

**POLICEJNÍ AKADEMIE ČESKÉ REPUBLIKY  
V PRAZE  
FAKULTA BEZPEČNOSTNĚ PRÁVNÍ  
Katedra kriminalistiky**

**Zpracování a analýza zvukového záznamu pro  
potřeby policie**

Diplomová práce

**Processing and analysis of sound recordings for the  
police needs.**

Master thesis

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
doc. Ing. Jiří Jonák, Ph.D.

**AUTOR PRÁCE**  
Bc. Lukáš Kolder

PRAHA  
2022

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Havířově dne:

Podpis:

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Jiřímu Jonákovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi pomohly zpracovat tuto diplomovou práci.

## **Anotace**

V úvodu, se práce zaměřuje především na charakteristiku zvuku, včetně popsání jeho vzniku a vnímání lidským uchem. V další části se práce zaměřuje na kriminalistické zkoumání lidského hlasu, tzv. audioexpertizu. Dále se práce zaměřuje na způsoby záznamu zvuku včetně jeho reprodukce. Výzkumná část práce se zabývá porovnáváním zvukových projevů dvou osob, které jsou zpracovány pomocí speciálního počítačového softwaru. Na dvou projevech, muže a ženy, je demonstrováno, v jakých parametrech lidského hlasu se mohou jednotlivé osoby od sebe rozlišovat a na co se zaměřovat při kriminalistické audioexpertize.

## **Klíčová slova**

Zvuk, záznam, reprodukce, audioexpertiza, hlas, řeč, kmitočty, projev, zkoumání.

## **Annotation**

In the introduction, the thesis focuses on the characteristics of sound, including a description of its origin and perception by the human ear. In the next part, the thesis focuses on the forensic examination of the human voice, the so-called audio expertise. The next part of thesis focuses on ways of sound recording, including its reproduction. The research part of thesis deals with the comparison of sound expressions of two people, which are processed by using special computer software. The two speeches, man and woman, demonstrate in which parameters of the human voice do people differ from each other and what to focus on in forensic audio expertise.

## **Key words**

Sound, record, reproduction, audio expertise, voice, speech, frequencies, expression, research.

# Obsah

<b>ÚVOD .....</b>	<b>6</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST 1 ZVUK A MLUVENÉ SLOVO.....</b>	<b>8</b>
1.1 CHARAKTERISTIKA ZVUKU .....	8
1.2 VZNIK ZVUKU A JEHO VNÍMÁNÍ LIDSKÝM UCHEM. ....	10
1.3 MLUVENÉ SLOVO (LIDSKÝ HLAS).....	11
<b>2 KRIMINALISTICKÁ AUDIOEXPERTIZA .....</b>	<b>14</b>
2.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA .....	14
2.2 KLASIFIKACE OBJEKTŮ ZKOUMÁNÍ Z KVALITATIVNÍHO HLEDISKA .....	16
2.3 KLASIFIKACE OBJEKTŮ ZKOUMÁNÍ Z KVANTITATIVNÍHO HLEDISKA .....	17
2.4 KLASIFIKACE OBJEKTŮ ZKOUMÁNÍ Z HLEDISKA PROCESU KRIMINALISTICKÉ IDENTIFIKACE .....	17
2.5 IDENTIFIKACE OSOB Z ANONYMNÍCH TELEFONÁTŮ .....	20
2.6 ZPRACOVATELNOST SPORNÉHO MATERIÁLU .....	22
2.7 ZÍSKÁVÁNÍ SROVNÁVACÍHO MATERIÁLU .....	23
2.8 AUDIOEXPERTIZNÍ ZKOUMÁNÍ.....	24
2.9 METODY KRIMINALISTICKÉ AUDIOEXPERTIZY .....	27
<b>3 ZÁZNAM A REPRODUKCE ZVUKU .....</b>	<b>29</b>
3.1 ZÁZNAM ZVUKU .....	29
3.1.1 <i>Mechanický záznam zvuku</i> .....	30
3.1.2 <i>Optický záznam zvuku</i> .....	32
3.1.3 <i>Magnetický záznam zvuku</i> .....	34
3.1.4 <i>Digitální záznam zvuku</i> .....	38
3.1.5 <i>Digitalizace analogového signálu</i> .....	39
3.2 ELEKTROAKUSTICKÉ MĚNIČE.....	41
3.2.1 <i>Mikrofony</i> .....	42
3.2.2 <i>Reproduktory</i> .....	43
<b>VÝZKUMNÁ ČÁST.....</b>	<b>47</b>
<b>4 ÚVOD DO VÝZKUMNÉ ČÁSTI .....</b>	<b>47</b>
<b>5 SROVNÁNÍ MLUVENÝCH ZVUKOVÝCH PROJEVŮ.....</b>	<b>48</b>
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>58</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>60</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ .....</b>	<b>62</b>

## Úvod

Téma diplomové práce, zpracování a analýza zvukového záznamu, jsem si vybral, jelikož jsem ve služebním poměru v bezpečnostním sboru u policie České republiky a má karierní vize do budoucna je se stát kriminalistou. Vybrané téma je velmi obsáhlé, a proto se práce zaměřuje především na využití zvukového záznamu pro účely forenzního vyšetřování a identifikace osoby pomocí analýzy řeči. Mimo kriminalistické zkoumání práce také pojednává o zvuku jako takovém, včetně jeho fyzikálních vlastnostech a přístrojích na jeho zaznamenávání a reprodukci. Hned na úvod v první kapitole je uvedena základní charakteristika zvuku a hlavně jeho šíření se prostorem a materiály v podobě zvukových vln. Dále v této kapitole nejsou opomněné kmitočty či frekvence, které fyzikálně udávají zvuku jeho sílu, hlasitost a slyšitelnost. Nedílnou součástí první kapitoly je způsob vzniku zvuku a jeho následné vnímání lidským uchem, kde bude především hovořeno o různých frekvencích, které dokáže lidské ucho zachytit. Jelikož je práce zaměřená především na zkoumání lidského hlasu ze zvukových záznamů, tak poslední část první kapitoly se zaměřuje na lidský hlas neboli mluvené slovo, kde je specifikován vznik lidského hlasu (zvuku) za pomoci hlasových orgánů v těle člověka.

Následující druhá kapitola je nejdůležitější část práce. Tato kapitola nejprve pojednává o základní charakteristice kriminalistické audioexpertize. Kriminalistická audioexpertiza je druh kriminalistického zkoumání, které se zaměřuje na identifikaci především anonymního mluvčího ze zvukové nahrávky. Tento druh kriminalistické identifikace je velmi nápomocen při vyšetřování různých trestných činů. Díky audioexpertize a jejich poznatků, dokáží experti v mnoha případech, alespoň skupinově, identifikovat osobu mluvčího ze sporné nahrávky. Kvalita identifikace ovšem velmi záleží na kvalitě pořízené sporné nahrávky. Někdy se tato identifikace nezaměřuje jen na anonymního mluvčího ale také na identifikaci prostředí, ve kterém byla nahrávka pořízena. Kvalita audioexpertize je velmi závislá na aktuálních technologiích používaných k záznamu a reprodukci zvuku. Z tohoto důvodu se kriminalistická audioexpertiza postupně vyvíjí, například v minulosti se používal hlavně analogový záznam zvuku a následně s nástupem digitálního záznamu zvuku je audioexpertiza, a její výsledky zkoumání,

o několik úrovní kvalitnější. V druhé kapitole dále uvádím postupy a způsoby identifikace osob z anonymních telefonátů, například na linku 158. Tyto telefonáty mohou mít různý charakter a mohou naplňovat různou skutkovou podstatu trestného činu. Může se jednat o vyhrůžky, vydírání nebo o hrozbu teroristickým útokem. Součástí tohoto je i snaha anonymního mluvčího o umělou změnu hlasu ke ztížení jeho identifikace. V další části druhé kapitoly se pojednává o zpracovatelnosti sporného materiálu (záznamu) a získávání materiálu (záznamu) srovnávacího. Na těchto dvou typech záznamu je založena celá kriminalistická audioexpertiza, jelikož ke správné identifikaci osoby jsou zapotřebí oba zvukové záznamy. Na základě sporné nahrávky (originální nahrávka anonymního mluvčího) se následně vytváří srovnávací nahrávka (cíleně nahrána podle sporné nahrávky). Poté se obě nahrávky komparují a vyhodnocují různými typy analýz. V poslední části druhé kapitoly se zaměřím na metody audioexpertizního zkoumání.

Třetí kapitola se bude zaměřovat především na záznam a reprodukci zvuku. V první části třetí kapitoly jsou uvedeny základní principy záznamu zvuku a následně uvedeny typy těchto záznamu. Záznam zvuku může probíhat ve čtyřech způsobech. Jedná se o mechanický, optický, magnetický a digitální záznam. V historii neexistovaly všechny tyto typy záznamu. Až technologický vývoj postupně přinesl další a další způsob záznamu zvuku. Každý způsob záznamu zvuku má své výhody i nevýhody ale dnes je již standardem využívání digitálního záznamu zvuku, jelikož jeho kvalita a praktická využitelnost je aktuálně bezkonkurenční. Jelikož se musí zvuk určitým prostředkem zachytit k dalšímu zpracování a také se musí dále reprodukovat, tak v další části třetí kapitoly uvedu dva typy elektroakustických měničů. Jedná se o mikrofon a reproduktor. Popisují zde princip fungování jak mikrofonu, tak reproduktoru, včetně jejich typů.

Práce pokračuje výzkumnou částí, kde je hlavním cílem demonstrovat pomocí speciálního počítačového softwaru rozdílnosti, které se vyskytují u dvou různých mluvčích. Na záznam byla zaznamenána věta, kterou následně postupně slovo od slova rozeberu pomocí grafického zobrazení zvukové křivky a její kmitočtů. Jedná se o mužský a ženský hlas, aby rozdílnost byla zřetelněji viditelná. Tímto i poukazuji na náhled a pracovní náplň expertů zabývajících se kriminalistickou audioexpertizou.

# Teoretická část

## 1 Zvuk a mluvené slovo

Stěžejní částí této práce je kriminalistické zkoumání lidského hlasu. S lidským hlasem se samozřejmě pojí zvuk, jelikož lidský hlas je tvořen zvukem. Lépe řečeno hlasové orgány člověka vytvářejí zvuk, který se označuje jako lidský hlas či řeč. Touto řečí se od sebe jednotliví lidé zvukově rozlišují. Jelikož k této problematice jsou zapotřebí základní znalosti zvuku a jeho fyzikálních vlastností, tak v následujících podkapitolách je tato problematika detailněji vysvětlena.

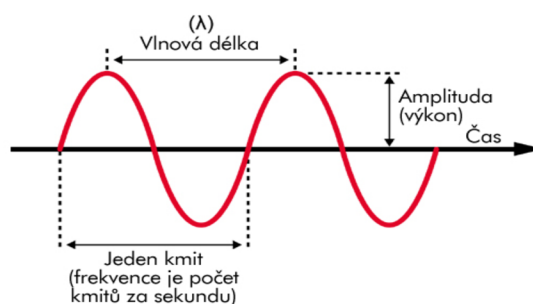
### 1.1 Charakteristika zvuku

Zvuk můžeme chápat jako určitý druh vlnění, které může procházet různými materiály nebo prostředím. Obecně platí, že přenášené zvukové vlnění má různou rychlost přenosu. Vesměs každý materiál, či prostředí, přenáší zvukové vlnění svou vlastní rychlostí. Nejrychleji (nejlépe) zvukové vlnění přenáší obecně materiály v pevném skupenství. Naopak v plynech se zvuk šíří nejpomaleji. V kapalném skupenství se zvuk přenáší o něco lépe než v plynném ale zdaleka ne tak dobře, jako ve skupenství pevném. Jelikož autor práce se zabývá především zvukem šířícím se ve vzduchu, tak vybral jednu z mnoha definic, která hovoří: „Na zvuk šířený vzduchem je možné pohlížet jako na změnu tlaku vzduchu v ovzduší. Má vlnovou délku, frekvenci a intenzitu. Zvuk se šíří od zdroje do místa přijetí v prostředí. Když udeří energie do molekul v prostředí, způsobí, že molekuly vibrují sem a tam a vytvářejí vlnu, která přenáší zvukovou energii.“<sup>1</sup> Pro srovnání lze uvést například to, že rychlost šíření zvukového vlnění ve vzduchu činí něco okolo 340 metrů za sekundu, načež rychlost zvuku v oceli je asi 5200 metrů za sekundu. Na tomto příkladu lze vidět, jakou významnou úlohu pro šíření zvuku má prostředí, ve kterém se zvuk šíří. Zvukové vlny se skládají ze vzoru vysokotlakových a nízkotlakových oblastí, které se pohybují přes určité prostředí. Tento vzor se neustále opakuje, dokud se zvuk šíří. V následném grafu lze vidět toto šíření vln v prostředí a času.

---

<sup>1</sup> Obecné informace o zvuku: Zvuk jako vlnění. *Paroc* [online]. Helsinky: Paroc. Group Oy, 2021 [cit. 2021-11-01]. Dostupné z: <https://www.paroc.cz/knowhow/zvuk/obecne-informace-o-zvuku>





2

(obr. 1: šíření zvukových vln v prostředí a času)

Zvuk má několik vlastností, které jej rozlišují. Typickými vlastnostmi, díky kterým není každý zvuk stejný, jsou výška, barva, hlasitost a intenzita zvuku. Výška zvuku je dána zvukovou frekvencí. Frekvence zvuku lze charakterizovat, jako periodicky se opakující děje za 1 sekundu, jinak řečeno kmitů za sekundu (kmitočky). Jednotka takového kmitočtu (frekvence) je hertz. Obecně, když má zvuk vyšší frekvenci, tak je vyšší i výška. Pro zajímavost lze uvést, že v technické praxi je uveden základní, tzv. referenční tón, který udává 1000 Hz, jinými slovy se jedná o jeden kilohertz. Když mají různé zvuky stejnou výšku tónu, tak z hlediska zbarvení se od sebe mohou nadále značně lišit. „Barva zvuku je určena jeho spektrem – frekvencemi vyšších harmonických tónů ve složeném tónu a jejich amplitudami a fázemi. Sluchem podle barvy zvuku rozeznáváme hudební nástroje a hlasy lidí.“<sup>3</sup> Hlasitost a intenzita zvuku je měřitelná jednotkou, která se nazývá decibel. „Hlasitost zvuku je subjektivní veličina. Je závislá na velikosti akustického tlaku  $p$ , kterým zvukové vlnění působí na sluch (tj. proměnné složky tlaku).“<sup>4</sup> Důležité je také pochopení, jak lze chápat jednotku decibel (dB), nebo konkrétněji bel (B). Ve skutečnosti se jedná o obecné měřítko podílu dvou hodnot, která se používá v mnoha oborech. Ovšem nejznámější používání této veličiny je právě u měření hladiny intenzity zvuku. Fyzikálně se jedná o bezrozměrnou míru, podobně jako procento. Decibel se používá hlavně kvůli lepšímu zpřehlednění výpočtů. Následující tvrzení charakterizuje definici decibelů v oblasti akustiky: „Cítilivost

<sup>2</sup> Zvukové vlny zobrazeny v grafu. Paroc [online]. Helsinky: Paroc. Group Oy, 2021 [cit. 2021-11-01]. Dostupné z: <https://www.paroc.cz/knowhow/zvuk/obecně-informace-o-zvuku>

<sup>3</sup> Zvuk: Vlastnosti zvuku. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Zvuk>

<sup>4</sup> Zvuk: Vlastnosti zvuku. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Zvuk>

*lidského sluchu při vnímání akustické intenzity není vždy stejná, ale s rostoucí intenzitou se snižuje. Při zvyšování akustické intenzity jakoby sluchový orgán stále více ztrácel schopnost vnímat v plné hodnotě její další přírůstek. Výsledkem je logaritmická závislost mezi velikostí zvukového podnětu a velikostí sluchového vjemu. Tato vlastnost sluchu byla důvodem k zavedení logaritmické míry (decibelové stupnice) při kvantifikaci akustických veličin.“<sup>5</sup>*

## **1.2 Vznik zvuku a jeho vnímání lidským uchem.**

Zdrojem zvuku může být jakékoliv rozechvění určitého tělesa. Musí to být tedy těleso, ve kterém vzniklo stojaté vlnění. Nečastějším zdrojem zvuku jsou různé hudební nástroje a lidské hlasivky. Dále to mohou být součástky strojů nebo motorů, atd. Podle toho, jak zvuk vnímáme, rozlišujeme zvuky: „nehudební (neperiodické), které se nazývají také hluk nebo šum, jsou způsobeny nepravidelnými mechanickými rozruchy a vnímáme je jako praskání, šramot, vrzání, bouchnutí nebo jako některé souhlásky. Hudební (periodické) zvuky neboli tóny jsou způsobeny periodickým chvěním. Patří mezi ně zvuky hudebních nástrojů, ale i samohlásek. Nejjednodušší hudební zvuk, který má sinusový průběh, nazýváme jednoduchý tón. Složitější periodické tóny nazýváme složený tón.“<sup>6</sup>

Obecně se uvádí, že lidské ucho je schopné zaznamenat a slyšet zvuk, jehož frekvenční rozsah je mezi 20 Hz a 20 kHz. Když je frekvence zvuku nižší než 20 Hz, tak se jedná o infrazvuk. Když je frekvence vyšší než 20 kHz, tak hovoří o ultrazvuku. Slyšitelnost vysokých frekvencí se s postupem věku snižuje. Proto například v dospělosti je možné se setkat s tím, že lidé slyší frekvenci, která již nepřevyšuje hranici 14 kHz. „Sluchové vnímání není lineární, a to ve frekvenční ani v dynamické oblasti. Je patrné, že nejefektivnější je lidský sluch mezi přibližně

---

<sup>5</sup> KAŇKA, Jan. Intenzita zvuku - decibel. *Tzbinfo* [online]. Praha: Topinfo, 2022 [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/216-intenzita-zvuku-decibel>

<sup>6</sup> KRÁLOVÁ, Magda. Vznik a druhy zvuku. *Eduportál Techmania* [online]. Plzeň: Techmania Science Center, 2007 [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/akustika/vznik-druhy-zvuku>

3 a 4 kHz, kde práh slyšení leží v nejnižších hladinách zvuku.“<sup>7</sup> Jinými slovy lze odvodit, že člověk obecně zvuky vnímá od meze slyšitelnosti, až po práh bolestivosti.

### 1.3 Mluvené slovo (lidský hlas)

Mluvené slovo, jinak řečeno hlas, který vychází z úst člověka, je zvuk vytvořený hlasivkami. „Tvorbu lidského hlasu vysvětluje tzv. teorie zdroje a filtru, která popisuje vznik hlasu ve dvou stupních. V prvním stupni vzniká hrtanový tón modulováním proudu vzduchu vlivem kmitání hlasivek. Ve druhém stupni je tento hrtanový tón modifikován v dutinách vokálního traktu, které působí jako rezonátor (filtr), a vzniká tím finální zvuk hlasu. Ten je potom vyzařován z úst (někdy i z nosu) ven do prostoru.“<sup>8</sup> Zdrojem lidského hlasu je vzduch, který je vydechován z plic. Délka souvislého mluveného slova je pro každého člověka různá, jelikož každý jedinec má rozdílný obsah vzduchu, který může na jeden nádech do plic vdechnout. Když takto vdechnutý vzduch do plic začneme postupně vydechovat a chceme hovořit, tak pomocí rozkmitání hlasivek vznikne primární hrtanový tón. Důležité je podotknout, že kmitání hlasivek neovlivňuje žádný sval, nýbrž výsledek tlakových poměrů a elasticity hlasivek. Jediné, jak můžeme s hlasivkami hýbat pomocí svalů, je jejich přibližování a oddalování, nikoliv kmitání.

