechna nastavení všesměrového reproduktoru. Proto bylo dále provedeno měření kalibrovaným zvukoměrem na pozicích, kde při experimentu měření hluku mobilem byl umístěn mikrofon zvukoměru, mobil a v místě nulového azimutu Tab. 3.6

Tab. 3.6 – Tabulka hladin akustických tlaků na měřicích pozicích

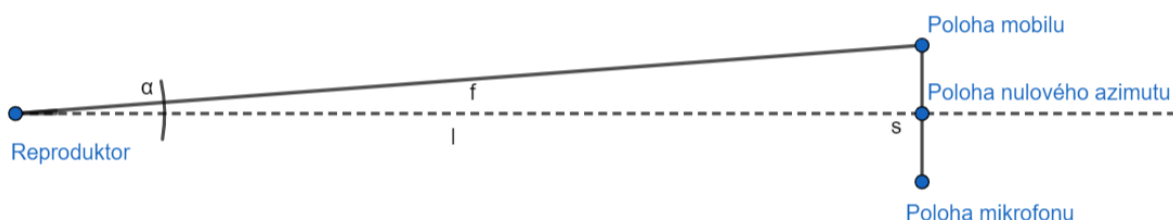
| Poloha | L_{pA} [dB] |
|----------------------------|---------------|
| Pozice mobilu | 50,4 |
| Pozice nulového azimutu | 50,5 |
| Pozice mikrofonu zvukoměru | 50,5 |

Dále byla změřena vzdálenost mezi polohou mikrofonu a mobilu, která byla určena jako $s = 130 \text{ mm}$, tudíž vzdálenost mezi nulovým azimutem a polohami byla poloviční, vzdálenost měřených poloh od reproduktoru $l = 1\,000 \text{ mm}$, následně byl vypočítán úhel natočení α od nulového azimutu dle vztahu:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{\frac{s}{2}}{l}\right) \quad 3.3$$

Výpočet úhlu α :

$$\alpha = \arctg\left(\frac{\frac{130}{2}}{1\,000}\right) = 4,3^\circ \quad 3.4$$



Obr 3.13 – Schéma měření

Rozdíl v hladinách akustického tlaku mezi polohou mikrofonu a mobilu byl pouze $0,1 \text{ dB}$, tento rozdíl bylo možné zanedbat, protože mohl být způsoben chybou přístroje.

Dále bylo možné konstatovat, že zvukové pole bylo konstantní pro oblast natočení do $4,3^\circ$ do obou směrů od nulového azimutu, a že rozdíl mezi naměřenými hodnotami mobilem a zvukoměrem nebude způsoben rozdílnými hladinami akustického tlaku na jednotlivých pozicích, ale nepřesností samotného měření.

4. Metodika experimentu měření hluku mobilními aplikacemi

4.1. Výběr aplikací

Vybrané aplikace musely splňovat pouze dvě podmínky: 1. zobrazovat průměrnou hodnotu L_{pA} [dB] za určitý časový úsek, 2. musely být zdarma. Samotný výběr aplikací probíhal tak, že v aplikaci Obchod Play byl vyhledán pojem „sound meter“ a bylo staženo prvních několik aplikací, které splňovaly zvolené podmínky. Placené aplikace byly pouze rozšířením verze zdarma, funkce, které by se zpřístupnily po zaplacení jednorázového poplatku, nebyly potřebné pro toto měření, z tohoto důvodu nebyly placené verze využity. Takto vybraných a stažených aplikací bylo čtrnáct, názvy, vývojáři a verze aplikací jsou uvedeny v tabulce Tab. 5.1

Tab. 5.1 Tabulka použitých aplikací

| | Název | vývojář | verze |
|----|-----------------------------|--------------------|---------|
| 1 | Sound Meter | Abc Apps | 3.7.5 |
| 2 | Zvukoměr | Splend Apps | 2.17 |
| 3 | Zvukoměr-dB meter, SPL metr | KTW Apps | 7.2 |
| 4 | Decibel X-Pro Sound Meter | SkyPaw co., Ltd | 9.2.5 |
| 5 | Zvukoměr | Coolexp | 2.1 |
| 6 | Sound Meter-Decibel | melon soft | 1.2.7 |
| 7 | Zvukoměr: Sound Meter | Smart Tools co. | 1.7.15 |
| 8 | Decibel & šum detektor | Tools Dev | 2.12.26 |
| 9 | Sound Meter | CANBRIDGE TECH LTD | 1.0.0 |
| 10 | Decibel Meter-Sound Meter | Mobilation | 1.20 |
| 11 | Sound Meter Decibel | Sweetvrn | 1.0.13 |
| 12 | Zvukoměr | Kuco Apps | 1.1.11 |
| 13 | Měřič zvuku | Pony Inc. | 2.7.8 |
| 14 | Zvukový Měřič-Decibel meter | Tools Dev | 2.6.19 |

Další výstupní data z aplikací, která by byla zajímavá, byla frekvenční pásma, ale tyto hodnoty bohužel zobrazovala pouze jedna aplikace, a to pouze okamžité hodnoty ve formě spojitého grafu pro celé spektrum nebo pro zvláště volené hodnoty. Proto nebyla tato podmínka požadována. Některé aplikace umožňovaly kalibraci, která spočívala v manuálním nastavení přesné hodnoty hladiny akustického tlaku A, kterou nelze zjistit bez kalibrovaného zvukoměru. Této funkce nebylo využito proto, aby všechny aplikace

měly stejné podmínky, a protože při reálném používání nebudeme znát přesnou hodnotu měřeného hluku.

4.2. Volení měřených hladin

Hlučné prostředí se v dnešní době nachází všude kolem nás, a proto volba měřených hladin akustického tlaku A nebyla náhodná, ale byly voleny takové hladiny, které korespondují s Nařízením vlády 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Nejnižší nastavitelná hladina akustického tlaku A na generátoru růžového šumu byla 38 dB , i když pro nás by byla zajímavá hladina 30 dB , protože odpovídá maximální dovolené hladině akustického tlaku A pro vnitřní obytné místnosti v nočních hodinách (22.00 až 6.00). Nejvyšší dovolená hladina akustického tlaku A dle Nařízení vlády pro vnitřní obytné místnosti v denní době mezi 6.00 a 22.00 je 40 dB . Protože zvolená hladina 38 dB a tato hodnota z Nařízení vlády jsou téměř stejné, lze konstatovat, že pokud bude měření mobilem přesné pro volenou hodnotu, tak bude přesné i pro hladinu 40 dB . Další zvolenou hladinou akustického tlaku A byla $L_{pA} = 50 \text{ dB}$. Tato hodnota je hygienickým limitem $L_{Aeq,8h}$ na pracovištích, kde je vykonávána práce náročná na pozornost a soustředění. Nejvyšší měřenou hladinou akustického tlaku A byla $L_{pA} = 80 \text{ dB}$, zvolena na základě § 10 bodu (1). [12]

4.3. Použité mobily

První použitý mobil byl Realme 8, který byl v době měření přes rok starý. Typ použitého mikrofonu nebyl uveden ani na stránkách výrobce. Druhým mobilem byl Samsung Galaxy A41, který byl v době měření bezmála dva a půl roku starý. Zde také nebyl uveden typ používaného mikrofonu. Bylo předpokládáno, že novější mobilu (mobil 1) bude přesnější než starší mobil (mobil 2).

4.4. Metodika měření

Měření probíhalo v akustické laboratoři. Všesměrový reproduktor CESVA BP012 byl umístěn doprostřed místnosti do výšky jednoho metru nad podlahu. Do vzdálenosti jeden metr od reproduktoru byl umístěn stativ s mikrofonem kalibrovaného zvukoměru B&K 2260 a mobilním telefonem, také do výšky jednoho metru. Mobilní telefon byl uchycen do držáku a následně přichycen na stativ s mikrofonem. Mikrofon, který byl umístěn zvlášť na stativ pro lepší manipulaci, byl se zvukoměrem spojen kabelem. Jak bylo v kapitole 3.7 Vyhodnocení okolí pozice pět konstatováno, v oblasti blízké nulovému azimutu je hladina akustického tlaku konstantní. Proto pro umístění mobilního telefonu a

mikrofonu zvukoměru s natočením $\alpha = 4,3^\circ$ od nulového azimutu, bylo možné konstatovat, že hladina akustického tlaku byla na mikrofonu a mobilu stejná. Kryty mobilů byly odstraněny, aby se předešlo nežádoucí interferenci zvuku. Měření bylo prováděno pro tři pozice mobilu, reflektující možné držení mobilu při reálném používání: mikrofon mobilu směřuje k reproduktoru (poloha 1) obr. 4.1, nejideálnější stav z pohledu měření, ale pro uživatele nejnejpříjemnější, protože display mobilu je vzhůru nohama. Mikrofon směrem od reproduktoru (poloha 2) obr. 4.2, méně ideální stav, který je více příjemný pro uživatele, protože display je v normální poloze. Mikrofon směrem od reproduktoru, skloněn dolů a částečně zakryt rukou (poloha 3) obr. 4.3, teoreticky nejhorší nastavení z hlediska měření, které mělo uvažovat nejpohodlnější držení mobilu.



Obr 4.1 – Mobil v poloze 1



Obr 4.2 – Mobil v poloze 2

Měření bylo prováděno pro čtyři různé hladiny akustického tlaku L_{pA} : hluk pozadí, 38 dB, 50 dB a 80 dB. Nastavování hladin bylo provádělo na zdroji růžového šumu CESVA AP602 tak, že od maximální hodnoty bylo ubíralo po decibelu, nejnižší nastavitelná hodnota byla -70 dB od maximální hodnoty, což odpovídalo $L_{pA} \sim 38\text{ dB}$, $L_{pA} \sim 50\text{ dB}$ odpovídalo nastavení -57 dB od maximální hodnoty a $L_{pA} \sim 80\text{ dB}$ odpovídalo nastavení -27 dB od maximální hodnoty. Celočíslných hodnot nebylo možné dosáhnout z důvodu jednodecibelového kroku při nastavování a dalších vlivů. Samotné měření probíhalo tak, že se vždy pro jednu aplikaci změřila jedna hladina hluku

pro všechna nastavení pozic mobilu, poté se přešlo na další hladinu. Výjimkou bylo měření pozadí, které bylo prováděno pouze pro jedno nastavení polohy mobilu, a dále měření, kdy byl mobil natočen mikrofonom směrem k reproduktoru pro hladinu akustického tlaku 50 dB nebo 80 dB. Pro toto nastavení se měření opakovalo desetkrát, aby se prokázala opakovatelnost měření. Jeden náměr byla průměrná hodnota za patnáct sekund. Měření na mobilu a zvukoměru bylo spouštěno současně, hodnota zobrazená zvukoměrem byla považována za přesnou hladinu akustického tlaku. Po změření všech hladin hluku pro všechna nastavení se změnila aplikace. Rozdíl mezi naměřenými hodnotami na mobilu a zvukoměru byl považován za chybu aplikace. Pro porovnání bylo provedeno jedno měření pro každou referenční hladinu pomocí levného zvukoměru ze supermarketu. Měřený růžový šum byl generován pomocí generátoru CESVA AP602 a byl přehráván všesměrovým reproduktorem CESVA BP012, vybrané hladiny akustického tlaku byly zkontrolovány pomocí kalibrovaného zvukoměru B&K 2260.



