

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Koncepty aplikácií pre detskú rečovú audiometriu
Diplomová práca

2026

Bc. Samuel Gdovin

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Koncepty aplikácií pre detskú rečovú audiometriu
Diplomová práca

Študijný program: Počítačové siete
Študijný odbor: Informatika
Školiace pracovisko: Katedra počítačových sietí (KPS)
Školiteľ: doc. Ing. Stanislav Ondáš, PhD.
Konzultant:

2026 Košice

Bc. Samuel Gdovin

Abstrakt v SJ

Táto diplomová práca sa zaoberá problematikou vyšetrenia sluchu u detí so zameraním na obrázkovú rečovú audiometriu a možnosti jej realizácie v digitálnom prostredí. Cieľom práce je analyzovať existujúce metódy vyšetrenia sluchu, najmä metódy vhodné pre detského pacienta, navrhnúť a implementovať webovú aplikáciu umožňujúcu realizáciu obrázkovej rečovej audiometrie v domácom prostredí. V práci sú charakterizované typy porúch sluchu a princípy audiometrických vyšetrení, ktoré hodnotia schopnosť porozumenia reči pri rôznych úrovniach hlasitosti. Dôležitou časťou práce bol návrh a implementácia webovej aplikácie, ktorá zabezpečuje prehrávanie zvukových stimulov, zaznamenávanie odpovedí používateľa a ich následné vyhodnotenie. Pri návrhu riešenia sa využívajú moderné webové technológie s dôrazom na jednoduchosť použitia, dostupnosť a možnosť samostatného testovania bez priamej prítomnosti odborníka.

Kľúčové slová v SJ

audiometria, rečová audiometria, poruchy sluchu, webová aplikácia, digitálne testovanie

Abstract

This diploma thesis deals with the issue of hearing assessment in children, with a focus on picture-based speech audiometry and the possibilities of its implementation in a digital environment. The aim of the thesis is to analyze existing methods of hearing assessment, particularly those suitable for pediatric patients, and to design and implement a web application enabling picture-based speech audiometry in a home environment. The thesis describes the types of hearing disorders and the principles of audiometric examinations that evaluate speech understanding at different intensity levels. An important part of the thesis is the design and implementation of a web application that provides playback of audio stimuli, recording of user responses, and their subsequent evaluation. The proposed solution utilizes modern web technologies with an emphasis on ease of use, accessibility, and the possibility of independent testing without the direct presence of a specialist.

Keywords

audiometry, speech audiometry, hearing loss, web application, digital testing

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY
Katedra elektroniky a multimediálnych telekomunikácií

ZADANIE DIPLOMOVEJ PRÁCE

Študijný odbor: **Informatika**
Študijný program: **Počítačové siete**

Názov práce:

Koncepty aplikácií pre detskú rečovú audiometriu
Concepts of applications for pediatric speech audiometry

Študent: **Bc. Samuel Gdovin**
Školiteľ: **doc. Ing. Stanislav Ondáš, PhD.**
Školiace pracovisko: **Katedra elektroniky a multimediálnych telekomunikácií**
Konzultant práce:
Pracovisko konzultanta:

Pokyny na vypracovanie diplomovej práce:

1. Naštudovať oblasť detskej rečovej audiometrie, jej princípy a metodiku.
2. Navrhnuť koncept laickej aplikácie pre skrining prahu počutia a porozumenia.
3. Zrealizovať a otestovať navrhnutý koncept.
4. Vypracovať záverečnú prácu opisujúcu analytickú a praktickú časť podľa pokynov vedúceho práce.

Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje: **slovenský**
Termín pre odovzdanie práce: **24.04.2026**
Dátum zadania diplomovej práce: **31.10.2025**




.....
prof. Ing. Liberios Vokorokos, PhD.
dekan fakulty

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som záverečnú prácu vypracoval(a) samostatne s použitím uvedenej odbornej literatúry, ako aj s využitím nástrojov generatívnej umelej inteligencie v súlade s Metodickým pokynom o záverečných a kvalifikačných prácach a Etickým kódexom študenta Technickej univerzity v Košiciach. Umelá inteligencia bola použitá ako podporný nástroj bez porušenia zásad akademickej etiky a autorskej integrity.

Košice, 7. apríla 2026

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu mojej diplomovej práce doc. Ing. Stanislavovi Ondášovi, PhD. za pomoc a odborné rady pri riešení mojej práce.

Obsah

Zoznam obrázkov	9
Zoznam tabuliek	11
Zoznam symbolov a skratiek	12
Úvod	13
1. Teoretický rozbor zvolenej témy	14
1.1. Sluch.....	14
1.1.1. Vonkajšie ucho	14
1.1.2. Stredné ucho	15
1.1.3. Vnútorné ucho.....	15
1.1.4. Sluchový nerv a mozgové spracovanie zvuku	15
1.1.5. Prevencia a starostlivosť	16
1.2. Poruchy sluchu.....	16
1.2.1. Podľa miesta vzniku poruchy	16
1.2.2. Podľa času vzniku	17
1.2.3. Podľa stupňa poruchy	17
1.2.4. Iné kritériá rozdelenia	17
1.3. Audiometria	17
1.3.1. Stupne straty sluchu.....	19
1.3.2. Čo nám hovorí audiogram.....	19
1.4. Metódy vyšetrení u audiometrie.....	19
1.4.1. Behaviorálna audiometria (BOA)	19
1.4.2. Audiometria so zrkavým posilnením (VRA)	20
1.4.3. Audiometria hrou	21
1.4.4. Bežná audiometria	22
1.4.5. Rečová/slovná audiometria	23
1.5. Rečová audiometria.....	23
1.6. Metódy testovania pri rečovej audiometrii.....	24
1.6.1. Rečová audiometria so zoznamami slov	26
1.6.2. Test Logatomov	26
1.6.3. Obrázková slovná audiometria	26
1.6.4. Lingov test	26
1.7. Klinické aplikácie rečovej audiometrie	26
1.7.1. Normy/štandardy pre audiometriu.....	27
1.8. Rečová audiometria v hluku	27

1.9.	Pokroky a inovácie v rečovej audiometrii.....	28
1.10.	Výzvy a obmedzenia v rečovej audiometrii	28
2.	Návrh aplikácie pre rečovú audiometriu	30
2.1.	MAICO MA 33 Audiometer.....	30
2.1.1.	Test tónovej audiometrie	31
2.1.2.	Modul Hughson-Westlake test	33
2.1.3.	SISI test	35
2.1.4.	Pilot test	37
2.1.5.	Testovanie nahrávok vo zvukotesnej kabínke audiometra.....	38
2.2.	Aplikácia RobotTomaš	41
3.	Kartičky robota Tomáša	44
3.1.	Úprava hry/testu	44
3.2.	Syntéza reči (Text-to-Speech).....	46
3.3.	Vizuálna úprava	47
3.4.	Domovská stránka aplikácie	47
3.5.	Výber testovacieho režimu	48
3.6.	Úvodná inštrukcia.....	49
3.7.	Stránka kalibrácie	50
3.8.	Stránka spustenia hry/testu	54
3.9.	Stránka hry/testu.....	55
3.10.	Stránka vyhodnotenia hry/testu	58
3.11.	Aplikácia kartičky robota Tomáša pre rómsky jazyk	60
	Záver.....	64
	Zoznam použitej literatúry	65
	Prílohy	67

Zoznam obrázkov

Obr. 1 Vonkajšie, stredné a vnútorné ucho [10]	14
Obr. 2 Audiogram [1]	19
Obr. 3 VRA [1]	20
Obr. 4 Audiometria hrou [7]	21
Obr. 5 Audiometria so slúchadlami [6]	22
Obr. 6 Bežná tónová audiometria [9]	23
Obr. 7 MAICO Database okno	30
Obr. 8 Panel testovacích modulov	31
Obr. 9 Úvodná obrazovka softvéru	31
Obr. 10 Tabuľkový vzhľad	32
Obr. 11 Funkcie a nastavenia softvéru	33
Obr. 12 Okno automatického testu	35
Obr. 13 Okno SISI testu	36
Obr. 14 Okno Pilot testu	37
Obr. 15 Pohľad na zvukotesnú kabínku z vonku	38
Obr. 16 Setup na meranie hlasitosti nahrávok vo zvukotesnej kabínke	39
Obr. 17 Pohľad do vnútra kabínky	40
Obr. 18 Meranie vo zvukotesnej skrinke	41
Obr. 19 Výber: Reproduktor vs Slúchadla	42
Obr. 20 Výber: ľavé vs pravé ucho	42
Obr. 21 Bloková schéma aplikácie	44
Obr. 22 Obrázky k vybraným slovám	45
Obr. 23 Tlačidlo prehratia syntézy reči pred spustením	46
Obr. 24 Tlačidlo prehratia syntézy reči počas prehrávania	46
Obr. 25 Domovská stránka časť 1	48
Obr. 26 Domovská stránka časť 2	48
Obr. 27 Vyber medzi reproduktorom a slúchadlami	49
Obr. 28 Výber medzi ľavým a pravým uchom	49
Obr. 29 Stránka úvodnej inštrukcie	50
Obr. 30 Blokovanie tlačidla ak nie je vykonaná kalibrácia	50
Obr. 31 Stránka kalibrácie časť 1	52
Obr. 32 Stránka kalibrácie časť 2	52
Obr. 33 Tlačidlo spustiť/zastaviť kalibračný tón	53
Obr. 34 Výpis kalibračných záznamov z databázy	53
Obr. 35 Varovná správa pri mazaní obsahu databázy	53
Obr. 36 Stránka s výberom uloženia/zahodenia výsledku kalibračného testu	53
Obr. 37 Stránka s výberom uloženia/zahodenia výsledku kalibračného testu bez správnej odpovede	54
Obr. 38 Varovná správa pri akcií zahodenia dát po kalibračnom teste	54
Obr. 39 Stránka spustenia hry/testu	55
Obr. 40 Stránka hry/testu	56
Obr. 41 Po spustení testu (už bez tlačidla)	57
Obr. 42 Po prejdení na obrázok myšou	57
Obr. 43 Po kliknutí na obrázok	57
Obr. 44 Po ukončení testu	58
Obr. 45 Stránka výsledkov	59

Obr. 46 Tabuľka na stránke výsledkov	60
Obr. 47 Stránka výsledkov bez správnej odpovede	60
Obr. 48 Obrázky k vybraným slovám pre rómsky jazyk	61
Obr. 49 Stránka testu/hry – verzia pre rómsky jazyk.....	62
Obr. 50 Tlačidlo na presun na slovenskú verziu.....	62
Obr. 51 Výzva na potvrdenie presunu na slovenskú verziu	62
Obr. 52 Tlačidlo na presun na verziu pre rómsky jazyk	63
Obr. 53 Výzva na potvrdenie presunu na verziu pre rómsky jazyk	63

Zoznam tabuliek

Tab. 1 Výzvy a obmedzenia rečovej audiometrie a ich dôsledok na meranie [11],[12],[13],[14]....34

Zoznam symbolov a skratiek

VRA	Vizuálne posilnená audiometria
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
dB	Decibel
ABR	Auditory Brainstem Response
SRT	Speech Recognition Treshold
dB HL	Decibel Hearing Level
USB	Universal Serial Bus
SISI	Short Increment Sensitivity Index
HTML	HyperText Markup Language
CSS	Cascading Style Sheets
JS	JavaScript
GIF	Graphics Interchange Format
px	Pixel

Úvod

Sluch patrí medzi základné zmysly človeka a zohráva kľúčovú úlohu pri vývine komunikačných schopností a rozvoju dieťaťa. Včasná diagnostika je preto veľmi dôležitá pre minimalizáciu negatívnych dopadov. Významnou diagnostickou metódou je rečová audiometria, ktorá umožňuje posúdiť schopnosť porozumenia reči. Špecifickú oblasť predstavuje detská rečová audiometria, ktorá musí zohľadňovať vek, úroveň pozornosti, jazykové schopnosti a kognitívnu vyspelosť dieťaťa. U mladších detí nie je možné vždy využiť štandardné slovné testy určené pre dospelých, preto sa v praxi využívajú prispôbené formy testovania. Jednou z najčastejšie používaných metód je obrázková rečová audiometria, pri ktorej dieťa reaguje na počuté slovo výberom zodpovedajúceho obrázka.

V súčasnosti síce existujú aplikácie pre realizáciu rečovej audiometrie, avšak tieto aplikácie sú spravidla súčasťou profesionálnych audiometrických zariadení. Takéto zariadenia sú dostupné najmä v zdravotníckych zariadeniach alebo špecializovaných pracoviskách. Bežná verejnosť, ako sú napríklad rodičia alebo logopédi mimo klinického prostredia, majú k týmto nástrojom obmedzený prístup.

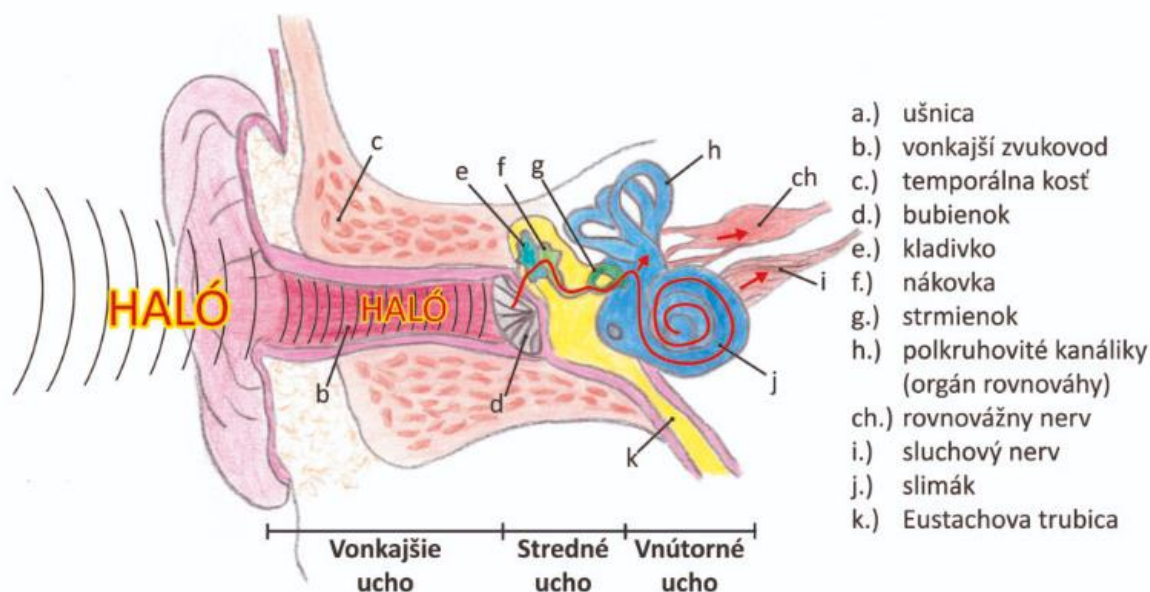
Cieľom mojej práce je vytvoriť aplikáciu ktorá bude realizovať detskú obrázkovú rečovú audiometriu, a takto zvýšiť dostupnosť pre laickú verejnosť. Týmto spôsobom by som chcel zvýšiť dostupnosť skriningových a podporných nástrojov v oblasti detskej sluchovej diagnostiky a prispieť k včasnej identifikácii potenciálnych porúch sluchu.

1. Teoretický rozbor zvolenej témy

1.1. Sluch

Sluch je zmysel, ktorý nám umožňuje vnímať zvuky z okolia, čiže premeniť tlakové vlny vo vzduchu na nervové signály a interpretovať ich v mozgu. Sluch nám teda umožňuje nielen počuť reč a hudbu, ale aj reagovať na varovné signály v prostredí, orientovať sa v priestore či komunikovať s ostatnými. [10]

Fungovanie sluchu je výsledkom presnej spolupráce viacerých častí ucha a mozgu, od vonkajšieho zvukovodu až po centrá v mozgu, ktoré spracúvajú zvukové signály. [10]



Obr. 1 Vonkajšie, stredné a vnútorné ucho [10]

1.1.1. Vonkajšie ucho

Vonkajšie ucho tvoria hlavne ušnica a vonkajší zvukovod. Úlohou ušnice je zachytiť zvuk z okolia a smerovať ho do zvukovodu, ktorý vedie k bubienku. Zvukovod má tvar písmena „S“, čo zvuk pomáha nasmerovať správnym smerom. V zvukovode sa prirodzene vytvára ušný maz, ktorý chráni pokožku zvukovodu. Tento maz sa postupne vysušuje a samočinne sa vylučuje; nie je preto potrebné čistenie vatovými tyčinkami. [10]

Ak sa však maz nahromadí alebo je nevhodne vtlačený k bubienku môže vzniknúť mazová zátka, ktorá značne sťažuje alebo znemožňuje prenos zvukových vln. To vedie k prevodovej poruche sluchu. To isté platí pre ochorenia alebo nádory vo vonkajšom zvukovode, ktoré môžu blokovat vstup zvuku. [10]

1.1.2. Stredné ucho

Po prejdení zvukového signálu vonkajším uchom narazí zvukový vlnový front na bubienok, ktorý je hranicou medzi vonkajším a stredným uchom. Bubienok reaguje vibráciami, ktoré sú ďalej prenášané tromi drobnými sluchovými kostičkami, a to kladivkom, nákovkou a strmienkom. Tieto kostičky prenesú vibrácie do vnútorného ucha. V strednomuchu sú tiež drobné svaly, ktoré môžu regulovať pohyblivosť kostičiek a tým vplývať na intenzitu prenášaného zvuku. Okrem toho stredné ucho obsahuje vzduchom vyplnený priestor v rámci spánkovej kosti. [10]

Dôležitou súčasťou je aj tzv. sluchová (Eustachová) trubica, ktorá spája stredné ucho s nosohltanom. Jej úlohou je vyrovnávať tlak medzi stredným uchom a vonkajším prostredím. Vďaka tomu sa vyrovná tlak pri zmene nadmorskej výšky. Napríklad pri lietaní, jazde výťahom či pri potápaní, čo zabraňuje poškodeniu bubienka. [10]

1.1.3. Vnútorné ucho

Vnútorné ucho je srdcom sluchu a skladá sa predovšetkým zo špirálovitého útvaru nazývaného kochlea (slimák) a z vestibulárneho (rovnovážneho) aparátu. [10]

Kochlea je naplnená tekutinou a obsahuje tisíce tzv. vláskových buniek. Citlivých receptorov, ktoré reagujú na pohyb tekutiny vyvolaný vibráciami prenesenými zo stredného ucha. Vonkajšie vláskové bunky pomáhajú zosilniť zvukové vibrácie, zatiaľ čo vnútorné bunky premieňajú mechanické vibrácie na elektrické impulzy. Tieto impulzy sú následne vedené sluchovým nervom do mozgu. [10]

Každá vlásková bunka je citlivá na inú frekvenciu. Vďaka tomu môžeme rozlišovať rôzne tóny, výšky hlasu, reč, melódiu či zvuky okolia. Sluchový aparát je teda v podstate veľmi jemný a precízny spektrálny analyzátor. [10]

1.1.4. Sluchový nerv a mozgové spracovanie zvuku

Po konverzii zvukových vibrácií na elektrické impulzy vo vnútornomuchu sa signály prenášajú sluchovým nervom spolu s vestibulárnym nervom tvoria 8. hlavový nerv. Tento nerv vedie impulzy do sluchových centier v mozgu. [10]

V mozgu sa tieto impulzy spracúvajú v oblasti spánkových (temporálnych) lalokov, tzv. sluchových centrách. Mozog vníma nielen zvuk ako taký, ale dokáže rozlíšiť reč, melódiu, lokalizovať zdroj zvuku, triediť zvuk podľa významu či dôležitosti, a spojiť ho s pamäťou, emóciami a ďalšími zmyslami. [10]

Výrazným príkladom tejto komplexnosti je spracovanie reči. Mozog nielen počuje hlásky, ale aj ich interpretuje, rozumie slovám a spája ich s významom, pamäťou a kontextom. [10]

1.1.5. Prevencia a starostlivosť

Správna starostlivosť o ucho a predovšetkým zvukovod je veľmi dôležitá. Ušný maz má ochrannú úlohu, a preto ho nie je potrebné mechanicky odstraňovať vatovými tyčinkami; nahromadenie mazu alebo jeho vtlačenie k bubienku však môže zhoršiť počutie. [10]

V prípade detí s poruchou sluchu je obzvlášť dôležité čo najskôr nasadiť kompenzačné pomôcky (načúvací prístroj, prípadne kostný vibrátor či kochleárny implantát). Bez včasnej stimulácie sluchu môže mozog „zabudnúť“ spracovávať zvuk, čo sťažuje alebo znemožňuje neskoršiu sluchovo-rečovú rehabilitáciu. [10]

1.2. Poruchy sluchu

Porucha sluchu predstavuje stav, pri ktorom dochádza k zníženiu schopnosti vnímať, spracovávať alebo interpretovať zvukové podnety. Sluch je komplexný mechanizmus, ktorý zahŕňa vonkajšie, stredné a vnútorné ucho, ako aj sluchový nerv a centrálny nervový systém. Ak dôjde k narušeniu ktorejkoľvek z týchto častí, môže sa prejaviť určitá forma poruchy sluchu. Poruchy sluchu sa klasifikujú podľa miesta vzniku, stupňa postihnutia, času nástupu a rozsahu postihnutia. [15][16][17]

1.2.1. Podľa miesta vzniku poruchy

1.2.1.1. Prevodová porucha sluchu

Prevodová porucha sluchu vzniká v prípade narušenia mechanického prenosu zvuku z vonkajšieho ucha cez stredné ucho do vnútorného ucha. Problém sa nachádza vo vonkajšom alebo strednom uchu. [15][16]

Medzi najčastejšie príčiny patria nahromadený ušný maz, zápaly stredného ucha, perforácia bubienka, tekutina v strednom uchu alebo poškodenie sluchových kostičiek [15][16]. Pri tomto type poruchy nie je poškodený sluchový nerv ani vnútorné ucho. Mnohé prevodové poruchy sú liečiteľné alebo chirurgicky riešiteľné a často dobre kompenzovateľné načúvacími pomôckami. [15]

1.2.1.2. Percepčná porucha sluchu

Percepčná porucha sluchu vzniká pri poškodení vnútorného ucha alebo sluchového nervu. Ide o najčastejší typ trvalej straty sluchu. [15][16]

Medzi príčiny patria genetické faktory, starnutie, nadmerné vystavenie hluku, infekcie, ototoxické lieky alebo úrazy [15][17]. Tento typ poruchy býva vo väčšine prípadov nezvratný a riešenie spočíva najmä v kompenzácii pomocou načúvacích prístrojov alebo kochleárných implantátov [15][17].