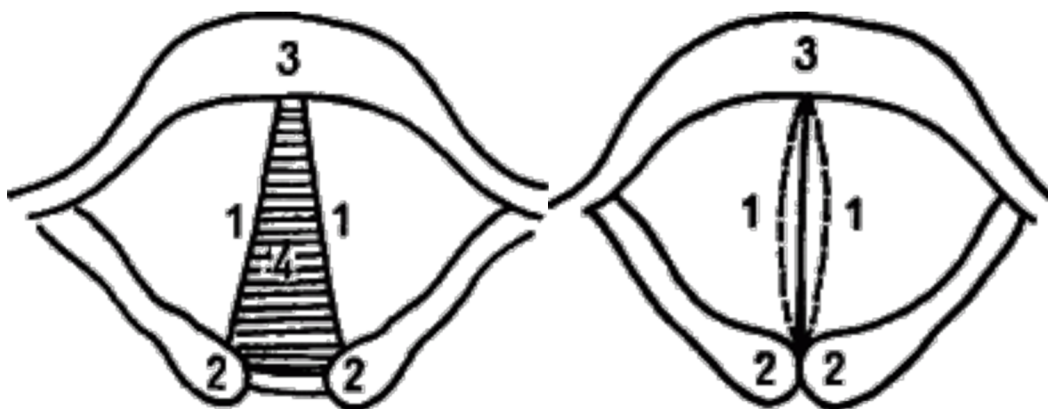
Každý lidský hlas je jedinečný. Jedinečnost spočívá v menší míře v odlišné základní frekvenci, která je dána především vlastnostmi hlasivek. Ve větší míře jedinečnost spočívá především v barvě hlasu (tzv. frekvenčním spektrem). „*Hrtanový tón vznikající při kmitání hlasivek je složený tón s odpovídající harmonickou řadou. Od hrtanového tónu jsou odvozeny všechny tónové složky řeči. Dutiny vokálního traktu poté slouží jako rezonátor, který zesiluje některé svrchní harmonické tóny. Oblasti zesílení svrchních harmonických tónů se nazývají formanty. Formanty jsou důležité pro rozlišování samohlásek, ale i*

---

<sup>7</sup> SKARNITZL, Radek. Limity lidského sluchu. *CzechEncy* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2020 [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: <https://www.czechency.org/slovník/LIMITY%20LIDSKÉHO%20SLUCHU>

<sup>8</sup> Hlas: Tvorba hlasu - fonace. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hlas>

*některých souhlásek (sonory).“*<sup>9</sup> Z hlediska porovnávání lidského hlasu pro potřeby policie jsou stěžejní především samohlásky. Na samohláskách lze nejlépe identifikovat rozdíly mezi jednotlivými hlasy. Jedinec tedy může potřebný tón hlasu ovlivňovat tím, že přiblíží nebo oddálí hlasivky od sebe svalovým ústrojím. Celým oborem zvukové stránky jazyka se zabývá vědní obor s názvem fonetika. Pro představu jsem vybral ilustraci hlasivek v dýchacím ústrojí, v jakém stavu jsou v době pouhého vydechování (levý obrázek) oproti stavu, kdy jsou hlasivky při fonaci (pravý obrázek).



10

(obr. 2: 1. Hlasivky, 2. Hlasivkové chrupavky, 3. Chrupavka štítná, 4. Hlasivková štěrbina)

Pro zajímavost lze říci, že hlasivky nefungují na stejném principu jako struny, spíše je lze přirovnat k jazýčkové píšťale. Jak je známo, ženy mají vyšší tón hlasu než muži. V tomto ohledu má stěžejní význam délka hlasivek. Čím jsou hlasivky kratší, tím rychleji kmitají. To způsobuje, že mluvený hlas má vyšší tón. Proto mají muži hlubší hlas, jelikož jejich hlasivky jsou o několik milimetrů delší a kmitají pomaleji. Tedy frekvence lidského hlasu závisí na několika proměnných. Hraje zde důležitou roli tlak vydechovaného vzduchu, v jakém napětí se hlasivky nacházejí a v neposlední řadě přiložení hlasivek. Obecně vzato lze říci, že obvyklá frekvence hlasu u mužů je při běžné mluvě 120 Hz. U žen tato hodnota je 240 Hz. Pro představu, když muž zpívá, tak se frekvence pohybuje okolo 500 Hz a u žen

<sup>9</sup> Hlas: Tvorba hlasu - fonace. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hlas>

<sup>10</sup> Artikulační (organogenetická, fyziologická) fonetika: Ústrojí hlasové (fonační). *Fonetika a fonologie* [online]. Brno: Fylozofická fakulta Masarykovy univerzity, 2008 [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/elportal/estud/ff/js08/fonetika/ucebnice/ch05s02s02.html>

okolo 1000 Hz. Další zajímavosti z hlediska frekvencí lidského hlasu jsou formanty jednotlivých samohlásek. Například samohláska „u“ má za běžných okolností frekvenci 175 Hz, „o“ má 400 Hz, „a“ má 800 Hz, „e“ má 2300 Hz a „i“ má 3700 Hz. Lidskou řeč tedy můžeme charakterizovat jako střídání periodických zvuků (samohlásky) a neperiodických šumů (souhlásky).

Když člověk stárne, tak v průběhu let charakteristické znaky hlasu procházejí různými stádii. Tato vývojová stádia jsou běžná a prochází jimi každý člověk. Z hlediska identifikace osob podle hlasu je nejdůležitější věkové období člověka mezi 20-60 let. V tomto období je lidský hlas relativně stálý, a tak z hlediska identifikace osob není tolik náročné rozpoznat, o kterou osobu se jedná.

<sup>11</sup> Stálost hlasu není v tomto období ovšem pokaždé pravdou. Například nemoc nebo pozměňování návyků může mít určitý vliv na charakteristické vlastnosti hlasu. Pokud dojde vlivem nemoci ke změně hlasových orgánů, tak se může jednat o dočasnou nebo trvalou změnu. U dočasné změny během nemoci lze téměř vyloučit identifikaci osoby podle hlasu. Když nemoc poškodí trvale hlasové ústrojí člověka, tak z hlediska kriminalistické identifikace lze mluvit o štěstí, protože zde nastává mnoho dalších individuálních specifických znaků v hlasu onoho jedince. Hlas se poté stává ještě více specifickým. Ze sonogramu se poté dají zjistit patologické odchylky od normálního hlasového projevu. Díky kriminalistickému zkoumání lidského hlasu a za pomoci specifických metod kriminalistiky, lze na zvukovém záznamu najít charakteristické znaky konkrétního hlasu. Tyto charakteristické znaky neboli zvláštnosti hlasu, lze graficky zobrazit a různou technikou vyhodnotit, jaké znaky jsou typické jen pro jedinou osobu. Dnešní kriminalistické znalecké zkoumání v oblasti lidského hlasu se nazývá audioexpertiza.

---

<sup>11</sup> Kriminalistická audioexpertiza. STRAUS, Jiří *Kriminalistická technika*. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012, s. 157. ISBN 978-80-7380-409-1.

## 2 Kriminalistická audioexpertiza

V dnešní době existuje velká řada druhů kriminalistického zkoumání. Z hlediska zkoumání pachů se jedná o odorologii, z hlediska zkoumání otisků papilárních linií se jedná o daktyloskopii, z hlediska zkoumání dynamiky pohybu nástrojů v různých materiálech se jedná o mechanoskopii a v případě této diplomové práce se jedná o kriminalistické zkoumání lidského hlasu, jinak řečeno audioexpertiza.

### 2.1 Obecná charakteristika

*„Kriminalistická audioexpertiza je specifickou metodou kriminalistické praktické činnosti zabývající se zkoumáním lidského hlasu a dalších stop vzniklých ve zvukových záznamech, s cílem zjištění identity mluvící osoby, případně nahrávacího zařízení a dalších okolností, jež jsou v souvislosti s kriminalistiky relevantní události.“*<sup>12</sup> Kriminalistickou audioexpertizou se zkoumají záznamy především lidského hlasu zaznamenané na záznamovém zařízení (mechanické, digitální, optické a jiné prostředky). V minulosti se tento obor zkoumání hlasu zaměřoval pouze na lidský hlas. Dnes již kromě zkoumání lidského hlasu kriminalistická audioexpertiza zkoumá také záznamové prostředky, kterými byl záznam pořízen nebo jiné stopy, které jsou v souvislosti s prověřovanou kriminalistickou událostí. Podoba zkoumaných stop může být například velikost místnosti, ve které se nahrávání uskutečnilo nebo určení místa, odkud byl telefonát uskutečněn. Zkoumané stopy hlasových projevů odráží funkční a dynamické vlastnosti člověka. U zkoumání záznamových prostředků dochází k poznávání jejich vlastností, a to zejména jejich velikosti nebo chemické složení či jiné specifické charakteristiky. Jak u zkoumání hlasového projevu, tak u zkoumání zvukových záznamových zařízení, lze provést skupinovou příslušnost i individuální identifikaci. Na základě analýzy lidského projevu řeči lze určit mnoho vlastností osoby. Zejména pak věk, vzdělání, povolání, původ či bydliště osoby, atd. Z nahrávky dále může zanalyzovat pravost magnetofonové nahrávky nebo

---

<sup>12</sup> Kriminalistická audioexpertiza. STRAUS, Jiří. *Kriminalistická technika*. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012, s. 158. ISBN 978-80-7380-409-1.

zjišťovat obsah nekvalitních nahrávek. K určení individuální identifikace pomocí analýzy řeči osoby je zapotřebí především srovnávací materiál. Bez srovnávacího materiálu lze provést skupinovou příslušnost, kdy lze zjistit například místní a sociální příslušnost, věk, vzdělání či pohlaví. Nedílnou součástí kriminálně audioexpertizy je zkoumání pravosti audionahrávek. Nahrávka může být zkreslená nebo záměrně upravená a zfalšovaná. Záznam se nezkoumá jen z jazykových hledisek ale také podle technických vlastností zkoumaného záznamu. Z hlediska zkoumání záznamových zařízení můžeme určit také druh magnetofonu, kterým byl zvukový záznam pořízen nebo typ magnetofonové pásky a zkoumat pravost magnetofonového záznamu. Dále lze odhadnout, jaké rozměry má místnost, kde byl záznam pořízen a její identifikaci. Kromě rozměrů určité místnosti lze také identifikovat, v jaké místě (části města) byl záznam pořízen. Z pořízeného zvukového záznamu lze vytipovat i původce rušivých (doprovodných) zvuků a tím ještě více zpřesnit identifikaci. Těmito zvuky mohou být různé rušivé elementy jako například zvuk motorových vozidel, zahradní stroje či domácí elektrospotřebiče). Jako záznamové zařízení lze zkoumat také mikrofon, u kterého lze určit, zda je vůbec schopen zachytit zvuk v takové kvalitě, v jaké je pořízený záznam nebo určit jeho vlastnosti či konkrétní identifikaci. U magnetofonu je to podobné. Určuje se, o jaký typ magnetofonu jde nebo zda umí takovou nahrávku vůbec pořídit. Zkoumat se mohou také magnetofonové pásky, a to hlavně z toho hlediska toho, zda dvě a více části pásky tvořily v minulosti jeden celek a podobně. Audioexpertiza je velmi důležitá v oblasti určování identity osoby. Jako příklad lze uvést případ telefonního hovoru, pomocí kterého podezřelý poškozenou osobu vydírá nebo jí vyhrožuje. U anonymního hovoru je taková identifikace osoby pomocí audioexpertizy často jedinou možností, jak usvědčit pachatele. Důležité je zkoumat i obsah nahrávky, jelikož kvalita nahrávky, pořízena z mobilního telefonu, je velmi nízká. Audioexpertizní stopy musí splňovat při svém vzniku obecně platné podmínky, tak jako všechny jiné kriminalisticko-technické stopy. Stopa musí mít spojitost s trestným činem, musí být zjistitelná současnými kriminalistickými technikami a minimální doby trvání objektů větší než doba od jejich vzniku do zajištění.<sup>13</sup> Analýzou hlasového projevu lze mimo jiné

---

<sup>13</sup> Kriminalistická audioexpertiza. STRAUS, Jiří *Kriminalistická technika*. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012, s. 161. ISBN 978-80-7380-409-1.

zjistit i duševní vlastnosti člověka. Každý člověk je z hlediska hlasového projevu individuální. Je to dáno rozdílností postavení a velikosti orgánů v těle, které se podílejí na výsledný projev zvuku. V neposlední řadě má každý jedinec svůj individuální způsob vyjadřování. Tento způsob může být dán sociálně-ekonomickým prostředím, ve kterém vyrůstá nebo jeho fyzickým či psychickým stavem.

Jednou z nejdůležitějších podmínek, aby mohlo být kriminalistické zkoumání provedeno kvalitně, je správný postup při pořizování a zajišťování sporných a srovnávacích materiálů. Pokud se jedná o magnetofonové záznamy, tak je zde apel, aby se záznamy zajišťovali v originále a byly co nejméně přehrávány. Jen tak se totiž zachová původní stav nahrávky a nedojde ke snížení kvality záznamu nebo k poškození mechanických a magnetických stop na pásce, díky které se může zjistit, na jakém typu magnetofonu byl záznam pořízen. Obecně platí, že při opakovaném přehrávání magnetofonového pásku dochází k čím dál většímu šumu a tím ke zkreslení zaznamenaného zvuku. Je důležité podotknout, že u jednoho zvukového záznamu je možno zkoumat několik různých objektů podle zaměření expertízy. Pokud je expertíza zaměřena na zkoumání mluveného slova, tak objektem zkoumání je člověk a jeho projev řeči. Pokud je zkoumání zaměřeno na vlastnosti záznamu zvuku, tak objektem je zpravidla mikrofon, prostředí, magnetofonový pásek nebo například magnetofon.

## **2.2 Klasifikace objektů zkoumání z kvalitativního hlediska**

Z kvalitativního hlediska se zkoumání hlasového projevu objektu nezaměřuje ani tak na technickou úroveň nahrávky (výslovnost, tvaroslovné detaily atd.), nýbrž na rozlišování ze stylistického hlediska. Jednoduše řečeno je zkoumání zaměřeno například na připravenost mluvčího nebo zda mluví spisovně či nespisovně a podobně. Díky specifikaci stylistické formy mluveného projevu, se poté vybírá správná metoda zkoumání nebo vyhovující srovnávací materiál. Jako příklad lze uvést dva projevy, které se svým obsahem nejvíce liší. Jsou to projevy anonymní nebo neanonymní. Anonymní mluvčí se z podstaty věci často snaží utajit svou identitu. Jeho projev je většinou ve formě vyhrůžek nebo se nese ve vyděračském či teroristickém stylu. U anonymní osoby je hlavním cílem zúžit počet podezřelých a tipovat údaje o osobě. U neanonymního mluvčího jde hlavně o to



zajistit záznam zvukového projevu dvou či více osob, aby mohl být následně tento záznam použit jako důkazní prostředek, kdyby osoby na nahrávce úplně popřeli existenci takového rozhovoru, nebo by tvrdili, že určité věci vůbec neřekly.

### **2.3 Klasifikace objektů zkoumání z kvantitativního hlediska**

Z kvantitativního hlediska zkoumaných mluvených projevů se rozlišuje především velikost neboli rozsah pořízených nahrávek. Je obecné pravidlo, které tvrdí, že čím je pořízený záznam delší a rozsáhlejší, tím se dostaví lepší výsledky kriminalistického zkoumání. Více se zúží okruh podezřelých nebo se s větší přesností identifikuje osoba. V policejní praxi je ovšem rozsáhlých anonymních projevů velmi málo a spíše se jedná o krátké projevy, někdy je pouze pronesena jen jedna věta. Rozsáhlost zkoumaných nahrávek má velký vliv na použití metod zkoumání kriminalistické audioexpertizy. Některé metody lze použít i na velmi krátké hlasové projevy ale například lingvistická metoda zkoumání potřebuje ke kvalitnímu výsledku rozsáhlý projev.

### **2.4 Klasifikace objektů zkoumání z hlediska procesu kriminalistické identifikace**

Zkoumané objekty se dále mohou klasifikovat z hlediska procesu kriminalistické identifikace. Jedná se o předložené nahrávky, které se dělí na sporné a srovnávací. Sporný materiál je mluvený projev, který je v příčinné souvislosti s prověřovanou kriminalisticky-relevantní událostí. Je to projev osoby, která není známa, anebo účast v nahrávce se jí musí nejprve dokázat (identifikovat ji). Zvuková nahrávka je v takovém případě prostředkem, kdy pomocí něj byl spáchán trestný čin. Může se jednat o vyhrůžky, verbální útoky, atd. Sporným záznam může přispět i k vyřešení jiných důležitých okolností, které se týkají určité události. Například projev sebevraha, který pronese větu na rozloučenou a tím je zřejmé, že svůj život ukončil sám. Ze sporných záznamů můžeme také zkoumat, zda se nejedná o upravený zvukový záznam, kterým by podezřelý chtěl zakrýt skutečný stav věci. Sporné záznamy (materiály) se zajišťují předepsaným způsobem a ke zkoumání se překládají v originále. Jinak řečeno se sporný záznam před zkoumáním nepřehrává, nedoplňuje ani se nestříhá. Dále je důležité v pořízením záznamu určit sporný záznam, aby nedošlo k jeho záměně

nebo zkoumání jiné části sporného záznamu, než je potřeba. U magnetofonových nahrávek se místo sporného záznamu určí například založením kousku papírku na pásek a u digitálních nahrávek se musí řádně soubor pojmenovat, včetně uvedení data a času pořízení. Magnetické záznamy na pásek se při skladování a přemisťování musí chránit před poškozením a před vlivy elektromagnetických polí.

U srovnávacích materiálů (záznamů zvuku) je důležitý aspekt, že mluvčí na těchto záznamech je znám. Srovnávacím materiálům se říká druhotné materiály, protože jsou závislé na sporném materiálu. Samostatně bez sporného materiálu jsou víceméně zbytečné. *„Srovnávací materiál se zajišťuje s přihlédnutím ke kvalitě sporného materiálu a závažnosti případu po předchozím vyhodnocení expertem a podle jeho požadavků, přičemž musí být respektována i další kriminalistická hlediska. Srovnávací materiály při zkoumání hlasových projevů jsou: a) ukázky řeči; b) zkoušky řeči; c) zkoušky hlasu“*<sup>14</sup> Ukázky řeči se pořizují zpravidla bez vědomí prověřovaného. Jedná se o záznamy přirozeného rozhovoru nebo telefonického rozhovoru. Předně se ovšem využívá zkouška řeči, ale pokud není k dispozici, tak se využije ukázka řeči. Sporný materiál (záznam) obsahuje různé charakteristické znaky hlasového projevu. Tyto znaky se musí objevit také v ukázce řeči a s těmito částmi ukázek řeči se provádí další zkoumání. Pokud se zkoumání provádí pouze na základě ukázky řeči, tak výsledky takového zkoumání jsou často nepřesné. Ukázky řeči zpravidla zajišťuje policejní pracovník, kdežto u zkoušky řeči je zapotřebí, aby materiál zajistil specializovaný pracovník nebo expert.

Když se provádí zkouška řeči, tak prověřovaná osoba je s tímto srozuměna. Zkouška řeči se provádí na základě dialogu, pokládání otázek nebo vyprávěním svého životopisu a podobně. Zkouška řeči má formu projevu, který svým obsahem nebo smyslem musí odpovídat spornému záznamu. Dále se prověřované osobě sdělí konkrétní kritéria, jak má svůj projev vést. Jedná se především o hlasitost, rychlost nebo důraz projevu tak, aby se co nejvíce tyto znaky podobaly spornému materiálu. Pokud se stane, že prověřovaná osoba během pořizování srovnávacího materiálu odbočí od tématu, tak se nepřerušuje a nechá se, ať pokračuje v projevu. Pokud jde o rozhovor dvou a více osob, tak se klade důraz na to, aby si osoby na

---

<sup>14</sup> Kriminalistická audioexpertíza. STRAUS, Jiří *Kriminalistická technika*. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012, s. 165. ISBN 978-80-7380-409-1.

záznamu neskákaly do řeči a nemísily se hlasy. Délka záznamu zkoušky řeči není nikterak časově omezena. Hlavní cíl je v záznamu zachytit všechny znaky řeči a hlasu, které se vyskytují ve sporném materiálu.

Zkouška hlasu se taktéž provádí s prověřovanou osobou. Zde je kladen důraz na to, aby prověřovaná osoba na záznam uvedla konkrétní věty nebo konkrétní úseky z projevu, který je zaznamenán na sporném záznamu. Jaké věty jsou ze sporného materiálu důležité se určí pomocí analýzy. Určené věty nejprve řekne prověřovaná osoba přirozeně, bez ovlivňování, a poté tyto věty řekne několikrát za sebou ve formě, v jaké jsou řečeny ve sporném materiálu, tj. stejná hlasitost, stejná rychlost, stejný důraz, atd.

Mimo srovnávacích a sporných materiálů se pořizují také pomocné materiály. Jednoduše lze říci, že pomocné materiály slouží k charakteristice okolnostem vzniku sporných a srovnávacích materiálů. Jedná se především o písemné materiály, které byly pořízeny během kriminalistického vyšetřování. Jedná se například o protokoly ohledání, protokoly o výslechu, atd. Všechny tyto pomocné materiály se označují jako vedlejší objekty kriminalistické audioexpertizy.