Obr 4.3 Mobil v poloze 3

5. Metodické vyhodnocení experimentu

Naměřené hodnoty hladin akustických tlaků z mobilů byly spárovány s daty z kalibrovaného zvukoměru. Měření, které se opakovalo desetkrát, bylo zprůměrováno dle rovnice 5.1 a dále se pracovalo s průměrnou hodnotou. U těchto náměrů byla vždy spočtena směrodatná odchylka, která pro žádnou aplikaci nepřesáhla hodnotu 0,5 dB, což naznačuje dobrou opakovatelnost měření.

$$\overline{L_{pA}} = \frac{\sum L_{pAi}}{n} \quad 5.1$$

Nejprve byla data jednotlivých aplikací vynesena do společného grafu pro oba mobily, aby byla dobře zřetelná shodnost, respektive rozdílnost výsledků jedné aplikace na různých zařízeních. Dále byly všechny hodnoty vyneseny do společného grafu, do kterého bylo doplněno měření s levným zvukoměrem. Všechny grafy byly vyneseny jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$.

5.1. Vyhodnocení jednotlivých aplikací

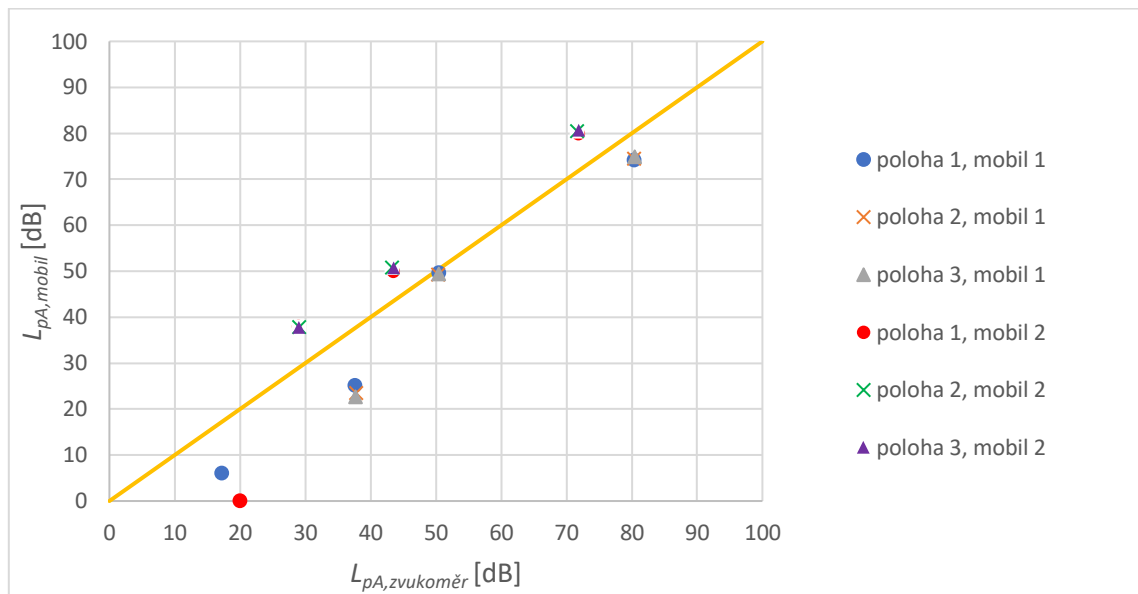
Sound Meter; Abc Apps

Tab. 5.1 – Naměřená data z aplikace Sound Meter; Abc Apps z obou mobilů

| | Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|----------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | 6 | 25,2 | 49,7 | 74,2 | 20 | 29 | 43,5 | 71,8 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | 17,2 | 37,6 | 50,5 | 80,4 | 17,2 | 37,8 | 50,7 | 80,5 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 23,5 | 49,2 | 74,5 | - | 29,1 | 43,3 | 71,7 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,8 | 50,4 | 80,4 | - | 37,8 | 50,7 | 80,6 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 22,6 | 49,4 | 74,8 | - | 29,1 | 43,6 | 71,9 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,7 | 50,5 | 80,5 | - | 37,8 | 50,6 | 80,5 |

Tab. 5.2 – Tabulka odchylek pro aplikaci Sound Meter; Abc Apps pro oba mobily

| Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | -11,2 | -12,4 | -0,8 | -6,2 | 2,8 | -8,8 | -7,2 | -8,7 |
| Poloha 2 | - | -14,3 | -1,2 | -5,9 | - | -8,7 | -7,4 | -8,9 |
| Poloha 3 | - | -15,1 | -1,1 | -5,7 | - | -8,7 | -7,0 | -8,6 |



Obr. 5.1 – Data vynesena jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Sound Meter; Abc Apps z obou mobilů

Žlutá čára v grafu představuje hodnoty, kdy naměřený údaj zvukoměrem i mobilem jsou shodné. Měření pozadí mobilem 1 bylo velmi nepřesné, také pro referenční hladinu akustického tlaku A 38 dB a 80 dB byla měření nepřesná, pouze pro $L_{pA,ref} = 50$ dB bylo měření přesné. Pro referenční hladinu 38 dB se projevila výrazná závislost naměřených hodnot na poloze mobilu, rozdíl mezi nejlepší a nejhorší polohou pro měření byl skoro 3 dB, pro zbylé referenční hladiny byla závislost nevýrazná a mohlo se jednat pouze o chybu přístroje (mobilu). Všechny naměřené hodnoty mobilem 2 byly o 7 – 9 dB nižší než hodnoty ze zvukoměru, a proto by se mohlo jednat o chybu posunutě nuly. Závislost na poloze mobilu se neprojevila. Tato aplikace je použitelná pouze v okolí $L_{pA} = 50$ dB a to ne pro všechny mobily.

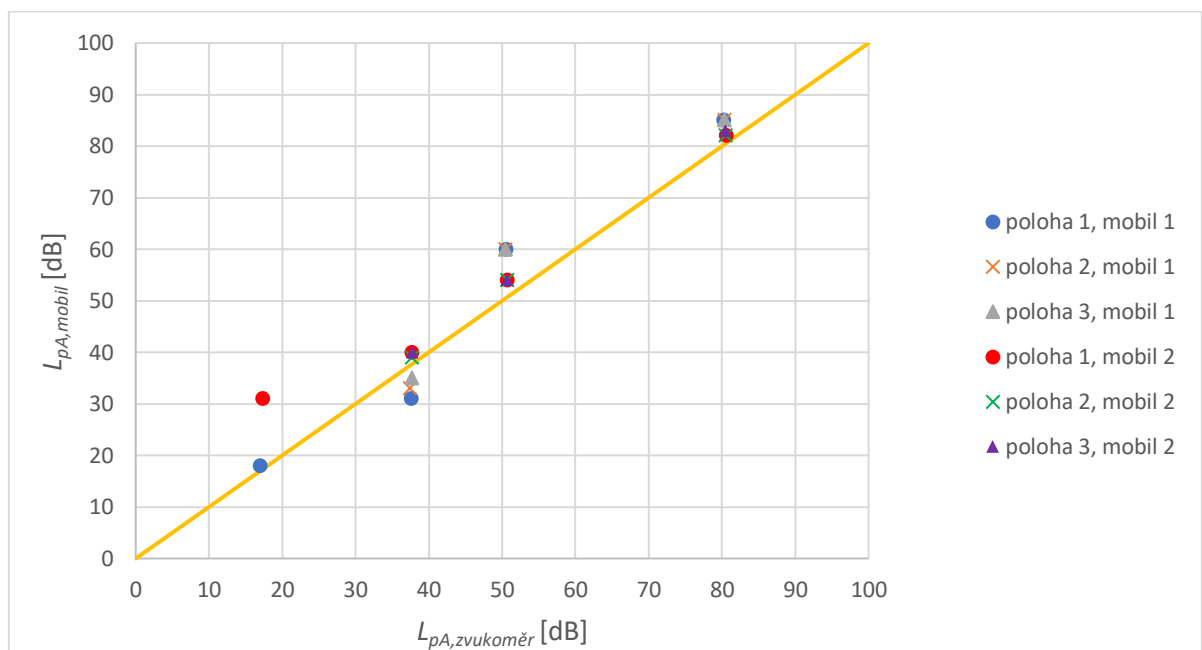
Zvukoměr; Splend Apps

Tab. 5.3 – Naměřená data z aplikace Zvukoměr; Splend Apps z obou mobilů

| | Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|----------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | 18 | 31 | 60 | 85 | 31 | 40 | 54 | 82 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | 17 | 37,6 | 50,6 | 80,3 | 17,4 | 37,7 | 50,7 | 80,6 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 33 | 60 | 85 | - | 39 | 54 | 82 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,5 | 50,5 | 80,4 | - | 37,7 | 50,7 | 80,5 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 35 | 60 | 85 | - | 40 | 54 | 83 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,7 | 50,5 | 80,4 | - | 37,8 | 50,7 | 80,5 |

Tab. 5.4 – Tabulka odchylek pro aplikaci Zvukoměr; Splend Apps pro oba mobily

| Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | 1,0 | -6,6 | 9,4 | 4,7 | 13,6 | 2,3 | 3,3 | 1,4 |
| Poloha 2 | - | -4,5 | 9,5 | 4,6 | - | 1,3 | 3,3 | 1,5 |
| Poloha 3 | - | -2,7 | 9,5 | 4,6 | - | 2,2 | 3,3 | 2,5 |

Obr. 5.2 – Data vynesena jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Zvukoměr; Splend Apps z obou mobilů

Tato aplikace zobrazovala pouze celočíselné hodnoty. Měření bylo přesné pouze pro pozadí, pro $L_{pA,ref} = 38 \text{ dB}$ byly hodnoty nižší než hodnoty naměřené zvukoměrem, dále se zde projevila výrazná závislost na poloze mobilu, ale v opačné posloupnosti, než bylo předpokládáno. Pro referenční hodnotu 50 dB byly naměřené hodnoty vyšší než ty ze zvukoměru a odchylka byla největší. Pro 80 dB byla odchylka stále kladná. Pro tato dvě nastavení se neprojevila závislost na poloze. Měření pozadí mobilem 2 bylo nepřesné, vysoká kladná odchylka mohla být způsobena vnitřním hlukem mobilu. Měření pro zbylá nastavení hladin akustického tlaku A byla přesná, závislost na poloze mobilu se projevila pouze pro hladinu 80 dB . Měření touto aplikací je přesné pouze pro některé mobily pro všechny referenční hladiny, kromě velmi nízkých hodnot.