1.2.1.3. Zmiešaná porucha sluchu

Zmiešaná porucha sluchu predstavuje kombináciu prevodovej a percepčnej poruchy. Znamená to, že problém je prítomný vo vonkajšom alebo strednom uchu aj vo vnútornom uchu alebo sluchovom

nerve [15][16]. Liečba závisí od konkrétnej kombinácie príčin a môže zahŕňať medicínsku aj protetickú intervenciu.

1.2.1.4. Neurálna porucha sluchu a sluchová neuropatia

Neurálna porucha sluchu vzniká pri poškodení sluchového nervu, ktorý prenáša informácie z vnútorného ucha do mozgu [15][17]. Špecifickou formou je sluchová neuropatia, pri ktorej dochádza k narušeniu synchronizácie nervových impulzov. Prejavuje sa zhoršeným porozumením reči, najmä v hlučnom prostredí [17].

1.2.2. Podľa času vzniku

1.2.2.1. Vrodená porucha sluchu

Vrodená porucha sluchu je prítomná už pri narodení. Môže byť spôsobená genetickými faktormi alebo komplikáciami počas tehotenstva či pôrodu [16][17]. Včasná diagnostika je dôležitá pre správny vývin reči a jazykových schopností dieťaťa [17].

1.2.2.2. Získaná porucha sluchu

Získaná porucha sluchu vzniká počas života v dôsledku infekcií, úrazov, vystavenia hluku, degeneratívnych zmien alebo užívania niektorých liekov [15][17].

1.2.3. Podľa stupňa poruchy

Podľa intenzity sa porucha sluchu delí na ľahkú, stredne ťažkú, ťažkú a hlbokú poruchu sluchu až úplnú stratu sluchu [16][17]. Stupeň poruchy sa určuje audiometrickým vyšetrením a vyjadruje mieru zníženia schopnosti vnímať zvukové frekvencie [16].

1.2.4. Iné kritériá rozdelenia

Poruchy sluchu sa rozlišujú aj podľa postihnutia uší (jednostranná alebo obojstranná porucha) a podľa vzťahu k rozvoju reči [16][17]. Tieto faktory významne ovplyvňujú rozvoj komunikačných schopností a sociálnu integráciu jednotlivca [17].

1.3. Audiometria

Audiometria je diagnostická metóda používaná na vyšetrenie sluchu, ktorá pomáha určiť, ako dobre človek počuje. Tento proces zahŕňa testovanie schopnosti vnímať zvuky rôznych frekvencií a intenzít. Je nenáročná a bezbolestná, no vyžaduje spoluprácu pacienta, čo môže byť u malých detí náročné. [1]

Všetky metódy vyšetrenia sluchu vychádzajú z rovnakého princípu. Cieľom je zaznamenať reakciu dieťaťa na zvukový podnet. Rozdiely medzi jednotlivými postupmi spočívajú v spôsobe, akým túto reakciu získavame, pričom metóda musí byť prispôbená veku dieťaťa. Vyšetrenie by malo prebiehať v príjemnej a hravej atmosfére, ktorá dieťa motivuje a podporuje jeho záujem, aby bolo

možné zabezpečiť jeho dlhodobú spoluprácu. Hlavným zámerom všetkých techník je stanoviť prahy počutia dieťaťa a na ich základe vytvoriť audiogram. [1]

Vykonáva sa v špeciálnej zvukotesnej kabíne, kde pacient počúva tóny cez slúchadlá a signalizuje, keď ich počuje, napríklad stlačením tlačidla alebo zdvihnutím ruky. Výsledkom je audiogram, graf znázorňujúci sluchové prahy pre rôzne frekvencie. [4]

V rámci audiometrie sa môžeme stretnúť s termínom „vyšetrenie vo voľnom poli“. Tento prístup znamená, že dieťa sa nachádza v bežnej miestnosti, nie v špecializovanej zvukotesnej kabíne, a odborník pozoruje jeho reakcie na tóny alebo zvuky vysielané cez reproduktory. Príkladmi takýchto metód sú behaviorálna audiometria, vizuálne posilnená audiometria či audiometria hrou. [7]

Počas vyšetrenia sa dieťaťu prezentujú zvuky s postupne klesajúcou intenzitou. Najnižšia úroveň intenzity, pri ktorej dieťa na danej frekvencii zareaguje, sa označí ako prah počutia a zaznamená sa ako bod na audiograme. Tento proces sa opakuje pre jednotlivé frekvencie, štandardne 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz a 6 kHz, prípadne aj 125 Hz a 8 kHz pre vyššiu presnosť. Výsledkom je krivka znázorňujúca prahy počutia na testovaných frekvenciách, pričom zvuky nad krivkou sú pre dieťa počuteľné a zvuky pod krivkou nepočuje. [1]

Intenzita zvuku sa vyjadruje v dB (decibel), pričom šepot dosahuje približne 20 dB a hlasná hudba sa pohybuje v rozmedzí 80–120 dB. Dlhodobé vystavenie zvukom s intenzitou nad 85 dB môže viesť k poškodeniu sluchu. Frekvenčný rozsah počuteľných zvukov u človeka je od 20 do 20 000 Hz, zatiaľ čo frekvencie ľudskej reči sa zvyčajne nachádzajú v rozpätí 100 až 8 000 Hz. [4]

Audiometria je kľúčová pre diagnostiku porúch sluchu u detí aj dospelých, pričom u detí sa často kombinuje s inými testami, ako je napríklad otoakustická emisia. [6]

Otoakustická emisia sa využíva najmä na vyšetrenie sluchu u novorodencov. Cieľom tejto metódy je posúdenie funkčnosti zmyslových buniek v slimáku dieťaťa. Počas testu sa do ucha dieťaťa vloží jemná sonda vybavená mikrofónom. Následne sa vysielajú rôzne tóny a sleduje sa reakcia vnútorného ucha. Pri normálnom sluchu sa zvuky odrazia späť do vonkajšieho ucha, kde ich mikrofón zachytí. [4]

Ďalšou metódou vyšetrenia sluchu u novorodencov je test ABR, ktorý hodnotí funkčnosť sluchového orgánu. Počas vyšetrenia má dieťa na ušiach slúchadlá a na hlave umiestnené elektródy, ktoré registrujú sluchové signály prenášané z mozgu. [4]

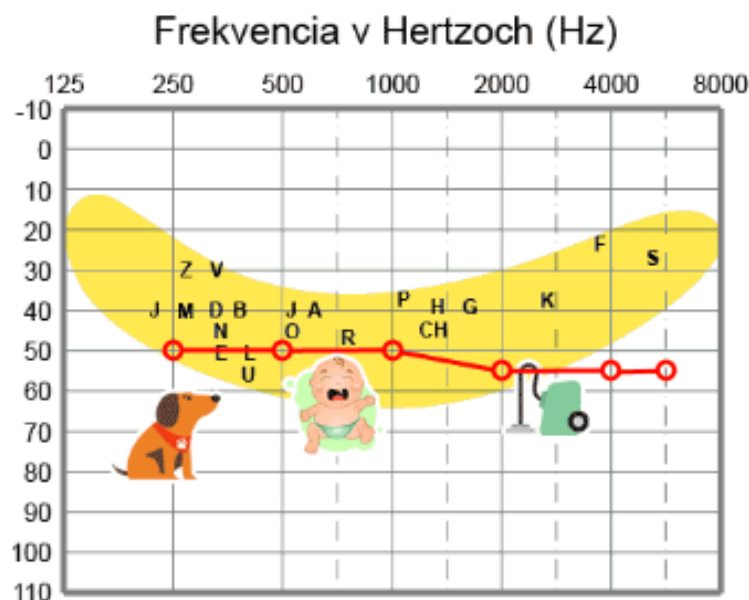
Audiogram umožňuje identifikovať typ a stupeň straty sluchu. Strata sluchu sa klasifikuje podľa decibelov, od normálneho sluchu (do 20 dB) až po hlbokú stratu sluchu (nad 90 dB). [5]

1.3.1. Stupne straty sluchu

- | | |
|--------------------------------|----------------|
| 1. ľahká strata sluchu | 26 – 40 dB |
| 2. stredná strata sluchu | 41 – 55 dB |
| 3. stredne ťažká strata sluchu | 56 – 70 dB |
| 4. ťažká strata sluchu | 71 – 90 dB |
| 5. úplná strata sluchu | viac ako 91 dB |

1.3.2. Čo nám hovorí audiogram

- ako silné zvuky dieťa ne/počuje v nízkych stredných a vysokých frekvenciách
- aké zvuky hovorenej reči dieťa počuje a nepočuje.
- o aký typ poruchy ide, pomocou kostného vedenia možno rozlíšiť prevodovú poruchu sluchu od percepčnej.
- aký druh načúvacieho prístroja môže dieťaťu pomôcť.



Obr. 2 Audiogram [1]

1.4. Metódy vyšetrení u audiometrie

1.4.1. Behaviorálna audiometria (BOA)

Pri tejto metóde zdravotná sestra iniciuje zvukový podnet a pozorne sleduje zmeny v správaní dieťaťa. Reakcie môžu zahŕňať žmurkanie, prerušenie sania cumlíka alebo pohyby končatinami. Staršie dieťa môže reagovať otočením sa za zvukom, pohľadom na rodiča, úsmevom či prejavom prekvapenia, čo indikuje, že zvuk vníma. Táto metóda je vhodná pre deti od približne 5 mesiacov od narodenia, alebo aj do 2-3 rokov. [1]

Počas vyšetrenia sú v okolí dieťaťa umiestnené reproduktory, cez ktoré sa prehrávajú tóny rôznej frekvencie a intenzity, prípadne bežné zvuky z CD. Každý zvuk trvá približne 5 sekúnd a jeho intenzita sa pohybuje od tichých (20 dB) po veľmi hlasné (90 dB). [1]

Do audiogramu sa zapisujú iba konzistentné reakcie, pri ktorých dieťa opakovane reaguje na zvukový podnet rovnakým alebo podobným spôsobom, napríklad zastavením pohybov rúk a nôh. Pri použití u starších detí namiesto VRA je metóda presnejšia, no vyžaduje si väčšiu náročnosť a viac sedení v porovnaní s VRA. [1]

1.4.2. Audiometria so zrakovým posilnením (VRA)

Táto metóda sa využíva na posúdenie miery straty sluchu na rôznych frekvenciách, a to s použitím načúvacích prístrojov alebo bez nich. Je vhodná pre deti od 6 mesiacov do 2-3 rokov. Počas vyšetrenia sedí dieťa spolu s rodičom v miestnosti vybavenej reproduktormi. V priestore je umiestnená tmavá škatuľa, ktorá ukrýva zaujímavú odmenu, napríklad tancujúceho medveďa, bubnujúcu opicu či veselú mačku. [1]



Obr. 3 VRA [1]

Dieťaťu sa pri hlasných zvukoch demonštruje, že ak zareaguje na zvuk pohľadom alebo otočením k škatuli, objaví sa vizuálna odmena v podobe rozsvieteného zvieraťa. Zdravotná sestra spustí zvukový signál a sleduje, či dieťa reaguje otočením hlavy alebo pohľadom na zdroj zvuku. Pri správnej reakcii je dieťa odmenené pútavým predstavením, ako je tancujúci macík, čo podporuje vytvorenie spojenia medzi zvukom a odmenou, čím sa posilňuje jeho pozornosť a reakcie. [1]

Dodržiavajú sa dve kľúčové pravidlá: ak sa dieťa otočí bez predchádzajúceho zvukového signálu, odmena sa neaktivuje. Okrem toho je potrebné medzi jednotlivými zvukovými podnetmi odvieť pozornosť dieťaťa od škatuľky. Táto metóda je pomerne presná a v západných krajinách je obľúbená pri vyšetrovaní malých detí, najmä pre svoju hravú povahu a vysokú spoľahlivosť. [1]

1.4.3. Audiometria hrou

Táto metóda sa využíva u detí od 2-3 rokov do približne 6 rokov. Buď sa vykonáva vo „voľnom poli“ alebo pomocou slúchadiel. Princíp tejto metódy je naučiť dieťa spojiť zvukový signál s určitou hravou aktivitou. Vďaka hre sa dieťa dokáže sústrediť počas vyšetrenia, čo zvyšuje jeho presnosť. Pre dieťa v tomto veku by bežné zdvíhanie ruky nebolo zaujímavé, a nedokázalo by sa koncentrovať na vyšetrenie. [1]



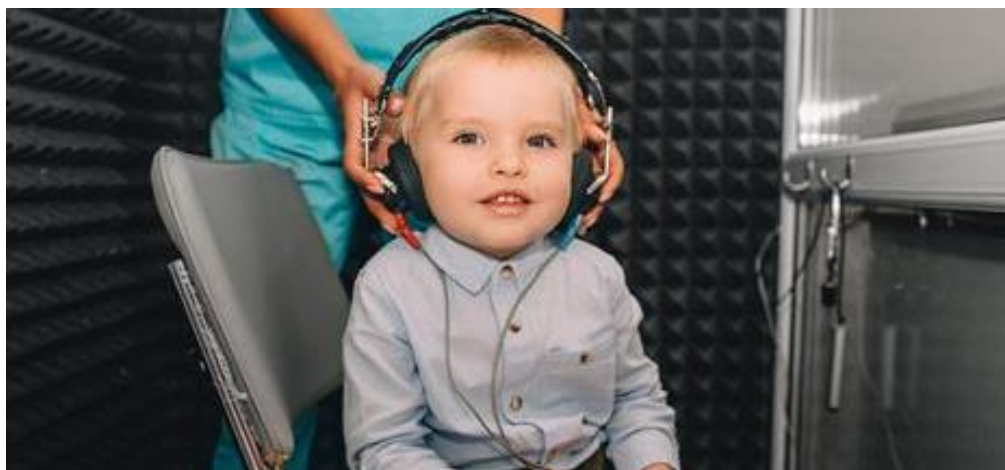
Obr. 4 Audiometria hrou [7]

1.4.3.1. Vo voľnom poli

Ide o metódu vyšetrenia sluchu, pri ktorej sa dieťaťu najprv vysvetlí a ukáže, akú činnosť má vykonať po započutí zvuku. Môže ísť o vhadzovanie kocky do škatule, nasadzovanie krúžku na tyč, spúšťanie autíčka po dráhe, lepenie nálepky alebo inú hravú aktivitu, ktorá dieťa zaujme. Zvuky, na ktoré dieťa reaguje, sú prehrávané cez reproduktory umiestnené v miestnosti, čo označujeme ako audiometriu hrou vo voľnom poli. Keďže sa sluch nevyšetruje pre každé ucho zvlášť, audiogram obsahuje jednu krivku, ktorá reprezentuje sluchové prahy pre obe uši spoločne. [1]

1.4.3.2. So slúchadlami

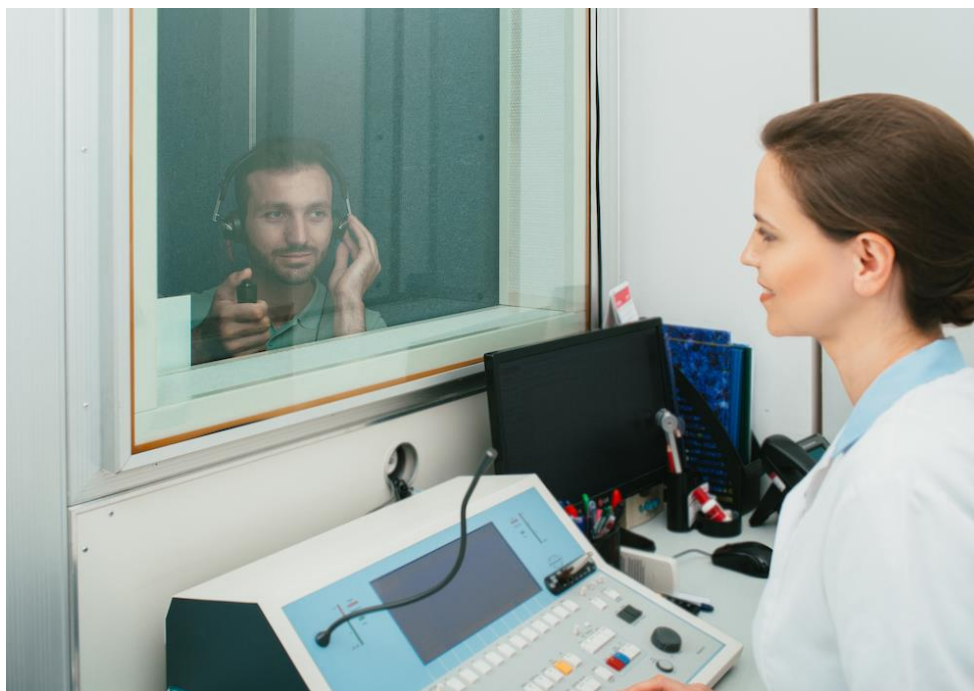
Rovnako ako pri vyšetrení vo voľnom poli dieťa reaguje na zvuk vykonaním vopred stanovenej činnosti. Táto hrová forma tónovej audiometrie je často najúčinnjšou metódou na vyšetrenie sluchu u detí v predškolskom veku, ak je cieľom zmerať stratu sluchu na každom uchu individuálne. Keďže sa testuje každé ucho zvlášť, audiogram zobrazuje dve samostatné krivky. Jednu pre pravé a druhú pre ľavé ucho. [1]



Obr. 5 Audiometria so slúchadlami [6]

1.4.4. Bežná audiometria

Využíva sa u detí od približne 6 rokov. Dieťa dáva signál o tom, že počuje zvuk napríklad zdvihnutím ruky. Spolupráca dieťaťa je pri tejto metóde nevyhnutná. Z tohto dôvodu sa nepoužíva u menších detí. [1]



Obr. 6 Bežná tónová audiometria [9]

1.4.5. Rečová/slovná audiometria

Pri rečovej audiometrii sa namiesto tónov používajú slová, pričom sa hodnotí schopnosť dieťaťa rozumieť im. S pribúdajúcim vekom dieťaťa sa zvyšuje počet a zložitosť testovaných slov, čím sa zvyšuje aj náročnosť vyšetrenia. Používa sa na ohodnotenie sluchu v súvislosti s diagnostickým hodnotením a audiologickou rehabilitáciou, pričom výsledky audiometrie rečou závisia od rečového skúšobného materiálu a použitej skúšobnej metódy. Slovná audiometria predstavuje cenný doplnok k tónovej audiometrii, pretože umožňuje posúdiť zásadnú schopnosť, a to porozumenie hovorenej reči. Využíva sa od približne 3 rokov. [1]

1.5. Rečová audiometria

Rečová audiometria je špecifický typ audiometrického vyšetrenia zameraný na hodnotenie schopnosti pacienta vnímať a rozumieť reč. Tento test zisťuje, ako dobre pacient rozpoznáva slová alebo vety pri rôznych úrovniach hlasitosti. [4]

Je dôležitá pre posúdenie funkčnosti sluchu v každodenných situáciách, ako je porozumenie hovorenej reči. Testy môžu zahŕňať opakovanie slov alebo viet, ktoré pacient počuje cez slúchadlá. S vekom rastie aj množina sledovaných slov a náročnosť vyšetrenia. Sleduje, ako dieťa vníma jednotlivé vety, slová alebo jednotlivé hlásky.

Rečová audiometria sa často používa na doplnenie výsledkov tónovej audiometrie, aby poskytla komplexnejší obraz o sluchových schopnostiach pacienta. Tento typ vyšetrenia je obzvlášť užitočný pri plánovaní rehabilitácie, napríklad pri nasadení načúvacích prístrojov. [1]

Ak si dieťa vyberá z predmetov alebo kartičiek, ktoré sú pred ním, hovoríme o zatvorených testoch. Naopak, ak vyšetrenie prebieha bez použitia obrázkov či hračiek, označujú sa ako otvorené testy. Hodnotenie sluchových schopností u malých detí zvyčajne vykonáva surdopéd alebo logopéd. V tomto prípade slová vyslovuje živá osoba prítomná v miestnosti, preto je potrebné zabezpečiť, aby dieťa nevidelo ústa hovoriaceho, čím sa zabráni odčítaniu z pier. U mladších detí sa nevyžaduje opakovanie slov. Postačuje, ak ukážu na správny obrázok. Testovanie sluchových schopností je možné začať už v skorom detstve. [7]

Rečovú audiometriu robí foniater alebo audiologická sestra. Porozumenie reči sa obvykle testuje tak, že sa deťom púšťajú prostredníctvom slúchadiel v audiometrickej kabínke špeciálne vybrané slová nahrané na CD. V slovách sa podľa veku dieťaťa a druhu testu nachádzajú podstatné mená, prídavné mená, príslovky aj slovesá. [7]

1.6. Metódy testovania pri rečovej audiometrii

Rečová audiometria zahŕňa metódy, pri ktorých pacient počúva slová alebo vety prezentované cez slúchadlá a jeho úlohou je ich opakovať alebo inak reagovať. Testy sa vykonávajú v kontrolovanom prostredí, zvyčajne v zvukotesnej kabíne, aby sa eliminovali vonkajšie rušivé zvuky. Intenzita reči sa mení, aby sa určila úroveň, pri ktorej pacient dokáže správne rozpoznať slová. [4]

Môže byť prispôsobená veku a schopnostiam pacienta. U detí sa napríklad môžu používať jednoduchšie slová alebo obrázky, ktoré dieťa identifikuje. Tieto metódy pomáhajú zhodnotiť, ako strata sluchu ovplyvňuje porozumenie reči v rôznych podmienkach. [1]

Najprv je potrebné stanoviť prah porozumenia reči (SRT). Intenzita začína na 50-60 dB, prípadne až 70-80 dB a postupne sa znižuje, až kým sa nedostaneme na najnižšiu intenzitu pri, ktorej pacient správne zopakuje aspoň 50% slov. U normálne počujúceho pacienta je to 25 dB alebo nižšie.