Důležité je si uvědomit, že při zkoumání ve sporných materiálech nejde jen o konkrétní hlasový projev osoby nebo osob ale také o zvuky, které se objevují v pozadí. Tyto zvuky mohou být při zkoumání sporného materiálu velmi důležité a mohou určit prostředí nebo prováděnou činnost v době vzniku záznamu. Také nám mohou ostatní zvuky určit, v jakém záznamovém zařízení byl záznam pořízen. Obecně řečeno, ostatní zvuky v nahrávce mohou pomoci k úspěšným závěrům prováděného kriminalistického zkoumání. Po různé elektroakustické úpravě zvuku (odstranění šumu) lze dokonce určit, zda bylo voláno z bytu nebo z telefonní budky, z jakého materiálu byla telefonní budka zhotovena nebo lze zjistit přítomnost druhé osoby v průběhu pořízení sporného záznamu, která nepronesla žádný hlasitý zvuk. Toto zjištění se provádí na základě dechu a jeho frekvenci. Dále lze z nahrávky určit přibližnou velikost místnosti, ve které byl záznam pořízen. Velikost místnosti se určuje především za pomoci tzv. proměření dozvuků jasných zvukových signálů jako například škrtnutí zápalkou, zavírání a otevírání dveří, cinknutí skleničky, atd. Pokud jde o zvuky vycházející

z nahrávacího zařízení, tak ty mají význam pouze pokud jde o sporný materiál, který byl vytvořen prostřednictvím magnetofonového pásku.

## **2.5 Identifikace osob z anonymních telefonátů**

Za účelem ztížení identifikace, může podezřelý svůj hlas pomocí nejrůznější techniky nebo metod pozměnit. Policejní praxe hovoří o těchto nejčastějších způsobech změny hlasu: „1) změna výšky hlasu, např. úmyslně hluboký nebo vysoký hlas; 2) mluva přes mikrofon zakrytý textilií, tzv. kapesník přes telefon; 3) zhoršení artikulace řeči s pomocí předmětu umístěného v ústech.“<sup>15</sup>

Charakteristický znak sporného materiálu je jeho neopakovatelnost, jedinečnost a v neposlední řadě, že jej příjemce nemůže při jeho vzniku nikterak ovlivnit. Pořízený sporný záznam může ovlivnit jeho zajišťování, jak z hlediska technické stránky, tak z hlediska jazykových vlastností. Jeden z nejčastějších případů anonymních hovorů jsou telefonáty na operační středisko linky 158. Zde se stává, že zavolá osoba, která oznamuje přípravu trestného činu nebo například místo uložení kradených věcí. Osoba v drtivé většině těchto případů nechce uvést své osobní údaje. Veškeré hovory na tísňové linky jsou nahrávány, a proto se jimi v případě potřeby zabývá kriminalistická audioexpertiza. Nahrávku lze později použít k tipování neznámé osoby nebo k porovnání z již vytipovanou osobou. Nevýhoda nahrávek přes telefonní přístroj je nízká kvalita záznamu. Často se stává, že není možno z nahrávky určit dostatečný počet charakteristických znaků mluvčího, ke zjištění jeho vlastností nebo k pozdějšímu porovnání s hlasem vytipované osoby. Jediné, co se dá aspoň částečně zjistit, je přibližný věk a pohlaví mluvčího. Aby bylo možno dosáhnout co nejkvalitnějšího záznamu z technické stránky, tak je zapotřebí vyšší péče o záznamové zařízení. V případě magnetofonu to může být například vhodné připojení k telefonní lince nebo čistota magnetofonových hlav a podobně. Obsahová kvalita pořízeného anonymního záznamu velmi závisí na přijímající osobě. Přijímající osoba musí mít správnou taktiku vedení rozhovoru, načež anonymní osoba musí na rozhovor v první řadě

---

<sup>15</sup> Kriminalistická audioexpertiza. STRAUS, Jiří *Kriminalistická technika*. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012, s. 168. ISBN 978-80-7380-409-1.

přistoupit. Přijímající osoba svou taktikou vedení rozhovoru může výrazně ovlivnit délku sporného záznamu i jeho vlastnosti, a tím přispět k lepším výsledkům kriminalistického zkoumání.

Pro řízené vedení hovoru je důležité, aby se přijímající osoba snažila rozhovor co nejvíce protáhnout. Délka hovoru je důležitá proto, aby bylo možno zachytit co nejvíce potřebných znaků k budoucí identifikaci osoby. Je žádoucí, aby se přijímající osoba dotazovala na stejné věci znova s prosbou o hlasitější a důraznější zopakování daného úseku rozhovoru. Ze strany přijímající osoby by měli být otázky kratší a u anonymní osoby odpovědi delší. Když například anonymní volající mluví příliš rychle, tak je potřeba mu sdělit, že mu není rozumět, a ať všechno co doposud řekl zopakuje pomaleji. Přijímající osoba a anonymní mluvčí by si neměli skákat do řeči, jelikož v případné pozdější akustické analýze nebude možno takové úseky využít. Pokud je u rozhovoru zřejmé, že anonymní mluvčí má svou řeč předepsanou a odněkud ji čte, tak je zapotřebí mu pokládat více otázek na různé podrobnosti. Je totiž žádoucí, aby se volající vyjádřil spontánněji a více přirozeně. Ve spontánní přirozené mluvě lze nejlépe vystihnout charakteristické znaky řeči mluvčího. Předem připravený text má méně výraznou intonaci a mívá pravidelnější tempo. Většinou je obsah takového projevu zaměřen na požadavky nebo vyhrůžky, které se týkají přípravy na trestný čin (hrozba teroristického útoku nebo uložení nástražného výbušného systému a podobně). Někdy jej mluvčí zopakuje, aby se ujistil, že mu bylo řádně rozumět. Pokud text čte a není v silách přijímajícího pokládat doplňující otázky, tak nejlepší volba je sdělit volajícímu, že mu není řádně rozumět a ať text znovu zopakuje. Je to opět taktika vedení rozhovoru, aby zvuková nahrávka byla co nejdelší a zachytilo se co nejvíce charakteristických znaků řeči. Obecná zásada taktiky vedení rozhovoru spočívá v tom, že je nežádoucí anonymního volajícího přerušovat ale v případě, že situace spěje po přečtení textu k zavěšení sluchátka, tak zde platí výjimka a volajícího je možno přerušit s cílem rozvést přirozenější rozhovor. Jak již bylo řečeno, přirozený a spontánní rozhovor je pro fonetické a jazykové zkoumání výrazně významnější. Cílem příjemce anonymního rozhovoru je navodit volajícímu přátelský a důvěrný vztah, aby bylo možno rozvést delší konverzaci. Je důležité vůči volajícímu zachovávat zdvořilost a potlačit antipatii, která se může dostavit z důvodu anonymních vyhrůžek. Z hlediska taktiky vedeného rozhovoru

je výhodné, aby rozhovor slyšela i druhá osoba na straně přijímajícího. Obecně by neměla druhá osoba do rozhovoru nikterak zasahovat, jelikož by takový zásah mohl mít nepříznivý vliv na délku a kvalitu obsahu projevu volajícího. Jsou ale případy, kdy je možno předat hovor jiné osobě s tím, že je v oboru kompetentnější. Pokud to situace dovolí, tak je zapotřebí pokládat doplňující otázky. Z počátku by se otázky neměly týkat osobních údajů (jméno, bydliště, atd.) ale spíše podrobností ohledně připravovaného činu (např. místo, čas, následky TČ, atd.). Důležité při anonymním rozhovoru je dávat najevo zájem o sdělení volajícího. Volající nesmí mít prostor na pauzy, jelikož hrozí, že telefon zavěsí. Proto se musí ihned pokládat další otázky. Ukončení rozhovoru musí být ze strany volajícího, aby bylo kriminalistickým zkoumáním možno využít znaky, které jsou spojené se zavěšováním sluchátka a rozpadem spojovací cesty.

## **2.6 Zpracovatelnost sporného materiálu**

Kromě anonymních telefonátů jsou sporným materiálem také záznamy (magnetofonové, digitální, atd.), které jsou spojené s trestným činem a byly nalezeny například při domovní prohlídce nebo ohledání místa činu. V takovém případě není možno nikterak ovlivnit technickou kvalitu nebo jazykové vlastnosti nahrávky. Ne každý sporný materiál lze použít ke kriminalistickému zkoumání, a proto se u takových nahrávek určuje jejich zpracovatelnost neboli stupeň zpracovatelnosti. Stupeň zpracovatelnosti se určuje především podle technické kvality nahrávky a podle jazykového a stylistického obsahu. V potaz se bere i délka záznamu. Sporný materiál musí obsahovat dostatečný počet jazykových, elektroakustických a fonetických znaků, aby mělo význam u takového záznamu provést audioexpertizu za účelem identifikace mluvčího. Aby bylo možno provést individuální identifikaci mluvčího a záznam byl zpracovatelný pro expertizu, musí splňovat následující podmínky: „1) *originální nahrávka, co nejméně přehrávaná (u magnetofonového pásku); 2) přirozený způsob řeči; 3) relativní souvislost jazykového projevu, tj. vyjádření větnou formou, ne pouze jednotlivá slova; 4) rozsah jazykového projevu nad 15-20 vět; 5) srozumitelnost zaznamenaného projevu.*

*Obtížně zpracovatelné jsou pak nahrávky, jejichž vlastnosti neodpovídají zcela výše uvedeným podmínkám, například: 1) nahrávka je kopie; 2) mluvčí se*

*snaží měnit způsob řeči; 3) projev je kratší a méně souvislý; 4) srozumitelnost je částečně snížena.*<sup>16</sup> Většina neobjasněných anonymních telefonátů, kde je mluvčí podezřelý z trestného činu, jsou uloženy na Kriminalistickém ústavu v Praze. Pokud se vytipuje v budoucnu podezřelá osoba, tak je možno minulou nahrávku porovnat s tou aktuální a je větší šance identifikovat určitou osobu.

## **2.7 Získávání srovnávacího materiálu**

Kromě již výše uvedených zásad při zajišťování srovnávacího materiálu, se musí dodržovat některé technické podmínky záznamu. Podstata srovnávacího materiálu tkví v tom, že se musí zajišťovat v závislosti na sporném materiálu. Jelikož má audioexpertizní zkoumání vysoké nároky na kvalitu záznamu (technickou i jazykovou), tak se sporný materiál zasílá k předběžnému vyhodnocení k expertovi, který určí specifické požadavky na srovnávací materiál. Z důvodu, že srovnávací materiál musí mít co nejlepší technickou kvalitu, tak jsou dány určité pokyny, kterými se pořizovatel nahrávky řídí. Následující doporučení se týkají především nahrávek na magnetofonový pásek. V první řadě, by srovnávací materiál měl být nahrán na jinou magnetofonovou pásku než sporný materiál. „*Pro co nejlepší jakost nahrávky se nahrává rychlostí alespoň 9,53 cm/s, pokud možno na dvoustopý magnetofon.*“<sup>17</sup> Nahrávka se nastavuje podle hlasitosti podezřelého, načež k hlasitosti hlasu vyslychajícího se příliš nepřihlíží. Mikrofon, u pořizování srovnávacího záznamu, se používá co nejkvalitnější. Nejlepší variantou je směrový mikrofon, který je při výslechu směřovaný na podezřelého a nesmí být položen na stejném stole, u kterého sedí podezřelý. Je totiž nežádoucí, aby v nahrávce byly slyšet rušivé zvuky jako například kopnutí podezřelého do stolu nebo klepání prsty do stolu. Při pořizování zvukového záznamu je důležité také dbát na správný výběr místnosti, ve které je záznam pořizován. Místnost by měla být mimo časté užívané prostory. Okna místnosti by neměla směřovat do rušené ulice. Na podlaze by měl být koberec, jelikož kvalitněji

---

<sup>16</sup> Kriminalistická audioexpertiza. STRAUS, Jiří *Kriminalistická technika*. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012, s. 170-171. ISBN 978-80-7380-409-1.

<sup>17</sup> Kriminalistická audioexpertiza. STRAUS, Jiří *Kriminalistická technika*. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012, s.171. ISBN 978-80-7380-409-1.

tlumí zvuky chození. Telefonní mobily účastníků by měly být vypnuté a na vstupních dveřích do místnosti je žádoucí, aby byl vyznačen nápis zákaz vstupu. V neposlední řadě by měla magnetofon obsluhovat osoba, která neřídí rozhovor.

Kvůli různým metodám zkoumání je někdy zapotřebí, aby byla část srovnávacího materiálu nahrána přibližně stejným způsobem, jako sporný záznam. Týká se to především telefonních záznamů nebo nahrávce v dopravním prostředku. To znamená, že při pořizování srovnávacího materiálu se navodí stejná situace, jaká je obsažena ve sporném materiálu. Než je vůbec nahrán srovnávací materiál, tak je zapotřebí důkladně zanalyzovat spornou nahrávku, jak po stylistické, tak po jazykové stránce. Když například slyšíme ve sporné nahrávce, že podezřelý anonymní mluvčí zvyšuje tón hlasu a mluví razantněji, tak ve srovnávacím materiálu bude nejlepší takový podobný styl mluvy zachytit.

Jak již bylo uvedeno výše, tak skrze srovnávací materiály nemusíme identifikovat pouze mluvčího ale i prostředí nebo záznamové zařízení. Takový srovnávací materiál se provádí za pomoci více nahrávek, které se pořizují v různých místech nebo místnostech, o kterých se domníváme, že odtamtud může sporný materiál pocházet. V takovém prostředí se poté snaží specialista navodit charakteristické zvuky, aby je následně bylo možné zanalyzovat a pokusit se určit prostředí zachycené na sporném materiálu. Poté expert výsledky vyhodnotí. U identifikace záznamového zařízení se jako srovnávací materiál použije vytipovaný magnetofon, magnetofonová páska, atd., která měla být použita k záznamu sporného materiálu. Zvukové záznamy z těchto zařízení se poté porovnávají se spornou nahrávkou.

## 2.8 Audioexpertizní zkoumání

Obecně je identifikace objektů pomocí audioexpertizy složitý proces a zejména je náročná na přístrojovou techniku. Audioexpertizní zkoumání se v zásadě provádí na specializovaném pracovišti. „*Analýza mluveného projevu se provádí ze tří hledisek, a to z hlediska: a) jazykového rozboru; b) fonetického rozboru; c) elektroakustického rozboru. Pro fonetickou a elektroakustickou*



*analýzu je potřeba špičkových technických zařízení, která jsou schopna zaznamenat graficky velice přesně spektra v rozsahu 20-20 000 Hz.“<sup>18</sup>*

U jazykového zkoumání se vybírají a tvarují slova a následně se spojují do větších celků neboli vět či souvětí. Určuje se složitost postavených slov v projevu nebo se rozčlení slova a věty na takty, a podobně.

Fonetické zkoumání se naopak zabývá tempem, rychlostí a dynamikou řeči. Dále zkoumá výšku hlasového projevu a charakter hlasu. Určuje, jaký má mluvčí přízvuk či celkovou dikci řeči nebo jak mluvčí používá jednotlivé hlásky a podobně.

Elektroakustické zkoumání se dá popsat jako vyjádření fonetických vlastností, které se dají změřit. Například lze změřit výšku základního hlasového tónu a provést statistickou analýzu nebo měřit rychlost řeči ve slabikách za sekundu. Dále se může pomocí sonogramu měřit průběh okamžitého spektra řeči atd. Obecně v elektroakustickém zkoumání se nejvíce k měření používá sonogram. *„Sonogram vyjadřuje grafickou závislost kmitočtu na čase, délka jednoho sonogramu je obvykle asi 2,4 s, kmitočet na svislé ose má horní hranici většinou 4 nebo 7 kHz. Ztmavnutí jednotlivých míst na sonogramu označuje intenzitu daného kmitočtu v příslušném čase. V elektroakustické analýze se využívají tři druhy sonogramů: a) úzkopásmový sonogram; b) širokopásmový sonogram; c) vrstevnicový sonogram.“<sup>19</sup>*

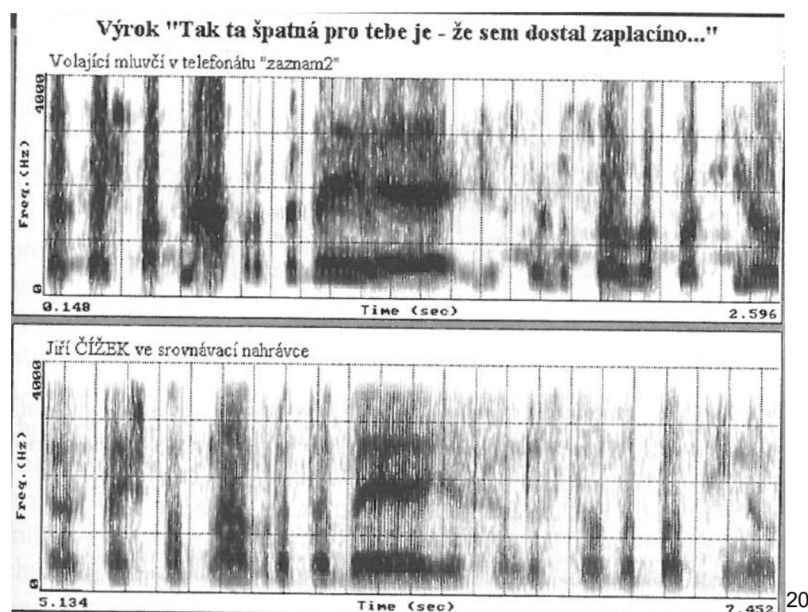
Z hlediska jazykového rozboru sporného materiálu lze tipovat podle různých kritérií osobu mluvčího. Z jazykového rozboru můžeme alespoň přibližně určit vlastnosti, povolání, zájmy, vzdělání autora nebo například určit do jaké sociální skupiny lidí se zařazuje. Pokud se zkoumá, jakého pohlaví je mluvčí na sporném záznamu, tak se využívá především fonetická a elektroakustická analýza než jazyková. K určování přibližného stáří mluvčího, se zkoumání zaměřuje na užití jazykových prostředků, jelikož starší lidé mohou při mluvě využívat nářeční prvky. Jejich stavba vět, slovní tvary nebo slovní zásoba často vychází z dobově omezených jazykových prostředků. K určení místní příslušnosti autora sporného záznamu nejlépe poslouží jeho mluva. Pro každou oblast na území státu je typické

---

<sup>18</sup> Kriminalistická audioexpertiza. STRAUS, Jiří *Kriminalistická technika*. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012, s. 173. ISBN 978-80-7380-409-1.

<sup>19</sup> Kriminalistická audioexpertiza. STRAUS, Jiří *Kriminalistická technika*. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012, s. 173. ISBN 978-80-7380-409-1.

užívání nářečních jazykových prostředků. Mluvčí může ve své řeči užívat jazykové vlastnosti, které si ani neuvědomuje ale spojují jej s určitým územím. Specifickými znaky v řeči mluvčího může být například kvalita některých hlásek nebo rozdílná melodie. Pomocí jazykového zkoumání lze přibližně také určit stupeň dosaženého vzdělání nebo kulturní vyspělosti mluvčího. Ve většině případů se stává, že mluvčí, pokud má nízké vzdělání a pochází ze slabé sociální skupiny lidí, tak užívá nesprávné formulace vět nebo má nízkou úroveň vyjadřování. Není to ovšem pravidlem, protože i člověk s nízkým vzděláním se může vyjadřovat velmi dobře, jelikož zkušenosti v této oblasti mohl posbírat čtením knížek a podobně. Obecně lze ale říci, že je zde silná závislost jazykových a stylistických dovedností na dosaženém stupni vzdělání. Určení povolání či zařazení mluvčího do určitých sociálních skupin je složitější. K tomuto lze využít jen velmi omezený počet jazykových prostředků. K takovému zařazení poslouží odborné termíny nebo profesionální slang použitý v projevu. Z řeči mluvčího lze poznat mnoho dalších vlastností, jako například mluvnost, málomluvnost nebo psychický stav. Ten lze určit z projevu, kde jsou patrné emoce, a kde se mluvčí příliš přeríkává, opakuje a dělá často pauzy. V následujícím obrázku je znázorněn sporný záznam z hovoru a srovnávací záznam jedné osoby na širokopásmovém sonogramu.



(obr. 3: Širokopásmový sonogram, hlasový projev jedné osoby)

<sup>20</sup> Kriminologická audioexpertiza. STRAUS, Jiří *Kriminologická technika*. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012, s. 175. ISBN 978-80-7380-409-1.