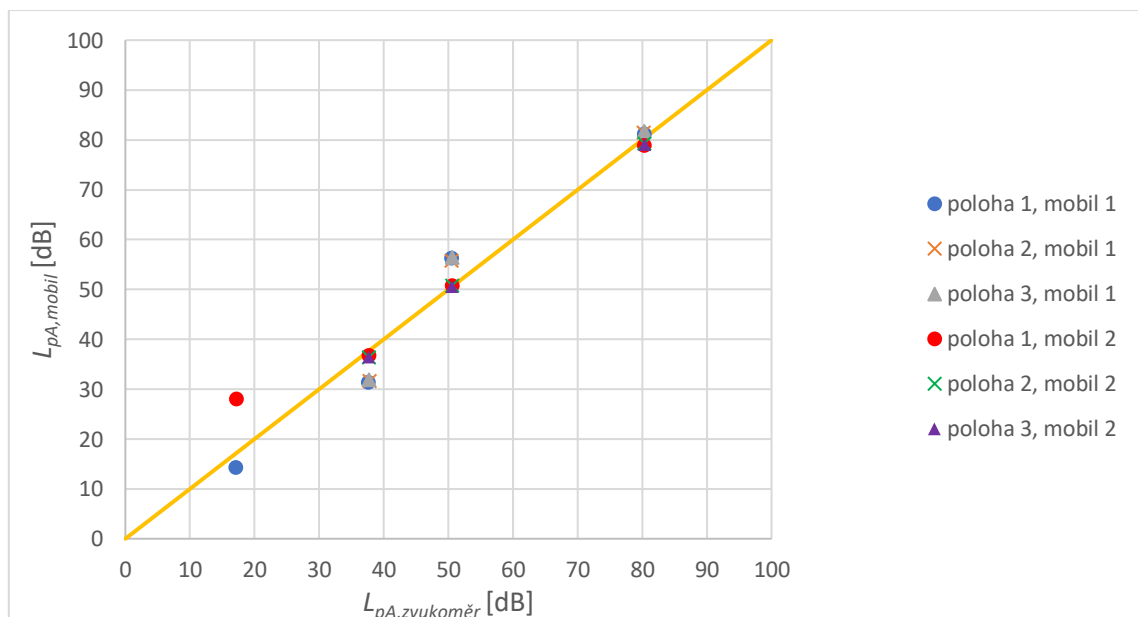
Zvukoměr-dB metr, SPL metr; KTW Apps

Tab. 5.5 – Naměřená data z aplikace Zvukoměr-dB metr, SPL; metr KTW Apps z obou mobilů

| | Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|----------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | 14,3 | 31,4 | 56,3 | 81,2 | 28 | 36,7 | 50,8 | 78,9 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | 17,1 | 37,6 | 50,5 | 80,4 | 17,2 | 37,7 | 50,6 | 80,4 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 31,6 | 55,8 | 81,4 | - | 36,3 | 50,8 | 79,2 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,8 | 50,5 | 80,3 | - | 37,7 | 50,6 | 80,4 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 31,9 | 56,4 | 81,7 | - | 36,4 | 50,6 | 79,1 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,7 | 50,6 | 80,4 | - | 37,7 | 50,6 | 80,4 |

Tab. 5.6 – Tabulka odchylek pro aplikaci Zvukoměr-dB metr, SPL; metr KTW Apps pro oba mobily

| Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | -2,8 | -6,2 | 5,8 | 0,8 | 10,8 | -1,0 | 0,2 | -1,5 |
| Poloha 2 | - | -6,2 | 5,3 | 1,1 | - | -1,4 | 0,2 | -1,2 |
| Poloha 3 | - | -5,8 | 5,8 | 1,3 | - | -1,3 | 0,0 | -1,3 |

Obr. 5.3 – Data vynesena jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Zvukoměr-dB metr, SPL; metr KTW Apps z obou mobilů

Měření mobilem 2 pro tuto aplikaci bylo přesné pro všechny referenční hladiny akustického tlaku A s odchylkou od teoreticky přesných hodnot ne větší než 1,5 dB. Výjimkou bylo měření pozadí, kde byla naměřena hodnota vyšší o více než 10 dB, to

mohlo být způsobeno zaznamenáním vnitřního hluku mobilu. Měření mobilem 1 bylo nepřesné pro referenční hladiny 38 dB, kde odchylka byla záporná, a 50 dB, kde byla odchylka naopak kladná. Pro hladinu 80 dB bylo měření přesné. Pro hladiny 38 dB a 80 dB se projevila závislost na poloze mobilu, ale změna hodnot byla malá a mohlo se jednat pouze o chybu přístroje. Aplikace je přesná pro všechny referenční hladiny kromě pozadí ale pouze pro některé mobily.

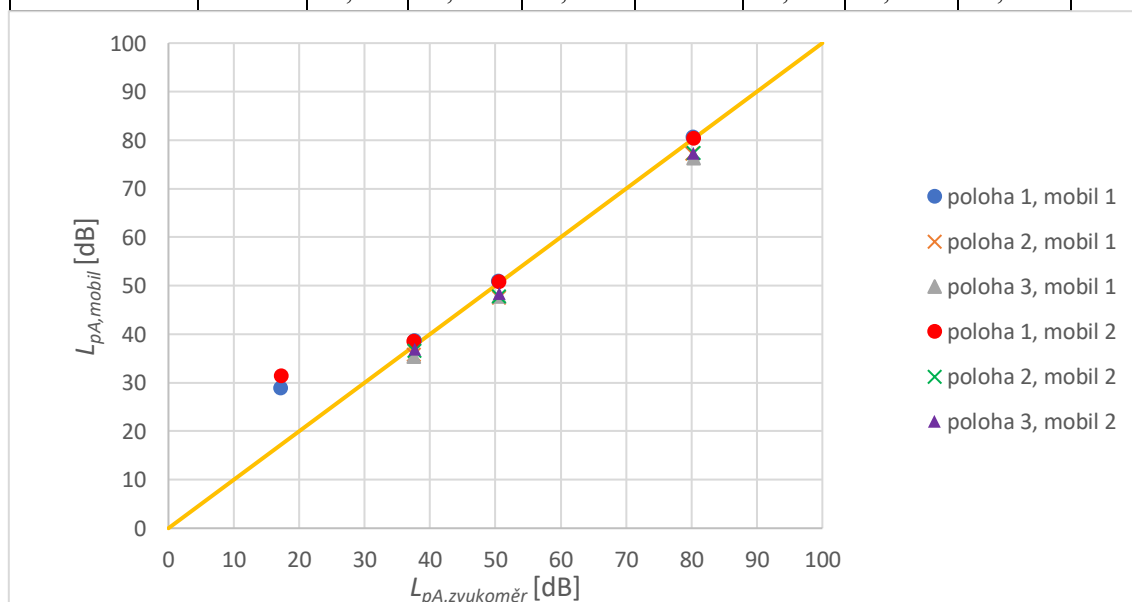
Decibel X-Pro Sound Meter; SkyPaw Co., Ltd

Tab. 5.7 – Naměřená data z aplikace Decibel X-Pro Sound Meter; SkyPaw Co., Ltd z obou mobilů

| | Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|----------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | 29 | 38,7 | 51,0 | 80,7 | 31,5 | 38,6 | 50,9 | 80,5 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | 17,2 | 37,7 | 50,5 | 80,3 | 17,3 | 37,6 | 50,6 | 80,4 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 35,8 | 47,6 | 77,3 | - | 36,6 | 47,9 | 77,4 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,6 | 50,6 | 80,2 | - | 37,7 | 50,6 | 80,4 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 35,5 | 47,8 | 76,4 | - | 37,0 | 48,4 | 77,4 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,6 | 50,6 | 80,4 | - | 37,7 | 50,6 | 80,3 |

Tab. 5.8 – Tabulka odchylek pro aplikaci Decibel X-Pro Sound Meter; SkyPaw Co., Ltd pro oba mobily

| | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|----------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | 11,8 | 1,0 | 0,5 | 0,4 | 14,2 | 1,0 | 0,3 | 0,1 |
| Poloha 2 | - | -1,8 | -3,0 | -2,9 | - | -1,1 | -2,7 | -3,0 |
| Poloha 3 | - | -2,1 | -2,8 | -4,0 | - | -0,7 | -2,2 | -2,9 |



Obr. 5.4 – Data vynesena jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Decibel X-Pro Sound Meter; SkyPaw Co., Ltd z obou mobilů

Tato aplikace měřila velmi přesně pro oba mobily pro polohu 1, na všech referenčních hladinách nebyl rozdíl mezi hodnotou změřenou mobilem a zvukoměrem větší než 1 dB. Dále byla u všech referenčních hladin pro oba mobily výrazná závislost měřené hladiny akustického tlaku A na poloze mobilu, čím méně příznivá poloha pro měření, tím více hodnota klesla, jak bylo očekáváno, výjimku bylo měření pro mobil 2 pro referenční hladinu 38 dB. Pro některá nastavení se naměřená hodnota v poloze 3 přiblížila přesné hodnotě oproti poloze 2, to mohlo být způsobeno chybou přístroje nebo zaznamenáním vibrací z lidského těla. Naměřený hluk pozadí je pro oba mobily výrazně vyšší než přesná hodnota. Mohlo to být způsobeno zaznamenáním vnitřního hluku zařízení na obou mobilech.

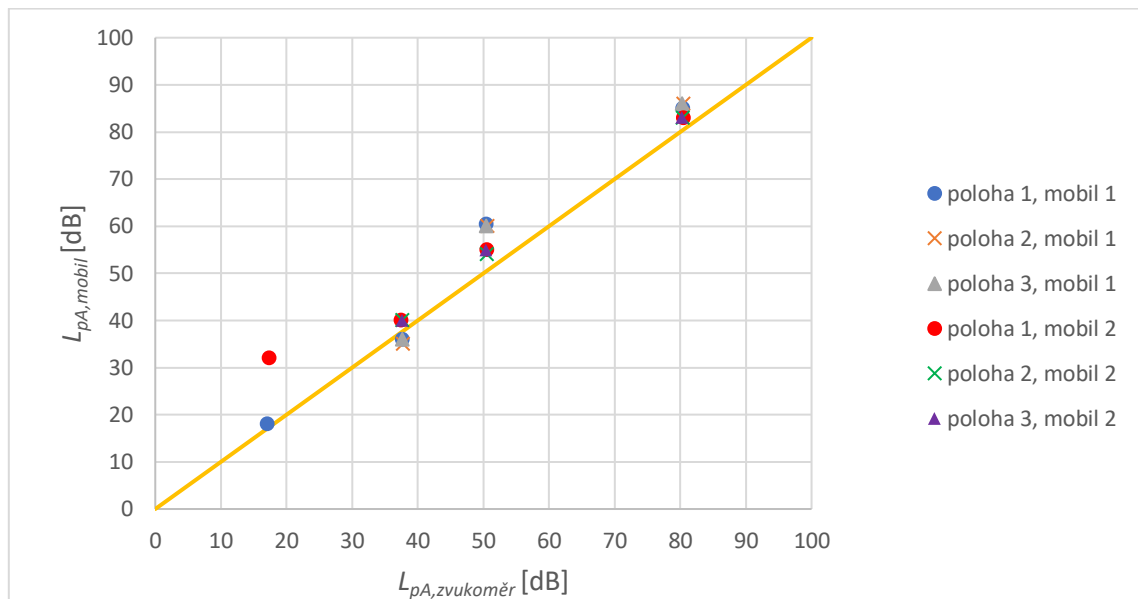
Zvukoměr; Coolexp

Tab. 5.9 – Naměřená data z aplikace Zvukoměr; Coolexp z obou mobilů

| | Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|----------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil} [dB]$ | 18 | 36 | 60,5 | 85 | 32 | 40 | 55 | 83 |
| | $L_{pA,zvukoměr} [dB]$ | 17,1 | 37,7 | 50,5 | 80,4 | 17,4 | 37,5 | 50,6 | 80,5 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil} [dB]$ | - | 35 | 60 | 86 | - | 40 | 54 | 83 |
| | $L_{pA,zvukoměr} [dB]$ | - | 37,8 | 50,7 | 80,5 | - | 37,7 | 50,6 | 80,4 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil} [dB]$ | - | 36 | 60 | 86 | - | 40 | 55 | 83 |
| | $L_{pA,zvukoměr} [dB]$ | - | 37,7 | 50,5 | 80,3 | - | 37,6 | 50,4 | 80,3 |

Tab. 5.10 – Tabulka odchylek pro aplikaci Zvukoměr; Coolexp pro oba mobily

| Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | 0,9 | -1,7 | 10,0 | 4,6 | 14,6 | 2,5 | 4,4 | 2,5 |
| Poloha 2 | - | -2,8 | 9,3 | 5,5 | - | 2,3 | 3,4 | 2,6 |
| Poloha 3 | - | -1,7 | 9,5 | 5,7 | - | 2,4 | 4,6 | 2,7 |



Obr. 5.5 – Data vynesená jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Zvukoměr; Coolexp z obou mobilů

Aplikace zobrazovala pouze celočíselné hodnoty. Měření pozadí a referenční hladiny akustického tlaku A 38 dB mobilem 1 bylo přesné, kromě polohy 2, kde odchylka vzrostla o více než 1 dB, to mohlo být způsobeno zobrazováním pouze celočíselných hodnot, kde pokles o jednu desetinu může znamenat v zobrazované hodnotě skok o celý decibel. Pro zbylé dvě referenční hladiny bylo měření nepřesné a s největší odchylkou pro hladinu 50 dB. Pro měření mobilem 2 pro referenční hladiny 38 dB a 80 dB bylo měření málo přesné a pro 50 dB nepřesné. Pro pozadí bylo měření velmi nepřesné, kde opět mohlo dojít k zaznamenání vnitřního hluku. Pro žádnou referenční hladinu akustického tlaku A nebyla patrná závislost na poloze mobilu.