Po určení prahu počutia sa pokračuje slovnou diskrimináciou (rozpoznanie slov pri fixných intenzitách):

- 30–40 dB nad SRT – testovanie bežnej reči
- 50–60 dB HL – simulácia rozhovoru
- 70–80 dB HL – pre lepšiu diagnostiku porúch sluchu
- 90–100 dB HL – ak je potrebné preskúmať spracovanie reči pri vyšších hlasitostiach

Pri normálnom sluchu je maximálna zrozumiteľnosť dosiahnutá pri 60–70 dB HL s takmer 100 % správnych odpovedí. Ak sa zrozumiteľnosť nezlepší ani pri 90–100 dB HL, môže ísť o centrálnu poruchu sluchu alebo retrokochleárnu léziu (napr. poškodenie sluchového nervu).

Príklad testovania

Ak má pacient SRT = 30 dB HL, testuje sa slovná diskriminácia pri 60–70 dB HL (SRT + 30–40 dB). Ak má pacient SRT = 60 dB HL, testuje sa pri 90 dB HL.

Nastavenie hlasitosti pri testovaní

Hlasitosť sa nastavuje podľa rovnakých princípov ako pri bežnej rečovej audiometrii:

- Stanovenie prahu rečového vnímania (SRT)
- Začiatková hlasitosť: 50–60 dB
- Ak dieťa správne identifikuje aspoň 50 % slov, intenzita sa postupne znižuje.
- Ak neodpovedá, hlasitosť sa zvyšuje v krokoch 5–10 dB, kým nezačne reagovať.
- Cieľom je nájsť najnižšiu intenzitu, pri ktorej dieťa správne označí aspoň 50 % slov.
- Typický SRT u zdravých detí je 20–30 dB.
- Obmedzenie maximálnej hlasitosti na bezpečnú úroveň, zvyčajne 85 dB pre deti.

Dieťa dostane sériu 25 alebo 50 slov a jeho správnosť sa vyhodnotí v percentách. Normálna zrozumiteľnosť je 90–100 % pri optimálnej hlasitosti.

Rozsah hlasitosti

Testovanie by malo pokrývať rozsah od -10 dB HL až po maximálne 85 dB HL pre deti, aby sa predišlo poškodeniu sluchu. Maximálna hodnota je nižšia ako u dospelých (u dospelých je to často 100–110 dB HL), pretože detský sluch je citlivejší.

Kroky zvyšovania hlasitosti: Zvyčajne sa používa krok 5 dB, napr. 0, 5, 10, 15 dB HL atď., aby bolo možné presne určiť prah.

Kalibrácia:

Zvukový výstup (slúchadlá, reproduktory) musí byť kalibrovaný pomocou umelého ucha a zvukomeru podľa normy IEC 60318-1. Pre slúchadlá sa odporúča použitie supra-aurálnych slúchadiel, ktoré sú štandardom v audiometrii.

Ak aplikácia beží na bežných zariadeniach (smartfónoch, tabletoch), je potrebné zabezpečiť softvérovú kalibráciu na základe výstupu konkrétneho zariadenia a odporučiť špecifické slúchadlá.

1.6.1. Rečová audiometria so zoznamami slov

Používa sa u detí približne od 4–5 rokov, ktoré už majú dostatočne vyvinutú reč. Dieťa počúva jednotlivé slová prezentované cez slúchadlá alebo reproduktory a jeho úlohou je slová zopakovať. Slovné zoznamy obsahujú štandardizované slová prispôbené detskému veku a slovnej zásobe. Vyhodnocuje sa percentuálna správnosť opakovaných slov pri rôznych intenzitách zvuku.

1.6.2. Test Logatomov

Používa sa na elimináciu vplyvu kontextu a naučených slov. Dieťa počuje umelo vytvorené slová (napr. „tupa“, „mako“), ktoré nemajú význam a musí ich zopakovať.

Tento test pomáha zistiť, či dieťa rozlišuje jednotlivé fonémy bez kontextu.

1.6.3. Obrázková slovná audiometria

Vhodná pre deti od 2–3 rokov, ktoré ešte nedokážu presne opakovať slová. Dieťa dostane sadu obrázkov a po vypočutí slova má ukázať na správny obrázok. Testuje sa schopnosť dieťaťa správne rozpoznať hovorené slová pri rôznych hlasitostiach.

Slová musia byť rozdelené do vyvážených zoznamov (napr. 3–5 zoznamov po 10 slov), aby sa predišlo zapamätaniu a výsledky boli opakovateľné. Každý zoznam by mal obsahovať foneticky vyvážené slová (napr. kombinácia samohlások, mäkkých/tvrdých spoluhlások).

Príklad: „dom“, „pes“, „auto“, „čas“, „ruka“, „šošovica“, „žaba“, „kôň“, „mama“, „lístok“. Poradie slov v zozname by malo byť náhodné, aby sa predišlo predvídateľnosti. Pred testom musí dieťa poznať všetky slova (rodič/sestra si ich prejde s dieťaťom).

Pre deti od 2 do 5 rokov postačuje 5–10 slov na test s jednoduchými obrázkami. Pre staršie deti (5–7 rokov) môžeme použiť 20 slov a zložitejšie fonémy.

1.6.4. Lingov test

Obsahuje šesť základných foném (m, u, a, i, š, s), ktoré pokrývajú celé frekvenčné spektrum reči. Dieťa má za úlohu opakovať alebo reagovať na počuté zvuky. Používa sa často pri testovaní detí s načúvacími prístrojmi alebo kochleárnymi implantátmi.

1.7. Klinické aplikácie rečovej audiometrie

Rečová audiometria má široké klinické využitie. Slúži na posúdenie schopnosti pacienta rozumieť reči, čo je kľúčové pri diagnostike porúch sluchu a plánovaní liečby. Výsledky pomáhajú určiť, či pacient potrebuje načúvací prístroj alebo inú formu rehabilitácie. [4]

Je dôležitá pri hodnotení sluchu u detí, kde pomáha pri identifikovaní, ako strata sluchu ovplyvňuje vývoj reči a komunikácie. Tento typ testovania je často súčasťou komplexnej diagnostiky, ktorá zahŕňa aj tónovú audiometriu, aby lekári získali úplný obraz o sluchových schopnostiach pacienta. [1]

1.7.1. Normy/štandardy pre audiometriu

ISO 8253-3:2022: Definuje presné postupy pre rečovú audiometriu, vrátane hlasitosti, frekvencie a počtu slov.

ISO 389-1: Štandard pre kalibráciu audiometrov (aplikovateľný aj na slúchadlá).

ANSI S3.1-1999: Americká norma pre maximálne povolené hladiny hluku, použiteľná aj pre deti.

ASHA Guidelines: Odporúčania pre detskú audiometriu

1.8. Rečová audiometria v hluku

Rečová audiometria patrí medzi kľúčové diagnostické nástroje pri hodnotení schopnosti človeka porozumieť reči, pričom sa čoraz viac pozornosti venuje meraniam v prostredí s rušivým hlukom. Bežné denné situácie, ako napríklad rozhovor v reštaurácii, na ulici alebo v pracovnom prostredí, sa odohrávajú v podmienkach, kde je reč často sprevádzaná hlukovým pozadím. Preto má rečová audiometria v hluku vysokú ekologickú validitu, teda lepšie odráža reálne komunikačné nároky než tiché testovacie prostredie. [8]

Existujú významné rozdiely medzi porozumením reči v tichu a v hluku, najmä u osôb so sluchovým postihnutím alebo starších jedincov. Výsledky štúdií ukázali, že reálna schopnosť rozpoznať reč sa výrazne znižuje v prítomnosti konkurenčného hovoreného slova alebo šumu. [8]

Rečová audiometria v hluku je preto cenným nástrojom na identifikáciu ťažkostí, ktoré by inak zostali nepovšimnuté pri klasických testoch v tichom prostredí. Tento typ vyšetrenia umožňuje odhaliť tzv. „skryté sluchové straty“. To sú stavy, pri ktorých má jedinec normálny sluchový prah, ale napriek tomu má ťažkosti s porozumením reči v náročných akustických podmienkach. [8]

V klinickej praxi sa rečová audiometria v hluku využíva aj na hodnotenie efektivity sluchových pomôcok, ako sú načúvacie prístroje alebo kochleárne implantáty. Pomocou týchto testov možno napríklad porovnať rôzne nastavenia pomôcok a vybrať optimálnu stratégiu pre konkrétneho pacienta. [8]

Vzhľadom na rastúci význam porozumenia reči v každodenných podmienkach sa očakáva, že rečová audiometria v hluku bude v budúcnosti zohrávať čoraz významnejšiu úlohu nielen v diagnostike, ale aj pri rehabilitácii sluchu. [8]

1.9. Pokroky a inovácie v rečovej audiometrii

Pokroky v oblasti audiometrie zahŕňajú vývoj automatizovaných systémov na testovanie sluchu, ktoré využívajú technológie ako mobilné aplikácie a telemedicínu. Tieto inovácie umožňujú vykonávanie audiometrických testov, vrátane rečovej audiometrie, mimo tradičných klinických prostredí, čo zvyšuje dostupnosť diagnostiky. [2]

Automatizované systémy môžu simulovať rečové testy a analyzovať odpovede pacienta s vysokou presnosťou, čím uľahčujú diagnostiku straty sluchu. Tieto technológie sú obzvlášť užitočné v odľahlých oblastiach alebo pre pacientov s obmedzenou mobilitou.

1.10. Výzvy a obmedzenia v rečovej audiometrii

Existujú obmedzenia v rečovej audiometrii, ktoré môžu skresľovať výsledky a zároveň ovplyvniť interpretáciu výsledkov. Medzi ktoré patria:

- Rečová audiometria **nie je izolované meranie sluchu**, ale komplexný proces
- Výsledky treba **interpretovať opatrne a v kontexte pacienta**
- Testy v tichu **neodrážajú reálne komunikačné situácie**
- Existuje potreba **štandardizácie a kombinácie viacerých hodnotiacich metód**

Oblasť/faktor	Výzva/obmedzenie	Dôsledok pre meranie
Jazyková a materiálová variabilita	Používajú sa rôzne slovné zoznamy, vety a testové materiály v závislosti od jazyka a regiónu	Výsledky nie sú vždy porovnateľné medzi klinikami alebo krajinami
Vek pacienta (najmä detí)	Deti majú obmedzenú pozornosť, slovnú zásobu a spoluprácu počas testovania	Znížená spoľahlivosť výsledkov, vyššia variabilita meraní
Kognitívne faktory	Výsledky ovplyvňuje pamäť, pozornosť, jazykové schopnosti a porozumenie inštrukciám	Skóre nemusí odrážať samotnú sluchovú schopnosť
Prostredie testovania	Šum v miestnosti, akustické podmienky a kalibrácia zariadení	Skreslenie výsledkov, najmä pri testoch v hluku
Testovanie reči v hluku	Tradičné testy často prebiehajú v tichu, čo	Nedostatočné zachytenie problémov v každodennej komunikácii

	nezodpovedá reálnym situáciám	
Interpretácia skóre	Dobré skóre rozpoznávania slov nemusí znamenať dobrú komunikáciu v praxi	Riziko nesprávnych klinických záverov
Tele-audiometria	Kvalita zvuku, oneskorenie, kompresia signálu a nekontrolované prostredie	Znížená presnosť v porovnaní s klinickým meraním

Tab. 1 Výzvy a obmedzenia rečovej audiometrie a ich dôsledok na meranie [11],[12],[13],[14]

Táto tabuľka sumarizuje hlavné výzvy a obmedzenia rečovej audiometrie, ktoré boli identifikované v odborných vedeckých a klinických zdrojoch. Z tabuľky je zrejmé, že výsledky rečovej audiometrie nie sú ovplyvnené výlučne sluchovou schopnosťou pacienta, ale aj viacerými externými a internými faktormi.

Významnú úlohu zohráva jazyková a materiálová variabilita testov, keďže rozdielne testové materiály môžu viesť k neporovnateľným výsledkom medzi jednotlivými pracoviskami. Tento problém je obzvlášť výrazný v pediatrickej populácii, kde spolupráca dieťaťa, jeho vek a jazykový vývin výrazne ovplyvňujú spoľahlivosť meraní. [11]

Ďalším dôležitým faktorom sú kognitívne schopnosti pacienta, ako sú pozornosť a pamäť. Z tabuľky vyplýva, že nízke skóre v rečovej audiometrii nemusí vždy znamenať zhoršený sluch, ale môže byť dôsledkom zníženej koncentrácie alebo nepochopenia úloh. To komplikuje interpretáciu výsledkov v klinickej praxi. [12],[14]

Tabuľka tiež poukazuje na rozdiel medzi laboratórnymi podmienkami a reálnym životom. Tradičné testy v tichu často nezachytávajú ťažkosti pacienta pri porozumení reči v hluku, ktoré sú bežné v každodennej komunikácii. Tento rozpor môže viesť k podhodnoteniu skutočných komunikačných problémov pacienta. [12]

V neposlednom rade tabuľka zdôrazňuje technologické obmedzenia, najmä pri tele-audiometrii. Aj keď ide o perspektívny smer, súčasné technické limity zatiaľ bránia jej plnohodnotnému využitiu ako náhrady klinického merania. [13]

2. Návrh aplikácie pre rečovú audiometriu

2.1. MAICO MA 33 Audiometer

Skrínigové audiometre sú určené na určenie úrovni prahov sluchu. Zariadenie je určené pre všetkých pacientov starších ako 2 roky, ktorí sú schopní racionálne reagovať na testovací signál. Tento audiometer som používal na lepšie pochopenie princípu ako funguje bežná audiometria.

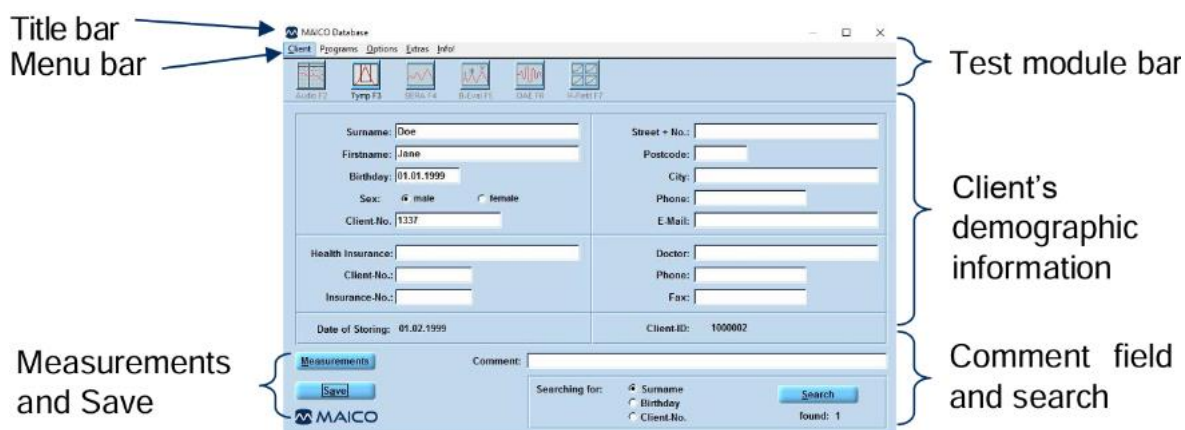
Benefity tohto audiometra:

- Audiometer ovládaný počítačom pre vzdušné vedenie
- Kostné vedenie
- Pulzný a kolísavý tón
- Maskovanie
- Individuálne konfigurácie testov
- Kompatibilita s databázou MAICO, Noah 4, EssiConnect
- Napájanie cez USB
- Ovládanie klávesnicou a/alebo myšou

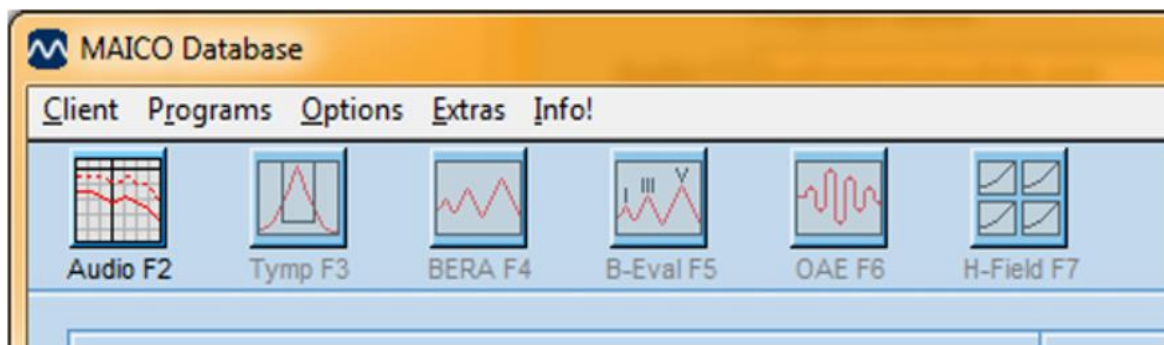
Základné typy testov:

- Test tónovej audiometrie (manuálny test)
- Modul Hughson-Westlake test (automatický test)
- SISI test

Po zostrojení zvukotesnej kabínky a zapojení všetkých súčastí je potrebné nainštalovať softvér na počítač/notebook. Po nainštalovaní softvéru zapneme aplikáciu dvojklikom na MAICO Database. Otvorí sa nám okno, v ktorom je možné pridať do databázy nových pacientov, vyhľadávať pacientov v databáze podľa rôznych kritérií ako je napríklad dátum narodenia alebo číslo pacienta. Okrem toho si po zvolení pacienta môžeme pozrieť uložené výsledky predošlých testov. Po zvolení pacienta, ktorého ideme testovať, klikneme na jeden z test modulov v hornej časti. Toto okno môžeme vidieť na nasledujúcom obrázku.

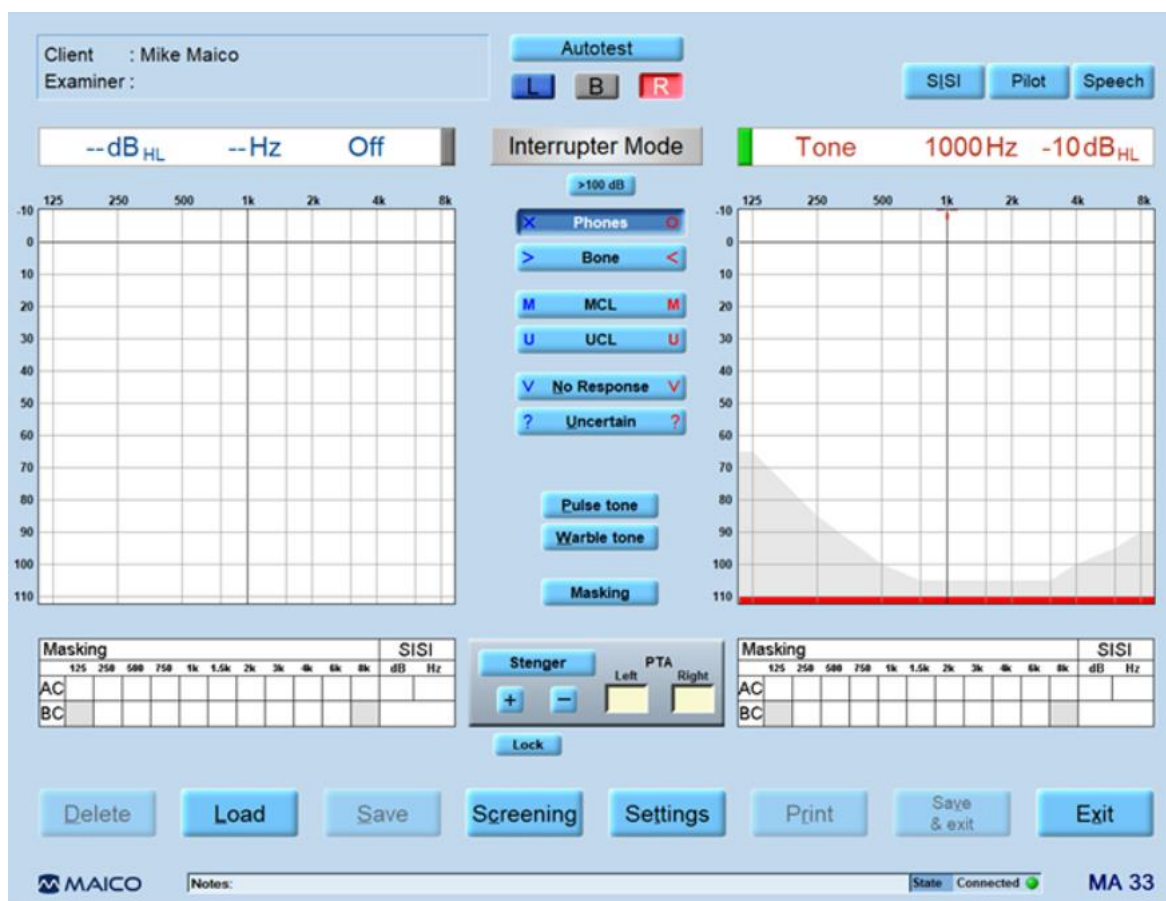


Obr. 7 MAICO Database okno



Obr. 8 Panel testovacích modulov

Po vybraní pacienta a zvolení test modulu sa zobrazí úvodná obrazovka programu (obr. č. 9). MA 33 sa jednoducho ovláda myšou jednoduchým kliknutím na požadované tlačidlo alebo vstupné pole na obrazovke. V manuály pre obsluhu audiometra môžeme nájsť zoznam rôznych kombinácií klávesov, ktoré umožňujú rýchlu obsluhu. Niektoré skratky sú dostupné iba pre nemčinu a angličtinu.