## 2.9 Metody kriminalistické audioexpertizy

Použitelnost všech metod zkoumání kriminalistické audioexpertizy závisí na kvalitě sporné nahrávky, někdy i kvalitě srovnávací nahrávky. Pomocí kvality sporné nahrávky se určuje, jaké aspekty a části se při zkoumání využijí ze srovnávací nahrávky. Pokud expert provádí sluchové zpracování zvukového záznamu řeči, tak postupuje daným způsobem. Ze všeho nejdřív si poslechne celý zvukový záznam bez přerušení. Následně předběžně vyhodnotí obtížnost jeho zpracovatelnosti a určí, jaké parametry se budou hodnotit. Když nalezne jednotlivé znaky v řeči, tak se následně posuzují odděleně a zaznamenávají se standartním systémem znaků, který si každý expert individuálně doplňuje o své poznatky. Pro samotnou vlastní analýzu se používá systém hodnocení jednotlivých řečových a hlasových parametrů. Forenzní expert hodnotí následující skupiny jevů: *„kvalita hlasu a způsob dýchání, segmentální rovina – způsob artikulace hlásek a hláskových skupin, prozodie řeči – frázování, melodie, přízvuk, pauzy, tempo, rytmus, dynamika a samozřejmě i celková úroveň projevu – pečlivost výslovnosti, stavba jazyka.“*<sup>21</sup> A jak již bylo uvedeno, z řeči mluvčího se vyvozují individuální znaky, které by se měli v pravidelných intervalech ve větách opakovat, a poté se tyto znaky mohou použít k identifikaci mluvčího. Různé akustické metody se zabývají rozdíly v řeči mluvčího, které jsou pro člověka pouhým sluchem nerozpoznatelné. Ovšem určité rozdílné znaky mohou být patrné již pouhým sluchem. Když například necháme vyslovit dva mluvčí stejnou slabiku či samohlásku, tak se nám mohou zdát pouhým sluchem téměř totožné. Když ale použijeme akustickou metodu zkoumání, tak nalezneme rozdíl hodnot jednotlivých formantů (tón tvořící akustický základ hlásky) či jejich průběh.

I když jsou akustické metody zkoumání identifikace mluvčího kvalitní a dokážou v nejednom případě opravdu identifikovat osobu, tak i zde se setkáme s řadou problému. Jeden z největších problému v akustických metodách zkoumání je ten, že stále nejsou dostatečné znalosti o tom, v jakém rozsahu akustického spektra se může řeč jednoho mluvčího pohybovat. Dále také chybí dostatečné důkazy o spolehlivosti používaných technik akustických analýz používaných na různé kvality jazykového materiálu. Obecně lze říci, že veškeré

---

<sup>21</sup> Metody kriminalistické audioexpertizy. *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. Praha: Grada, 2008, s. 464. Profesionál. ISBN 978-80-247-2365-5.

akustické analýzy, jsou založeny na zjišťování spektra zvukového signálu pomocí nejrůznějších speciálních zařízení (například sonagraf). Tato zařízení, nebo speciální software v počítači, dokáží v grafické formě vyobrazit časový rozměr a okamžitou amplitudu vlny zvukového signálu. Amplituda je jednoduše řečeno maximální hodnota periodicky měnící se veličiny. Z grafického zobrazení není bohužel možné přímo odečíst počet ani vlastnosti jednotlivých spektrálních složek zvukové stopy. Z tohoto důvodů se provádí výpočet spektrálních složek podle toho, na co je jednotlivá akustická analýza zaměřena. K analýze zvuku (řečového signálu) je zapotřebí z původního signálu získat tzv. spektrum složeného zvuku. Spektrum zvuku neboli zvukové spektrum, „je kombinace všech frekvencí, ze kterých se většina zvuků skládá“.<sup>22</sup> Získání spektra složeného zvuku se dnes provádí dvěma způsoby: a) početní analýzou; b) pomocí analyzátoru, který zpracovává zvuk (např. systém filtrů). „Klasickou metodou početní analýzy je tzv. Fourierova analýza. Její nevýhodou v předpočítačové éře byla pracnost výpočtu. Podle této metody je možné libovolnou periodickou časovou funkci  $f(t)$  v celku nebo po úsecích rozložit na jednoduché časové funkce se sinusovými průběhy, u periodicky nebo quasiperiodicky proměnného základního signálu na tzv. harmonické složky. Dnes se různé typy početních analýz složeného signálu vracejí, neboť se při nich výhodně uplatňuje zpracování pomocí počítače.“<sup>23</sup> Jako analyzátor k získání spektra složeného zvuku může sloužit sonagraf, skrze který lze získat trojrozměrné spektrum, který ukazuje frekvenci a intenzitu jednotlivých složek v čase. V dnešní moderní době se nejčastěji užívá metoda, která je založena na zpracování řečového signálu v počítači, za pomoci nejrůznějších softwarů. Fonetikové dnes využívají celou řadu softwarových programů. Těmi nejčastějšími jsou: „Kay-CSL, Kay-Multispeech (USA), PRAAT (SRN), PROFIMATCH, DISCRETS (Finsko).“<sup>24</sup>

---

<sup>22</sup> Zvukové spektrum. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2022 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Zvukové\\_spektrum](https://cs.wikipedia.org/wiki/Zvukové_spektrum)

<sup>23</sup> Metody kriminalistické audioexpertizy. *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. Praha: Grada, 2008, s. 465. Profesionál. ISBN 978-80-247-2365-5.

<sup>24</sup> Metody kriminalistické audioexpertizy. *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. Praha: Grada, 2008, s. 466. Profesionál. ISBN 978-80-247-2365-5.

## 3 Záznam a reprodukce zvuku

Aby mohli experti správně a kvalitně provádět audioexpertizu, tak je důležité mít kvalitní zvukový záznam, jak sporný, tak srovnávací. S tímto se pojí technologie, pomocí kterých se získává zvukový záznam na určité médium. V průběhu vývoje vědy se stále zdokonalují zvukové technologie a tímto se v souběhu zkvalitňuje i audioexpertiza. Se záznamem zvuku se pojí i jeho reprodukce, která se rovněž vyvíjí a zdokonaluje. Proto budou v následujících podkapitolách uvedeny jednotlivé technologie, či způsoby, záznamu zvuku a jeho reprodukce.

### 3.1 Záznam zvuku

*„Záznamem zvuku se rozumí vytváření audiozáznamu, trvanlivé mechanické, magnetické, optické nebo digitální stopy zvukových vln, kterou lze při reprodukci opakovaně proměňovat ve zvukový signál.“*<sup>25</sup> Aby vznikl zvukový záznam, tak se musí nahrát v konkrétním nahrávacím zařízení. Naopak přehrávací zařízení nám umožňuje tento nahraný záznam reprodukovat. Předmětem zvukového záznamu může být celá škála zdrojů. Může jít například o zpěv, hudbu, řeč ale také se používá k registraci průběhu letu, tzv. černá skříňka. Další část práce, se bude zaměřovat především na záznam lidského hlasu. Jelikož pro forenzní účely jsou tyto záznamy, a jejich porovnávání, klíčové k získávání důkazních prostředků. Podle typu, jak lze zaznamenávat a reprodukovat zvuk, rozlišujeme dvě hlavní kategorie. Jedná se o analogový a digitální záznam zvuku. Analogový záznam zvuku zahrnuje tři základní metody záznamu: mechanický záznam zvuku, optický záznam zvuku a magnetický záznam zvuku. Záznam zvuku je určitý nahrávací řetězec, kde na začátku každého takového řetězce je citlivá membrána, která zachycuje zvukové vlny jako pohyb. *„Při čistě mechanickém nahrávání se tento pohyb přímo přenáší na rycí jehlu, která do plastického média vytváří drážku se záznamem. Přehrávání pak probíhá opačně: jehla snímá profil drážky a přímo rozeznívá membránu, která vytváří*

---

<sup>25</sup> Záznam a reprodukce zvuku. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Záznam\\_a\\_reprodukce\\_zvuku](https://cs.wikipedia.org/wiki/Záznam_a_reprodukce_zvuku)

reprodukováný zvuk.“<sup>26</sup> Okolo třicátých let dvacátého století došlo v oblasti zvukových záznamů k pokroku. Od této doby se začal záznam zvuku provádět tak, že pohyb membrány, která se nachází v mikrofону, se převádí na elektrický proud. Tento proud zesílí a ovládá poté záznamové zařízení. U analogového záznamu se používá například rycí jehla pro mechanický záznam (gramofonová deska). Pokud jde o elektromagnetický záznam, tak se užívá záznamová hlava (magnetofon). Při reprodukci u těchto záznamů se užívá opět jehla nebo magnetická snímací hlava. Následně membránu v reproduktoru rozechvěje zesílený elektrický signál, který poté vytváří slyšitelné zvuky.

*„Při digitálním záznamu se průběh zvuku vzorkuje podstatně vyšší frekvencí, než je zaznamenávaný zvuk, a zachycují se tak okamžité číselné hodnoty tlaku vzduchu v pravidelných intervalech. Ty se pak zaznamenávají jako číselné (diskrétní, digitální) informace na kompaktní disk (CD, DVD) nebo v elektronických pamětech a v počítačích, například v komprimovaném formátu MP3 a podobně.“*<sup>27</sup> Když se digitální záznam reprodukuje, tak se z číselných údajů opět vytváří spojitý analogový signál, který je přiváděn do reproduktoru nebo sluchátek. Jedna z největších výhod digitálního záznamu je jeho zvýšená odolnost proti poškození a opotřebením. Kvalita reprodukce digitálního záznamu se časem ani přehráváním příliš nezhoršuje, jako je to u ostatních záznamů. V následujících podkapitolách rozeberu podrobně jednotlivé druhy zvukových záznamů.

### **3.1.1 Mechanický záznam zvuku**

Tento záznam zvuku byl již používán od konce 19. století, a proto se jedná o nejstarší způsob záznamu zvuku. Jako první přístroj, který byl používán k záznamu zvuku, se jmenuje fonograf, který vynalezl Thomas Alva Edison v roce 1877. *„Zvuk byl zaznamenán mechanicky do drážky, kterou rylo záznamové zařízení do rotujícího válečku. Takto pořízený záznam bylo možné zpětně mechanicky reprodukovat na zvuk. Jednalo se o hloubkový záznam zvuku*

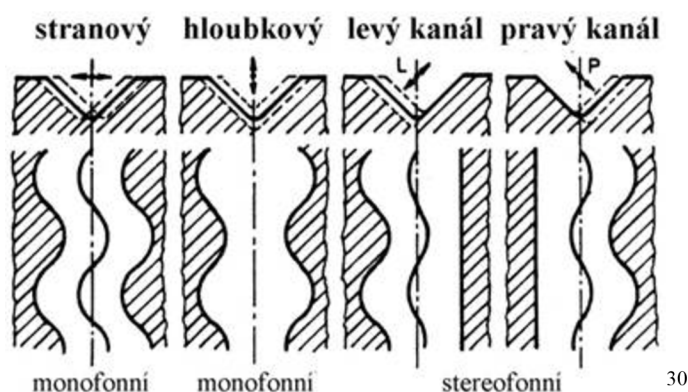
---

<sup>26</sup> Záznam a reprodukce zvuku. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Záznam\\_a\\_reprodukce\\_zvuku](https://cs.wikipedia.org/wiki/Záznam_a_reprodukce_zvuku)

<sup>27</sup> Záznam a reprodukce zvuku. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Záznam\\_a\\_reprodukce\\_zvuku](https://cs.wikipedia.org/wiki/Záznam_a_reprodukce_zvuku)

(viz obr. 3), ve kterém hloubka drážky odpovídala okamžité hodnotě akustického tlaku zaznamenávané zvukové vlny.“<sup>28</sup> Tento záznam zvuku se ve své době používal i komerčně navzdory tomu, že kvalita záznamu nebyla příliš dobrá.

Dalším typ mechanického záznamu je tzv. stranový záznam (viz obr. 3). K tomuto typu záznamu se používal např. gramofon. Při stranovém záznamu zvuku „byla stranová výchylka rycího zařízení úměrná okamžité hodnotě akustického tlaku zaznamenávané akustické vlny.“<sup>29</sup> V profesionální praxi se tento typ záznamu používal již v první polovině 20. století a právě v gramofonu se používal dominantně. S postupem času se se začal používat i mechanický záznam stereofonní (do určité doby byly jen monofonní záznamy). Tento záznam se označuje jako stranově-hloubkový. Mechanický stereofonní záznam se vyznačuje tím, že na každé stěně (straně) drážky byl zaznamenán jeden kanál. Jednoduše se jednalo o levý nebo pravý kanál. Následně stereofonní gramofon snímal odděleně zvuk obou kanálů. Naproti tomu monofonní gramofon snímal součet obou kanálů zároveň.



(obr. 4: typy mechanických záznamů)

<sup>28</sup> Pořízení zvukového záznamu: Mechanický záznam zvuku. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetická, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1343-mechanicky-zaznam-zvuku>

<sup>29</sup> Pořízení zvukového záznamu: Mechanický záznam zvuku. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetická, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1343-mechanicky-zaznam-zvuku>

<sup>30</sup> Pořízení zvukového záznamu: Mechanický záznam zvuku. *Encyklopedie fyziky* [online, obr. 42]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetická, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1343-mechanicky-zaznam-zvuku>

### 3.1.2 Optický záznam zvuku

Ve 20. letech 20. století začal film na filmových plátnech dostávat nový rozměr, jelikož k filmu se začal používat i zvuk. Do této doby byly filmy vesměs němé. Jediný zvuk u němého filmu byl ten, který někdo vytvořil až živě v kinosále (např. klavírista nebo orchestr), jako doprovodný a operativně tak reagoval na dění na plátně. Dialogy ve filmu byly zase zprostředkovány pomocí titulků. A právě s příchodem zvuku ve filmu byl zaveden optický záznam zvuku. Z tohoto také vyplývá, že optický záznam zvuku se jako poprvé objevil v kinematografii. Optický záznam se provádí se vzorkovací frekvencí přibližně 10 kHz. Optické záznamy zvuku, hlavně ty na filmový pás, se dále také mohou dělit na hustotní, kvazihustotní a plochový záznam. Na filmovém pásu byl poprvé užit hustotní záznam zvuku (viz obr. 5). „*Hustota zčernání vyvolaného filmu byla přímo úměrná okamžité hodnotě akustického tlaku zvukového signálu, který doprovázel danou filmovou scénu. Nestandardní gradace pozitivní kopie filmového pásu ale způsobovaly značné zkreslení při zpětné reprodukci zvuku.*“<sup>31</sup>

Jelikož reprodukce zvuku nebyla dostatečně kvalitní, tak se postupem času objevila další metoda záznamu zvuku na filmový pás, a to kvazihustotní záznam (viz obr. 5). Tento záznam, společně s plochovým záznamem, se velmi dlouhou dobu používaly v běžné praxi. Jelikož původní hustotní záznam se již vůbec nepoužívá, tak se takto začal označovat i kvazihustotní záznam zvuku. Kvazihustotní záznam lze popsat tak, že „*propustnost zvukové stopy zaznamenané na filmovém pásu závisí na hustotě příčných kontrastních čárek ve zvukové stopě. Hustota těchto čárek je závislá na okamžité hodnotě akustického tlaku zaznamenávaného zvuku.*“<sup>32</sup>

Další způsob optického záznamu, jak je výše již uvedeno, se nazývá plochový záznam (viz obr. 5). U tohoto záznamu je část stopy bílá a část stopy černá. Podle vzájemného poměru těchto dvou ploch (stop) se určuje propustnost zvukové stopy. I zde je propustnost zvukové stopy dána okamžitou hodnotou

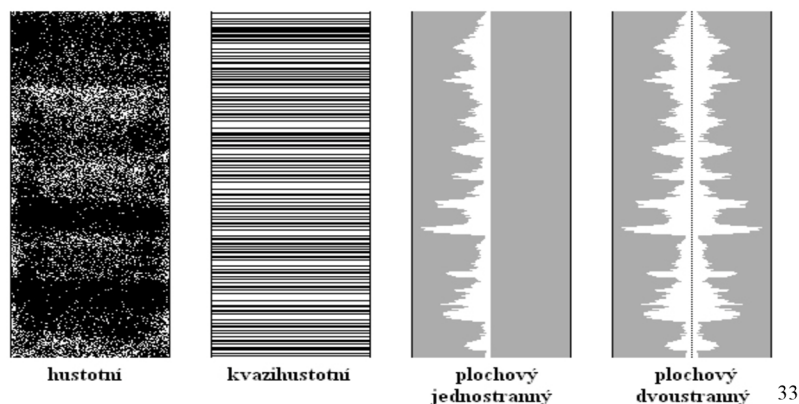
---

<sup>31</sup> Optický záznam zvuku: Druhy optických záznamů zvuku. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetíčka, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1345-druhy-opticky-zaznamu-zvuku>

<sup>32</sup> Optický záznam zvuku: Druhy optických záznamů zvuku. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetíčka, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1345-druhy-opticky-zaznamu-zvuku>



akustického tlaku zaznamenávaného zvuku. Lze se potkat i s tím, že plochovému záznamu se říká amplitudová záznam a hustotnímu intenzitní záznam. Na následující ilustraci lze vidět jednotlivé typy optických záznamů:



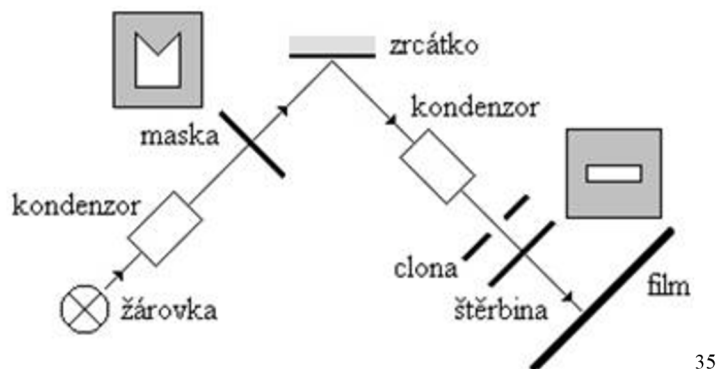
(obr. 5: typy optických záznamů zvuku)

Ve všech případech těchto optických zvukových záznamů na filmový pás, je základem velmi kontrastní zvukový negativ, který zajistí kontrastní zvukovou stopu i na pozitivu. Do roku cca 1950 se nejčastěji používal hustotní záznam zvuku. Po roce 1950 postupně začal převládat plochový záznam. Jak je vidno na ilustraci výše, tak plochový záznam má navíc několik podob. Je to plochový záznam zvuku jednostranný, dvoustranný a víceřádkový (několik dvoustranných záznamů vedle sebe). Dnešní doba již opět pokročila a filmové pásy jsou dnes již ve většině případů vybaveny digitálním zvukem, který umožňuje v kině poskytovat například prostorový zvuk.

Dále uvedu princip, jak optický záznam zvuku (hustotní či plochový) vzniká a k tomuto využiji text z online encyklopedie fyziky, který následně řádně cituji. *„Záznam se provádí exponováním zvukové stopy světlem s konstantní intenzitou, které prochází štěrbinou. Ta je zakývána stínem masky vhodného tvaru tak, aby osvětlená část štěrbinou odpovídala okamžité hodnotě akustického tlaku zaznamenávaného zvukového signálu. Pohyb stínu masky je dán pohybem zrcátka, které se pohybuje přesně podle změn akustického tlaku zaznamenávaného zvuku. Zdrojem světla je žárovka, jejíž světlo se soustředí pomocí kondenzoru (spojná čočka). Světlo pak prochází maskou, dopadá na*

<sup>33</sup> Optický záznam zvuku: Druhy optických záznamů zvuku. *Encyklopedie fyziky* [online, obr. 43]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetíčka, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1345-druhy-opticky-zaznamu-zvuku>

pohybující se zrcátko a odráží se od něj, prochází štěrbinou a čočkou je soustředěno na příslušné místo filmového pásu.“<sup>34</sup> Na následující ilustraci je znázorněno, jak tento princip záznamu zvuku funguje:



(obr. 6: princip optického záznamu zvuku na filmový pás)

Snímání zvuku z filmového pásu probíhá podobně a to tak, že zvuková stopa je prosvěcována světlem, které prochází štěrbinou. Následně toto světlo dopadá na fotodiodu, kde je světelná energie přeměněna na kinetickou energii. Díky tomuto jevu vznikne elektrický proud, který se v reproduktoru přemění na odpovídající zvuk. Optický záznam zvuku se v dnešní době už tolik nepoužívá, protože jej nahrazuje digitální záznam. Přesto se optický záznam zvuku pořád objevuje na filmovém pásu, ale má spíše jistící funkci.