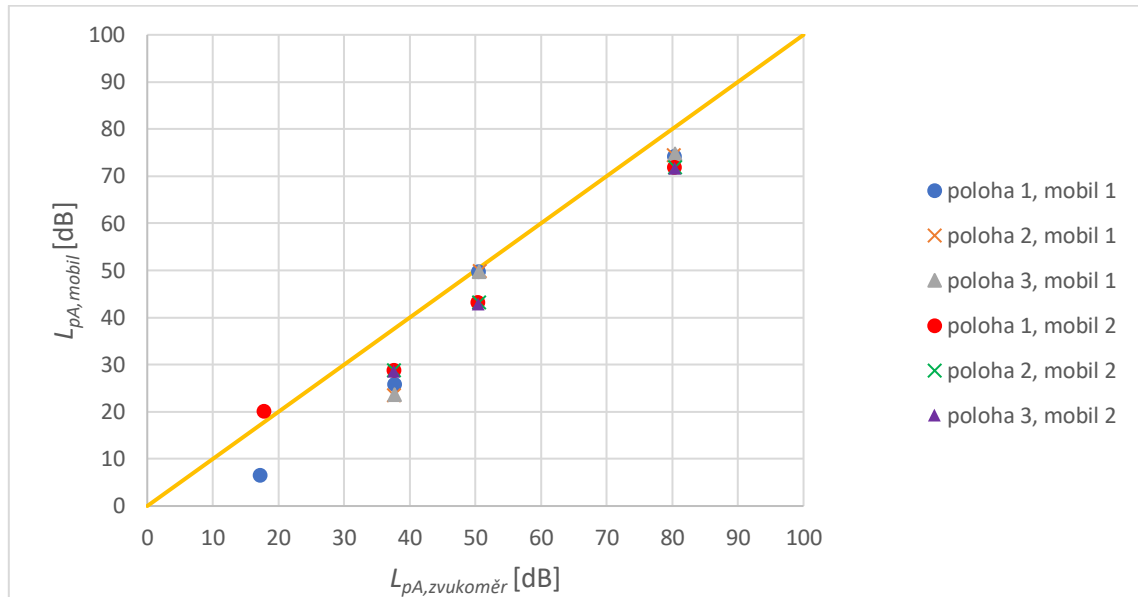
Sound Meter – Decibel; melon soft

Tab. 5.11 – Naměřená data z aplikace Sound Meter -Decibel; melon soft z obou mobilů

| | Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|----------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | 6,4 | 25,7 | 49,7 | 74,1 | 20 | 28,7 | 43,1 | 71,8 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | 17,2 | 37,7 | 50,5 | 80,4 | 17,8 | 37,6 | 50,4 | 80,4 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 23,5 | 49,8 | 74,4 | - | 28,8 | 43,2 | 71,8 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,6 | 50,7 | 80,3 | - | 37,6 | 50,6 | 80,5 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 23,6 | 49,7 | 74,6 | - | 28,6 | 42,8 | 71,6 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,7 | 50,6 | 80,5 | - | 37,6 | 50,5 | 80,4 |

Tab. 5.12 – Tabulka odchylek pro aplikaci Sound Meter -Decibel; melon soft pro oba mobily

| Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | -10,8 | -12,0 | -0,8 | -6,3 | 2,2 | -8,9 | -7,3 | -8,6 |
| Poloha 2 | - | -14,1 | -0,9 | -5,9 | - | -8,8 | -7,4 | -8,7 |
| Poloha 3 | - | -14,1 | -0,9 | -5,9 | - | -9,0 | -7,7 | -8,8 |

Obr. 5.6 – Data vynesena jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Sound Meter - Decibel; melon soft z obou mobilů

Měření mobilem 1 pro všechny referenční hladiny bylo nepřesné, s největší odchylkou pro $L_{pA,ref} = 38 \text{ dB}$, pro tuto hodnotu byla patrná závislost na poloze mobilu. Výjimkou bylo měření pro hladinu akustického tlaku A 50 dB , kde odchylka nepřesáhla jeden decibel. Měření pro všechna nastavení, kromě pozadí, byla pro mobil 2 nepřesná, všechny odchylky byly v rozmezí $7 - 9 \text{ dB}$, proto se mohlo jednat o chybu posunutě nuly. Pro měření mobilem 2 se neprojevila závislost na poloze mobilu. Tato aplikace je použitelná pouze v okolí $L_{pA} = 50 \text{ dB}$ a to pouze pro některé mobily.

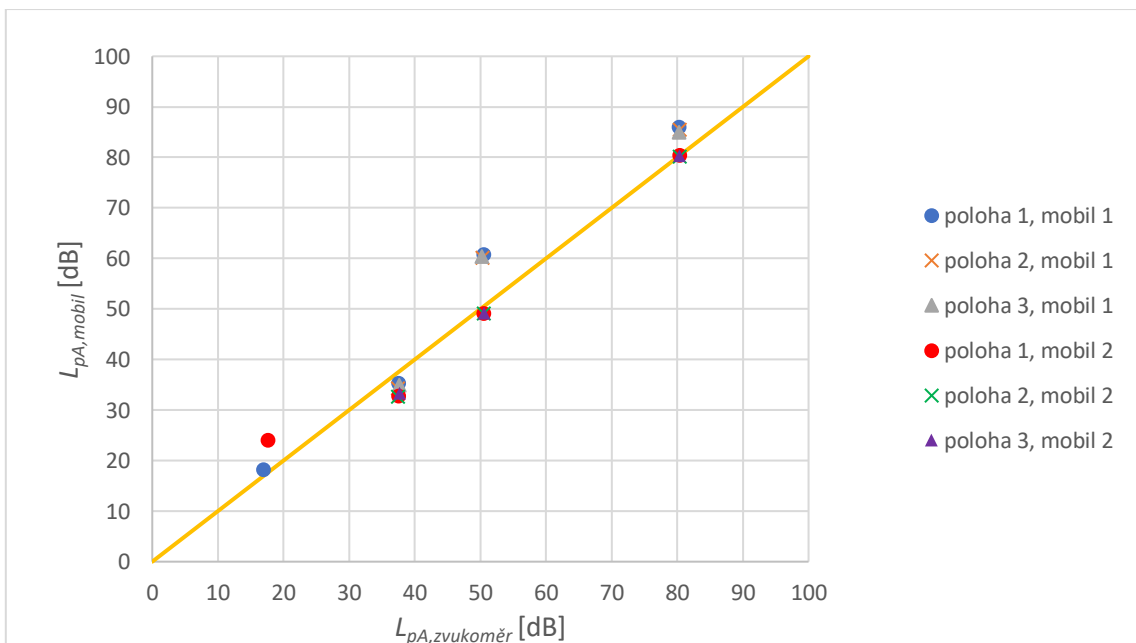
Zvukoměr: Sound Meter; Smart Tools co.

Tab. 5.13 – Naměřená data z aplikace Zvukoměr: Sound Meter; Smart Tools co. z obou mobilů

| | | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| Ref. hladina | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | 18,2 | 35,3 | 60,8 | 86,0 | 24,0 | 32,8 | 49,1 | 80,4 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | 17,0 | 37,6 | 50,5 | 80,3 | 17,7 | 37,6 | 50,6 | 80,4 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 34,3 | 60,1 | 85,4 | - | 32,6 | 49,1 | 80,1 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,5 | 50,4 | 80,4 | - | 37,5 | 50,6 | 80,4 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 34,9 | 60,3 | 85,0 | - | 33,3 | 49,2 | 80,3 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,7 | 50,3 | 80,3 | - | 37,7 | 50,6 | 80,4 |

Tab. 5.14 – Tabulka odchylek pro aplikaci Zvukoměr: Sound Meter; Smart Tools co. pro oba mobily

| | | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|--|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| Ref. hladina | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | | 1,2 | -2,3 | 10,3 | 5,7 | 6,3 | -4,8 | -1,5 | 0,0 |
| Poloha 2 | | - | -3,2 | 9,7 | 5,0 | - | -4,9 | -1,5 | -0,3 |
| Poloha 3 | | - | -2,8 | 10,0 | 4,7 | - | -4,4 | -1,4 | -0,1 |

Obr. 5.7 – Data vynesena jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Zvukoměr: Sound Meter; Smart Tools co. z obou mobilů

Měření pozadí mobilem 1 bylo přesné, pro referenční hladinu akustického tlaku A 38 dB bylo měření málo přesné, pro hladinu 50 dB bylo měření velmi nepřesné, s největší odchylkou, a pro $L_{pA,ref} = 80$ dB bylo měření nepřesné. Závislost naměřené hladiny na poloze mobilu je patrná pro referenční hladiny 38 dB, kde se ale naměřená hodnota v poloze 3 přiblížila přesné hodnotě oproti poloze 2. Měření pozadí a referenční hladiny 38 dB pro mobil 2 bylo nepřesné. Pro referenční hladinu akustického tlaku A 50 dB bylo měření přesné a pro hladinu 80 dB bylo měření velmi přesné, s odchylkou menší než půl decibelu. Pro žádné nastavení referenční hodnoty nebyla patrná závislost na poloze mobilu.