Obr. 9 Úvodná obrazovka softvéru

2.1.1. Test tónovej audiometrie

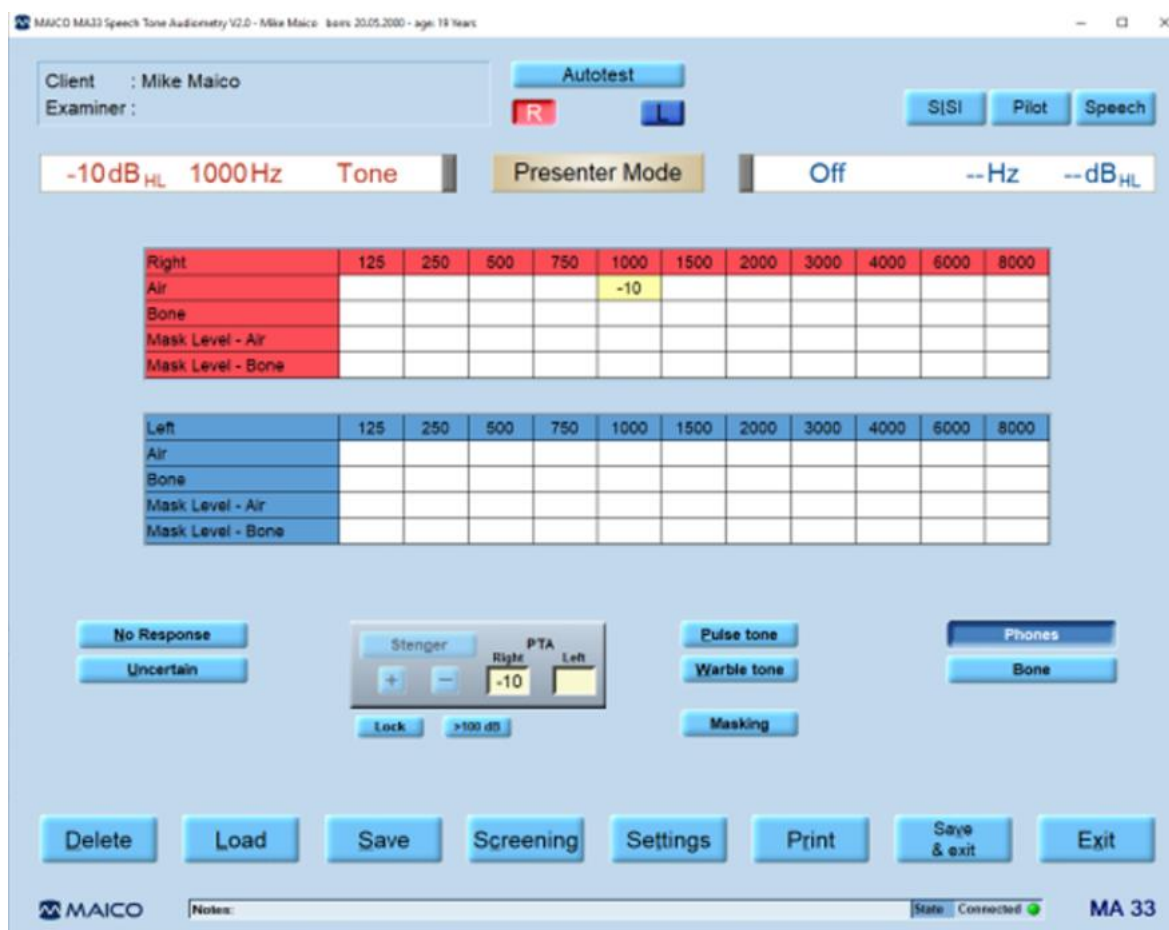
Na predošlom obrázku (obr. č. 9) môžeme vidieť typický test pre tónovú audiometriu. Test môžeme ovládať myšou a klávesnicou. Pomocou myši si môžeme zvoliť či chceme testovať vzdušné vedenie alebo kostné vedenie. Taktiež si volíme ktoré ucho chceme testovať pomocou tlačidiel L, B, R (ľavé,

obe, pravé) v hornej časti obrazovky. Kliknutím na bod v audiograme alebo pomocou klávesu so šípkami na klávesnici si nastavíme požadovanú frekvenciu ($\leftarrow \rightarrow$) a intenzitu ($\uparrow \downarrow$). Okrem toho môžeme zapnúť aj funkciu maskovania a intenzitu maskovania pre ucho, ktoré sa momentálne netestuje, aby nedošlo k prepočítaniu. Ďalšou možnosťou je typ testovacieho tónu. Môže byť stály nemeniaci alebo striedavý.

Pravidlá ktoré by sa mali dodržiavať pri tomto teste sú:

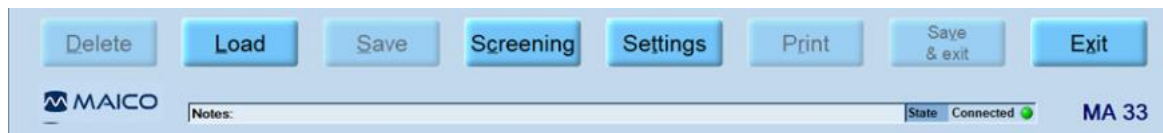
- Pacient by nemal vidieť na obrazovku zariadenia, ktoré ovláda test
- Odstránenie všetkého čo by mohlo prekážať medzi uchom a slúchadlom (vlasy, okuliare,...)
- Zabezpečiť správne nasadenie slúchadiel (červená - pravé ucho, modrá - ľavé ucho)
- Vysvetliť pacientovi, že má stlačiť signalizačné tlačidlo, keď počuje zvuk.

V nastaveniach je možné prepnúť vzhľad testu z audiogramu (základné nastavenie) na tabuľkový vzhľad. Ten môžeme vidieť na nasledujúcom obrázku.



Obr. 10 Tabuľkový vzhľad

V spodnej časti si ešte môžeme všimnúť panel s funkciami pre uloženie testu, zmazanie testu, načítanie uloženého testu, nastavenia, možnosť tlače a zatvorenie okna aplikácie. Okrem toho si môžeme všimnúť v spodnej časti miesto na písanie poznámok a status audiometra "Connected", čo nám značí že audiometer je pripojený k počítaču.



Obr. 11 Funkcie a nastavenia softvéru

Základné nastavenia začínajú meraním vzdušného vedenia pravého ucha (červený audiogram) pri frekvenciách 1 kHz a intenzite -10 dB. Na modrom audiograme si môžeme všimnúť že je vypnuté prehrávanie zvuku (Off). Po nastavení všetkých požadovaných parametrov a vysvetlení pacientovi, ako test bude prebiehať a čo má robiť, môžeme spustiť test pomocou klávesu space. Po prehraní zvuku ak ho pacient počuje stačí signalizačné tlačidlo a mi pomocou klávesu enter zaznačíme hodnotu do audiogramu.

V prípade, že pacient zvuk nepočul zvýšime intenzitu a chvíľu počkáme na reakciu (stlačenie signalizačného tlačidla). Ak pacient reaguje zaznačíme hodnotu do audiogramu pomocou klávesu enter a ešte raz skúsime znížiť intenzitu.

V opačnom prípade ak pacient zvuk počul hneď od začiatku, tak hodnotu zaznačíme do audiogramu a intenzitu postupne znižujeme až na takú, pri ktorej nedostaneme reakciu.

Keď nájdeme najnižšiu intenzitu, na ktorú pacient zareagoval pri danej frekvencii, tak zmeníme frekvenciu a znova hľadáme najnižšiu intenzitu, na ktorú pacient zareaguje. Po prejdení všetkých frekvencií test pokračuje druhým uchom. Po ukončení testu môžeme výsledok uložiť a zavrieť okno.

2.1.2. Modul Hughson-Westlake test

Ďalšou formou vyhľadávania prahových hodnôt je použitie automatického testovacieho postupu Hughson-Westlake, známeho aj ako metóda „10 dole, 5 hore“. Na otvorenie okna pre automatický test, musíme kliknúť na tlačidlo "Autotest" v hornej časti. Po kliknutí na toto tlačidlo sa nám zobrazí okno pre automatický test (obr. č. 12).

Pred začatím testu je užitočné vysvetliť pacientovi nasledujúce pokyny týkajúce sa testu sluchu:

- Pacient bude počuť sériu jemných „pípnutí“ a mal by veľmi pozorne počúvať
- Pacient by mal stlačiť a uvoľniť tlačidlo odpovede hneď, ako začuje zvuk, aj keď je veľmi tichý.

Pri tomto teste je funkcia opakovania testu (Repeat test on) s viacerými možnosťami:

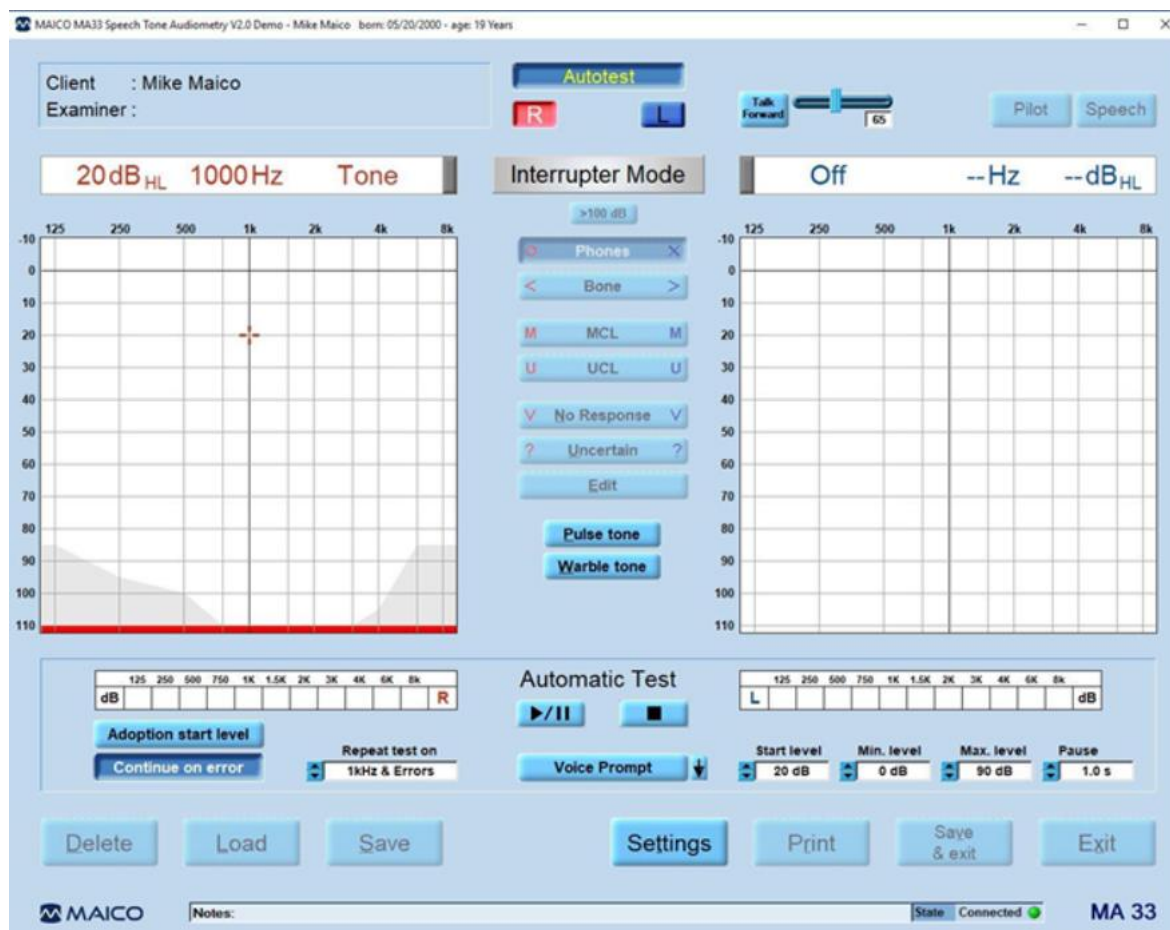
- Vypnuté: Všetky frekvencie budú testované iba raz pre každé ucho bez ohľadu na chyby.
- Opakuje sa iba frekvencia 1 kHz: 1000 Hz, aby sa zabezpečila platnosť odpovedí pacienta.
- Opakovanie pri všetkých chybách: Na konci testu budú znova testované frekvencie, ktoré majú zaznamenané chyby namiesto prahovej hodnoty.
- 1 kHz a chyby: Znovu bude testovaná frekvencia 1000 Hz, ako aj všetky frekvencie obsahujúce zaznamenané chyby.

Testovanie sa začne v pravom uchu pri frekvencii 1000 Hz. Červený pruh audiogramu pravého ucha sa zvýrazní a kurzor bude označovať úroveň a frekvenciu, kde sa test začne.

Stlačte tlačidlo Štart/Pauza , aby ste spustili automatický Hughson-Westlakeov test. Ak je aktivovaná hlasová výzva, testovaná osoba bude počuť v slúchadlách úvodnú sadu pokynov. Po týchto pokynoch sa test okamžite spustí zaznením prvého tónu. Pre sadu úvodných pokynov je možné vybrať z niekoľkých jazykov. Bohužiaľ slovenčina nie je medzi nimi.

Ak testovaná osoba nereaguje stlačením ručného tlačidla, intenzita tónu sa zvýši o 5 dB. Toto bude pokračovať, kým testovaná osoba na tón nezareaguje. Keď testovaná osoba stlačí ručné tlačidlo v reakcii na tón, úroveň sa zníži o 10 dB a potom sa bude zvyšovať v krokoch po 5 dB, kým pacient opäť nezareaguje. Tento vzorec zvyšovania sa o 5 dB a znižovania sa o 10 dB bude pokračovať, kým pacient nedosiahne dve z troch odpovedí na určitej úrovni.

Po stanovení tohto prahu sa zobrazí v príslušnom audiograme a uloží sa ako číselná hodnota do tabuľky pre príslušné ucho. Test bude pokračovať, kým nebudú otestované všetky frekvencie pre pravé aj ľavé ucho.



Obr. 12 Okno automatického testu

2.1.3. SISI test

SISI test sa riadi princípom, že pacienti s kochleárnym poškodením sú precitlivejší na malé prírastky intenzity. Nepretržitý testovací tón sa zvyšuje o 1 dB po dobu 0,2 sekundy každých 4,8 sekundy. Vždy, keď pacient počuje prírastok, musí stlačiť tlačidlo odpovede pacienta. Na displeji sa zobrazia informácie o teste SISI a skóre testu. Test sa automaticky ukončí po 20 zobrazených prírastkoch. Skóre je vyjadrené ako percento pomeru počutých prírastkov k vydaným prírastkom (všetky počuté prírastky = 100 %, žiadne počuté prírastky = 0 %). Vysoké skóre indikuje kochleárne poškodenie. Nízke skóre súvisí s normálnym sluchom alebo vodivou alebo retrokochleárnou patológiou. Na prepnutie do okna SISI testu je potrebné stlačiť tlačidlo SISI .

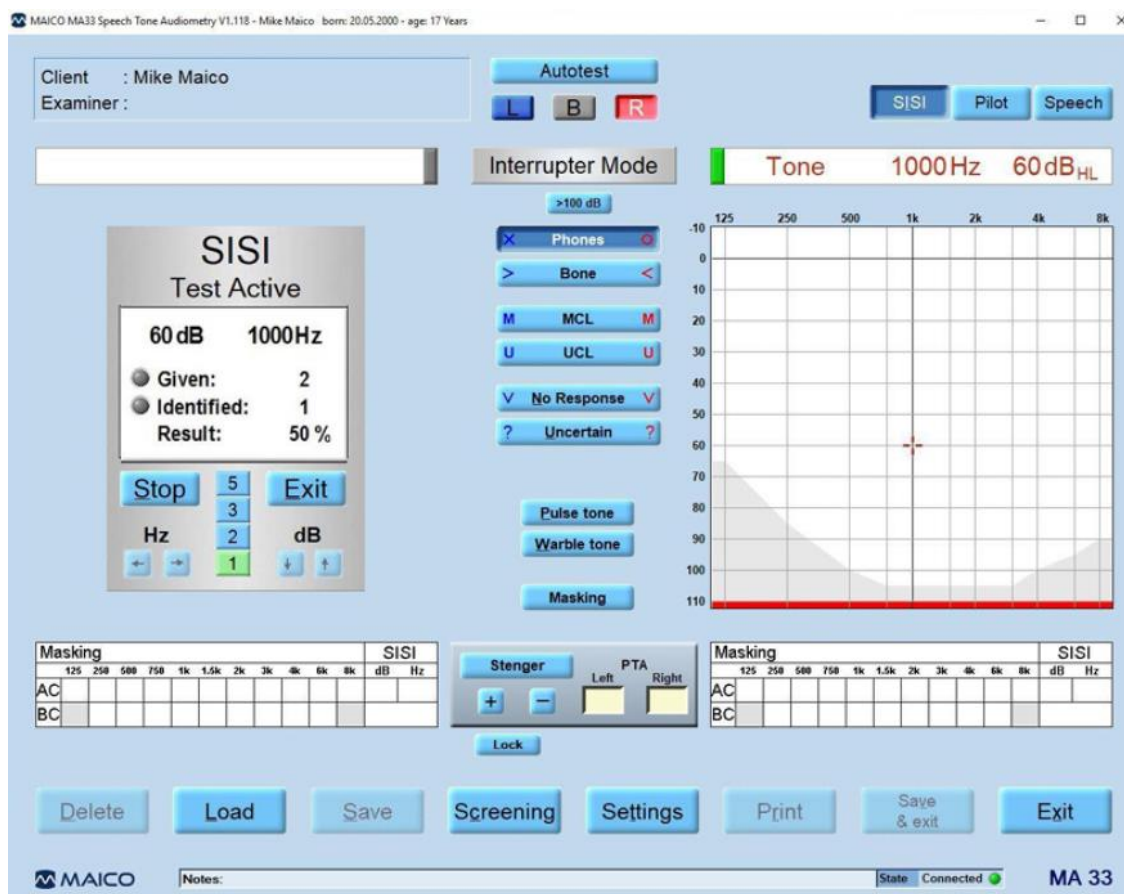
Príprava na SISI test:

- Kliknutím na tlačidlo R alebo L vyberieme ucho na testovanie.
- Pomocou klávesu so šípkami ← → vyberieme testovaciu frekvenciu.
- Pre test by sme mali vybrať frekvenciu, pri ktorej bola nameraná maximálna strata sluchu kostným vedením.
- Pomocou klávesu so šípkami ↑ ↓ vyberieme úroveň intenzity.

- Úroveň by mala byť nastavená na hodnotu 20 dB nad individuálnym prahom sluchu. Musí dosiahnuť aspoň 60 dB HL.
- V režime SISI je tón pre test prezentovaný nepretržite. Test môžeme prerušiť stlačením S alebo kliknutím na Stop. Stlačením S alebo kliknutím na Start test obnovíme.
- Pacient musí byť poučený, že bude počuť nepretržitý tón a vždy, keď sa zosilní, okamžite stlačí prepínač.

Príprava pacienta pred testom:

- Na tréningové účely sa intenzita zvyšuje o 5 dB každých 5 sekúnd. Napríklad 60 dB HL na 65 dB HL.
- Prezentácia prírastku je identifikovaná, keď sa sivá bodka na obrazovke rozsvieti a zmení sa na žltú.
- Bodka označuje časový rámec, v ktorom môže pacient reagovať na prírastok (približne 1,5 sekundy). Akákoľvek odpoveď, ktorá spadá mimo tento časový rámec, nebude zaregistrovaná, aby sa vylúčili falošné reakcie.
- Keď pacient stlačí tlačidlo odpovede pacienta a tým identifikuje, že zaregistroval tón, bodka sa rozsvieti a zmení farbu na zelenú.
- Počet identifikovaných prírastkov sa spočíta a zobrazí na displeji. Okrem toho sa zobrazí aj počet prezentovaných prírastkov.
- Keď pacient pochopí postup testu, znížime úroveň, aby prírastky boli 3 dB, a následne na 2 dB pre ďalšie školenie a oboznámenie sa.



Obr. 13 Okno SISI testu

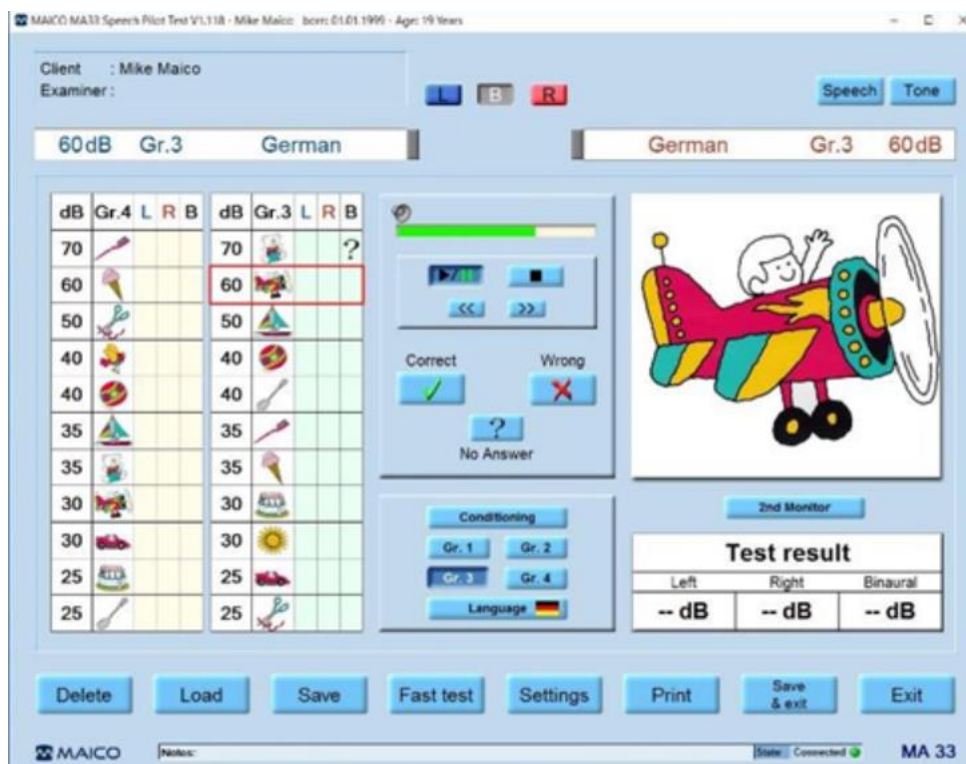
2.1.4. Pilot test

Tento test je najbližší obrázkovej rečovej audiometrií a zo všetkých testov tohto audiometra mi pomohol najviac. Pomohol mi pochopiť:

- ako správne definovať intenzitu nahrávok,
- v akých krokoch sa má meniť intenzita nahrávok,
- aké je vhodné množstvo položiek na jeden test,
- ako má celý test prebiehať

Je to test ktorý hrovou formou rieši problém straty pozornosti detí počas audiometrického vyšetrenia. Hra spočíva v tom, že dieťaťu vysvetlíme, že bude komunikovať s pilotom cez slúchadlá tak ako majú aj piloti. Pilota musí pozorne počúvať lebo pilot sa vzdávať a bude ho počuť slabšie a slabšie. Úlohou dieťaťa je pomôcť pilotovi tak, že bude ukazovať na obrázky podľa toho čo pilot hovorí.