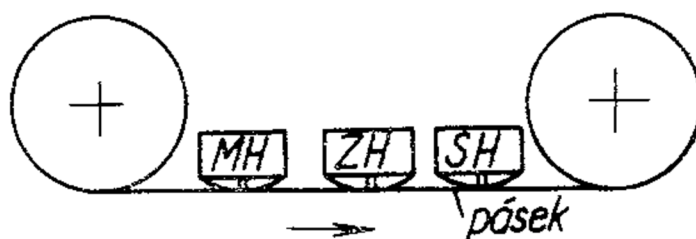
### 3.1.3 Magnetický záznam zvuku

Magnetický záznam zvuku se používá již od 30. let 20. století a s postupem času se stal dominantním záznamem. Dodnes se používá v mnoha odvětvích, včetně rozhlasu, televize, filmu atd. Magnetický záznam zvuku má nespornou výhodu na rozdíl od optického a mechanického záznamu. Touto výhodou je, že lze mnohem snadněji opravit jeho přemazáním. „První magnetické záznamy se pořizovaly na ocelové pásky, ale byly postupně nahrazeny pásky s feromagnetickou vrstvou z magneticky tvrdé látky. Dalším vylepšením byl objev

<sup>34</sup> Optický záznam zvuku: Princip optického záznamu zvuku. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetická, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1346-princip-optickeho-zaznamu-zvuku>

<sup>35</sup> Optický záznam zvuku: Princip optického záznamu zvuku. *Encyklopedie fyziky* [online, obr. 44]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetická, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1346-princip-optickeho-zaznamu-zvuku>

vysokofrekvenční předmagnetizace. Tím se dále zvýšila kvalita záznamu a následné reprodukce zvukového signálu.“<sup>36</sup> Nejznámější přístroj, který zaznamenává a reprodukuje zvuk magnetického záznamu, je magnetofon. Jelikož se magnetický záznam zvuku ujal ve druhé polovině 20. století v hojné míře i v amatérské praxi, tak postupně vytlačil mechanický i optický záznam zvuku. I v dnešní době má magnetický záznam zvuku své dominantní postavení, jelikož analogový signál se zaznamenává pomocí něj téměř výhradě a magnetický záznam digitálního signálu je převažující nad ostatními technologiemi. „Princip magnetického záznamu zvuku spočívá v převedení zvukových kmitů na elektrické, kterými se trvale zmagnetizuje pohybující se zvukové médium (vrstva feromagnetika naneseného na nosiči z plastického materiálu), které potom při přehrávání vytváří kmitů o stejné frekvenci, jako při nahrávání. Tyto elektrické kmitů se potom převedou elektroakustickým měničem na kmitů zvukové.“<sup>37</sup> Nejčastějším záznamovým materiálem je magnetofonový pásek tvořený nosičem z plastické hmoty. Na povrchu pásky je nanesena aktivní vrstva z magneticky tvrdých feritů. Zmagnetování této aktivní vrstvy provádí záznamová hlava magnetofonu skrz štěrbinu. Na následující ilustraci lze vidět schéma takové magnetofonové pásky v magnetofonu:



38

(obr. 7: Schéma magnetofonu; MH = mazací hlava, ZH = záznamová hlava, SH = snímací hlava)

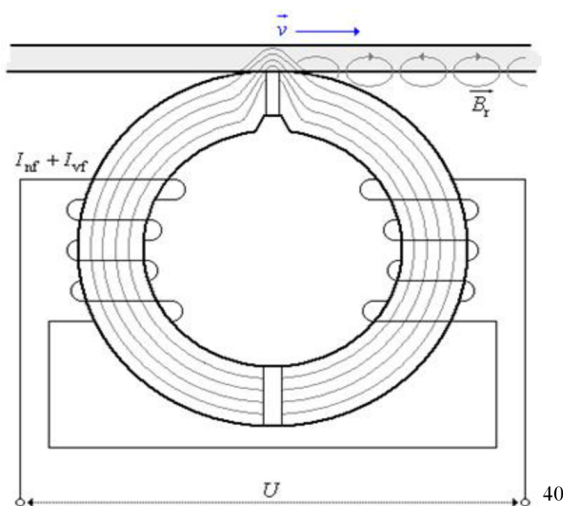
<sup>36</sup> REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. Analogový záznam zvuku: Magnetický záznam zvuku. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetička, 2022 [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1348-magneticky-zaznam-zvuku>

<sup>37</sup> SEHNAL, Jiří. Magnetický záznam zvuku. *ADOC* [online PDF str. 2]. Rakousko: ADOC.PUB, 2022 [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <https://adoc.pub/magneticky-zaznam-zvuku.html>

<sup>38</sup> SEHNAL, Jiří. Magnetický záznam zvuku. *ADOC* [online PDF str. 2]. Rakousko: ADOC.PUB, 2022 [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <https://adoc.pub/magneticky-zaznam-zvuku.html>

Magnetofon obsahuje i více elektromotorů, které se starají o plynulý chod pásky a její rychlé převíjení vpřed a zpět. Jak již je uvedeno u ilustrace výše, tak magnetofon disponuje několika hlavami, které přiléhají k vložené magnetofonové pásce. Jedná se o mazací, záznamovou a snímací hlavu. Dále se v magnetofonu nachází elektronická část, která je potřebná k mazání záznamu i reprodukci signálu.

Nejčastějším magnetickým záznamem je záznam na pásek. „Magnetický záznam se provádí pomocí záznamové hlavy, která je tvořena magnetickým obvodem z magneticky měkké látky. Tento obvod je na jednom místě přerušen úzkou štěrbinou, v níž je vlepena vložka z nemagnetického materiálu. Na magnetickém materiálu je navinuto vinutí z tenkého měděného drátku. Pásek přiléhá ke štěrbině svou částí z feromagnetické látky (viz obr. 8).“<sup>39</sup>



(obr. 8: Přiléhající pásek ke štěrbině záznamové hlavy)

Feromagnetické látky, které jsou obsaženy v magnetické pásce, výrazně zesilují magnetické pole. Díky těmto látkám, i slabým magnetickým polem, dojde k magnetování látky. Jak lze vidět na obrázku č. 8, tak záznamovou hlavu si lze představit jako cívku ve tvaru prstence. Štěrbinu, která přiléhá na pásek, tvoří vložka, která vytváří magnetický odpor. I díky tomuto odporu vzniká výsledná

<sup>39</sup> Magnetický záznam zvuku: Záznam na pásek. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetická, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1350-zaznam-na-pasek>

<sup>40</sup> Magnetický záznam zvuku: Záznam na pásek. Obr. 58. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetická, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1350-zaznam-na-pasek>

podoba zmagnetizování pásky a tím vytváří potřebný výsledný zvukový záznam. Díky vrstvě z magneticky tvrdé látky, která se nachází na pásce, zmagnetizování zůstává, i po opuštění záznamové hlavy. Důležitým prvkem je i to, že do záznamové hlavy musí proudit elektrická energie, aby vytvořila tzv. budící napětí. *„Budící napětí připojené k záznamové hlavě je střídavé napětí, a proto je střídavý také magnetický indukční tok procházející magnetickým materiálem záznamové hlavy. Pohybem pásky v blízkosti hlavy vznikají ve vrstvě pásky střídavě zmagnetovaná místa (magnetické dipóly), jejichž délka je závislá na frekvenci budícího napětí a na velikosti rychlosti pohybu pásky. Intenzita zmagnetování daného místa pásky je úměrná amplitudě budícího napětí. Na původně nezmagnetovaném pásku tedy vzniká tímto způsobem magnetický záznam, který délkou magnetických dipólů odpovídá průběhu signálového napětí (resp. signálového proudu).“*<sup>41</sup> Snímání informací ze zmagnetizované pásky probíhá velmi podobně jako záznam na pásek. O snímání informací z pásky se stará snímací hlava. Snímací hlava je svou konstrukcí značně podobná záznamové hlavě. Snímací hlava, tak jako záznamová hlava, je tvořena obvodem z magneticky měkké látky. Na snímací hlavě se taktéž nachází štěrbinu s nemagnetickou vložkou, která je ze všech tří hlav nejužší. *„Magnetické dipóly vznikly na pásku tak, že pásek byl na správných místech správně zmagnetován pomocí záznamové hlavy. Proto je kolem pásku (resp. v okolí oblasti dipólu) detekovatelné magnetické pole. Přiblíží-li se zmagnetovaná část pásku ke štěrbině snímací hlavy, uzavřou se magnetické indukční čáry složeného rozptylového magnetického pole pásku a magnetického pole materiálu snímací hlavy. Materiálem snímací hlavy tedy začíná téct magnetický indukční tok. Indukční čáry se uzavírají cestou nejmenšího odporu, proto se uzavřou přes materiál hlavy, který má menší magnetický odpor než materiál vyplňující štěrbinu.“*

42

---

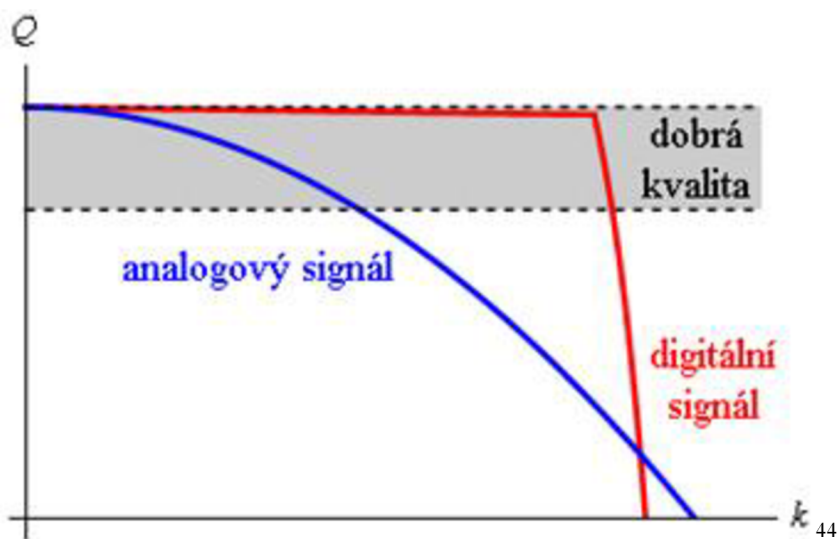
<sup>41</sup> Magnetický záznam zvuku: Záznam na pásek. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetická, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1350-zaznam-na-pasek>

<sup>42</sup> Magnetický záznam zvuku: Snímání z pásku. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetická, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1351-snimani-z-pasku>

### 3.1.4 Digitální záznam zvuku

V 1. polovině 20. století došlo k rozvoji sdělovací techniky, a proto se hledaly možnosti, jak zlepšit kvalitu přenosu a zpracování analogového signálu. Hlavní cíle byly, aby se co nejvíce omezilo zkreslení signálu v průběhu jeho záznamu či přenosu. Na řešení tohoto problému a na zrodu digitálního signálu stálo několik techniků. Jeden z nich je například elektronik a matematik Claude Elwood Shannon či Alexandrovič Kotělnikov. Tito technici matematicky dokázali, že „*k přenosu signálu postačí přenést pouze omezený počet jeho okamžitých hodnot bez ztráty informace. Na základě toho byl zformulován tzv. Shannon-Kotělnikovův teorém o minimální vzorkovací frekvenci.*“<sup>43</sup>

Jak je výše uvedeno, tak digitální signál se v obrazové a zvukové technice používá proto, že výrazně snižuje zkreslení, které vzniká při záznamu, zpracování nebo přenosu signálu. Je nutno zdůraznit, že digitální signál jen snižuje zkreslení a není pravdou, že by nebyl vůbec zkreslen. Na následujícím obrázku č. 9 je znázorněno zkreslení analogového a digitálního signálu, kdy na oba signály působí veškeré zkreslení (např. přídavný šum či frekvenční omezení):



(obr. 9: Zkreslení analogového vs digitálního signálu;  $Q$ = celková kvalita zvuku (obrazu),  $k$ = veškeré zkreslení, které může ovlivnit signál)

<sup>43</sup> Pořízení zvukového záznamu: Digitální záznam. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetická, 2022 [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1354-digitalni-zaznam>

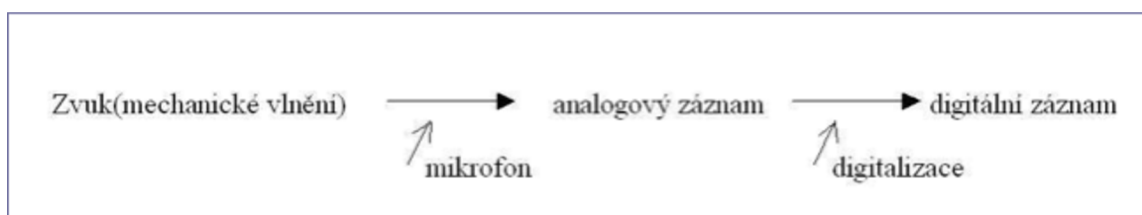
<sup>44</sup> Pořízení zvukového záznamu: Digitální záznam. Obr. 73 *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetická, 2022 [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1354-digitalni-zaznam>

Jak lze vidět na grafu výše, tak digitální signál, obdobně jako analogový, se postupem času zkresluje a ztrácí svou kvalitu. „Velkou výhodou oproti analogovému ale je, že digitální signál je tvořen pouze dvěma diskrétními stavy – logickou jedničkou a logickou nulou. A tyto stavy se během záznamu, zpracování nebo přenosu digitálního signálu od sebe velmi snadno odlišují. Proto jsme schopni u digitálního signálu případná zkreslení velmi snadno odstranit. Bude-li totiž nějaká část signálu nečitelná, resp. nebude na první pohled zřejmé, zda daná hodnota znamená logickou nulu nebo logickou jedničku, je snadné rozhodnout, ke které z těchto dvou hodnot má zkoumaná hodnota blíže.“<sup>45</sup> Z tohoto vyplývá, že lze poškozené hodnoty signálu zase vrátet na původní hodnotu. Když se digitální signál postupem času zkresluje a neopravuje se, tak může dojít až k rozpadu přenášené informace a tím i prudkým poklesem kvality signálu. Tento stav je mimo jiné také znázorněn na obrázku č. 9.

### 3.1.5 Digitalizace analogového signálu

Celý proces digitalizace analogového signálu lze rozdělit do třech fází:

1. vzorkování signálu; 2. kvantování signálu; 3. kódování signálu. Princip digitalizace signálu je ten, že se obecně převádí spojitý (analogový) signál do nespojitě posloupnosti digitálních (číselných) údajů. Jinak taky lze říci, že digitalizace zvuku je převod mechanického vlnění na elektrické veličiny. K převodu se nejčastěji používají různé druhy mikrofonů. Na následujícím obrázku č. 10 lze pro lepší představu vidět schéma procesu digitalizace zvuku.



(obr. 10: Schéma procesu digitalizace zvuku)<sup>46</sup>

<sup>45</sup> Pořízení zvukového záznamu: Digitální záznam. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Jaroslav Reichl a Martin Všetická, 2022 [cit. 2022-01-18]. Dostupné z:

<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1354-digitalni-zaznam>

<sup>46</sup> HOLUBEC, David. Digitalizace zvuku. *Základní škola Lázně Kynžvart* [online PDF]. Lázně Kynžvart: ZŠ a MŠ Lázně Kynžvart, 2022, 01. 2012 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z:

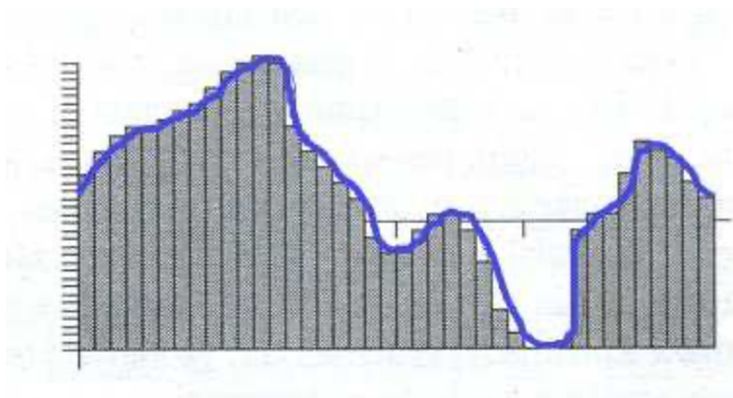
[http://www.zslk.cz/13\\_Digitalizacez.pdf](http://www.zslk.cz/13_Digitalizacez.pdf)

Typickým nástrojem pro digitalizaci zvuku je například zvuková karta v počítači. Zvuková karta je jedna z komponentů tvořící počítač. Slouží ke vstupu a výstupu zvukového signálu a je ovládaná softwarově. Ve zvukové kartě se nachází zvukový čip, který provádí převod z analogového signálu na digitální. Tento převod může vznikat i opačně. Když se takový signál digitalizuje, tak zamíří k výstupu zvukové karty. Výstup zvukové karty může být tvořen například sluchátkovým konektorem (3,5 mm jack) nebo výstupem pro optický kabel. Do zvukové karty může být speciálním konektorem připojen také např. kazetový přehrávač, ze kterého se zvukový signál ve zvukové kartě digitalizuje za pomoci určitého softwaru. *„Digitalizace se provádí pomocí vzorkování. V každém časovém intervalu se zjistí a zaznamená aktuální stav signálu neboli vzorek. Čím kratší je interval mezi vzorkováním, tím vyšší je vzorkovací frekvence, tím více vzorků bude pořízeno a tím bude výsledný záznam kvalitnější. Druhý faktor, který určuje kvalitu digitálního signálu, je počet použitých úrovní v každém ze vzorků. Nejčastěji používané vzorkovací frekvence: 11025 Hz (telefonní kvalita), 22050 Hz (rádiová kvalita), 44100 Hz (CD kvalita), 48000 Hz, 96000 Hz. Počet bitů na jeden vzorek je většinou 8, 16 nebo 24.“*<sup>47</sup> Jinak řečeno, analogový nebo též spojitý signál, který byl nahrán pomocí mikrofону, se rozkouskuje. Následně každý kousek (vzorek) má určitou velikost. Tato velikost (hodnota) je dále převedena na binární číslo. Když je poté záznam zdigitalizován, tak jej lze kopírovat víceméně bez ztráty kvality. Čím vyšší je tedy vzorkovací frekvence a hloubka bitů, tím je záznam kvalitnější. Na následujících grafech (obr. 11 a 12) lze vidět, jaký má vliv vzorkovací frekvence a bitová hloubka na kvalitu výsledného digitalizovaného záznamu:

---

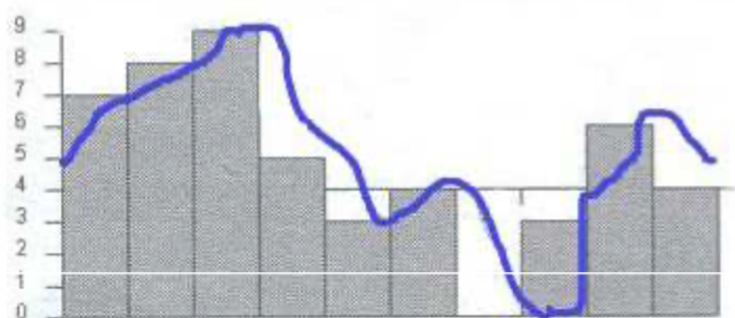
<sup>47</sup> HOLUBEC, David. Digitalizace zvuku. Zvuková karta. *Základní škola Lázně Kynžvart* [online PDF]. Lázně Kynžvart: ZŠ a MŠ Lázně Kynžvart, 2022, 01. 2012 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: [http://www.zslk.cz/13\\_Digitalizacez.pdf](http://www.zslk.cz/13_Digitalizacez.pdf)





48

(obr. 11: Graf digitalizace analogového signálu za použití vzorkovací frekvence 44 kHz a 16 bit)



49

(obr. 12: Graf digitalizace analogového signálu za použití vzorkovací frekvence 22 kHz a 8 bit)

### 3.2 Elektroakustické měniče

Elektroakustické měniče lze rozdělit na dvě kategorie. Jedná se o mikrofony a reproduktory. Mikrofony jednoduše fungují tak, že zvukovou energii převádí na elektrické střídavé proudy. Reproduktory naopak přeměňují elektrickou energii na energii zvukovou. Přeměna těchto energií může nastat přímo nebo nepřímo. Přímé měniče mění v příslušné soustavě akustickou energii na elektrickou energii. Kdežto u nepřímých měničů akustická energie ovlivňuje v soustavě určitým způsobem elektrický proud. U většiny elektroakustických měničů probíhá přeměna akustické energie dvěma stupni. Tento jev se dá popsat tak, že se akustická

<sup>48</sup> HOLUBEC, David. Digitalizace zvuku. Rozdíl v kvalitě (vzorkovací frekvence a bitová hloubka). *Základní škola Lázně Kynžvart* [online PDF]. Lázně Kynžvart: ZŠ a MŠ Lázně Kynžvart, 2022, 01. 2012 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: [http://www.zslk.cz/13\\_Digitalizacez.pdf](http://www.zslk.cz/13_Digitalizacez.pdf)

<sup>49</sup> HOLUBEC, David. Digitalizace zvuku. Rozdíl v kvalitě (vzorkovací frekvence a bitová hloubka). *Základní škola Lázně Kynžvart* [online PDF]. Lázně Kynžvart: ZŠ a MŠ Lázně Kynžvart, 2022, 01. 2012 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: [http://www.zslk.cz/13\\_Digitalizacez.pdf](http://www.zslk.cz/13_Digitalizacez.pdf)

energie mění pomocí membrány na mechanické kmity. Následně se tyto kmity převádějí na elektrický signál a naopak.