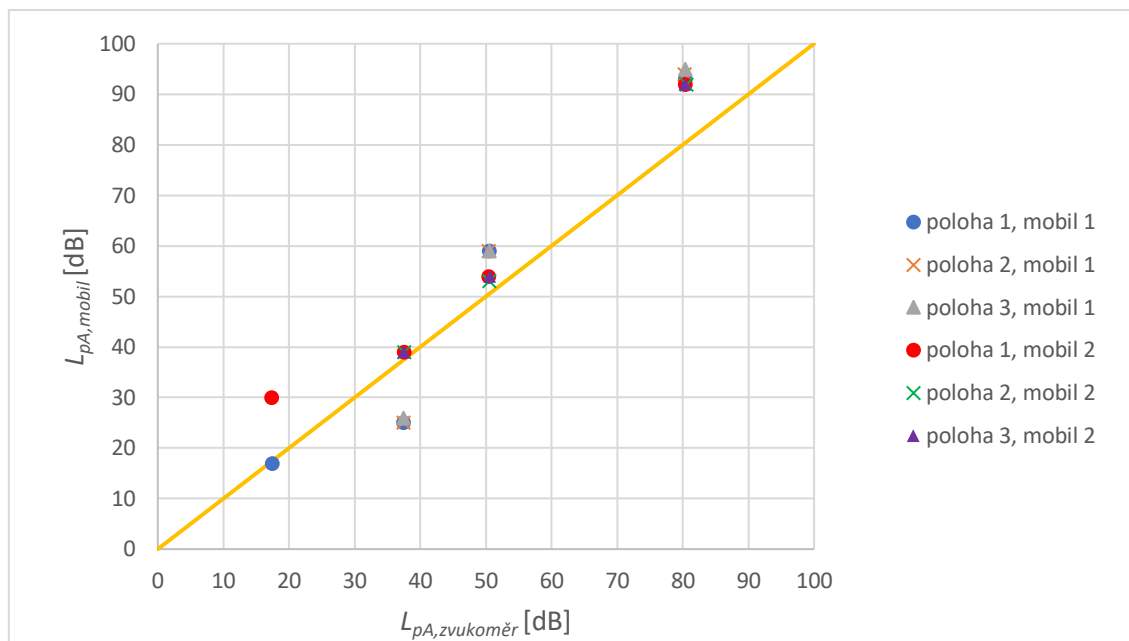
Decibel & šum detektoru; Tools Dev

5.15 – Naměřená data z aplikace Decibel & šum detektoru; Tools Dev z obou mobilů

| | | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| Ref. hladina | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | 17,0 | 25,0 | 59,0 | 93,0 | 30,0 | 39,0 | 54,0 | 92,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | 17,5 | 37,5 | 50,5 | 80,4 | 17,4 | 37,6 | 50,5 | 80,4 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 25,0 | 59,0 | 94,0 | - | 39,0 | 53,0 | 92,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,5 | 50,5 | 80,3 | - | 37,6 | 50,6 | 80,6 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 26,0 | 59,0 | 95,0 | - | 39,0 | 54,0 | 92,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,5 | 50,6 | 80,4 | - | 37,5 | 50,6 | 80,4 |

Tab. 5.16 – Tabulka odchylek pro aplikaci Decibel & šum detektoru; Tools Dev pro oba mobily

| | | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|--------|---------|-------|-------|--------|---------|-------|-------|--|
| Ref. hladina | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | |
| Poloha 1 | -0,5 | -12,5 | 8,5 | 12,6 | 12,6 | 1,4 | 3,5 | 11,6 | |
| Poloha 2 | - | -12,5 | 8,5 | 13,7 | - | 1,4 | 2,4 | 11,4 | |
| Poloha 3 | - | -11,5 | 8,4 | 14,6 | - | 1,5 | 3,4 | 11,6 | |



Obr. 5.8 – Data vynesena jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Decibel & šum detektoru; Tools Dev z obou mobilů

Tato aplikace zobrazovala pouze celočíselné hodnoty. Měření pozadí mobilem 2 bylo velmi nepřesné, mohlo to být způsobené zaznamenáním vnitřního hluku mobilu. Pro referenční hladinu 38 dB bylo měření přesné, pro $L_{pA,ref} = 50$ dB bylo měření málo přesné a pro hladinu 80 dB bylo měření velmi nepřesné, vzhledem k postupně narůstající odchylce mohlo jít o multiplikativní chybě. Měření pozadí mobilem 1 bylo přesné, zbylá měření byla nepřesná a odchylka přecházela z výrazně záporných hodnot do výrazně kladných v závislosti na zvyšující se měřené hladině akustického tlaku A. Pro referenční hladinu 80 dB se projevila závislost naměřené hodnoty na poloze mobilu, ale v opačném směru, než bylo očekáváno. Tato aplikace je vhodná pouze pro některé mobily a pouze pro ne příliš vysoké hladiny akustického tlaku A.

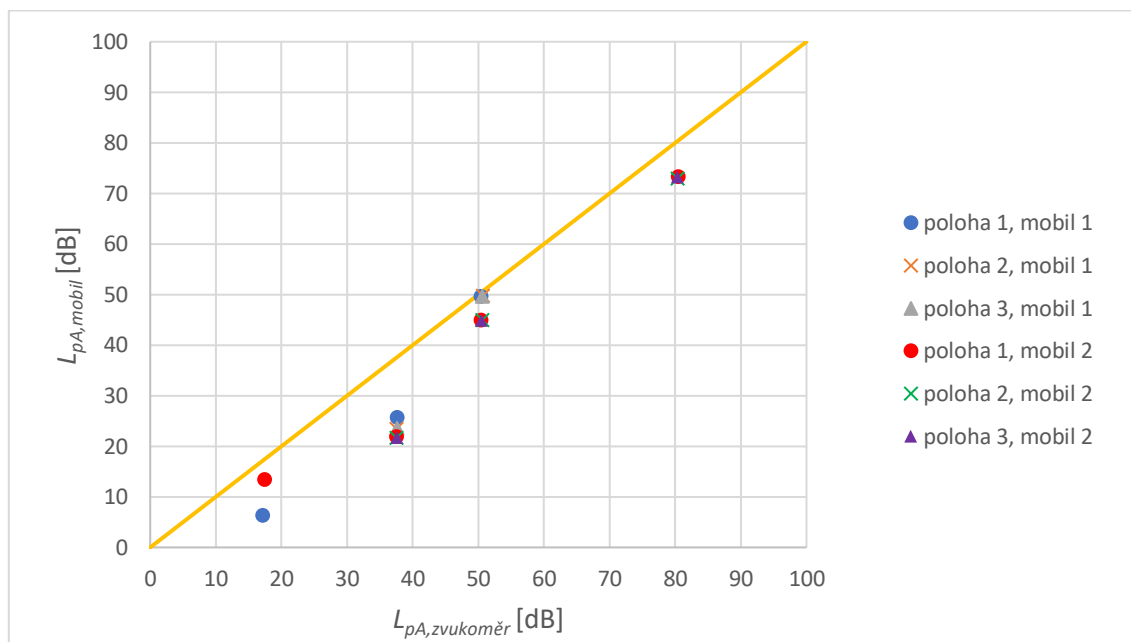
Sound Meter; CANBRIDGE TECH LTD.

5.17 – Naměřená data z aplikace Sound Meter; CANBRIDGE TECH LTD. z obou mobilů

| | Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|----------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | 6,4 | 25,7 | 49,7 | 74,1 | 13,5 | 21,9 | 45,0 | 73,3 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | 17,2 | 37,7 | 50,5 | 80,4 | 17,5 | 37,6 | 50,5 | 80,5 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 23,5 | 49,8 | 74,4 | - | 21,7 | 45,0 | 73,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,6 | 50,7 | 80,3 | - | 37,6 | 50,6 | 80,4 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 23,6 | 49,7 | 74,6 | - | 21,8 | 44,9 | 73,3 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,7 | 50,6 | 80,5 | - | 37,6 | 50,5 | 80,4 |

Tab. 5.18 – Tabulka odchylek pro aplikaci Sound Meter; CANBRIDGE TECH LTD. pro oba mobily

| Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | -10,8 | -12,0 | -0,8 | -6,3 | -4,0 | -15,7 | -5,5 | -7,2 |
| Poloha 2 | - | -14,1 | -0,9 | -5,9 | - | -15,9 | -5,6 | -7,4 |
| Poloha 3 | - | -14,1 | -0,9 | -5,9 | - | -15,8 | -5,6 | -7,1 |

Obr. 5.9 – Data vynesená jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Sound Meter; CANBRIDGE TECH LTD. z obou mobilů

Měření pozadí mobilem 1 bylo velmi nepřesné. Pro referenční hladinu 38 dB bylo měření velmi nepřesné, zde se projevila závislost na poloze mobilu, ale naměřená hodnota v poloze 2 a 3 byla stejná, mohlo se jednat o chybu přístroje. Pro referenční hladinu akustického tlaku A 50 dB bylo měření přesné s odchylkou menší než jeden decibel, pro $L_{pA,ref} = 80 \text{ dB}$ bylo měření opět nepřesné. Pro referenční hladiny pozadí, 50 dB a 80 dB byla měření pro mobil 2 nepřesná, pro hladinu 38 dB bylo měření velmi nepřesné. Zde se mohlo jednat o chybu posunutí nuly, a přesto pro hladinu 38 dB bylo měření stále nepřesné. Pro žádné nastavení nedochází k projevu závislosti na poloze mobilu. Aplikace je nevhodná pro měření nízkých hladin akustického tlaku.

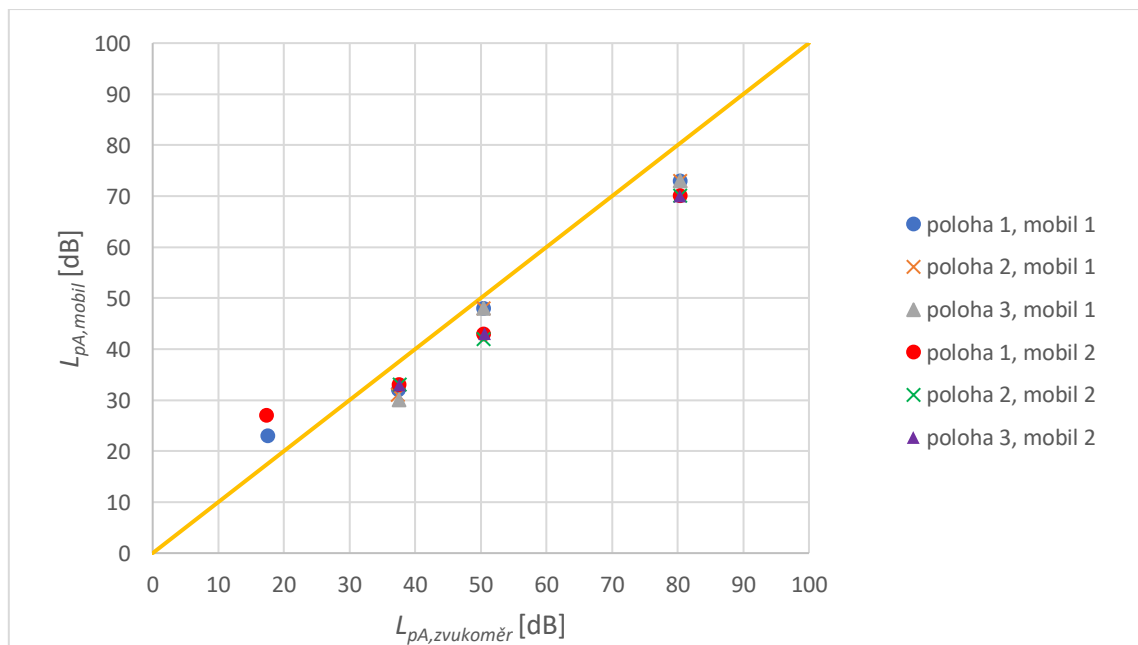
Decibel Meter-Sound Meter; Mobilation

5.20 – Naměřená data z aplikace Decibel Meter-Sound Meter; Mobilation z obou mobilů

| 19 | | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|----------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | Ref. hladina | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil} [dB]$ | 23,0 | 32,0 | 48,2 | 73,0 | 27,0 | 33,0 | 43,0 | 70,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr} [dB]$ | 17,6 | 37,5 | 50,5 | 80,4 | 17,4 | 37,6 | 50,5 | 80,4 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil} [dB]$ | - | 31,0 | 48,0 | 73,0 | - | 33,0 | 42,0 | 70,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr} [dB]$ | - | 37,4 | 50,5 | 80,4 | - | 37,7 | 50,5 | 80,4 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil} [dB]$ | - | 30,0 | 48,0 | 73,0 | - | 33,0 | 43,0 | 70,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr} [dB]$ | - | 37,6 | 50,5 | 80,4 | - | 37,6 | 50,6 | 80,4 |