Samotný test sa skladá z 11 kôl od 70 do 25 dB pre jedno ucho. Tento test sa potom opakuje aj pre druhé ucho a voliteľne aj pre obe uši zároveň. Pred samotným testovaním si musí rodič alebo iná osoba prejsť všetky obrázky s dieťaťom, pretože si musíme byť istý, že dieťa pozná všetky slová a obrázky pred jeho testovaním.



Obr. 14 Okno Pilot testu

2.1.5. Testovanie nahrávok vo zvukotesnej kabínke audiometra

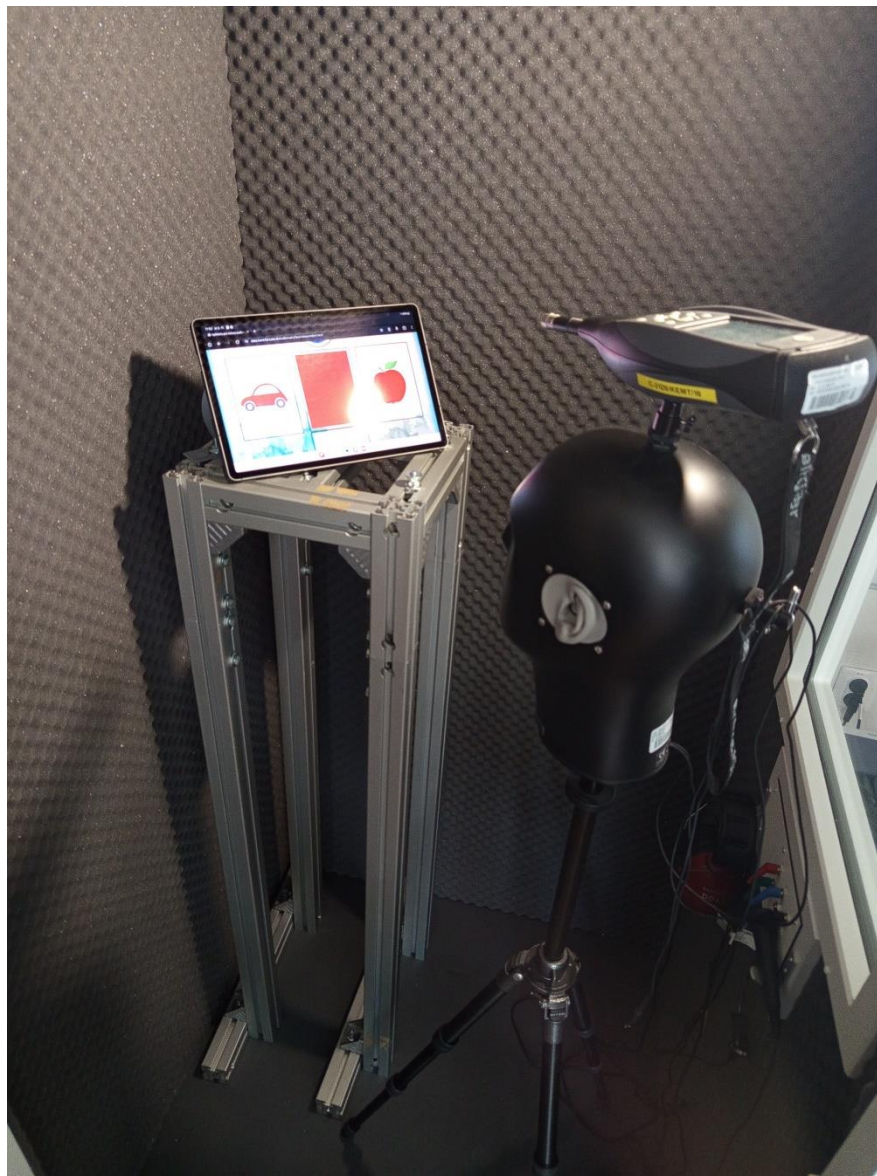
Pre moju aplikáciu boli veľmi dôležité zvukové nahrávky, ktoré budú použité v aplikácii a preto som sa rozhodol vykonať meranie hlasitosti nahrávok v zvukotesnej kabínke. Táto zvukotesná kabínka je súčasťou MAICO MA 33 Audiometra a nachádza sa v kancelárii vedúceho práce v budove školy BN32 v miestnosti 509. Cieľom bolo vytvoriť upravené verzie nahrávok v rôznych hlasitostiach a odmerať ich hlasitosti. Po odmeraní hlasitosti porovnať či odmeraná hlasitosť zodpovedá zmenám vykonaným pomocou softvéru.



Obr. 15 Pohľad na zvukotesnú kabínku z vonku

Na samotnú úpravu hlasitosti nahrávok som použil softvér audacity a po úprave hlasitosti som ešte zacyklil nahrávky aby sa v nahrávke slovo opakovalo aspoň 10s. Bez zacyklenia nahrávok by nebolo možné nejak presnejšie odmerať nahrávku ktorej dĺžka je približne jedna sekunda.

Pri testovaní sme vytvorili setup vo zvukotesnej kabínke, kde sme položili tablet, ktorý bude prehrávať nahrávky na podstavu a do opačného rohu sme postavili audiometrickú hlavu, na ktorú sme umiestnili zvukomer.



Obr. 16 Setup na meranie hlasitosti nahrávok vo zvukotesnej kabínke



Obr. 17 Pohľad do vnútra kabínky



Obr. 18 Meranie vo zvukotesnej skrinke

Po vykonaní tohto merania sme zistili, že nie sme schopný presne nastaviť hladiny dB pre nahrávky. Taktiež je fakt, že hlasitosť nahrávok závisí od zariadenia a nastavenia hlasitosti, na ktorom bude nahrávka prehraná a preto nevieme zabezpečiť presné úrovne dB nahrávok pre aplikáciu. Z tohto dôvodu sme sa rozhodli vytvoriť skrínigovú aplikáciu pre obrázkovú rečovú audiometriu. Táto aplikácia bude používať iba relatívne úrovne 10 -> 1 a úpravu hlasitosti nahrávok bude vykonávať JavaScriptová funkcia digitálne priamo v aplikácii.

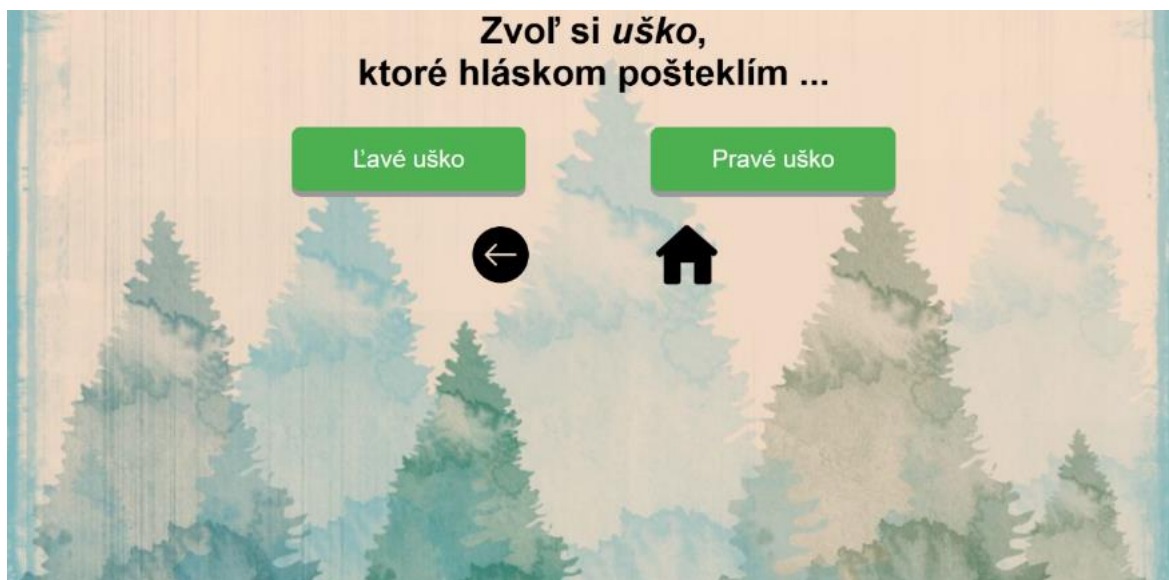
2.2. Aplikácia RobotTomaš

RobotTomas je audiometrická aplikácia, ktorú mi poskytol školiťel'. Táto aplikácia bola dobrým základom pre vývoj lepšej audiometrickej aplikácie na ktorej pracujem. Aplikácia bola vytvorená len pomocou HTML, CSS a JS. Po spustení aplikácie sa dostaneme na úvodnú stránku na ktorej sú vypísané základné informácie o aplikácii. Kliknutím na GIF robota sa presunieme na výber medzi

reproduktorom a slúchadlami. Kliknutím na šípku ďalej sa presunieme na stránku, kde sú pokyny k vykonaniu testu. Kliknutím na šípku ďalej sa presunieme na stránku s príbehom robota Tomáša. A takto sa dostaneme až k samotnej hre. Podobne to je aj pri výbere slúchadiel. Po kliknutí na slúchadla sa presunieme na výber medzi ľavým a pravým uchom. To môžeme vidieť na nasledujúcich obrázkoch (obr. č. 19 a 20).



Obr. 19 Výber: Reprodukter vs Slúchadla



Obr. 20 Výber: ľavé vs pravé ucho

Po tomto zvolení testovacieho režimu sa presunieme na stránku s úvodnou inštrukciou. Po kliknutí na GIF robota sa presunieme na samotnú hru/test. Po každých 5 kolách sa nám zobrazí stránka, ktorá podľa mňa nemá veľké využitie lebo slúži iba na to aby sme si sami upravili hlasitosť zariadenia a tým pádom vykonali test aj na inej hlasitosti. Ale takéto manuálne zmeny v hlasitosti zariadenia

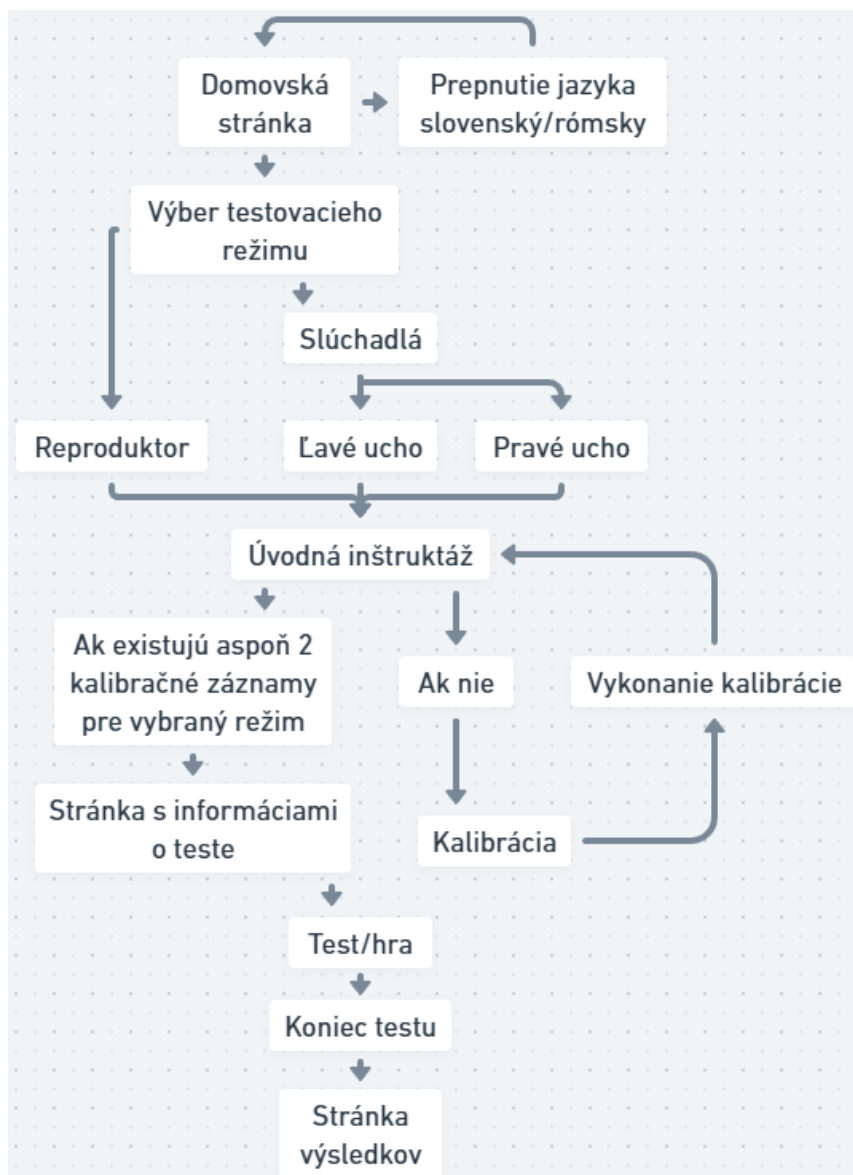
nie sú veľmi praktické a ani presné. Potom pokračuje ďalších 5 kôl až kým neprejdeme cez 25 kôl. Potom sa dostaneme na stránku s výsledkami, kde sú vypísané priebežné pomery správnych a nesprávnych výsledkov a aj celkový pomer.

Samotné kódy a funkcie tejto aplikácie boli jednoduché, no bolo tam aj dosť nedostatkov. Za jeden z najväčších nedostatkov považujem neprehľadnosť v samotnej aplikácii, kvôli veľkému množstvu duplicitných súborov. V pôvodnej aplikácii test pozostával z 5 kôl a každé kolo malo 5 testovacích nahrávok pre každý testovací režim. Testovacie režimy sú tri a to test ľavého ucha, test pravého ucha a test cez reproduktory. Čiže výsledný počet testovacích nahrávok pre všetky testovacie režimy bol 75. Problém bol v tom že každý tento test a aj iné časti aplikácie mali samostatný HTML a JS súbor. A takýmto spôsobom bol celkový počet zdrojových súborov aplikácie 234 + 4 adresáre pre obrázky a samotné nahrávky.

Ďalším nedostatkom aplikácie bolo to, že všetky nahrávky majú rovnakú intenzitu. Zmenu hlasitosti je možné urobiť iba manuálne, čo z môjho pohľadu nie je dobré. Z čoho vyplýva že táto aplikácia testuje audiometriu iba na jednej úrovni intenzity a teda neprináša užitočné výsledky.

3. Karty roboty Tomáša

Veľmi dôležitou zmenou bolo zjednodušenie aplikácie a odstránenie duplikátov. Po tejto úprave mi zostalo oveľa menšie množstvo súborov a 4 adresáre pre obrázky a nahrávky. Vďaka tejto zmene sa mnohonásobne zjednodušila práca s aplikáciou pretože pri vykonaní zmien stačí zmeniť jeden súbor namiesto niekoľko desiatok alebo dokonca viac ako sto súborov.



Obr. 21 Bloková schéma aplikácie

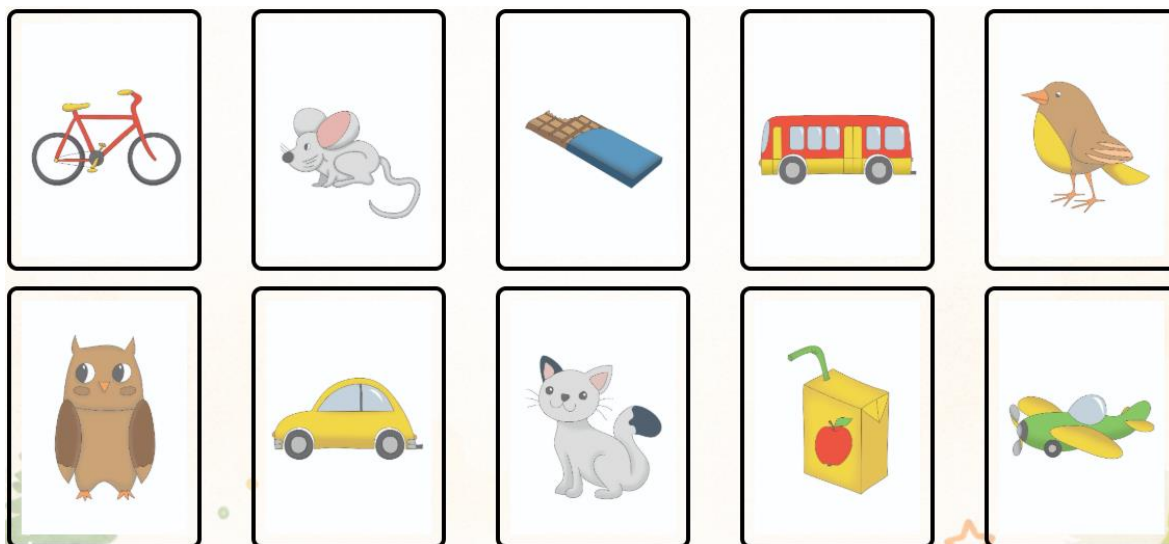
3.1. Úprava hry/testu

Ďalšou významnou zmenou bola úprava samotnej hry. V pôvodnej aplikácii malo každé z 25 kôl iné obrázky a aj ich počty. Ja som to upravil na 10 kôl kde každé kolo má vždy 10 rovnakých obrázkov. Pôvodná logika o výbere nahrávok v náhodnom poradí ostala rovnaká, no zmenil sa spôsob realizácie tohto výberu. Samotný výber obrázkov a teda aj nahrávok som vykonal, tak aby tento

zoznam použitých nahrávok pokryl celé frekvenčné spektrum slovenského jazyka. Vďaka tomu majú výsledky tejto aplikácie určitú výpovednú hodnotu.

Zoznam vybraných slov:

1. Bicykel
2. Myš
3. Čokoláda
4. Autobus
5. Vták
6. Sova
7. Auto
8. Mačka
9. Džús
10. Lietadlo



Obr. 22 Obrázky k vybraným slovám

Z dôvodu komplikácií pri odmeraní a nastavení presných hlasitostí pre nahrávky sme sa rozhodli pre zmenu cieľa aplikácie. Namiesto aplikácie, ktorá bude schopná odmerať presné prahy počutia a porozumenia reči testovaného subjektu, bude cieľom aplikácia, ktorá bude realizovať laický skrining počutia. Tento skrining bude fungovať na základe porovnania výsledku testovaného subjektu s priemernou hodnotou z kalibračných dát. Kalibračné dáta budú vytvorené a uložené do databázy osobami bez diagnostikovanej sluchovej poruchy.

Samotný test pozostáva z 10 kôl a hlasitosť jednotlivých kôl nie je presne odmeraná, ale sú vytvorené len relatívne úrovne hlasitosti. Hlasitosť nahrávok pre jednotlivé úrovne sa mení pomocou JavaScriptovej funkcie, ktorá mení digitálnu úroveň hlasitosti nahrávok. Vďaka tejto funkcii nebolo potrebné vytvárať 10 verzií každej nahrávky pre všetky úrovne hlasitosti.

Okrem toho bolo potrebné prerobiť všetky stránky tejto aplikácie jak z vizuálneho hľadiska, tak aj upraviť obsah jednotlivých stránok. Po týchto úpravách som upravil stránku s pokynmi na vykonanie testu. Samotnú stránku som rozdelil na 3 samostatné stránky:

- Úvodná inštrukcia
- Stránka kalibrácie
- Stránka s informáciami o ukončení testu

3.2. Syntéza reči (Text-to-Speech)

Do aplikácie som pridal tlačidlá s funkciou prehrania textu. Vďaka tomu si môžu používatelia nechať prehrať inštrukcie, namiesto toho aby ich museli čítať. Za najdôležitejšiu stránku pre túto funkciu považujem stránku kalibrácie, pretože sa na nej nachádza pomerne veľké množstvo inštrukcií.

Pri syntéze reči som využil aj Audacity softvér. A to preto lebo pri syntéze reči je bežným problémom, že pri dlhších textoch sa postupne znižuje hlasitosť. Z tohto dôvodu bolo potrebné dlhšie texty rozdeliť na niekoľko menších častí, a tie potom spojiť dokopy pomocou Audacity softvéru.

Tlačidlá syntézy reči som využil:

1. Na stránke úvodnej inštrukcie sa nachádza prvé tlačidlo, ktoré prehrá úvodné inštrukcie.
2. Na stránke kalibrácie sa nachádza druhé tlačidlo, ktoré prehrá inštrukcie pre kalibráciu.
3. Na stránke kalibrácie sa nachádza tretie tlačidlo, ktoré prehrá podmienky ukončenia kalibračného testu.

Samotné tlačidlá som vytvoril tak, že po kliknutí na tlačidlo sa jeden krát prehra syntéza reči. Po kliknutí sa tlačidlo zmení vizuálne z modrého s ikonou play na červené tlačidlo s ikonou stop. Opätovným kliknutím na tlačidlo počas prehrávania syntézy reči môžeme predčasne ukončiť prehrávanie. Príklad takéhoto tlačidla môžeme vidieť na nasledujúcich obrázkoch (Obr. č. 23 a 24).



Obr. 23 Tlačidlo prehratia syntézy reči pred spustením



Obr. 24 Tlačidlo prehratia syntézy reči počas prehrávania

3.3. Vizuálna úprava

Prvým vizuálnym rozdielom, ktorý si môžeme ihneď všimnúť, je zmena pozadia aplikácie. Toto nové pozadie pôsobí modernejšie oproti tomu starému.

Medzi ďalšie zmeny patria:

- Zmena fontu textu
- Úprava veľkosti textu
- Úprava veľkosti obrázkov a tlačidiel
- Úprava vzhľadu tlačidiel
- Úprava vzhľadu progres baru
- Pridanie farebného orámovania po prejdení myšou na obrázok testu/hry
- Pridanie iného farebného orámovania a dočasné zväčšenie po kliknutí na obrázok testu/hry

Okrem toho veľmi dôležitým bodom bolo zabezpečenie responzívnosti aplikácie. Bez toho by aplikácia vyzerala zle a bola by nepraktická na menších obrazovkách. Pre zabezpečenie responzívnosti som využil CSS techniku media query, ktorá mení štylizáciu obsahu webovej aplikácie podľa veľkosti okna, v ktorom je aplikácia otvorená.