### 3.2.1 Mikrofony

Aby byl zaznamenávaný záznam co nejkvalitnější, tak je potřeba správně vybrat druh mikrofonu pro určitý prostor a zvukový snímek. Druh mikrofonu je tedy potřeba vybírat tak, aby splnil svůj účel, pro který je zaznamenán zvuk potřeba. Jiný výběr mikrofonu bude v případě, kdy je potřeba vyvolat u posluchače dojem bezprostřední účasti v místě příjmu zvuku, např. záznam vážné hudby, a jiný výběr mikrofonu bude v případě, že bude potřeba pořídit zaznamenaný snímek, který má být dokonalým obrazem zvukového zdroje. Jiný typ mikrofonu se také může použít, pokud by záznam zaznamenaného zvuku měl mít specifický charakter zbarvení, a který by ve skutečnosti nebylo možno slyšet. Takové zaznamenané snímky jsou vytvořeny uměle v elektroakustickém řetězu. Obecně lze uvést, že mikrofony pracují v rozsahu kmitočtů 30 Hz až 15 kHz. Tato hodnota odpovídá vlnovým délkám 11,5 m – 0,02 m.

Mikrofony se dělí do různých kategorií. Jednou z kategorií, jak lze rozdělit mikrofony jsou:

*„1) Mikrofony gradientní n-tého řádu (tlakové a rychlostní mikrofony). Jejich výstupní napětí je přímo úměrné n-té derivaci akustického tlaku. Konstrukčně jsou řešeny tak, aby jejich rozměry byly malé v porovnání s vlnovou délkou zvuku v uvažovaném kmitočtovém pásmu.*

*2) Mikrofony směrové. Směrnost se dosahuje použitím dvou jednoduchých mikrofonů (gradientních), spojených obvodem, který posouvá fázi výstupního napětí jednoho z nich v závislosti na kmitočtu.*

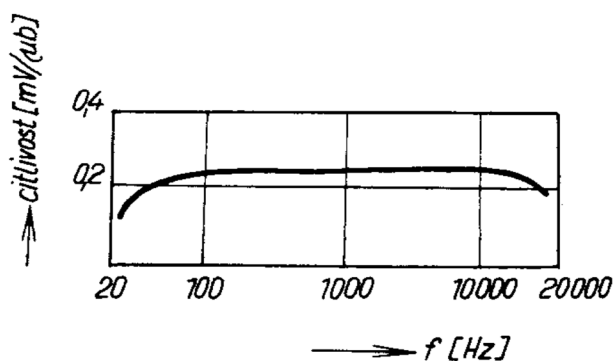
*3) Mikrofony vlnové. Výrazně vyjádřené směrnosti se dosahuje vhodnými pomocnými akustickými obvody (zvukovody) s rozměry porovnatelnými s vlnovou délkou přijímaného zvuku.“<sup>50</sup>*

Mikrofony se vyznačují celou řadou specifických vlastností. Důležitou vlastností je citlivost. Citlivost mikrofonu je dána podle velikosti výstupního napětí

---

<sup>50</sup> SEHNAL, Jiří. Záznam a reprodukce zvuku: Elektroakustické měniče. *Výukový portál COPTe*[online WORD, str. 5]. Kroměříž: Střední škola - Centrum odborné přípravy technické Kroměříž, 2021 [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://coptel.cz/mod/resource/view.php?id=6594>

mikrofonu při určitém akustickém tlaku a referenčního kmitočtu. Citlivost se udává jednotkami milivoltech na mikrobar [mV/ $\mu$ b]. Další z klíčových vlastností mikrofonu je jeho kmitočtová charakteristika (amplitudová). Zde se jedná o závislost citlivosti mikrofonu na kmitočtu. U této vlastnosti je požadován rovnoběžný průběh s osou kmitočtu. Pro lepší představu je toto znázorněno na následující ilustraci:



51

(obr. 13: rovnoběžný průběh jednotky citlivosti s kmitočtem)

Další z vlastností mikrofonu je jeho směrová charakteristika. Směrová charakteristika se vyznačuje závislosti citlivosti mikrofonu na směru, odkud se šíří zvuková energie. Další důležitou vlastností mikrofonu je jeho dynamika. Dynamika je dána směrem mezi nejsilnějším a nejslabším signálem, který může mikrofon zpracovat. Dynamika se udává v jednotkách decibelů (dB). Další vlastností mikrofonů, o které je nutno se zmínit, je vnitřní impedance. Touto vlastností se rozumí poměr výstupního napětí naprázdno k výstupnímu napětí nakrátko.

Mikrofony se dále můžou dělit podle druhu elektroakustického měniče. Rozdělit je lze do čtyřech druhů: a) elektrostatické, b) elektrodynamické, c) elektromagnetické, d) piezoelektrické.

### 3.2.2 Reprodukory

*„Reprodukory jsou elektroakustické měniče určené k přeměně elektrického signálu na akustický a jsou posledním článkem elektroakustického řetězu, který*

<sup>51</sup> SEHNAL, Jiří. Záznam a reprodukce zvuku: Elektroakustické měniče. *Výukový portál COPTe*[online WORD, str. 5]. Kroměříž: Střední škola - Centrum odborné přípravy technické Kroměříž, 2021 [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://coptel.cz/mod/resource/view.php?id=6594>

*má rozhodující vliv na subjektivní vjem reprodukce zvuku.“*<sup>52</sup> Reproductory se nejčastěji rozdělují podle dvou skupin, a to podle způsobu vyzařování: a) přímovyzařující, b) tlakové; nebo podle elektromechanického měniče na: a) elektrodynamické, b) elektromagnetické, c) elektrostatické a d) piezoelektrické.

U moderních a novějších reproduktorů se setkáváme v drtivé většině s principem elektrodynamického měniče, jen v málo případech můžeme najít i elektrostatické měniče. Ostatní druhy reproduktorů, například tlakové, se mohou využívat pro účely venkovního ozvučení, ale jejich používání není velmi rozšířené.

Přímovyzařujícím reproduktorem se rozumí to, že tyto reproductory vyzařují nebo předávají okolnímu prostředí energii přímo. Tento jev se děje prostřednictvím membrány a účinnost takových reproduktorů je maximálně 5 procent. Na rozdíl talkové reproductory mají membránu, která pracuje do uzavření (tlakové) komory. Impedanční přizpůsobení (zatížení) membrány k okolnímu prostředí je zprostředkováno zvukovodem. U těchto reproduktorů je jejich účinnost až 30 procent. I reproductory mají své charakteristické vlastnosti, kterými jsou např.: lineárnost (závislost výchyly membrány na budícím signálu), účinnost (poměr vyzářeného akustického výkonu k elektrickému příkonu), citlivost, kmitočtová charakteristika, největší přípustný elektrický příkon a vnitřní impedance reproduktoru.

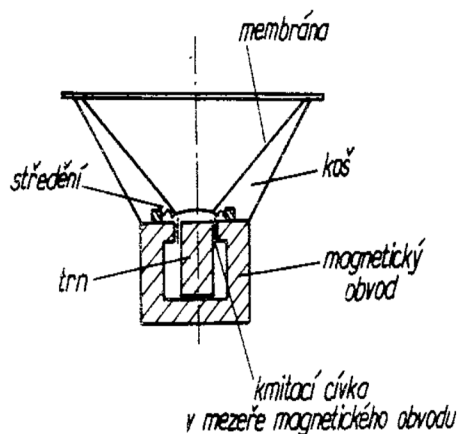
*Ke konstrukci reproduktorů lze uvést, že „společným všech reproduktorových systémů je membrána, která zajišťuje spojení příslušného elektromechanického měniče reproduktoru s okolním prostředím. Membrána má svou určitou mechanickou impedanci, která je dána její hmotou a příslušnou poddajností. Přizpůsobení vlastní impedance membrány i impedanci okolního prostředí vyžaduje, aby membrána měla vhodný tvar. K přeměně elektrické energie na akustickou se v zásadě používá stejných soustav, kterých využívají mikrofony (kromě uhlíkového mikrofону).“*<sup>53</sup>

---

<sup>52</sup> SEHNAL, Jiří. Záznam a reprodukce zvuku: Elektroakustické měniče. *Výukový portál COPTe*[online WORD, str. 10]. Kroměříž: Střední škola - Centrum odborné přípravy technické Kroměříž, 2021 [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://coptel.cz/mod/resource/view.php?id=6594>

<sup>53</sup> SEHNAL, Jiří. Záznam a reprodukce zvuku: Elektroakustické měniče. *Výukový portál COPTe*[online WORD, str. 11]. Kroměříž: Střední škola - Centrum odborné přípravy technické Kroměříž, 2021 [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://coptel.cz/mod/resource/view.php?id=6594>

Jak bylo již uvedeno výše, tak v dnešní době se lze setkat nejčastěji s přímo-vyzařujícím elektrodynamickým reproduktorem. Základ takého reproduktoru tvoří „uzavřený magnetický obvod, ve kterém je mezi pólovými nástavci a trnem vytvořena prstencová vzduchová mezera se silovým radiálním magnetickým polem. V mezeře se pohybuje cívka, která je pevně spojena s membránou. Protéká-li závity cívky střídavý proud, cívka se rozkmitá v rytmu proudu ve směru osy soustavy.“<sup>54</sup>



55

(obr. 14: přímo-vyzařující elektrodynamický reproduktor)

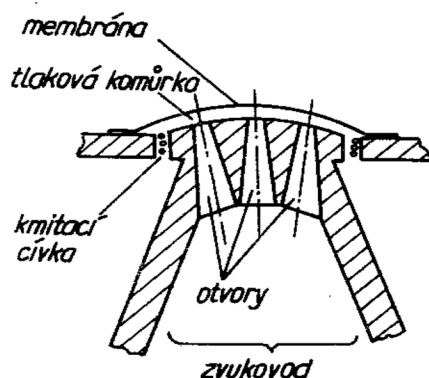
Nosný koš, vyobrazený na obrázku, musí být zhotoven z lisovaného plechu nebo odléváním z lehké slitiny, aby nekmital a tím nezpůsobil podivné pazvuky, které by kazily výsledný zvukový vjem. Veškeré součásti reproduktoru jsou připevněny k tomuto nosnému koši.

Dalším, již málo používaným, reproduktorem je nepřím-vyzařující reproduktor neboli tlakový. Nevýhodou tohoto reproduktoru je jeho horší kvalita reprodukování zvuku na rozdíl od přímo-vyzařujícímu reproduktoru. Uplatnění takový reproduktor najde především na místech, kde je potřeba ozvučit veřejné prostranství, jelikož lze reproduktor vybudit větším příkonem. Tento systém se využívá především ve výškových a středových reproduktorech. Co se týče

<sup>54</sup> SEHNAL, Jiří. Záznam a reprodukce zvuku: Elektroakustické měniče. *Výukový portál COPTel* [online WORD, str. 11]. Kroměříž: Střední škola - Centrum odborné přípravy technické Kroměříž, 2021 [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://coptel.cz/mod/resource/view.php?id=6594>

<sup>55</sup> SEHNAL, Jiří. Záznam a reprodukce zvuku: Reprodukory. *Výukový portál COPTel* [online WORD, str. 11]. Kroměříž: Střední škola - Centrum odborné přípravy technické Kroměříž, 2021 [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: <https://coptel.cz/mod/resource/view.php?id=6594>

pohonného systému reproduktoru, tak ten je stejný jako u přímo-vyzařujících elektrodynamických. Rozdíl zde hraje tvar membrány, která je většinou ve tvaru kulového vrchlíku a na její zhotovení je používána hliníková fólie. O tlakový reproduktor se jedná z toho důvodu, že pod zmiňovanou membránou je tlaková komůrka, kde uzavřený vzduch tlumí pohyb membrány, a z tohoto důvodu lze reproduktor vybudit větším příkonem. Na následující ilustraci lze vidět, jak takový tlakový reproduktor může vypadat:



(obr. 15: nepřímo-vyzařující tlakový reproduktor) <sup>56</sup>

O dalších typech reproduktorů v práci rozepsáno podrobněji nebude, jelikož jsou tyto reproduktory méně často využívané.

---

<sup>56</sup> SEHNAL, Jiří. Záznam a reprodukce zvuku: Reprodukory. *Výukový portál COPTel* [online WORD, str. 12]. Kroměříž: Střední škola - Centrum odborné přípravy technické Kroměříž, 2021 [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: <https://coptel.cz/mod/resource/view.php?id=6594>

## Výzkumná část

### 4 Úvod do výzkumné části

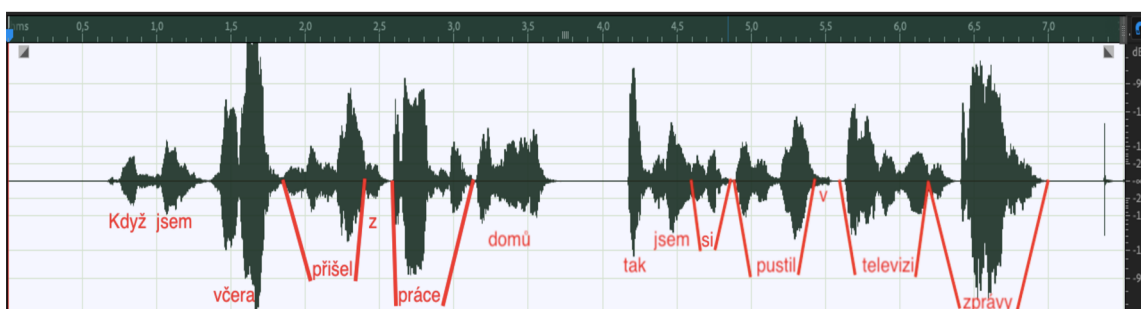
Práce bude pokračovat praktickou částí, ve které budu zkoumat rozdílnost mluveného projevu dvou osob. Program, přes který bylo zkoumání provedeno, se nazývá Adobe Audition 2022. V programu byly nahrány dvě řeči. Autorem prvního hlasového projevu je muž, 26 let, policista s hlubším hlasem. Autorem druhého projevu je žena, 57 let, kosmetička. Jelikož budu porovnávat rozdílná pohlaví, tak rozdíl v grafickém zobrazení záznamu zvuku bude zřetelně vidět, jelikož výška a tón hlasu jsou značněji odlišené. Při nahrávání byla použita vzorkovací frekvence 44100 Hz. Bitová hloubka záznamu činí 32 bitu. Srovnávací záznamy byly vytvořeny v domácím prostředí za použití notebooku Apple Mac 2015. K práci jsem chtěl přidat poznatky od specialistů a expertů z Kriminologického ústavu v Praze. Bohužel kvůli COVID situaci mě na tento ústav nepustili, a to z důvodu, že neměli dostatek personálu, který by se mi věnoval, protože část personálu byla v karanténě. Z tohoto důvodu byla výzkumná část provedena z domácího prostředí. K pořízení záznamu byla použita tato větná skladba: „Když jsem včera přišel(a) z práce domů, tak jsem si pustil(a) v televizi zprávy.“ Souvětí bylo v obou případech do záznamu řečeno důrazně a vyšší hlasitostí.

## 5 Srovnání mluvených zvukových projevů

Nejprve jsou graficky vyobrazeny zvukové záznamy s nejmenším přiblížením, aby bylo patrné, jak se celá větná skladba na první pohled od sebe liší. První graf (obr. 16) je záznam ženy a druhý (obr. 17) záznam muže. Jak bylo výše uvedeno, v obou případech je užito stejné souvětí.



(obr. 16: Záznam mluveného projevu celého souvětí ženy, 57 let, zdroj: vlastní obrázek)

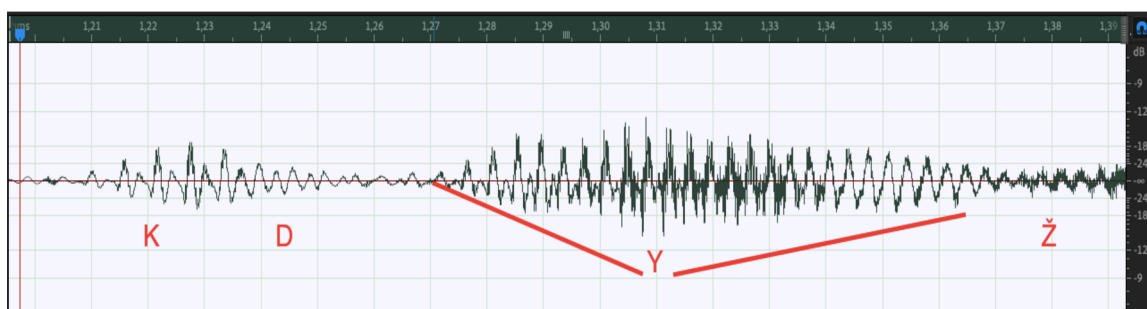


(obr. 17: Záznam mluveného projevu celého souvětí muže, 26 let, zdroj: vlastní obrázek)

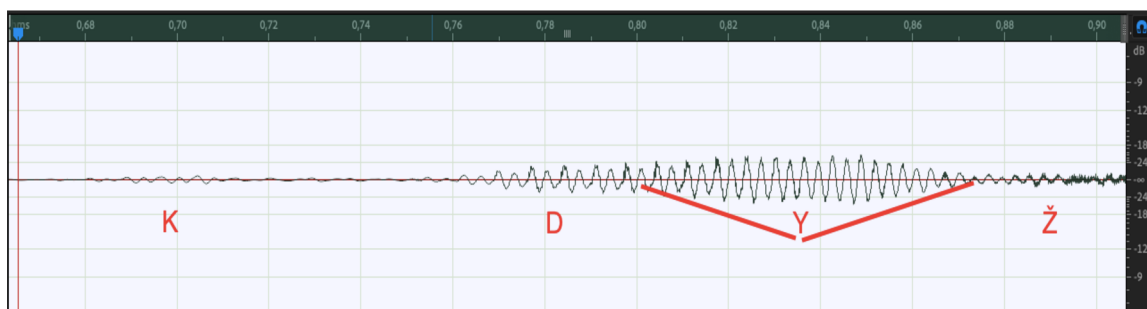
Jak můžeme vidět na dvou grafech výše, tak již na první pohled je zřetelný rozdíl v amplitudě (decibelech). I když na obou záznamech autoři hovořili podobně hlasitě a důrazně, tak vidíme rozdílnost vyřčení jednotlivých slov. Začáteční dvě slova „když“ a „jsem“ žena vyřkla důrazněji a s vyšší intenzitou. V následném slovu včera si naopak můžeme všimnout velmi velké vychýlení amplitudy v případě muže na rozdíl od ženy. Až na poslední slovo „zprávy“ lze říci, že muž důrazněji a hlasitěji vyslovuje především samohlásku „a“ ale i ostatní samohlásky jsou ve většině případů u muže vyřčeny o něco důrazněji. Z grafu lze také určit, kde mluvčí kladl větší důraz v projevu. Patrná je i dynamika řeči, kde lze vidět, že dynamika řeči ženy je nepatrně rychlejší.