Tab. 5.20 – Tabulka odchylek pro aplikaci Decibel Meter-Sound Meter; Mobilation pro oba mobily

| | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| Ref. hladina | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | 5,4 | -5,5 | -2,5 | -7,4 | 9,6 | -4,6 | -7,5 | -10,4 |
| Poloha 2 | - | -6,4 | -2,5 | -7,4 | - | -4,7 | -8,5 | -10,4 |
| Poloha 3 | - | -7,6 | -2,5 | -7,4 | - | -4,6 | -7,6 | -10,4 |

Obr. 5.10 – Data vynesena jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Decibel Meter-Sound Meter; Mobilation z obou mobilů

Tato aplikace zobrazovala pouze celočíselné hodnoty. Pro všechny referenční hladiny akustického tlaku A byla všechna měření pro mobil 1 nepřesná, výjimkou byla hladina 50 dB, kde měření bylo málo přesné. Zde se mohlo jednat o chybu posunutě nuly a pro hladinu $L_{pA,ref} = 38 \text{ dB}$ se projevila závislost na poloze mobilu. Pro hladinu pozadí bylo měření mobilem 2 velmi nepřesné, pro referenční hladiny 38 dB a 50 dB bylo měření nepřesné a pro poslední hladinu 80 dB bylo měření velmi nepřesné. Vzhledem k postupně narůstající odchylce mohlo jít o multiplikativní chybu. Pro $L_{pA,ref} = 50 \text{ dB}$ došlo k poklesu naměřené hladiny o decibel, to mohlo být způsobeno zobrazováním pouze celočíselných hodnot, kde pokles o jednu desetinu může znamenat v zobrazované hodnotě skok o celý decibel.

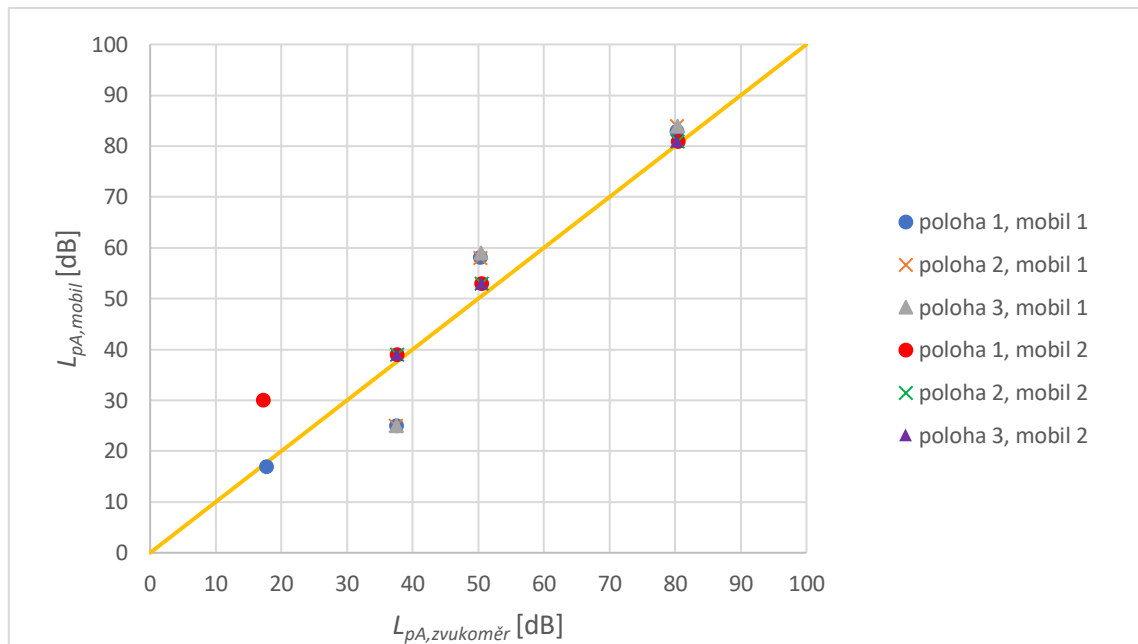
Sound Meter Decibel; Sweetvrn

5.21 – Naměřená data z aplikace Sound Meter Decibel; Sweetvrn z obou mobilů

| | Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|----------|--------------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil} \text{ [dB]}$ | 17,0 | 25,0 | 58,2 | 83,0 | 30,0 | 39,0 | 53,0 | 81,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr} \text{ [dB]}$ | 17,8 | 37,6 | 50,4 | 80,3 | 17,3 | 37,7 | 50,6 | 80,5 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil} \text{ [dB]}$ | - | 25,0 | 58,0 | 84,0 | - | 39,0 | 53,0 | 81,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr} \text{ [dB]}$ | - | 37,5 | 50,4 | 80,3 | - | 37,7 | 50,6 | 80,4 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil} \text{ [dB]}$ | - | 25,0 | 59,0 | 84,0 | - | 39,0 | 53,0 | 81,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr} \text{ [dB]}$ | - | 37,6 | 50,5 | 80,4 | - | 37,6 | 50,5 | 80,3 |

Tab. 5.22 – Tabulka odchylek pro aplikaci Sound Meter Decibel; Sweetvrn pro oba mobily

| Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | -0,8 | -12,6 | 7,8 | 2,7 | 12,7 | 1,3 | 2,4 | 0,5 |
| Poloha 2 | - | -12,5 | 7,6 | 3,7 | - | 1,3 | 2,4 | 0,6 |
| Poloha 3 | - | -12,6 | 8,5 | 3,6 | - | 1,4 | 2,5 | 0,7 |



Obr. 5.11 – Data vynesena jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Sound Meter Decibel; Sweetvrn z obou mobilů

Aplikace zobrazovala pouze celočíselné hodnoty. Měření hluku pozadí bylo přesné, pro referenční hladiny akustického tlaku A 38 dB a 50 dB bylo měření nepřesné a pro hladinu 80 dB bylo měření málo přesné. Posuzovat vliv polohy mobilu na naměřené hodnoty je pro tuto aplikaci obtížné, protože aplikace zobrazovala pouze celočíselné hodnoty a pokles o jednu desetinu může znamenat v zobrazované hodnotě skok o celý decibel. Měření mobilem 2 bylo přesné, s výjimkou měření hluku pozadí, u kterého mohlo dojít opět k zaznamenání vnitřního hluku pozadí. Pro žádná měření se neprojevila závislost naměřených hodnot na poloze mobilu. Tato aplikace by mohla být vhodná pro některé mobily s výjimkou měření hodně nízkých hodnot, ale pro jiné mobily je zřejmě úplně nevhodná.

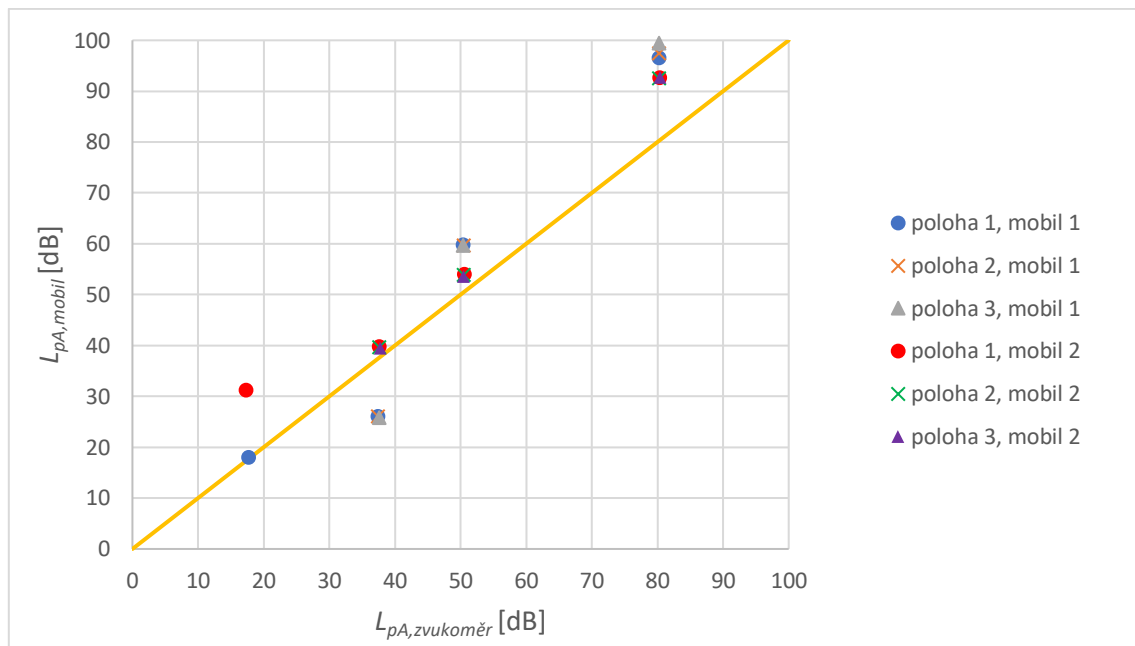
Zvukoměr; KUCO Apps

5.23 – Naměřená data z aplikace Zvukoměr; KUCO Apps z obou mobilů

| | Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|----------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | 18,0 | 26,1 | 59,8 | 96,5 | 31,2 | 39,8 | 54,0 | 92,6 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | 17,7 | 37,5 | 50,5 | 80,3 | 17,4 | 37,6 | 50,6 | 80,4 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 26,1 | 59,7 | 97,5 | - | 39,7 | 53,9 | 92,5 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,5 | 50,5 | 80,3 | - | 37,6 | 50,5 | 80,3 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 25,8 | 59,7 | 99,4 | - | 39,5 | 53,6 | 92,7 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,6 | 50,4 | 80,3 | - | 37,8 | 50,5 | 80,4 |

Tab. 5.24 – Tabulka odchylek pro aplikaci Zvukoměr; KUCO Apps pro oba mobily

| Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | 0,3 | -11,4 | 9,3 | 16,2 | 13,8 | 2,2 | 3,4 | 12,2 |
| Poloha 2 | - | -11,4 | 9,2 | 17,2 | - | 2,1 | 3,4 | 12,2 |
| Poloha 3 | - | -11,8 | 9,3 | 19,1 | - | 1,7 | 3,1 | 12,3 |

Obr. 5.12 – Data vynesena jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Zvukoměr; KUCO Apps z obou mobilů

Měření hluku pozadí mobilem 1 bylo velmi přesné, pro ostatní referenční hladiny bylo měření velmi nepřesné, nebylo to způsobené chybou posunutí nuly, protože pro $L_{pA,ref} = 38 \text{ dB}$ byla odchylka záporná a pro ostatní hladiny byla kladná. Závislost naměřených hodnot na poloze mobilu se projevila pouze pro referenční hladinu 80 dB , kde měřená hladina akustického tlaku se změnou polohy roste na rozdíl od očekávání. Měření pozadí a referenční hladiny 80 dB pro mobil 2 bylo velmi nepřesné, pro $L_{pA,ref} = 38 \text{ dB}$, respektive $L_{pA,ref} = 50 \text{ dB}$ bylo měření přesné, respektive málo přesné. Pro žádné nastavení měření mobilem 2 se neprojevila výrazná závislost naměřených hodnot na poloze mobilu. Aplikace je vhodná pouze pro některé mobily, a to nikoliv pro měření vysokých a hodně nízkých hladin akustického tlaku A.