Zvolené veľkosti šírky okna pre jednotlivé zariadenia:

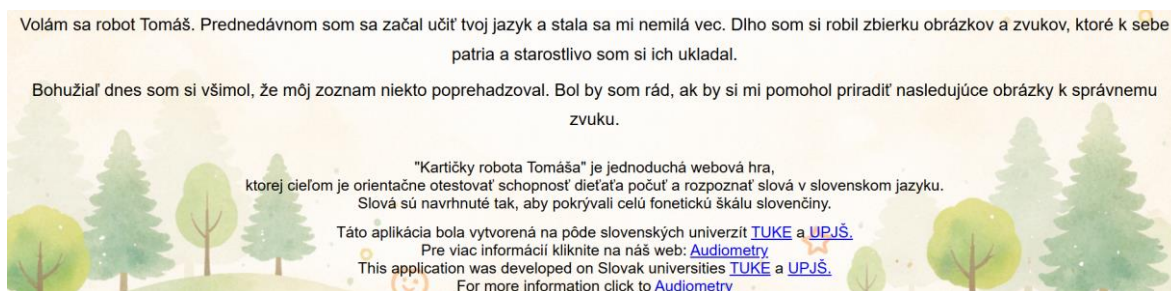
- Desktop – od 1201px
- Tablet – od 601px do 1200px
- Mobil – do 600px

3.4. Domovská stránka aplikácie

Domovská stránka obsahuje príbeh robota Tomáša, opisuje na čo slúži táto aplikácia. Okrem toho sa tam nachádza GIF robota a básnička. Kliknutím na robota sa pokračuje ďalej.



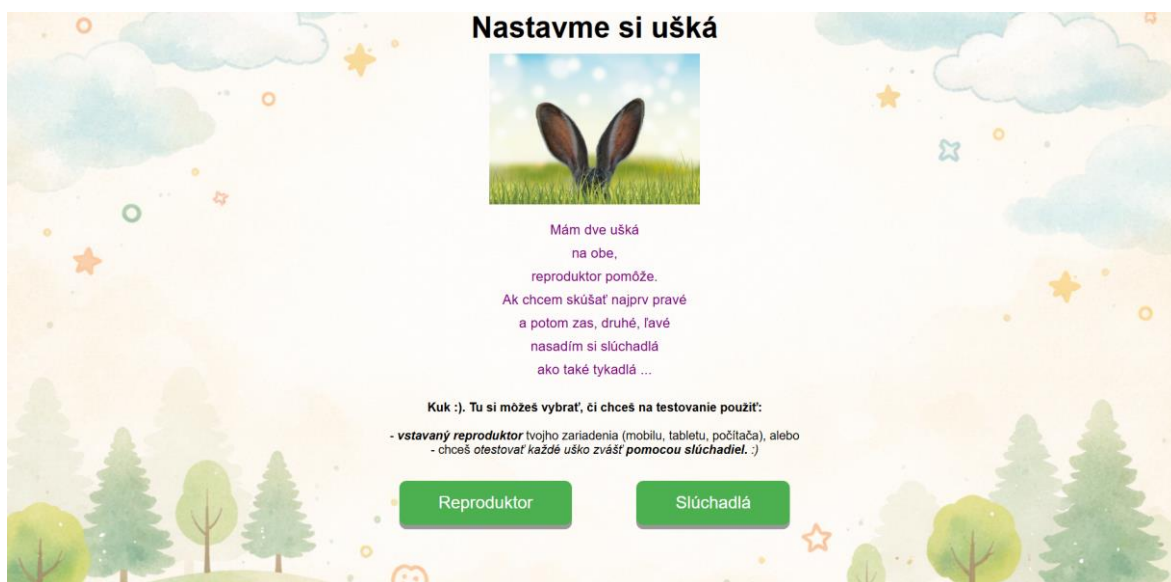
Obr. 25 Domovská stránka časť 1



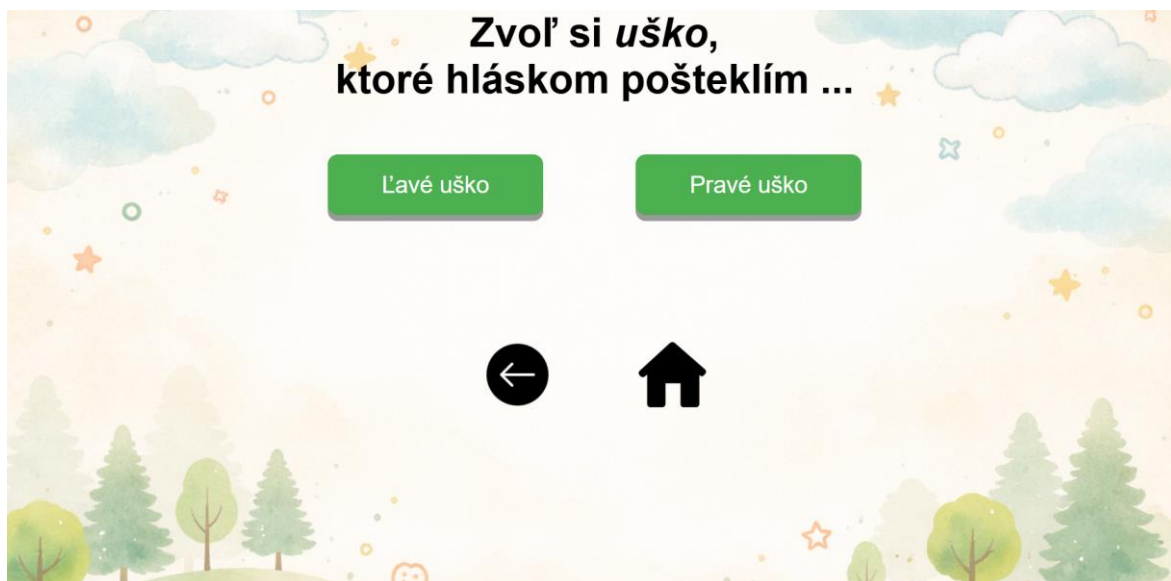
Obr. 26 Domovská stránka časť 2

3.5. Výber testovacieho režimu

Po kliknutí na GIF robota na domovskej stránke sa presunieme na výber testovacieho režimu. Tento výber pozostáva z dvoch stránok a to výber medzi reproduktorom alebo slúchadlami a pri výbere slúchadiel, výber medzi ľavým alebo pravým uchom. Na základe zvoleného testovacieho režimu sa potom bude robiť skrining pre daný režim.



Obr. 27 Vyber medzi reproduktorom a slúchadlami



Obr. 28 Výber medzi ľavým a pravým uchom

3.6. Úvodná inštrukcia

Po výbere testovacieho režimu sa presunieme na stránku úvodnej inštrukcie. Táto stránka obsahuje úvodné inštrukcie/požiadavky na vykonanie testu, tlačidlá na presun na kalibračnú stránku a na stránku spustenia hry/testu.

Úvodné inštrukcie znejú nasledovné:

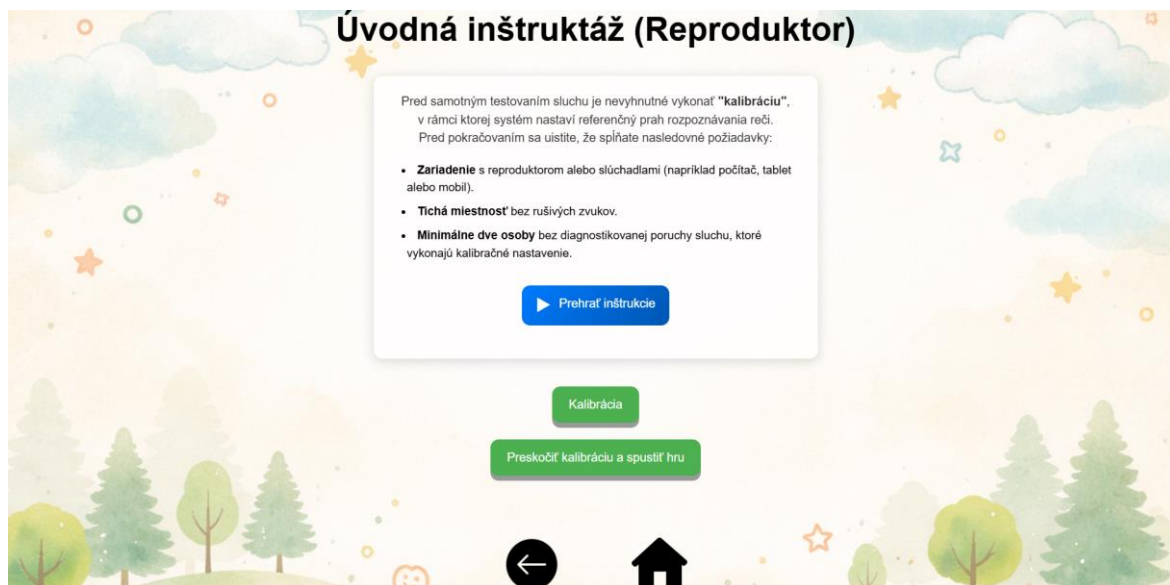
Pred samotným testovaním sluchu je nevyhnutné vykonať "kalibráciu", v rámci ktorej systém nastaví referenčný prah rozpoznávania reči.

Požiadavky sú nasledovné:

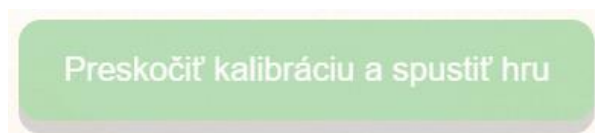
- Zariadenie s reproduktorom alebo slúchadlami (napríklad počítač, tablet alebo mobil).
- Tichá miestnosť bez rušivých zvukov.
- Minimálne dve osoby bez diagnostikovanej poruchy sluchu, ktoré vykonajú kalibračné nastavenie.

Na túto stránku som pridal funkciu, ktorá zabezpečí, že ak nie je vykonaná kalibrácia, tak tlačidlo ktoré nás presunie na stránku spúšťania hry sa zablokuje. Tlačidlo sa odblokuje/aktivuje len ak sa v databáze nachádzajú aspoň 2 kalibračné záznamy pre zvolený testovací režim. Blokovanie tlačidla je možné vidieť na základe vizuálnej zmeny tlačidla. Pri blokovaní sa zmení opacity na 0.4.

Táto stránka obsahuje aj tlačidlo "prehrať inštrukcie", ktoré jeden krát prehra úvodné inštrukcie na tejto stránke.



Obr. 29 Stránka úvodnej inštruktáže



Obr. 30 Blokovanie tlačidla ak nie je vykonaná kalibrácia

3.7. Stránka kalibrácie

Pred vykonaním testu je potrebné vykonať kalibráciu. Na kalibračnú stránku sa dostaneme zo stránky úvodnej inštruktáže kliknutím na tlačidlo "Kalibrácia". Kalibračná stránka obsahuje inštrukcie pre kalibráciu a informácie ako sa ukončí kalibračný test. Samotná kalibrácia prebieha rovnako ako samotný skriningový test len s rozdielom, že po ukončení testu máme na výber možnosť uložiť výsledky testu do databázy ako kalibračné dáta alebo ich neuložiť a vrátiť sa späť. Pri kliknutí na možnosť "Zahodiť a vrátiť sa" vyskočí výzva na potvrdenie alebo zrušenie tejto akcie. Kliknutím na "Uložiť ako kalibráciu" sa zobrazí správa o uložení tejto hodnoty do kalibrácie a vráti nás to späť na stránku úvodnej inštruktáže.

Ako databázu na ukladanie kalibračných dát som využil IndexedDB. Táto databáza umožňuje lokálne ukladanie dát v zariadení používateľa. Túto databázu som si zvolil preto lebo údaje, ktoré potrebujem ukladať do databázy sú jednoduché a v malom množstve. Okrem toho je implementácia tejto databázy jednoduchá.

Údaje v databáze majú nasledovný formát:

- Úroveň -> Dátum a čas

Okrem toho obsahuje 6 tlačidiel:

1. Prehrať inštrukcie - jeden krát prehra inštrukcie pre kalibráciu
2. Prehrať podmienky ukončenia - jeden krát prehra podmienky ukončenia testu
3. Spustiť kalibračný tón - tlačidlo ktoré spusti kalibračný tón, ktorý slúži na nastavenie hlasitosti zariadenia. Tento tón je zacyklený, takže bude hrať dokým ho používateľ nezastaví. Kalibračný tón je možné zastaviť opätovným kliknutím na toto tlačidlo. Tlačidlo sa zmení podľa aktuálnej funkcie (spustiť/zastaviť).
4. Spustiť kalibráciu - tlačidlo ktoré slúži na spustenie kalibračného testu.
5. Zobrazíť uložené kalibrácie - tlačidlo ktoré slúži na zobrazenie uložených kalibračných dát. Implementoval som funkciu, ktorá filtruje výstup zobrazených kalibrácií tak, že zobrazí iba kalibrácie pre zvolený testovací režim a zobrazí ich vo formáte: úroveň -> dátum a čas.
6. Vymazať všetky kalibrácie - tlačidlo ktoré slúži na vymazanie všetkých kalibračných dát. Po kliknutí na toto tlačidlo sa zobrazí správa "Naozaj vymazať VŠETKY kalibrácie?". Táto správa plní funkciu varovania používateľa, že sa chystá zmazať všetky kalibračné údaje a zároveň ho vyzýva o potvrdenie alebo zamietnutie jeho žiadosti.

Kalibračné inštrukcie sú nasledovné:

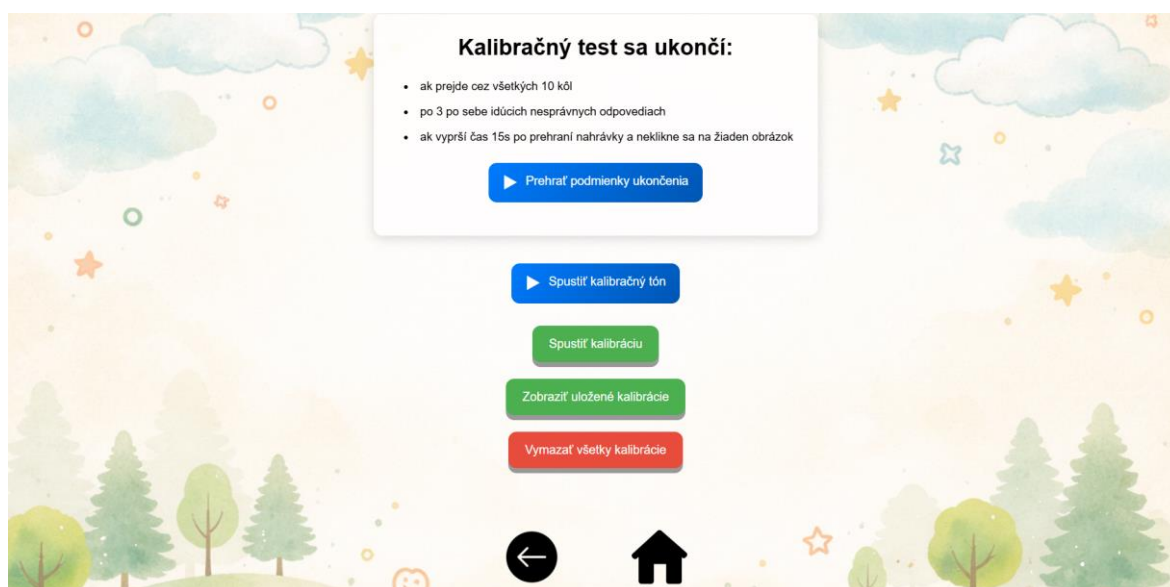
- **Kalibráciu vykonajte v tichej miestnosti**, bez rušivých zvukov. Zariadenie (napr. tablet) umiestnite tak, ako budete následne robiť meranie s testovanou osobou. Zabezpečte, aby bolo zariadenie vždy v rovnakej vzdialenosti a sklone ku kalibračnej/testovanej osobe.
- **Nastavte hlasitosť vášho zariadenia na predposlednú najvyššiu úroveň hlasitosti**, alebo na najvyššiu úroveň hlasitosti, ktorá je ešte pre kalibračnú osobu znesiteľná. Pre tento krok využite tlačidlo "Play", ktoré zabezpečí prehrávanie konštantného tónu. **Počas prehrávania tónu nastavte hlasitosť zariadenia. Počas kalibrácie a ani potom, pri testovaní počutia nemeňte nastavenú hlasitosť!**
- Realizujte kalibračné nastavenie s prvou "kalibračnou osobou". Kalibračná osoba musí byť osoba bez detegovanej poruchy sluchu, ideálne v mladom až strednom veku. Rovnako vykonajte kalibračné nastavenie s druhou "kalibračnou osobou".
- Následne môžete pristúpiť k testovaniu osôb pomocou nakalibrovaného systému (zariadenia a aplikácie).

Kalibračný test sa ukončí:

- ak prejde cez všetkých 10 kôl
- po 3 po sebe idúcich nesprávnych odpovediach
- ak vyprší čas 15 sekúnd po prehraní nahrávky a neklikne sa na žiaden obrázok



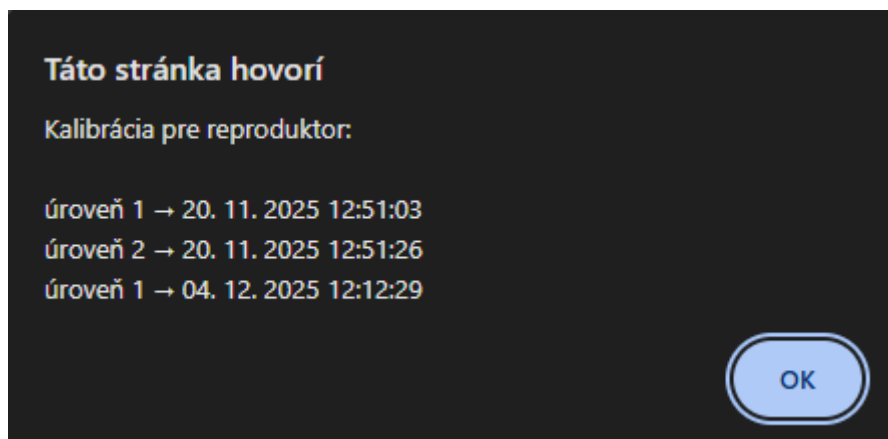
Obr. 31 Stránka kalibrácie časť 1



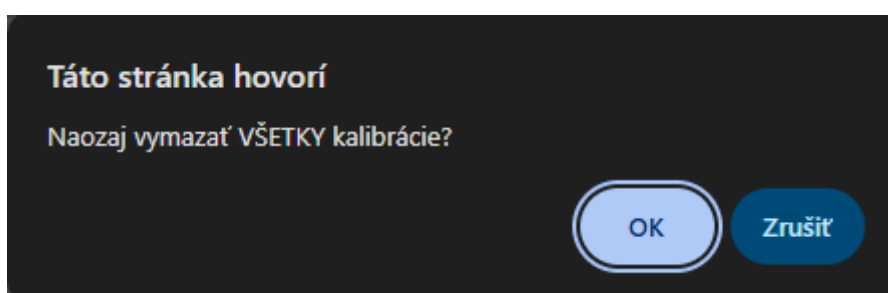
Obr. 32 Stránka kalibrácie časť 2



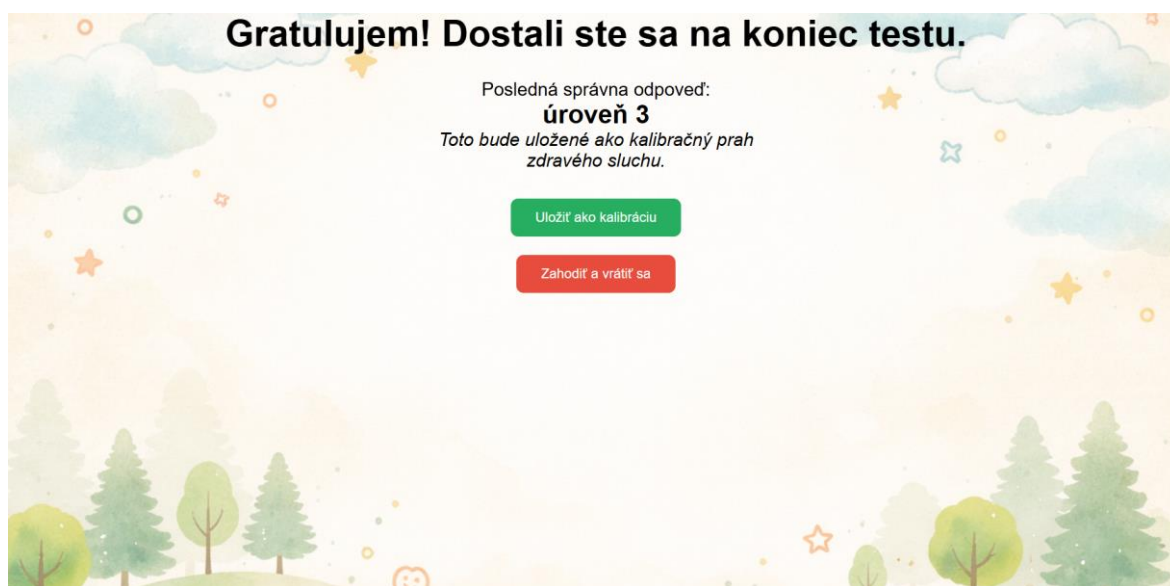
Obr. 33 Tlačidlo spustiť/zastaviť kalibračný tón



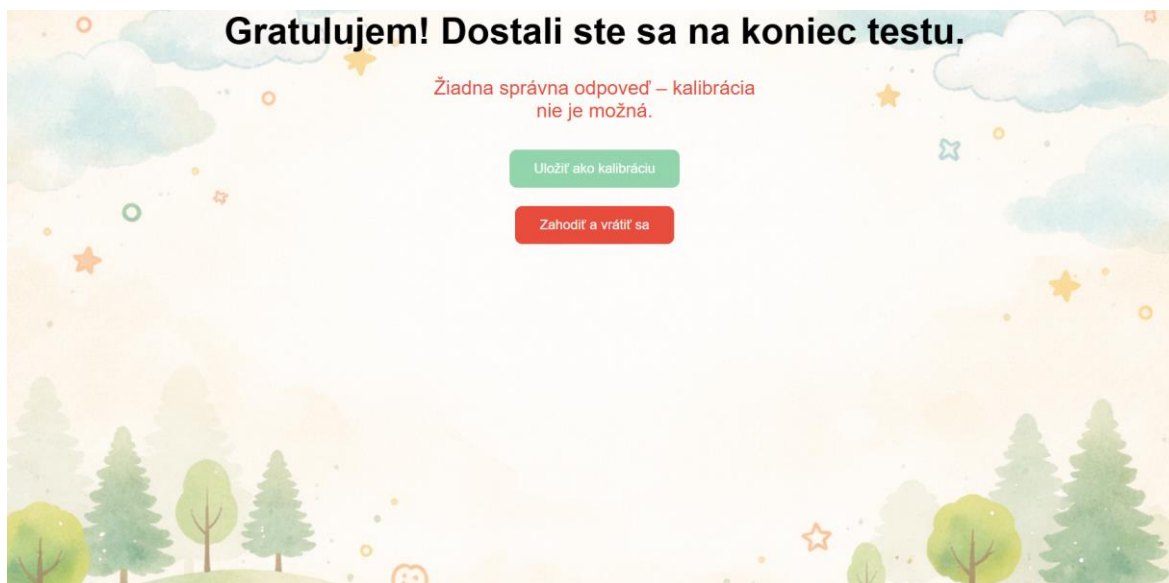
Obr. 34 Výpis kalibračných záznamov z databázy



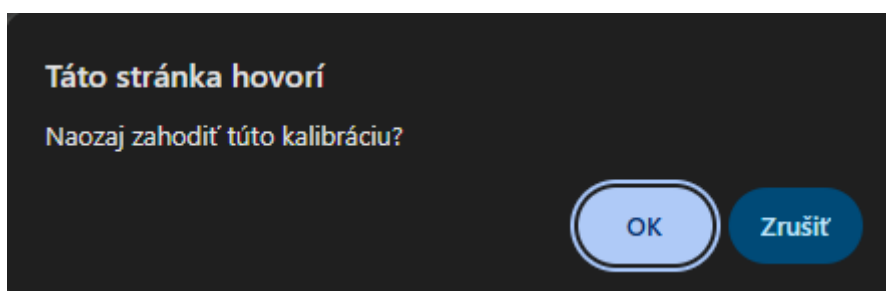
Obr. 35 Varovná správa pri mazaní obsahu databázy



Obr. 36 Stránka s výberom uloženia/zahodenia výsledku kalibračného testu



Obr. 37 Stránka s výberom uloženia/zahodenia výsledku kalibračného testu bez správnej odpovede



Obr. 38 Varovná správa pri akcií zahodenia dát po kalibračnom teste

3.8. Stránka spustenia hry/testu

Po vykonaní kalibrácie na kalibračnej stránke sa aktivuje tlačidlo, ktoré nás presunie na túto stránku. Táto stránka obsahuje informácie ako sa ukončí skríningový test a GIF robota. Kliknutím na robota sa presunieme na stránku hry/testu.