V následných grafech bylo použito přiblížení, kde lze poté názorně vidět, jak se jednotlivá slova v podání dvou autorů od sebe zvukově liší. Celé použité souvětí začíná slovem „když“. Proto jsem v grafu použil přiblížení jen na toto slovo. Autorem prvního záznamu je žena (obr. 18) a druhého muž (obr. 19). První věcí, která je zřejmá na první pohled, je důraz a síla hlasu při vyřčení slova. Již v úvodu slova vidíme začáteční písmena „K“ a „D“, kdy je každý z autorů vyřkl v rozdílné dynamice. V ženském případě písmeno „D“ přímo navazuje na písmeno „K“ a jsou řečeny dynamicky ihned za sebou. V mužském případě je jen nepatrně vysloveno písmeno „K“, kdy následně písmeno „D“ je řečeno po nepatrné pauze a ihned na písmeno „D“ poté navazuje písmeno „Y“. V ženském případě také vidíme písmeno „Y“, u kterého je kmitočtový rozsah mnohem větší než u mužského hlasu, což značí hlasitější a důraznější vyslovení písmena i celého slova.



(obr. 18: Zvukový záznam ženy, 57 let, slovo „když“, zdroj: vlastní obrázek)



(obr. 19: Zvukový záznam muže, 26 let, slovo „když“, zdroj: vlastní obrázek)

Pro lepší představu jsem v následujících dvou grafech použil ještě větší přiblížení zvukové křivky ve slově „když“, na písmena „K“ a „D“. V prvním grafu vidíme záznam projevu ženy (obr. 20) a v druhém záznam projevu muže (obr. 21). Po přiblížení lze lépe znázornit, jak jsou rozdílně vyřčeny jednotlivá písmena, včetně jejich dynamické návaznosti. Když se podíváme na písmeno „K“, tak

v obou případech mělo jeho vyslovení podobnou intenzitu decibelů. Co je ale jiné, je dynamika jeho vyřčení a spojitost s písmenem „D“. Muž vyslovil písmeno „K“ slabě a velmi krátce, kdy následně nastala krátká pauza v řeči a následně na vyřčené písmeno „D“ ihned navázalo písmeno „Y“. U ženy mělo vyřčení opačný efekt. Písmeno „K“ má delší dynamický rozsah s tím, že ihned (bez pauzy) na něho navazuje písmeno „D“. V běžné mluvě tento efekt téměř nelze zaznamenat.



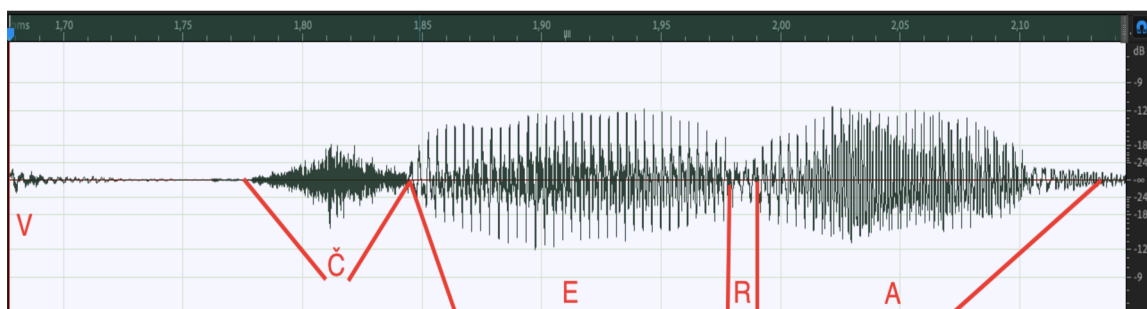
(obr. 20: Zvukový záznam ženy, 57 let, písmena „K“ a „D“, zdroj: vlastní obrázek)



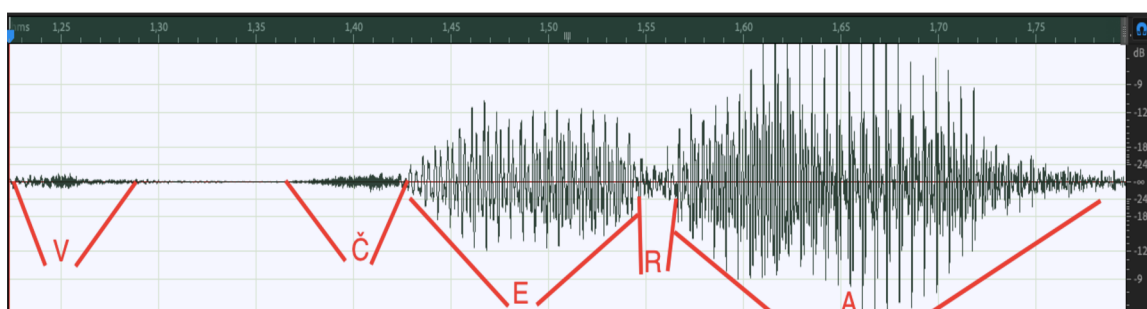
(obr. 21: Zvukový záznam muže, 26 let, písmena „K“ a „D“, zdroj: vlastní obrázek)

Následně se přesuneme ve zvukové stopě dál ke slovu „včera“. První graf (obr. 22) je ženský záznam hlasu a druhý graf (obr. 23) je mužský záznam hlasu. Zde můžeme vidět, že se důraz ve výslovnosti změnil. Zatímco žena začala větu slovem „když“ důrazněji, tak u třetího slova „včera“ již můžeme vidět důraznější hlas ten mužský. Dynamika řeči není tak rozdílná ale z hlediska decibelového rozpětí je zde podstatný rozdíl. Tento rozdíl dokazuje to, že mužský hlas má nižší frekvenci, ale dokáže vytvořit zvuk o podstatně vyšších decibelech, i když projev obou autorů záznamu byl z hlediska hlasitosti řeči na podobné úrovni. V levé části, na začátku grafu, si lze všimnout jemné vychýlení amplitudy, která značí začáteční písmeno slova, písmeno „V“. Toto písmeno je v obou případech přímo napojeno

na kmitočty předchozího slova „jsem“. Následně je v řeči menší pauza a je vyloveno zbytek slova. Zajímavý údaj je u ženského záznamu (obr. 22) u písmena „Č“. Zde vidíme amplitudu s větším rozsahem, kdy lze říci, že žena vyslovuje důrazněji tzv. sykvavky. Obecně v celém souvětí lze u ženy pozorovat sykvavky s větší amplitudovou výchylkou. Je to způsobeno tím, že žena v záznamu vyslovuje sykvavky za použití více vzduchu z úst, který je potřebný k vyslovení těchto speciálních písmen (sykavek). V neposlední řadě vidíme samohlásku „A“, která je vyřčena mužem značně důrazněji ale s o něco menší dynamikou.



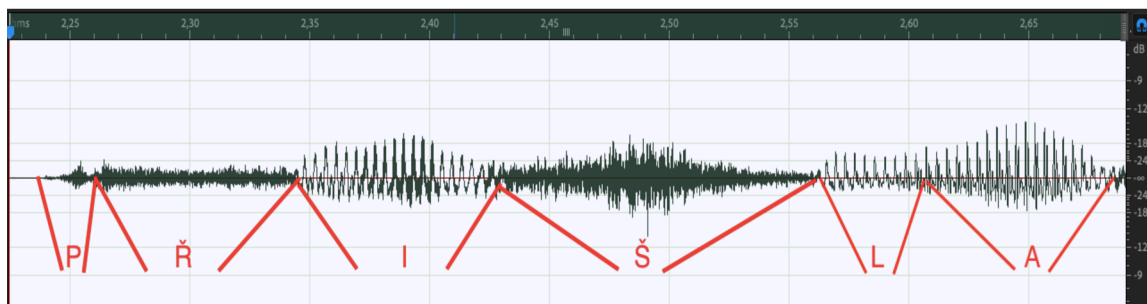
(obr. 22: Zvukový záznam ženy, 57 let, slovo „včera“, zdroj: vlastní obrázek)



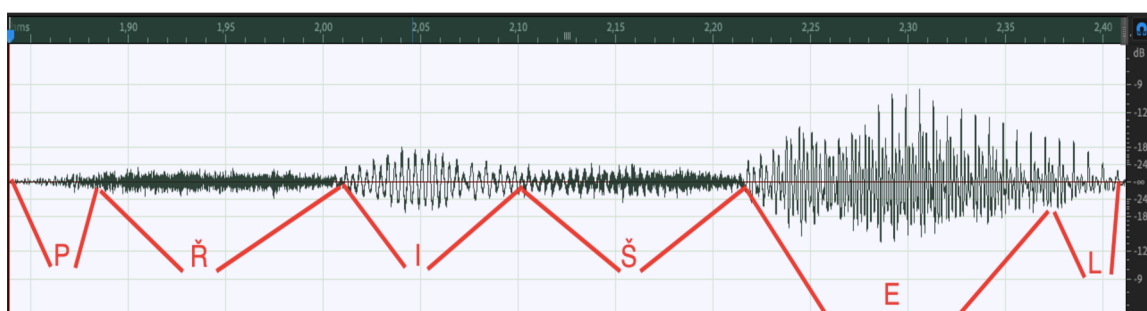
(obr. 23: Zvukový záznam muže, 26 let, slovo „včera“, zdroj: vlastní obrázek)

Dále jsem vybral z věty slovo „přišel(a)“. Nejprve se podíváme na celou zvukovou skladbu slova. Jak bylo již řečeno výše, tak na první pohled je zřejmé (i z grafů výše), že ženský hlas na nahrávce důrazněji vyslovuje souhlásky, v tomto případě například souhlásku „š“ (obr. 24), která je tam jasně zřetelná v podobě zhuštěné amplitudy zhruba uprostřed grafu, kdy kmitočty se tak rychle pohybují, že z dálky nelze jednotlivé kmitočty od sebe rozpoznat a amplitudy tvoří na pohled jednotný celek. V obou grafech (obr. 24 a 25) vidíme dvě samohlásky, kdy samohlásky jsou obecně člověkem vyslovovány nejzřetelněji a nejhlasitěji. Proto

také samohlásky i, e, a, obsažené ve slově přišel/a, vidíme na grafickém zobrazení jako amplitudu, která dosahuje větších decibelů.

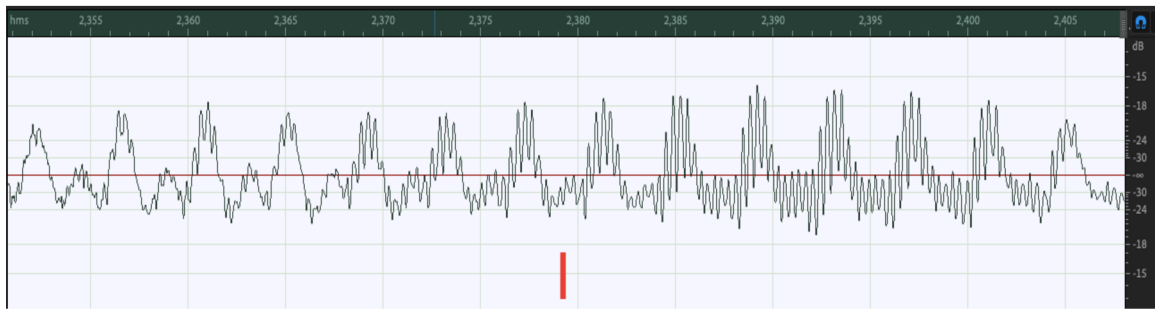


(obr. 24: Zvukový záznam ženy, 57 let, slovo „přišla“, zdroj: vlastní obrázek)

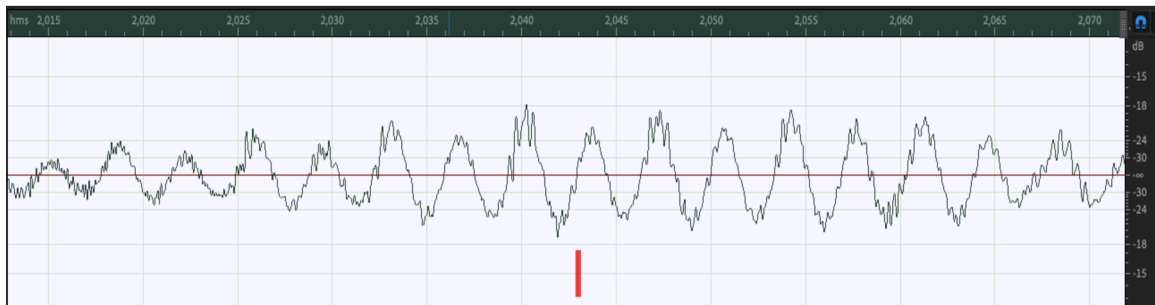


(obr. 25: Zvukový záznam muže, 26 let, slovo „přišel“, zdroj: vlastní obrázek)

V dalším porovnání jsem si vybral samohlásku „i“, která je graficky zobrazena na obr. č. 26 a 27. U ženského hlasu (obr. 26) vidíme větší kolísání kmitočtů, které znázorňují kolísání hlasu. Takové kolísání nelze běžně lidským sluchem zaznamenat. Když člověk stárne, tak společně s ním stárnou také jeho hlasové orgány. V pozdním věku se hlasivky již nemusí při mluvě dostatečně napínat, čímž následně způsobí kolísání tónu hlasu. Tento efekt lze nejlépe zaznamenat právě u vyslovené samohlásky „i“ na níže uvedeném grafu (obr. 26). U muže (obr. 27) lze také vidět mírné kolísání kmitočtu (hlasu) ale ve značně menší míře, než je tomu u ženy. U případné identifikace této ženy bych se mimo jiné zaměřil na samohlásku „i“, kterou by případně užila v pořízeném srovnávacím materiálu. Její vyslovení by mělo stejný kolísavý znak hlasu, jako v případné sporné nahrávce.

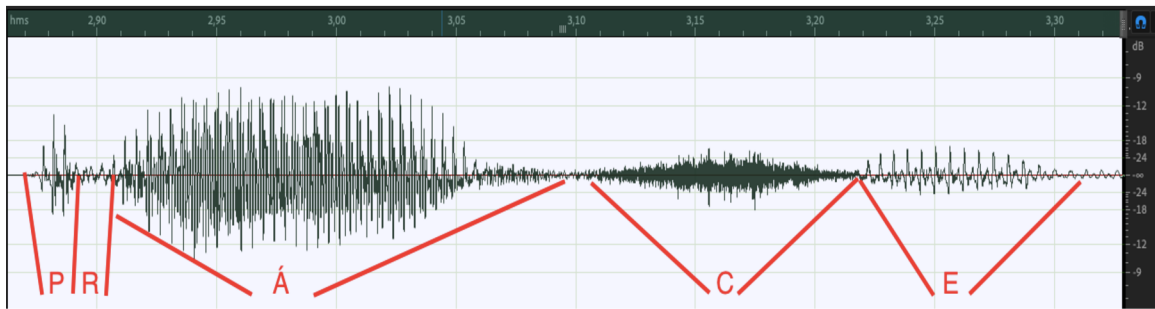


(obr. 26: Zvukový záznam ženy, 57 let, samohláska „i“, zdroj: vlastní obrázek)

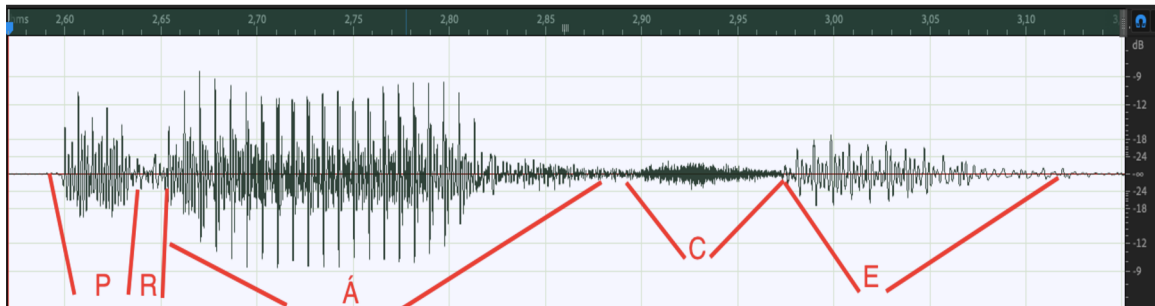


(obr. 27: Zvukový záznam muže, 26 let, samohláska „i“, zdroj: vlastní obrázek)

Na následujících dvou grafech (obr. 28 a obr. 29) lze na první pohled jasně rozeznat rozdílnou dynamiku řeči. Nejzřetelněji to lze zaznamenat na samohlásce „á“, která se v grafu nachází na levé straně, kde amplituda dosahuje největších decibelů. Když se podíváme na oba grafy, tak u zmíněné samohlásky vidíme u mužského hlasu značnější rozestup jednotlivých kmitočtových rozsahů. Zatímco u ženského podání samohlásky jsou kmitočty zhuštěné více k sobě, což je jasný příklad rychlejšího vyslovení samohlásky a tím pádem i celého slova. I písmena před touto samohláskou („p“ a „r“) jsou u ženy vyslovena rychleji, což je jasně zřetelné počtem kmitočtu u těchto písmen. Decibelový rozsah, předně u samohlásek, má opět vyšší muž. Ač sice křivka ukazuje obecně hlasitější mužský projev, tak u písmena „c“ (nejzhuštěnější kmitočty v grafu) vidíme, že v ženském podání dosahuje nepatrně větších decibelů. Dalo by se říci, že žena podobné souhlásky, které nerezonují v hlasivkách, vyslovuje hlasitěji, jinak řečeno ji při vyslovování souhlásek proudí více vzduchu mezi rty (již výše zmíněné sykavky). Na konci slova, u samohlásky „e“, vidíme stejný průběh, kdy ji žena vysloví rychleji a muž s větší razancí.

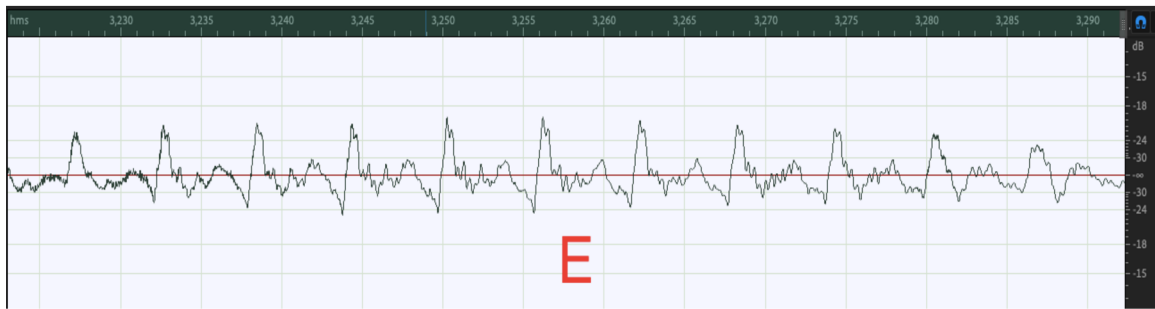


(obr. 28: Zvukový záznam ženy, 57 let, slovo „práce“, zdroj: vlastní obrázek)

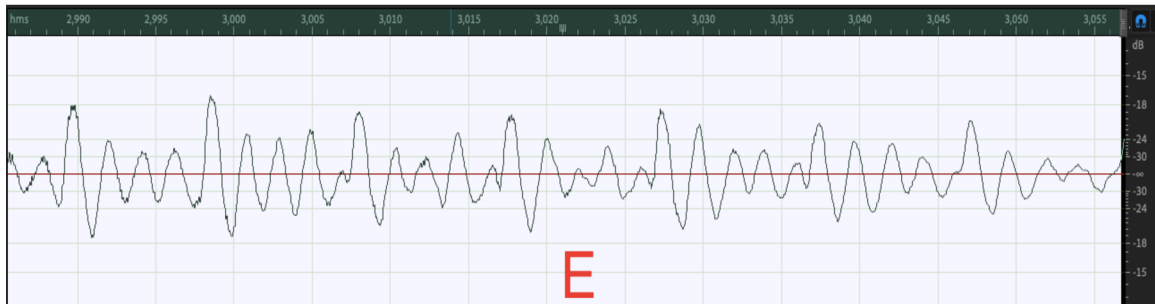


(Obr. 29: Zvukový záznam muže, 26 let, slovo „práce“, zdroj: vlastní obrázek)

Pokud stále zůstaneme u slova „práce“ a podíváme se v následujících dvou grafech (obr. 30 a obr. 31) na samohlásku „e“, tak již na první pohled vidíme, jak se amplituda, v podání dvou osob, od sebe liší. V ženském případě (obr. 30) vyslovení této samohlásky, se v grafu vyobrazuje amplituda, která má rozpětí kmitočtů v téměř pravidelném rozsahu. Mezi jednotlivými kmitočty jsou mezery, kde vidíme značně menší rozechvění amplitudy, což může znázorňovat již zmíněné kolísání ženského hlasu. U mužského grafického záznamu (obr. 31), se v porovnání se ženským záznamem, pravidelnost kmitočtů na první pohled vytrácí. Ovšem mezi jednotlivými kmitočty jsou menší mezery, což má za následek plynulejší vyslovení samohlásky.