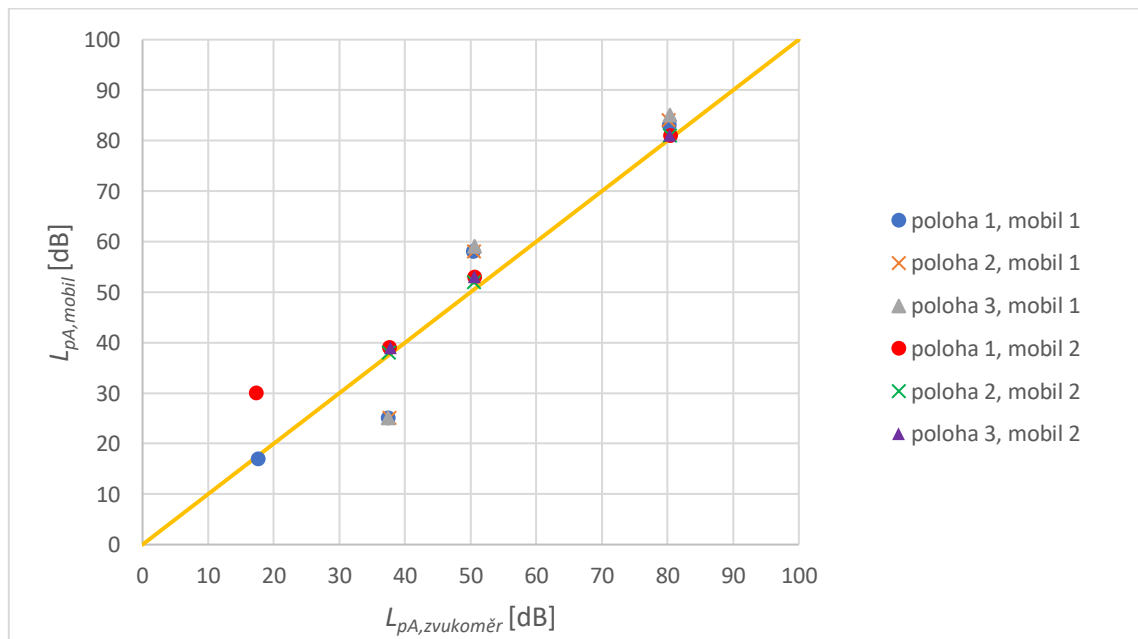
Měřič zvuku; Pony Inc.

5.25 – Naměřená data z aplikace Měřič zvuku; Pony Inc. z obou mobilů

| | | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| Ref. hladina | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | 17,0 | 25,0 | 58,0 | 83,0 | 30,0 | 39,0 | 53,0 | 81,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | 17,7 | 37,5 | 50,5 | 80,3 | 17,4 | 37,7 | 50,6 | 80,5 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 25,0 | 58,0 | 84,0 | - | 38,0 | 52,0 | 81,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,7 | 50,5 | 80,2 | - | 37,6 | 50,5 | 80,4 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil}$ [dB] | - | 25,0 | 59,0 | 85,0 | - | 39,0 | 53,0 | 81,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | - | 37,5 | 50,6 | 80,4 | - | 37,8 | 50,6 | 80,4 |

Tab. 5.26 – Tabulka odchylek pro aplikaci Měřič zvuku; Pony Inc. pro oba mobily

| | | Mobil 1 | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|--------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| Ref. hladina | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | -0,7 | -12,5 | 7,5 | 2,7 | 12,6 | 1,3 | 2,4 | 0,5 |
| Poloha 2 | - | -12,7 | 7,5 | 3,8 | - | 0,4 | 1,5 | 0,6 |
| Poloha 3 | - | -12,5 | 8,4 | 4,6 | - | 1,2 | 2,4 | 0,6 |

Obr. 5.13 – Data vynesena jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Měřič zvuku; Pony Inc. z obou mobilů

Aplikace zobrazovala pouze celočíselné hodnoty. Měření hluku pozadí mobilem 1 bylo přesné, pro referenční hladinu 38 dB, respektive 50 dB bylo měření velmi nepřesné,

respektive nepřesné a pro 80 dB byly naměřené hodnoty málo přesné, rovněž se zde projevila závislost hodnot na poloze mobilu, ale v opačném směru, než bylo předpokládáno. Měření mobilem 2 bylo přesné pro všechny referenční hladiny akustického tlaku A, s výjimkou měření hluku pozadí, které bylo nepřesné. Pro žádné nastavení se neprojevila závislost naměřených hodnot na poloze mobilu, ale pro dvě referenční hladiny došlo v poloze 2 k poklesu naměřené hodnoty mobilem o jeden decibel, to mohlo být způsobeno zobrazováním pouze celočíselných hodnot, kde pokles o jednu desetinu může znamenat v zobrazované hodnotě skok o celý decibel.

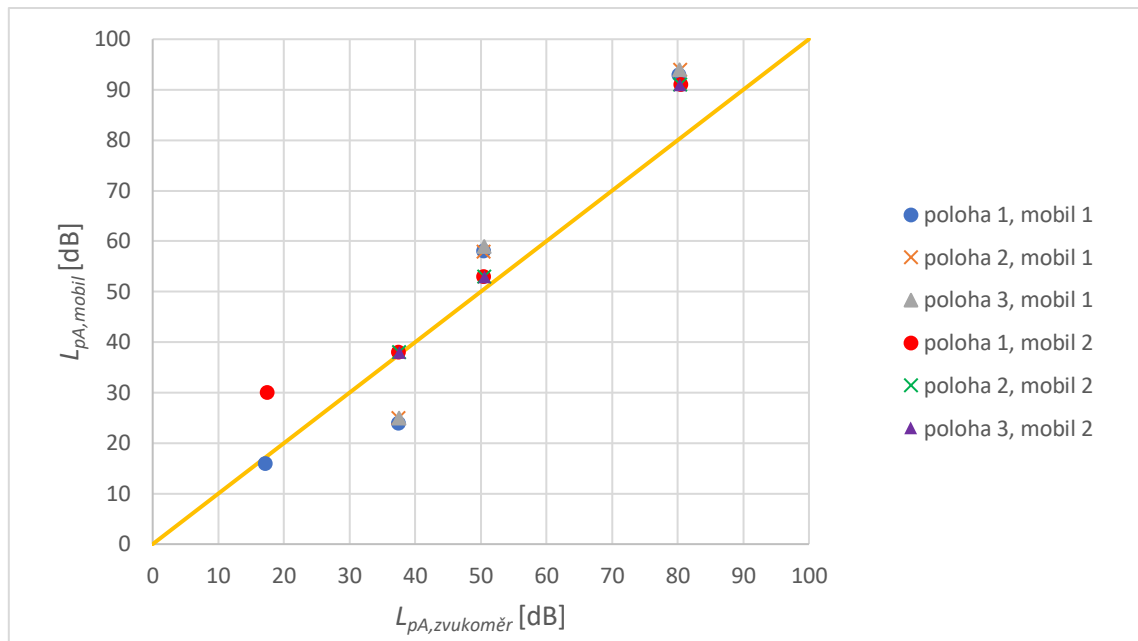
Zvukový Měřič-Decibel metr Tools Dev

5.27 – Naměřená data z aplikace Zvukový Měřič-Decibel metr Tools Dev z obou mobilů

| | Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|----------|------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | $L_{pA,mobil} [dB]$ | 16,0 | 24,0 | 58,1 | 93,0 | 30,0 | 38,0 | 53,0 | 91,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr} [dB]$ | 17,2 | 37,5 | 50,4 | 80,2 | 17,5 | 37,5 | 50,5 | 80,5 |
| Poloha 2 | $L_{pA,mobil} [dB]$ | - | 25,0 | 58,0 | 94,0 | - | 38,0 | 53,0 | 91,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr} [dB]$ | - | 37,5 | 50,5 | 80,4 | - | 37,6 | 50,6 | 80,4 |
| Poloha 3 | $L_{pA,mobil} [dB]$ | - | 25,0 | 59,0 | 94,0 | - | 38,0 | 53,0 | 91,0 |
| | $L_{pA,zvukoměr} [dB]$ | - | 37,6 | 50,6 | 80,3 | - | 37,6 | 50,6 | 80,4 |

Tab. 5.28 – Tabulka odchylek pro aplikaci Zvukový Měřič-Decibel metr Tools Dev pro oba mobily

| Ref. hladina | Mobil 1 | | | | Mobil 2 | | | |
|--------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
| Poloha 1 | -1,2 | -13,5 | 7,7 | 12,8 | 12,5 | 0,5 | 2,5 | 10,5 |
| Poloha 2 | - | -12,5 | 7,5 | 13,6 | - | 0,4 | 2,4 | 10,6 |
| Poloha 3 | - | -12,6 | 8,4 | 13,7 | - | 0,4 | 2,4 | 10,6 |



Obr. 5.14 – Data vynesena jako závislost $L_{pA,mobil}$ na $L_{pA,zvukoměr}$ z aplikace Zvukový Měřič- Decibel metr Tools Dev z obou mobilů

Aplikace zobrazovala pouze celočíselné hodnoty. Měření pozadí mobilem 1 bylo přesné, pro ostatní referenční hladiny akustického hluku A bylo měření velmi nepřesné, respektive nepřesné. Také se u těchto tří hladin vyskytl problém zobrazování pouze celočíselných hodnot, kdy v jedné poloze mobilu je hodnota vyšší, respektive nižší o jeden decibel než zbylé dvě, proto je nemožné s jistotou říct, zda je to projev závislosti naměřených hodnot na poloze mobilu. Velké odchylky nejsou způsobeny chybou posunutí nuly, protože pro referenční hladinu 38 dB jsou odchylky záporné a pro zbylé hladiny jsou kladné. Pro mobil 2 bylo měření referenční hladiny pozadí a 80 dB velmi nepřesné, u pozadí to mohlo být způsobeno zaznamenáním vnitřního hluku mobilu. Pro zbylé dvě referenční hladiny bylo měření přesné, kde pro $L_{pA,ref} = 38$ dB byla odchylka pouze 0,5 dB. S rostoucí referenční hladinou také rostla odchylka, tudíž by se mohlo jednat o multiplikační chybu. Pro žádné nastavení nebyla výrazná závislost hodnot na poloze mobilu.