Hra/test sa ukončí:

- ak prejde cez všetkých 10 kôl
- po 3 po sebe idúcich nesprávnych odpovediach
- ak vyprší čas 15 sekúnd po prehraní nahrávky a neklikne sa na žiaden obrázok



Obr. 39 Stránka spustenia hry/testu

3.9. Stránka hry/testu

Po kliknutí na robota na predchádzajúcej stránke sa presunieme na stránku samotnej hry. Na tejto stránke sa nachádza progres bar, ktorý používateľovi indikuje aktuálne kolo a celkový počet kôl. Pod progres barom sa nachádza tlačidlo "Spustiť test" a pod týmto tlačidlom sa ešte nachádza 10 obrázkov. Cieľom hry/testu je kliknúť na správny obrázok podľa prehranej nahrávky.

Pred prehraním každej nahrávky sa náhodne čaká 1 až 3 sekundy. Nahrávky sa prehrávajú samé automaticky. Vďaka automatickému prehrávaniu a náhodnému oneskoreniu prehrávania nahrávok, testovaná osoba nevie predpovedať že bola prehraná nahrávka a bez počutia nahrávky kliknúť na obrázok. Ak by to nebolo automatizované a testovaná osoba by vždy klikla na tlačidlo, ktoré by prehrávalo nahrávky, tak by tá osoba vedela že bola prehraná nahrávka a mohla by si typnúť nejaký obrázok aj keď nič nepočula, čo by bolo zlé.

Výber poradia prehrávania nahrávok je náhodný. Každá nasledujúca nahrávka je prehraná tichšie. Inak povedané, prvá nahrávka je najhlasnejšia a posledná je najtichšia. Poslednú nahrávku by takmer nemalo byť počuť.

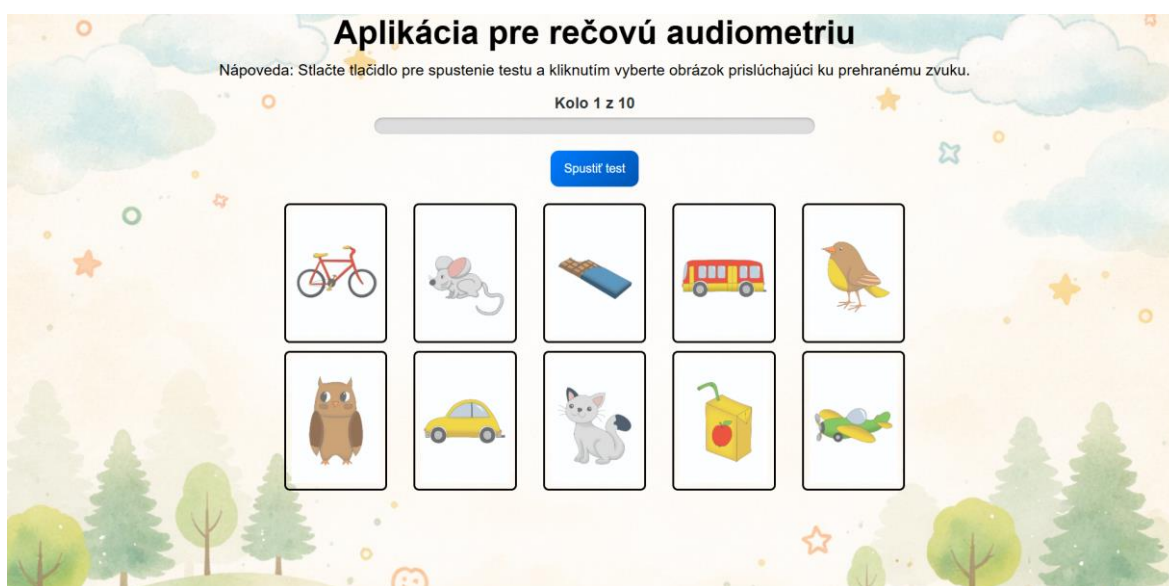
Po prejdení myšou na obrázok sa obrázok o trochu zväčší a sfarbí sa orámovanie obrázka sivou farbou. Po kliknutí na obrázok sa zmení farba orámovania obrázka na modrú a 0,75 sekundy po kliknutí obrázok ešte ostane zväčšený a potom sa zmenší na pôvodnú veľkosť. Po skončení hry/testu nás automaticky presunie na ďalšiu stránku kde je GIF robota a po kliknutí na robota alebo na šípku v spodnej časti obrazovky sa presunieme na stránku s výsledkami.

Samotný test funguje nasledovne:

1. Kliknutím na tlačidlo spustíme test. Toto tlačidlo po kliknutí zmizne.
2. Prehrá sa prvá nahrávka po náhodnom oneskorení 1-3 sekundy.
3. Po prehraní nahrávky používateľ klikne na obrázok.
4. Potom sa opakuje 2. a 3. krok až do skončenia hry/testu.
5. Test sa ukončí ak sa splní niektorá z podmienok na jeho ukončenie.

Podmienky ukončenia hry/testu:

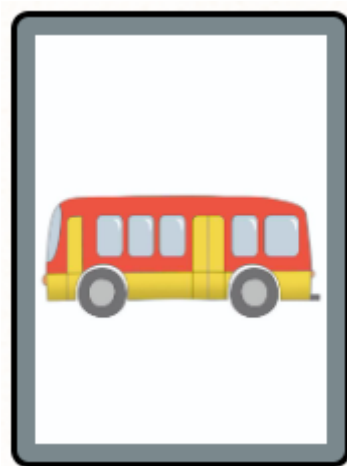
- Prejde všetkých 10 kôl
- 3 nesprávne odpovede po sebe
- 15 sekúnd po prehraní nahrávky neklikne na žiaden obrázok



Obr. 40 Stránka hry/testu



Obr. 41 Po spustení testu (už bez tlačidla)



Obr. 42 Po prejdení na obrázok myšou



Obr. 43 Po kliknutí na obrázok



Obr. 44 Po ukončení testu

3.10. Stránka vyhodnotenia hry/testu

Po ukončení hry/testu a kliknutí na robota alebo šípku sa presunieme na túto stránku. Na tejto stránke som urobil veľa zmien. Niektoré veci som odstránil a iné som zasa pridal. Upravil som aj logiku vyhodnotenia výsledkov a spôsob ich výpisu. Na začiatku som pridal upozornenie, ktoré znie nasledovne: Nasledujúce údaje sú orientačné. Ak bola vykonaná kalibrácia a test podľa inštrukcií správne, a testovací subjekt dosiahol vyšší prah porozumenia/počutia v porovnaní s kalibračnými úrovňami, môže to znamenať, že je vhodné poradiť sa so svojim lekárom a zvážiť audiologické vyšetrenie testovaného subjektu.

Vďaka týmto zmenám sa na tejto stránke zobrazí:

- Hladina porozumenia reči
- Hladina počutia reči
- Priemerný prah porozumenia reči (zvoleného testovacieho režimu) a aj počet z koľkých kalibračných záznamov bol vypočítaný priemer
- Interpretácia výsledku testu
- Celková úspešnosť v percentách
- Tabuľka správnych a vašich odpovedí + odstupy hlasitosti kôl

V tabuľke som využil farebné rozlíšenie podľa červenej a zelenej farby na rýchle a jednoduché rozlíšenie medzi správnymi a nesprávnymi odpoveďami.

Interpretácia výsledkov funguje nasledovne:

- Ak je prah porozumenia testovanej osoby vyšší o 1 až 2 ako priemerný, tak sa vypíše správa:
 - Nameraný prah porozumenia reči je **mierne vyšší** (úroveň subjektu) voči priemernému prahu (úroveň priemeru). Odporúčame zopakovať meranie. Ak bude znova nameraný prah vyšší ako priemerný, odporúčame sa poradiť s ošetrojúcim lekárom o prípadnom audiologickom vyšetrení.
- Ak je prah porozumenia testovanej osoby vyšší o 3 a viac ako priemerný, tak sa vypíše správa:
 - Nameraný prah porozumenia reči je **výrazne vyšší** (úroveň subjektu) voči priemernému prahu (úroveň priemeru). Odporúčame zopakovať meranie. Ak bude znova nameraný prah vyšší ako priemerný, odporúčame sa poradiť s ošetrojúcim lekárom o prípadnom audiologickom vyšetrení.
- Ak je prah porozumenia testovanej osoby rovný priemeru, tak sa vypíše správa:
 - Nameraný prah porozumenia reči je na rovnakej úrovni (úroveň subjektu) ako priemerný prah na základe vami zadaných kalibračných dát (úroveň priemeru). Testovaný subjekt má teda rovnaký prah porozumenia reči ako kalibračné osoby. Tento výsledok automaticky neznamená, že testovaná osoba nemá sluchové postihnutie. Ak pozorujete akékoľvek problémy so sluchom testovanej osoby, poraďte sa s ošetrojúcim lekárom.
- Ak je prah porozumenia testovanej osoby nižší ako priemer, tak sa vypíše správa:
 - Nameraný prah porozumenia reči je na nižšej (lepšej) úrovni (úroveň subjektu) ako priemerný prah na základe vami zadaných kalibračných dát (úroveň priemeru). Testovaný subjekt má teda nižší prah porozumenia reči ako kalibračné osoby a teda rozpoznáva tichšie zvuky ako kalibračné osoby. Tento výsledok automaticky nemusí znamenať, že testovaná osoba nemá sluchové postihnutie. Ak pozorujete akékoľvek problémy so sluchom testovanej osoby, poraďte sa s ošetrojúcim lekárom.

Vyhodnotenie

Upozornenie: Nasledujúce údaje sú orientačné. Ak bola vykonaná kalibrácia a test podľa inštrukcií správne, a testovací subjekt dosiahol vyšší prah porozumenia/počutia v porovnaní s kalibračnými úrovňami, môže to znamenať, že je vhodné poradiť sa so svojim lekárom a zvážiť audiologické vyšetrenie testovaného subjektu.

Prah porozumenia reči: úroveň 2 (z 10)
Prah počutia reči: úroveň 1 (z 10)

Priemerný prah porozumenia reči (reproduktor): úroveň 1 (z 3 kalibrácií)
Tvoj prah porozumenia reči: úroveň 2

Interpretácia:
Nameraný prah porozumenia reči je **mierne vyšší** (úroveň 2) voči priemernému prahu (úroveň 1). Odporúčame zopakovať meranie. Ak bude znova nameraný prah vyšší ako 1, odporúčame sa poradiť s ošetrojúcim lekárom o prípadnom audiologickom vyšetrení.

Úroveň	Správna odpoveď	Vaša odpoveď	Odstupy hlasitosti
10	auto	auto	0 dB
9	lietadlo	lietadlo	-10 dB
8	mačka	mačka	-20 dB
7	čokoláda	čokoláda	-30 dB

Obr. 45 Stránka výsledkov

Úroveň	Správna odpoveď	Vaša odpoveď	Odstupy hlasitosti
10	auto	auto	0 dB
9	lietadlo	lietadlo	-10 dB
8	mačka	mačka	-20 dB
7	čokoláda	čokoláda	-30 dB
6	autobus	autobus	-35 dB
5	sova	sova	-40 dB
4	džús	džús	-45 dB
3	vták	vták	-50 dB
2	bicykel	bicykel	-55 dB
1	myš	čokoláda	-60 dB

Obr. 46 Tabuľka na stránke výsledkov

Vyhodnotenie

Upozornenie: Nasledujúce údaje sú orientačné. Ak bola vykonaná kalibrácia a test podľa inštrukcií správne, a testovací subjekt dosiahol vyšší prah porozumenia/počutia v porovnaní s kalibračnými úrovňami, môže to znamenať, že je vhodné poradiť sa so svojim lekárom a zvážiť audiologické vyšetrenie testovaného subjektu.

Nebola zaznamenaná žiadna správna odpoveď.
Prah počutia reči: úroveň 8 (z 10)

Žiadna správna odpoveď – nemožno porovnať.

Úroveň	Správna odpoveď	Vaša odpoveď	Odstupy hlasitosti
10	čokoláda	džús	0 dB
9	autobus	čokoláda	-10 dB
8	auto	čokoláda	-20 dB

Celková úspešnosť: 0 %

Poznámka: Odstupy hlasitosti jednotlivých úrovní, sú realizované len na základe digitálnej hladiny hlasitosti



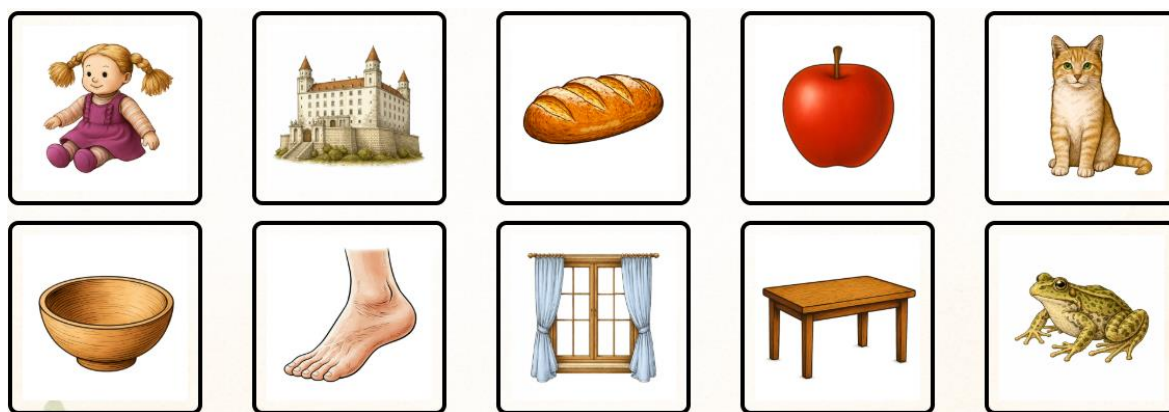
Obr. 47 Stránka výsledkov bez správnej odpovede

3.11. Aplikácia kartičky robota Tomáša pre rómsky jazyk

Na základe žiadosti od logopedičky sme sa rozhodli vytvoriť aj rómsku verziu pre aplikáciu RobotTomas. Dôvodom je veľké množstvo rómskych pacientov, ktorý navštevujú túto logopedičku.

Zoznam použitých slov vo verzii pre rómsky jazyk:

1. stôl – o skamind
2. chlieb – o maro
3. miska – o čaro
4. jablko – e phabaj
5. okno – e blaka
6. noha – o pindro
7. bábika – e popka
8. žaba – e žamba
9. mačka – e mačka
10. hrad – o burkos



Obr. 48 Obrázky k vybraným slovám pre rómsky jazyk

Väčšia časť aplikácie zostala rovnaká, bez zmien. K úpravám, ktoré bolo potrebné urobiť bolo nahradiť nahrávky a obrázky v rómskom jazyku. Tieto obrázky a nahrávky nám poskytla logopedička. Okrem toho bolo potrebné upraviť aj funkcie zabezpečujúce kalibráciu a výpis výsledkov na konci testu. Na stránke s výsledkami išlo iba o drobnú zmenu a to zmenu mapovania slov.

Pri kalibrácii bolo potrebné vytvoriť novú samostatnú databázu IndexedDB pre rómsku verziu, aby sa nemiešali kalibračné zoznamy jednotlivých verzií. Po vytvorení novej databázy bolo potrebné upraviť všetky JS funkcie, ktoré pracovali s databázou. Či už išlo o zápis do databázy, výpis obsahu databázy alebo odstránenie obsahu databázy.

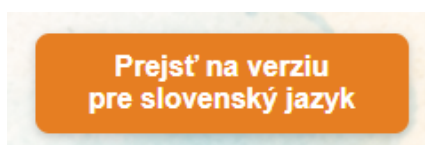
Okrem úpravy aplikácie bolo potrebné vykonať ešte normalizáciu hlasitosti nahrávok na rovnakú úroveň. Po vykonaní normalizácie bolo potrebné ešte vytvoriť 2 extra verzie, pre každú nahrávku a to verzie pre ľavé a pravé slúchadlo.

Po vykonaní všetkých úprav bolo potrebné otestovať všetky funkcie aplikácie, aby sme sa uistili, že úpravou aplikácie sa nepoškodila iná časť, a že všetko funguje tak ako má. Bolo potrebné otestovať presúvanie medzi jednotlivými stránkami, prehrávanie nahrávok a výpis výsledkov pre všetky testovacie režimy aplikácie. A taktiež bolo potrebné otestovať vykonanie kalibrácie pre túto verziu. K tomu patrí vykonanie kalibrácie, výpis obsahu databázy a aj vymazanie obsahu databázy. Taktiež bolo nevyhnutné skontrolovať, že jednotlivé verzie aplikácie neovplyvňujú databázu druhej verzie.

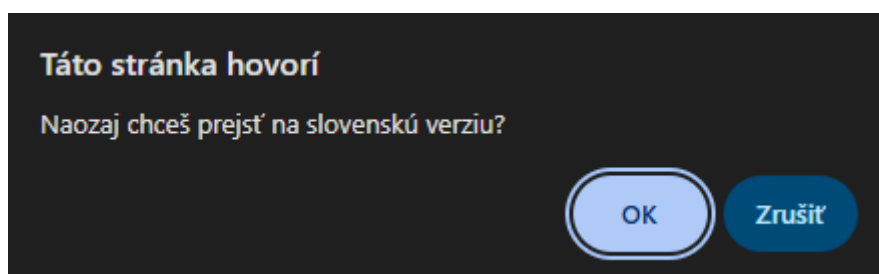


Obr. 49 Stránka testu/hry – verzia pre rómsky jazyk

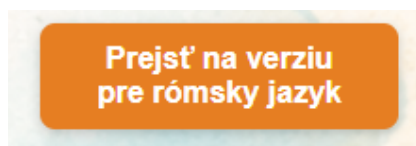
Na umožnenie jednoduchého prechodu medzi slovenskou a rómskou verziou aplikácie som vytvoril tlačidlo, ktoré nás presunie z jednej verzie do druhej. Toto tlačidlo som pridal na domovskú stránku home.html hneď pod nadpis. Po kliknutí na toto tlačidlo dostaneme takúto výzvu: Naozaj chceš prejsť na slovenskú verziu? Kliknutím na tlačidlo “OK”, potvrdíme túto akciu a presunieme sa na slovenskú verziu. Kliknutím na tlačidlo “Zrušiť”, zamietneme akciu a ostaneme na rómskej verzií. To isté tlačidlo je aj na slovenskej verzií. Jednotlivé tlačidlá a výzvy môžeme vidieť na nasledujúcich obrázkoch.



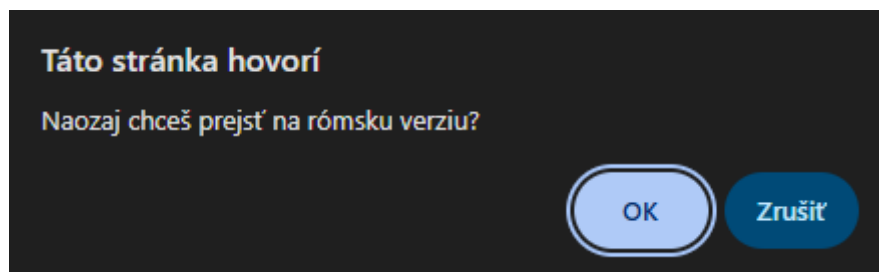
Obr. 50 Tlačidlo na presun na slovenskú verziu



Obr. 51 Výzva na potvrdenie presunu na slovenskú verziu



Obr. 52 Tlačidlo na presun na verziu pre rómsky jazyk



Obr. 53 Výzva na potvrdenie presunu na verziu pre rómsky jazyk

Záver

Hlavným cieľom mojej diplomovej práce bolo zvýšenie dostupnosti audiometrických testov vhodných pre deti mimo špecializovaných pracovísk, teda aj z prostredia domova. Z tohto dôvodu som sa rozhodol vytvoriť aplikáciu, ktorá to umožní a ako základ pre túto aplikáciu som využil už spomínanú aplikáciu, ktorú mi poskytol vedúci práce.