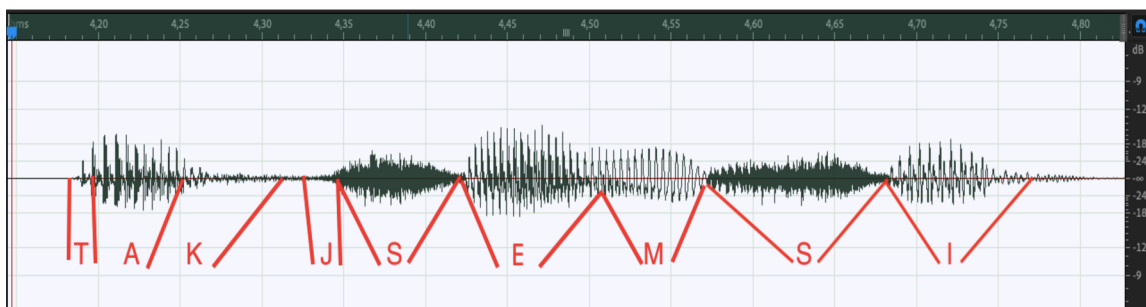
(Obr. 30: Zvukový záznam ženy, 57 let, samohláska „e“, zdroj: vlastní obrázek)



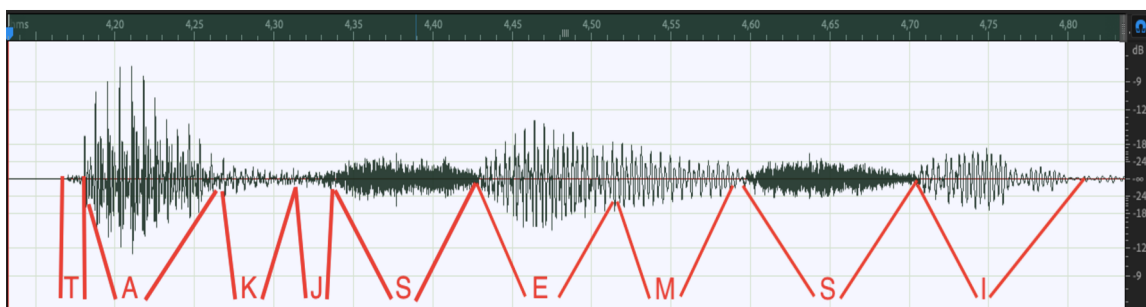
(Obr. 31: Zvukový záznam muže, 26 let, samohláska „e“, zdroj: vlastní obrázek)

Pro další porovnání zvukového projevu byla vybrána slova ze souvětí, jimiž jsou: „tak jsem si“ (obr. 32 a 33). Dle grafického zobrazení amplitudy se oba projevy jeví velmi podobně. Ovšem vidíme zde podobné nuance, které byly zřetelné již v grafech výše. První větší rozdíl vidíme hned na začátku slova „tak“. Obecně první písmeno „t“ není v grafu mnoho viditelné, protože jeho tón se ztrácí v následující samohlásce „a“. Zde vidíme znělou samohlásku, která je vyslovena s větší razancí v případě muže. Dokonce tato samohláska, v mužském podání, má největší rozsah decibelů ze všech písmen v tomto slovním spojení. Hned za samohláskou „a“ navazuje písmeno „k“. Zde si můžeme všimnout, jak u ženského projevu písmeno „k“ bylo hovorově řečeno spolknuto. Amplituda po vyřčení samohlásky „a“ okamžitě ztratila kmitočty. Kdežto v mužském projevu písmeno „k“ doznívalo mnohem déle, až se na něj přímo napojilo písmeno „j“. Písmeno „j“, stejně tak jako písmeno „t“, nelze příliš efektně v grafu rozeznat, jelikož se také ztrácí v sykavé souhlásce „s“. Stejně jako v grafech výše, i zde vidíme znít sykavky s větší razancí u ženského projevu. Dynamika (rychlost) písmena „s“ je taktéž větší u ženského projevu. Dále vidíme spojení dvou písmen „e“ a „m“. V ženském projevu je samohláska vyřčena o něco méně důrazněji a následně když amplituda ztrácí postupně kmitočty, tak u písmena „m“ kmitočty mírně zesílí. Takže se

ženský hlas při vyslovování písmena „m“ udržel téměř ve stálých decibelech. Kdežto v mužském případě kmitočty u písmena „m“ postupně zeslabovaly, takže hlas postupně ztrácel na intenzitě. Poté přišla další sykavka „s“, kterou vyřkla o něco málo hlasitěji opět žena. Následná konečná samohláska „i“ výjimečně zněla důrazněji z úst ženy.



(Obr. 32: Zvukový záznam ženy, 57 let, slova: „tak jsem si“, zdroj: vlastní obrázek)

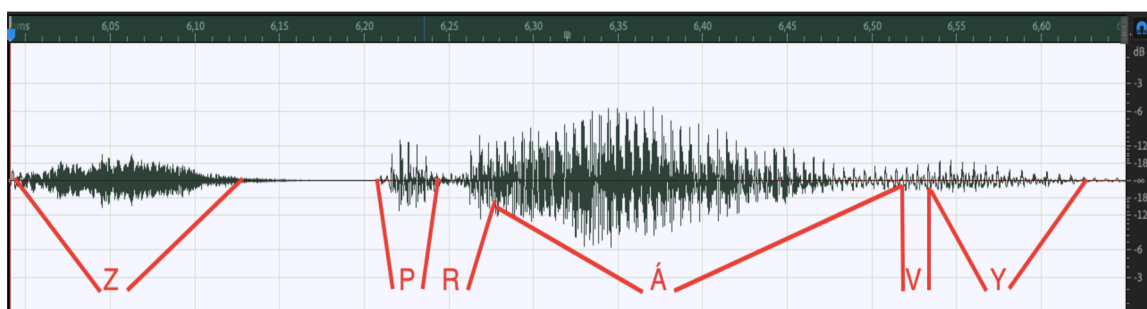


(Obr. 33: Zvukový záznam muže, 26 let, slova: „tak jsem si“, zdroj: vlastní obrázek)

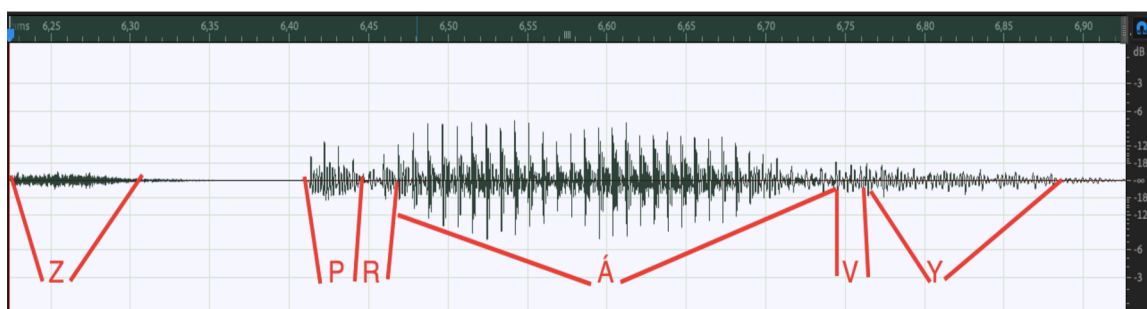
Následně se přesuňme k poslednímu slovu celého souvětí, což je slovo „zprávy“ (obr. 34 a 35). Zde si můžeme všimnout zajímavosti hned v úvodu slova u písmena „z“. Ačkoliv běžně slovo slyšíme jednotně, tak graf dokáže názorně vyobrazit, že počáteční písmeno „z“ navazuje spíše na předešlé slovo „v televizi“ než na zbytek slova „zprávy“. V obou případech, vesměs toto platí u každého člověka, je sykavá souhláska na začátku slova vyslovena dříve než celý zbytek slova. Mezi písmenem „z“ a zbytkem slova vidíme pauzu, která je delší v mužském projevu. Zato žena vyslovuje sykavku opět důrazněji, což značí větší obsah používaného vzduchu při její vyslovování. Dále vidíme ve slově písmena „p“ a „r“. Písmeno „p“ je v obou případech vysloveno podobným způsobem ale následně



přechod přes písmeno „r“ je rozdílný. V ženském projevu vidíme u písmena „r“ menší kmitočty (téměř užitá pauza mezi „p“ a „á“), kdežto v mužském podání písmena „p“ a „r“ intonačně lépe navazují na samohlásku „á“. V obou grafech (obr. 34 a 35) lze vidět, jak se liší dlouhá samohláska „á“ s krátkou samohláskou „a“ uvedenou v grafech výše. Lze si všimnout, jak střed amplitudy u této samohlásky je podobný s krátkým „a“ ale změna nastává na konci, kdy se kmitočty amplitudy ztrácejí postupně a dlouhá samohláska „á“ doznívá mnohem dál na vyobrazené grafické křivce. Muž ve svém projevu dlouhou samohlásku „á“ vysloví sice s o něco menší důrazností, ale vysloví ji s menší dynamikou, což značí větší zvýraznění dlouhé samohlásky, jinak řečeno jí vyslovuje delší dobu. Písmeno „y“ na konci slova je vysloveno v obou případech podobně a graf ukazuje, že nebylo vysloveno příliš zněle, ale spíše jemnou intonací a krátce.



(Obr. 34: Zvukový záznam ženy, 57 let, slovo: „zprávy“, zdroj: vlastní obrázek)



(Obr. 35: Zvukový záznam muže, 26 let, slovo: „zprávy“, zdroj: vlastní obrázek)

## ZÁVĚR

Závěrečná práce byla zaměřena primárně na kriminalistickou audioexpertizu. Jelikož se jedná o zkoumání lidského hlasu (zvuku), tak bylo v práci zapotřebí uvést informace o fyzikálních vlastnostech zvuku jako takového a dále o záznamech a reprodukcích zvukového záznamu. Cílem teoretické části práce bylo přiblížit kriminalistické zkoumání lidského hlasu a zajímavosti obsažené v této oblasti. Dále šlo o to poukázat na dnešní moderní svět, ve kterém jsou již běžnou součástí každodenního života mobilní telefony a jiné informační technologie. Nejběžnějším způsobem komunikace na dálku jsou již řadu let používány právě mobilní telefony. S tímto se pojí i spáchané trestné činy přímo prostřednictvím mobilních telefonů nebo je pomocí telefonního hovoru získán důkazní prostředek či prostředek k bližší identifikaci neznámého pachatele.

Lidé v dnešní době mají čím dál méně sociálního kontaktu, načež tomuto trendu přispěla i pandemie COVID-19. Proto lidé mají mnohem větší sebevědomí za klávesnici počítače nebo ve sluchátku telefonu. Tímto narážím na trestné činy páchané prostřednictvím telefonu, kdy anonymní mluvčí přes telefonní hovor vyhrožuje někomu zabitím či spácháním teroristického útoku. Když je takový hovor zaznamenán, tak může být provedena audioexpertiza za účelem identifikace neznámé osoby. Podstatnou částí této práce bylo vysvětlit rozdílnost a princip srovnávacího a sporného materiálu při zvukové identifikaci osoby. Na spornou nahrávku jsou kladeny poměrně velké nároky, aby mohla být použitelná. Následně se ve stejném nebo podobném režimu vytvoří srovnávací nahrávka.

V rámci diplomové práce byl proveden výzkum, který se přímo týká srovnávacího materiálu. Nejedná se o sporný záznam, jelikož u záznamu z tohoto výzkumu byly uměle navozeny podmínky, které byly potřeba. Cílem výzkumné části bylo dokázání rozdílnosti v řeči mužského a ženského hlasu. Bylo cílem znázornit, v jakých konkrétních částech hlasového projevu, se jednotlivé hlasy liší. Dále byla výzkumná část jakési přiblížení práce expertů v oblasti audioexpertizy, konkrétně na jaké aspekty řeči se v rámci zkoumání mohou zaměřovat. Výzkumem bylo dokázáno, že ženský a mužský hlas se neliší pouze jeho frekvencí, ale má i řadu jiných lišících se vlastností. Lze například uvést dynamiku či intonaci. Na vyobrazené amplitudě v grafech výzkumu bylo zřetelně vidět, jak

se jednotlivé kmitočty liší svým rozložením jak ve vertikální, tak horizontální části. V grafech byla znázorněna rozdílná razance (hlasitost) vyslovení slova a rozdílná dynamika (rychlost) vyřčení slova. Na tyto dva aspekty by se měli experti předně zaměřovat. Další velkou rozlišností mezi dvěma použitými projevy byla výslovnost tzv. sykavek neboli písmen, které člověk vyslovuje jen za pomoci rtů a jazyka, kdy zvuk nerezonuje v hlasivkách ale až v ústech za pomoci proudu vzduchu. Zde měli sykavky v ženském podání mnohem větší amplitudu, která znázorňovala jejich důraznější vyřčení.

## Seznam použité literatury

### Internetové zdroje (webové stránky):

1. Vznik a druhy zvuku. Techmania Science Center [online]. Plzeň: Techmania Science Center, 2007 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/akustika/vznik-druhy-zvuku>
2. Zvuk. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2022 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Zvuk>
3. Obecné informace o zvuku: Zvuk jako vlnění. PAROC [online]. Finland: Paroc Group, 2022 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.paroc.cz/knowhow/zvuk/obecne-informace-o-zvuku>
3. Limity lidského sluchu. CzechEncy [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2020 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.czechency.org/slovník/LIMITY%20LIDSKÉHO%20SLUCHU>
4. Fonetika a fonologie: Ústrojí hlasové. El portál Masarykovy univerzity [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2008 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/elportal/estud/ff/js08/fonetika/ucebnice/ch05s02s02.html>
5. Frekvence, kmitočet, hertz. Profi električka [online]. Brno: Električka.cz spol, 2022 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://električka.cz/data/clanky/kmit980515>
6. Analog vs digitální - rozdíl a srovnání - 2022 - Blog: Rozdíl mezi Analogovým a Digitálním. Weblogographic [online]. Praha: weblogographic, 2022, 2019 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://cs.weblogographic.com/analog-vs-digital>
7. SEHNAL, Jiří. Záznam a reprodukce zvuku. Výukový portál COPTel [online]. Kroměříž: Střední škola – Centrum odborné přípravy technické Kroměříž, 2022 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://coptel.cz/mod/resource/view.php?id=6594>
8. Mechanický záznam zvuku. Encyklopedie fyziky [online]. Praha: licence CC, Jaroslav Reichl, Martin Všetíčka, 2022 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1343-mechanicky-zaznam-zvuku>
9. KAŇKA, Jan. Intenzita zvuku – decibel. TZB-info [online]. Praha: Topinfo, 2022 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/216-intenzita-zvuku-decibel>
10. Druhy optických záznamu zvuků. Encyklopedie fyziky [online]. Praha: licence CC, Jaroslav Reichl, Martin Všetíčka, 2022 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1343-mechanicky-zaznam-zvuku>

11. *HOLUBEC, David. Digitalizace zvuku. Základní škola a mateřská škola Lázně Kynžvart [online]. Lázně Kynžvart: Základní škola a mateřská škola Lázně Kynžvart, 2022, 2012 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: [http://www.zslk.cz/13\\_Digitalizacez.pdf](http://www.zslk.cz/13_Digitalizacez.pdf)*

**Tištěné odborné knihy:**

12. *RAK, Roman, Vašek MATYÁŠ a Zdeněk ŘÍHA. Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích. Praha: Grada, 2008. Profesionál. ISBN 978-80-247-2365-5.*

13. *STRAUS, Jiří. Kriminalistická technika. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012. ISBN 978-80-7380-409-1.*

## Seznam použitých obrázků

OBR. 1: ŠÍŘENÍ ZVUKOVÝCH VLN V PROSTŘEDÍ A ČASU .....	9
OBR. 2: HLASIVKY, HLASIVKOVÉ CHRUPAVKY, CHRUPAVKA ŠTÍTNÁ, HLASIVKOVÁ ŠTĚRBINA .....	12
OBR. 3: ŠIROKOPÁSMOVÝ SONOGRAM, HLASOVÝ PROJEV JEDNÉ OSOBY .....	26
OBR. 4: TYPY MECHANICKÝCH ZÁZNAMŮ .....	31
OBR. 5: TYPY OPTICKÝCH ZÁZNAMŮ ZVUKU .....	33
OBR. 6: PRINCIP OPTICKÉHO ZÁZNAMU ZVUKU NA FILMOVÝ PÁS.....	34
OBR. 7: SCHÉMA MAGNETOFONU .....	35
OBR. 8: PŘILÉHAJÍCÍ PÁSEK KE ŠTĚRBINĚ ZÁZNAMOVÉ HLAVY .....	36
OBR. 9: ZKRESLENÍ ANALOGOVÉHO VS DIGITÁLNÍHO SIGNÁLU .....	38
OBR. 10: SCHÉMA PROCESU DIGITALIZACE ZVUKU .....	39
OBR. 11: GRAF DIGITALIZACE ANALOGOVÉHO SIGNÁLU ZA POUŽITÍ VZORKOVACÍ FREKVENCE 44 KHZ A 16 BIT .....	41
OBR. 12: GRAF DIGITALIZACE ANALOGOVÉHO SIGNÁLU ZA POUŽITÍ VZORKOVACÍ FREKVENCE 22 KHZ A 8 BIT .....	41
OBR. 13: ROVNOBĚŽNÝ PRŮBĚH JEDNOTKY CITLIVOSTI S KMITOČTEM .....	43
OBR. 14: PŘÍMO-VYZAŘUJÍCÍ ELEKTRODYNAMICKÝ REPRODUKTOR.....	45
OBR. 15: NEPŘÍMO-VYZAŘUJÍCÍ TLAKOVÝ REPRODUKTOR .....	46
OBR. 16: ZÁZNAM MLUVENÉHO PROJEVU CELÉHO SOUVĚTÍ ŽENY, 57 LET.....	48
OBR. 17: ZÁZNAM MLUVENÉHO PROJEVU CELÉHO SOUVĚTÍ MUŽE, 26 LET .....	48
OBR. 18: ZVUKOVÝ ZÁZNAM ŽENY, 57 LET, SLOVO „KDYŽ“ .....	49
OBR. 19: ZVUKOVÝ ZÁZNAM MUŽE, 26 LET, SLOVO „KDYŽ“ .....	49
OBR. 20: ZVUKOVÝ ZÁZNAM ŽENY, 57 LET, PÍSMENA „K“ A „D“ .....	50
OBR. 21: ZVUKOVÝ ZÁZNAM MUŽE, 26 LET, PÍSMENA „K“ A „D“ .....	50
OBR. 22: ZVUKOVÝ ZÁZNAM ŽENY, 57 LET, SLOVO „VČERA“ .....	51
OBR. 23: ZVUKOVÝ ZÁZNAM MUŽE, 26 LET, SLOVO „VČERA“ .....	51
OBR. 24: ZVUKOVÝ ZÁZNAM ŽENY, 57 LET, SLOVO „PŘIŠLA“ .....	52

OBR. 25: ZVUKOVÝ ZÁZNAM MUŽE, 26 LET, SLOVO „PŘIŠEL“ .....	52
OBR. 26: ZVUKOVÝ ZÁZNAM ŽENY, 57 LET, SAMOHLÁSKA „I“ .....	53
OBR. 27: ZVUKOVÝ ZÁZNAM MUŽE, 26 LET, SAMOHLÁSKA „I“ .....	53
OBR. 28: ZVUKOVÝ ZÁZNAM ŽENY, 57 LET, SLOVO „PRÁCE“ .....	54
OBR. 29: ZVUKOVÝ ZÁZNAM MUŽE, 26 LET, SLOVO „PRÁCE“ .....	54
OBR. 30: ZVUKOVÝ ZÁZNAM ŽENY, 57 LET, SAMOHLÁSKA „E“ .....	55
OBR. 31: ZVUKOVÝ ZÁZNAM MUŽE, 26 LET, SAMOHLÁSKA „E“ .....	55
OBR. 32: ZVUKOVÝ ZÁZNAM ŽENY, 57 LET, SLOVA: „TAK JSEM SI“ .....	56
OBR. 33: ZVUKOVÝ ZÁZNAM MUŽE, 26 LET, SLOVA: „TAK JSEM SI“ .....	56
OBR. 34: ZVUKOVÝ ZÁZNAM ŽENY, 57 LET, SLOVO: „ZPRÁVY“ .....	57
OBR. 35: ZVUKOVÝ ZÁZNAM MUŽE, 26 LET, SLOVO: „ZPRÁVY“ .....	57