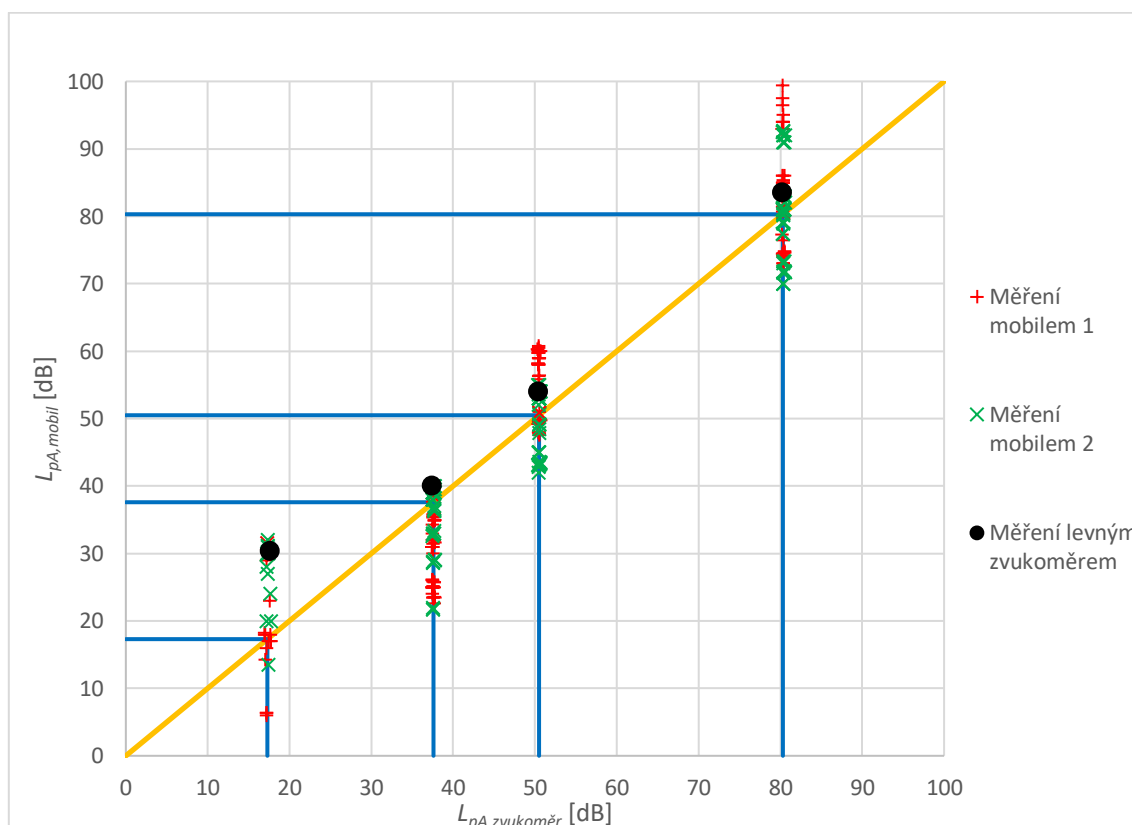
5.2. Vyhodnocení zvukoměru PARKSIDE

5.29 – Naměřená data z levného zvukoměru

| Ref. hladina | Pozadí | 38 dB | 50 dB | 80 dB |
|------------------------|--------|-------|-------|-------|
| $L_{pA,mobil}$ [dB] | 30,3 | 40 | 53,9 | 83,5 |
| $L_{pA,zvukoměr}$ [dB] | 17,7 | 37,5 | 50,5 | 80,3 |
| odchylka | 12,6 | 2,5 | 3,4 | 3,2 |

Měření pozadí levným zvukoměrem bylo velmi nepřesné, buď zaznamenával vlastní vnitřní hluk nebo byl od výrobce nastaven rozsah, v kterém zvukoměr měřil. Odchylka pro zbylé referenční hladiny akustického tlaku byla v rozmezí 2,5 – 3,5 dB, což naznačuje na chybu posunuté nuly.

5.3. Vyhodnocení všech dat



Obr. 5. 15 – Společný graf pro všechna naměřená data

Hodnoty naměřené jednotlivými aplikacemi byly velmi rozdílné. Mobilem naměřené hodnoty pro pozadí nelze brát jako přesné, především pro případy, kdy většina ostatních hodnot pro danou aplikaci byla nepřesná a pro případy, kdy byla naměřená hodnota na jednotlivých mobilech výrazně odlišná. Pro referenční hladinu 38 dB pro mobil 1 byly naměřené hodnoty výrazně nižší než hodnoty z kalibrovaného zvukoměru, ale pro mobil 2 se naměřené hodnoty více blížily teoreticky přesným hodnotám. Pro $L_{pA,ref} = 50$ dB pro

mobil 1 byly naměřené hodnoty většinou výrazně vyšší než hodnoty ze zvukoměru a pro mobil 2 byly hodnoty jak vyšší, tak nižší. Pro referenční hladinu 80 dB pro mobil 1 byly naměřené hodnoty výrazně vyšší a některé byly nižší než teoreticky přesné hodnoty a pro mobil 2 se většina hodnot blížila ideální hodnotě. Pro většinu aplikací byl nejvyšší poměr naměřené hodnoty mobilem ku hodnotě ze zvukoměru pro referenční hladinu akustického tlaku A 50 dB. Pro referenční hladiny 38 dB a 80 dB tento poměr klesal. To může naznačovat, že by aplikace po kalibraci měřily přesně pouze v okolí hladiny, na kterou by byly kalibrovány. Závislost naměřených hodnot na poloze mobilu pro většinu aplikací neexistovala nebo byla neprokazatelná, protože se projevila pro malý počet referenčních hodnot. Jednoznačně prokazatelná byla pouze u aplikace Decibel X-Pro Sound Meter, kde byla patrná pro všechna nastavení kromě jednoho. Tato aplikace měřila nejpřesněji pro oba mobily pro všechny referenční hladiny, s výjimkou pozadí, pro které na obou mobilech byla naměřena podobná hodnota odchylky, která mohla být způsobena vnitřním hlukem mobilu. U některých aplikací se projevila chyba posunutí nuly, která by mohla být odstraněna kalibrací aplikace. Do pásma ± 3 dB od teoreticky přesné hodnoty se všemi náměry pro oba mobily vešla pouze jediná aplikace, a to výše zmíněná Decibel X-Pro Sound Meter. Dále se do tohoto pásma vešly tři aplikace pro mobil 2, a to Zvukoměr-dB metr, SPL metr, Sound Meter Decibel a Měřič zvuku. Tyto aplikace byly přesnější než levný zvukoměr.

6. Závěr

Cílem Bakalářské práce bylo porovnání mobilních aplikací na měření hluku s kalibrovaným zvukoměrem. Cíl byl splněn na základě experimentu.

Nejprve byla provedena rešerše dostupných prací na dané téma pro získání základního vhledu do dané problematiky.

Praktická část se skládala ze dvou experimentů. Prvním experimentem bylo ověření rovnoměrnosti rozložení zvukového pole pro všesměrový reproduktor a porovnání se směrovým reproduktorem. Pro tato měření byla sestavena vlastní metodika, která spočívala ve využití vícekanálového zvukoměru. Byla měřena hladina akustického tlaku A ve vzdálenosti jednoho metru od reproduktoru v předdefinovaných bodech, viz kapitola 3.2. Bylo zjištěno, že zvukové pole všesměrového reproduktoru bylo velmi vyrovnané a nezáleželo na jeho natočení. Dále bylo ověřeno, že hladina akustického tlaku A byla pro malý úhel konstantní, z čehož lze konstatovat, že při samotném měření přesnosti aplikací, byl rozdíl naměřených hodnot mobilem a kalibrovaným zvukoměrem chybou mobilního telefonu, resp. aplikace.

Druhým experimentem bylo měření hladiny akustického tlaku A mobilními aplikacemi. Nejprve byly dle zvolených kritérií vybrány aplikace a na základě legislativních nařízení vlády byly zvoleny měřené hladiny akustického tlaku A. Poté byla sestavena metodika měření, ve které, na základě reálného používání, byly definovány tři nejpravděpodobnější polohy držení mobilního telefonu. Po provedení měření a následném zpracování výsledků, bylo v kapitole 5.1 provedeno vyhodnocení a okomentování výsledků každé aplikace zvlášť. Dále byly aplikace porovnány s levným zvukoměrem PARKSIDE ze supermarketu, který byl přesnější než většina aplikací.

Aplikace Decibel X-Pro Sound Meter pro polohu 1 vykazovala odchylku od kalibrovaného zvukoměru do 1 dB pro všechny měřené hladiny a pro zbylé polohy byla odchylka do 3 dB, pro oba mobilní telefon. Další tři aplikace se vešly do pásma ± 3 dB pro mobil 2. Výjimkou bylo měření pozadí, u kterého byla naměřená hodnota mobilním telefonem vždy výrazně vyšší, nejspíše z důvodu zaznamenání vnitřního hluku zařízení. Zbylé aplikace se projeví jako nepřesné. Oproti předpokladu, že novější mobilní telefon bude přesnější než starší, provedená měření naznačovala opak.

7. Seznam použité literatury

- [1] Využívání informačních a komunikačních technologií v domácnostech a mezi osobami - 2022: 3. Používání mobilního telefonu a internetu na mobilním telefonu [online]. Praha: Český statistický úřad, 2022 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/3-pouzivani-mobilniho-telefonu-a-internetu-na-mobilnim-telefonu-4x9sr9caql>
- [2] NOVÁK, Jan a Radovan ZADRAŽIL. Měření hluku mobilem. In: SVM Tech [online]. Praha, 2016 [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://www.svmtech.cz/cz/news/mereni-hluku-mobilem>
- [3] MURPHY, Enda a Eoin A. KING. Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise. *Applied Acoustics* [online]. 2016, 106, 16-22 [cit. 2022-12-29]. ISSN 0003682X. Dostupné z: doi:10.1016/j.apacoust.2015.12.012
- [4] KARDOUS, Chucri A. a Peter B. SHAW. Evaluation of smartphone sound measurement applications. *The Journal of the Acoustical Society of America* [online]. 2014, 135(4), 186-192 [cit. 2023-01-01]. ISSN 0001-4966. Dostupné z: doi:10.1121/1.4865269
- [5] LE PRELL, ColleenG, DanielR NAST a WilliamS SPEER. Sound level measurements using smartphone "apps": Useful or inaccurate?. *Noise and Health* [online]. 2014, 16(72), 251-256 [cit. 2023-01-02]. ISSN 1463-1741. Dostupné z: doi:10.4103/1463-1741.140495
- [6] HORKÝ, Štěpán. Srovnání geografických měřicích zařízení s mobilními aplikacemi. *Brno, 2019*. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra geografie. Vedoucí práce Hana Svobodová.
- [7] FOGOLA, Jacopo, Stefano NASERA a Vincenzo BEVACQUA. SMARTPHONE AS NOISE LEVEL METER. Florence. Turin: Arpa Piemonte, 2015.
- [8] Hladina akustického tlaku A. In: *Hluk a chvění. 4. přepracované vydání*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2019, s. 90-92. ISBN 978-80-01-06554-9.
- [9] KRÁLÍČEK, Jan. *HLUK KONCOVÝCH ELEMENTŮ VZT: měření akustických vlastností hlukové laboratoře*. Technická 4, Praha 6 – Dejvice, 2014. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí. Vedoucí práce Richard Nový.
- [10] KRÁLÍČEK, Jan. *AERODYNAMICKÝ HLUK LOPATKOVÝCH MŘÍŽÍ PŘI NÍZKÝCH MACHOVÝCH ČÍSLECH: akustická měření*. Technická 4, Praha 6 – Dejvice, 2021. Disertační práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí.

- [11] *CESVA [online]. Barcelona: CESVA instruments, 2023 [cit. 2023-05-26].*
Dostupné z: <https://www.cesva.com/en/products/sound-sources/bp012/#supp>
- [12] *Nariadení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.* In: .
Praha: Ministerstvo zdravotnictví, 2011, roč. 2011, č. 272.