Pri riešení práce bolo nevyhnutné podrobne sa oboznámiť s princípmi rečovej audiometrie a najmä s obrázkovou rečovou audiometriou, ktorá je najvhodnejšia na testovanie detí. Pri vývoji tejto aplikácií som narazil na problém presne odmerať hlasitosti nahrávok. Problém spočíval v tom, že nahrávky predstavovali jedno slovo, takže dĺžka nahrávky bola maximálne 1,5 sekundy. Ďalším problémom bolo to, že samotná nahrávka slova nemá konštantnú hlasitosť. Preto sme dospeli k záveru, že nebudeme schopní presne odmerať hlasitosti nahrávok a nebudeme schopní vytvoriť aplikáciu, ktorá by presne odmerala sluch testovanej osoby v decibeloch. Z týchto dôvodov sme sa rozhodli zmeniť cieľ práce na skríningovú aplikáciu pre obrázkovú rečovú audiometriu, ktorá bude využívať iba relatívne úrovne hlasitosti. Princíp tejto aplikácie bude spočívať v porovnaní výsledku testovanej osoby s kalibračnými dátami a na základe tohto porovnania interpretovať, ako dobre alebo zle testovaná osoba počuje v porovnaní s priemerom z kalibračných dát, ktorý predstavuje sluch osôb bez detegovanej poruchy sluchu.

Môžeme konštatovať, že sa mi podarilo splniť ciele práce. Podarilo sa mi vytvoriť takúto skríningovú aplikáciu na realizáciu obrázkovej rečovej audiometrie, ktorá je vhodná aj pre malé deti. Okrem toho sa podarilo vytvoriť aj verziu pre testovanie v rómskom jazyku, keďže na Slovensku je pomerne veľa občanov, ktorý používajú rómsky jazyk.

V budúcnosti by bolo možné aplikáciu ďalej rozvíjať a zvýšiť jej kvalitu. Napríklad by sa mohla rozšíriť ďalšími jazykovými verziami. Okrem toho ak by sa podarilo vyriešiť problém s odmeraním a nastavením presných hlasitosti nahrávok, tak by bolo možné prerobiť aplikáciu tak, aby poskytovala presné meranie sluchu.

Zoznam použitej literatúry

- [1]. Vyšetrenie sluchu – VRA, audiometria hrou, bežná a behaviorálna audiometria. [Online]. [Dátum: 15. 10. 2025.] Dostupné na internete: <https://www.nepocujucedieta.sk/audiometria>
- [2]. ONDÁŠ, Stanislav; KITOVÁ, Eva; PLEVA, Matúš; ORAVCOVÁ, Mária; HUDÁK, Lukáš; JUHÁR, Jozef; ZIMMERMANN, Július. Pediatric Speech Audiometry Web Application for Hearing Detection in the Home Environment. [Online] 2020, roč. 9, č. 6, 994. [Dátum: 15. 10. 2025.] Dostupné na internete: <https://www.mdpi.com/2079-9292/9/6/994>
- [3]. HearPlay™ App. [Online]. [Dátum: 23. 10. 2025.] Dostupné na internete: <https://www.childrensmc.org/health-care-providers/refer-or-manage-a-patient/provider-resources/apps-for-providers/hearplay-app/>
- [4]. Audiometria. [Online]. [Dátum: 23. 10. 2025.] Dostupné na internete: <https://www.modrykonik.sk/zdravie/audiometria/>
- [5]. Audiogram a stupeň straty sluchu. [Online]. [Dátum: 23. 10. 2025.] Dostupné na internete: <https://infosluch.sk/1698/audiogram-a-stupen-straty-sluchu/>
- [6]. Hearing Loss in Children. [Online]. [Dátum: 24. 10. 2025.] Dostupné na internete: <https://www.healthychildren.org/English/health-issues/conditions/ear-nose-throat/Pages/Hearing-Loss.aspx>
- [7]. Subjektívne vyšetrenia sluchu v centre. [Online]. [Dátum: 24.10. 2025.] Dostupné na internete: <https://infosluch.sk/1279/subjektivne-vysetrenia-sluchu-v-centre/>
- [8]. BILLINGS, Curtis J.; OLSEN, Tessa M.; CHARNEY, Lauren; MADSEN, Brandon M.; HOLMES, Corrie E. Speech-in-Noise Testing: An Introduction for Audiologists. [Online] 2023. [Dátum: 02. 12. 2025.] Dostupné na internete: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10872656/>
- [9]. Why Is Pure Tone Audiometry A Common Hearing Test? [Online]. 2021. [Dátum: 10. 12. 2025.] Dostupné na internete: <https://pachear.com/why-is-pure-tone-audiometry-a-common-hearing-test/>
- [10]. Sluchový systém (ucho a mozog). [Online] [Dátum: 12. 12. 2025] Dostupné na internete: <https://infosluch.sk/1503/sluchovy-system-ucho-a-mozog/>
- [11]. ZAKARIA, Nur 'Azzah Binti; JAMALUDDIN, Saiful Adli; CHE MAT AMIN, Nur Syakirah; WAN AHMAD, Wan Aslynn Salwani; O'BEIRNE, Greg A. The Trends in Paediatric Speech Audiometry: A Scoping Review. [Online] 2023. [Dátum: 13. 12. 2025] Dostupné na internete: <https://journals.iium.edu.my/ijahs/index.php/IJAHs/article/view/774/706>
- [12]. NAQVI, Yasmin; SUTTON, Andrew E. Speech Audiometry. [Online] 2025. [Dátum: 15. 12. 2025.] Dostupné na internete: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK613286/>
- [13]. YUAN, Chen. Exploring the feasibility of remote administration of speech audiometry: A comparative study of conventional and digital methods. [Online] 2024. [Dátum: 02. 01. 2026.] Dostupné na internete: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39139187/>
- [14]. TAYLOR, Brian. Beyond Speech Intelligibility: Expanding the Clinician's Role in Assessing the Individual's Auditory Ecology. [Online] 2025. [Dátum: 03. 01. 2026.] Dostupné na internete: <https://www.audiologyonline.com/articles/beyond-speech-intelligibility-expanding-clinician-29406>
- [15]. Typy porúch sluchu. [Online]. [Dátum: 22. 01. 2026.] Dostupné na internete: <https://www.medel.com/sk/about-hearing/types-of-hearing-loss#CHL>
- [16]. Typy porúch sluchu. [Online]. [Dátum: 22. 01. 2026.] Dostupné na internete: <https://infosluch.sk/1486/typy-poruch-sluchu/>

- [17]. HOVORKOVÁ, Silvia. Typy a stupne poruchy sluchu. [Online]. [Dátum: 23. 01. 2026.] Dostupné na internete: <https://www.nepocujucedieta.sk/porucha-sluchu-co-robit/spoznavame-poruchu-sluchu/o-sluchu-a-poruche-sluchu/typy-a-stupne-poruchy-sluchu>
- [18]. HOTH, Sebastian; BALJIĆ, Izet. Current audiological diagnostics. [Online] 2017. [Dátum: 03. 04. 2026.] Dostupné na internete: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5738938/>
- [19]. SUATBAYEVA, Rimma; TOGUZBAYEVA, Dinara; TAUKELEVA, Saule; MUKANOVA, Zhanetta; SADYKOV, Magzhan. Speech perception and parameters of speech audiometry after hearing aid: Systematic review and meta-analysis. *Electronic Journal of General Medicine*. [Online] 2024. [Dátum: 03. 04. 2026.] Dostupné na internete: <https://www.ejgm.co.uk/article/speech-perception-and-parameters-of-speech-audiometry-after-hearing-aid-systematic-review-and-14041>
- [20]. GELFAND, Stanley A. *Essentials of Audiology*. [Online] 2016. ISBN 978-1604068610. [Dátum: 07. 04. 2026.] Dostupné na internete: <https://archive.org/details/essentialsofaudi0000gelf/mode/2up>
- [21]. MADELL, Jane R.; FLEXER, Carol. *Pediatric Audiology: Diagnosis, Technology, and Management*. [Online] 2013. ISBN 978-1604068443. [Dátum: 07. 04. 2026.] Dostupné na internete: <https://pdfcoffee.com/pediatric-audiology-madell-pdf-free.html>
- [22]. THARPE, Anne Marie; SEEWALD, Richard. *Comprehensive Handbook of Pediatric Audiology*. 2. vyd. [Online] San Diego: Plural Publishing, 2017. ISBN 978-1597566155. [Dátum: 07. 04. 2026.] Dostupné na internete: http://208.72.58.200/media/media_chpa2e_SamplePages.pdf

Prílohy

Príloha A: CD médium – záverečná práca v elektronickej podobe, prílohy v elektronickej podobe.

Príloha B: Používateľská príručka

Príloha C: Technická dokumentácia

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Kartičky robota Tomáša
Používateľská príručka

Obsah

Zoznam obrázkov	3
1. Úvod	4
2. Požiadavky na zariadenie	5
3. Spustenie aplikácie.....	6
4. Ovládanie aplikácie	7
4.1. Výber režimu.....	7
4.2. Kalibrácia	7
4.3. Spustenie testu	8
5. Vyhodnotenie výsledkov	9
6. Obmedzenia	10
7. Bezpečnostné upozornenia.....	11
8. Odporúčania.....	12

Zoznam obrázkov

Obr. 1 Tlačidlo na prepnutie verzie sk/rom	6
Obr. 2 GIF Robota.....	6
Obr. 3 GIF Robota 2.....	9
Obr. 4 Šípka vpravo na pokračovanie	9

1. Úvod

Táto aplikácia slúži iba na orientačný skrining sluchu, vhodný aj pre deti. Nieje o diagnostický nástroj a nenahrádza odborné vyšetrenie.

2. Požiadavky na zariadenie

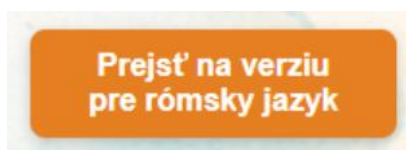
- Zariadenie s reproduktorom a slúchadlami (odporúčané slúchadlá Sennheiser HD 569)
- Funkčné zvukové výstupné zariadenie
- Dotyková obrazovka alebo myš

3. Spustenie aplikácie

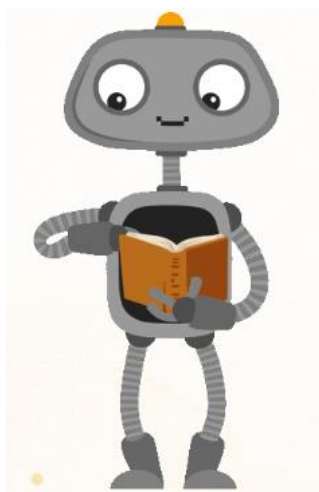
Aplikácia sa spúšťa otvorením súboru “home.html”, ak ju máme priamo v počítači. Ak nie, tak aplikácia je dostupná online na stránke:

<https://data.kemt.fei.tuke.sk/AudiometryTest/RobotTomas/sk/home.html>

Po zapnutí aplikácie sa dostaneme na domovskú stránku aplikácie. Nachádzajú sa tam základné informácie, tlačidlo na prepnutie medzi slovenskou a rómskou verziou a GIF robota. Kliknutím na tento GIF robota sa presunieme na výber testovacieho režimu.



Obr. 1 Tlačidlo na prepnutie verzie sk/rom



Obr. 2 GIF Robota

4. Ovládanie aplikácie

4.1. Výber režimu

Výber testovacieho režimu pozostáva z výberu medzi reproduktorom alebo slúchadlami. Pri výbere možnosti slúchadiel je ešte výber medzi ľavým a pravým uchom.

Po zvolení testovacieho režimu sa presunieme na stránku úvodnej inštrukcie, kde sa nachádzajú základné informácie o teste a to sú:

- Pred samotným testovaním sluchu je nevyhnutné vykonať "kalibráciu", v rámci ktorej systém nastaví referenčný prah rozpoznávania reči. Pred pokračovaním sa uistite, že spĺňate nasledovné požiadavky:
 - Zariadenie s reproduktorom alebo slúchadlami (napríklad počítač, tablet alebo mobil).
 - Tichá miestnosť bez rušivých zvukov.
 - Minimálne dve osoby bez diagnostikovanej poruchy sluchu, ktoré vykonajú kalibračné nastavenie.

Z tejto stránky sa ďalej môžeme presunúť na kalibračnú stránku alebo sa môžeme presunúť k testu, ak už máme urobenú kalibráciu.

4.2. Kalibrácia

Pred prvým testovaním je potrebné vykonať kalibráciu, ktorá zabezpečí správne nastavenie hlasitosti a referenčných hodnôt. V opačnom prípade bude tlačidlo na presun k testu zablokované.

Na stránke kalibrácie si môžeme prečítať inštrukcie pre kalibráciu, nastaviť hlasitosť zariadenia podľa pokynov pomocou kalibračného tónu, ktorý je konštantný. Kalibračný tón vypneme opätovným kliknutím na tlačidlo. Okrem toho tam môžeme spustiť samotnú kalibráciu ale aj zobrazíť kalibračné záznamy alebo ich môžeme vymazať. Pri pokuse o vymazanie záznamov bude používateľ vyzvaný na potvrdenie tejto akcie, a až po potvrdení sa vymažú záznamy.

Inštrukcie pre kalibráciu:

- Kalibráciu vykonajte v tichej miestnosti, bez rušivých zvukov. Zariadenie (napr. tablet) umiestnite tak, ako budete následne robiť meranie s testovanou osobou. Zabezpečte, aby bolo zariadenie vždy v rovnakej vzdialenosti a sklone ku kalibračnej/testovanej osobe.
- Nastavte hlasitosť vášho zariadenia na predposlednú najvyššiu úroveň hlasitosti, alebo na najvyššiu úroveň hlasitosti, ktorá je ešte pre kalibračnú osobu znesiteľná. Pre tento krok využijte tlačidlo "Play", ktoré zabezpečí prehrávanie konštantného tónu. Počas prehrávania

tónu nastavte hlasitosť zariadenia. Počas kalibrácie a ani potom, pri testovaní počutia nemeňte nastavenú hlasitosť!

- Realizujte kalibračné nastavenie s prvou "kalibračnou osobou". Kalibračná osoba musí byť osoba bez detegovanej poruchy sluchu, ideálne v mladom až strednom veku. Rovnako vykonajte kalibračné nastavenie s druhou "kalibračnou osobou".
- Následne môžete pristúpiť k testovaniu osôb pomocou nakalibrovaného systému (zariadenia a aplikácie).

Kalibračný test sa ukončí:

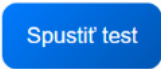
- ak prejde cez všetkých 10 kôl
- po 3 po sebe idúcich nesprávnych odpovediach
- ak vyprší čas 15s po prehraní nahrávky a neklikne sa na žiaden obrázok

Po spustení kalibrácie prejde kalibračná osoba kalibračným testom a po skončení testu bude mať na výber medzi uložením výsledku ako kalibračný záznam alebo sa vrátiť späť bez uloženia výsledku. Vykonanie kalibrácie je nevyhnutné pre správne nastavenie hlasitosti a vytvorenie referenčných hodnôt pre testovanie.

4.3. Spustenie testu

Keď už máme hotovú kalibráciu pre zvolený testovací režim, môžeme prejsť k testu zo stránky úvodnej inštrukcie kliknutím na tlačidlo "Preskočiť kalibráciu a spustiť hru". Kliknutím na toto tlačidlo sa presunieme na stránku s robotom a informáciami ako sa test ukončí a ako ho spustíme, teda kliknutím na GIF robota.

Po kliknutí na GIF sa presunieme na stránku testu. Kliknutím na tlačidlo "Spustiť test"



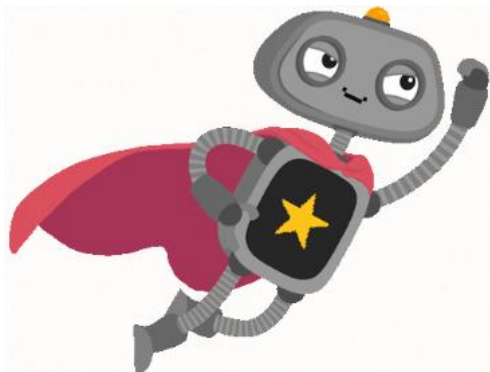
spustíme test a ten bude prebiehať automaticky až do splnenia niektorej z podmienok na jeho ukončenie. Podmienky na ukončenie testu sú rovnaké ako pre kalibračný test.

Test prebieha nasledovne. Po spustení testu sa budú automaticky prehrávať nahrávky po sebe v náhodnom poradí. Našou úlohou je po prehraní nahrávky kliknúť na správny obrázok, ktorý zodpovedá prehranej nahrávke.

Keď test skončí tak nás presunie na stránku s robotom odkiaľ sa vieme presunúť na stránku s výsledkami alebo sa môžeme vrátiť na domovskú stránku.

5. Vyhodnotenie výsledkov

Na stránku výsledkov sa dostaneme kliknutím na robota alebo kliknutím na šípku vpravo.



Obr. 3 GIF Robota 2



Obr. 4 Šípka vpravo na pokračovanie

Na stránke výsledkov je upozornenie, že ide iba o orientačné údaje. Je tam zobrazený prah porozumenia reči, prah počutia reči testovanej osoby. Okrem toho je tam priemerný prah porozumenia reči vypočítaný z kalibračných záznamov pre daný testovací režim a na základe rozdielu medzi priemerným prahom a prahom testovanej osoby sa vypíše interpretácia výsledku.

Prah porozumenia reči predstavuje najnižšiu úroveň hlasitosti, pri ktorej osoba nahrávku nielen počuje, ale jej aj rozumie. Zatiaľ čo prah počutia je najnižšia úroveň hlasitosti kedy osoba nahrávku ešte počuje ale už jej nerozumie, teda označí nesprávnu odpoveď. Priemerný prah z kalibračných dát je referenčný bod, s ktorým sa bude porovnávať výsledok testovanej osoby.

Menší rozdiel medzi priemerným prahom a prahom testovanej osoby znamená lepšie výsledky. Ak je rozdiel väčší môže naznačovať možné zhoršenie sluchu a odporúča sa odborné vyšetrenie.

V spodnej časti sa nachádza ešte tabuľka s označenými a správnymi odpoveďami pre jednotlivé úrovne. V tejto tabuľke sú zobrazené aj odstupy hlasitostí jednotlivých úrovní. Nakoniec sa môžeme vrátiť na domovskú stránku alebo vypnúť aplikáciu.

6. Obmedzenia

- Výsledky testu sú závislé od použitého zariadenia.
- Okolitý hluk môže spôsobiť skreslenie výsledkov.
- Spolupráca dieťaťa je kritická pre presnosť výsledkov.
- Výsledky sú iba orientačné a nenahrádzajú odborné vyšetrenie!

7. Bezpečnostné upozornenia

- Nepoužívať príliš vysokú hlasitosť!
- Nepoužívať pri bolesti ucha!
- Výsledok nie je diagnóza!

8. Odporúčania

V prípade opakovane nepriaznivých výsledkov sa odporúča konzultácia s odborníkom v oblasti sluchu.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Kartičky robota Tomáša
Technická príručka

Obsah

Zoznam obrázkov	3
1. Úvod	4
2. Požiadavky na systém	5
3. Štruktúra aplikácie	6
4. Spustenie aplikácie.....	8
5. Detailný popis fungovania aplikácie	9
5.1. Výber režimu.....	9
5.2. Kalibrácia (povinná pred prvým testovaním)	9
5.3. Samotný test.....	9
5.4. Vyhodnotenie výsledkov	9
6. Popis hlavných súborov	10
7. Správa dát (localStorage)	11
8. Prispôsobenie a úpravy aplikácie.....	12
8.1. Zmena Obrázkov v teste	12
8.2. Zmena zvukových nahrávok	13
8.3. Zmena úrovni hlasitosti	13
8.4. Zmena pozadia aplikácie	14
8.5. Zmena slova v teste	14
9. Obmedzenia aplikácie	15
10. Údržba a odporúčania	16

Zoznam obrázkov

Obr. 1 Bloková schéma aplikácie	7
Obr. 2 Game.html - obrázky	12
Obr. 3 Game.js - const soundFiles.....	12
Obr. 4 result.js - const diakritikaMap.....	13
Obr. 5 Game.js - const DBFS_LEVEL.....	13
Obr. 6 Result.js - const levelToDbMap.....	14
Obr. 7 Styles.css - body -> background	14

1. Úvod

!!! AK CHCEME UROBIŤ AKÚKOLVEK ZMENU V APLIKÁCIÍ, KTORÁ SA TÝKA OBOCH VERZIÍ, JE POTREBNÉ JU UROBIŤ V OBOCH VERZIACH (SK A AJ ROM) !!!

Táto technická príručka poskytuje kompletný technický prehľad o webovej aplikácii RobotTomas – orientačnom skrínigovom nástroji na testovanie sluchu (vhodnom aj pre deti). Aplikácia je určená výlučne na orientačné účely a nenahrádza odborné audiologické vyšetrenie.

Cieľ dokumentu

- Poskytnúť vývojárom, správcom a budúcim autorom diplomových prác úplný prehľad o architektúre, fungovaní a možnostiach úprav aplikácie.
- Slúžiť ako referenčný materiál pre údržbu, rozšírenie alebo prispôsobenie aplikácie.

Rozsah

Aplikácia existuje v dvoch identických verziách:

- sk/ – slovenská verzia
- rom/ – rómska verzia (rozdielne sú len zvukové nahrávky a obrázky)

Dôležité upozornenie

Každá zmena, ktorá sa týka oboch verzií (napr. zmena logiky v JS, CSS štýlov, pridanie nového slova), musí byť vykonaná v oboch adresároch (sk aj rom).

2. Požiadavky na systém

Hardvérové a softvérové požiadavky

- Ľubovoľné zariadenie s moderným webovým prehliadačom (Chrome, Firefox, Edge, Safari) podporujúcim HTML5 Audio API.
- Reproduktor alebo slúchadlá (odporúčané Sennheiser HD 569).
- Dotyková obrazovka alebo myš.
- Tichá miestnosť (pre kalibráciu a testovanie).

Technológie

- HTML5 + CSS3
- Vanilla JavaScript (žiadne externé frameworky okrem event handling)
- Web Audio API na prehrávanie nahrávok s nastaviteľnou hlasitosťou (dBFS)
- localStorage na ukladanie kalibračných záznamov
- Žiadny backend – aplikácia je plne client-side a statická.

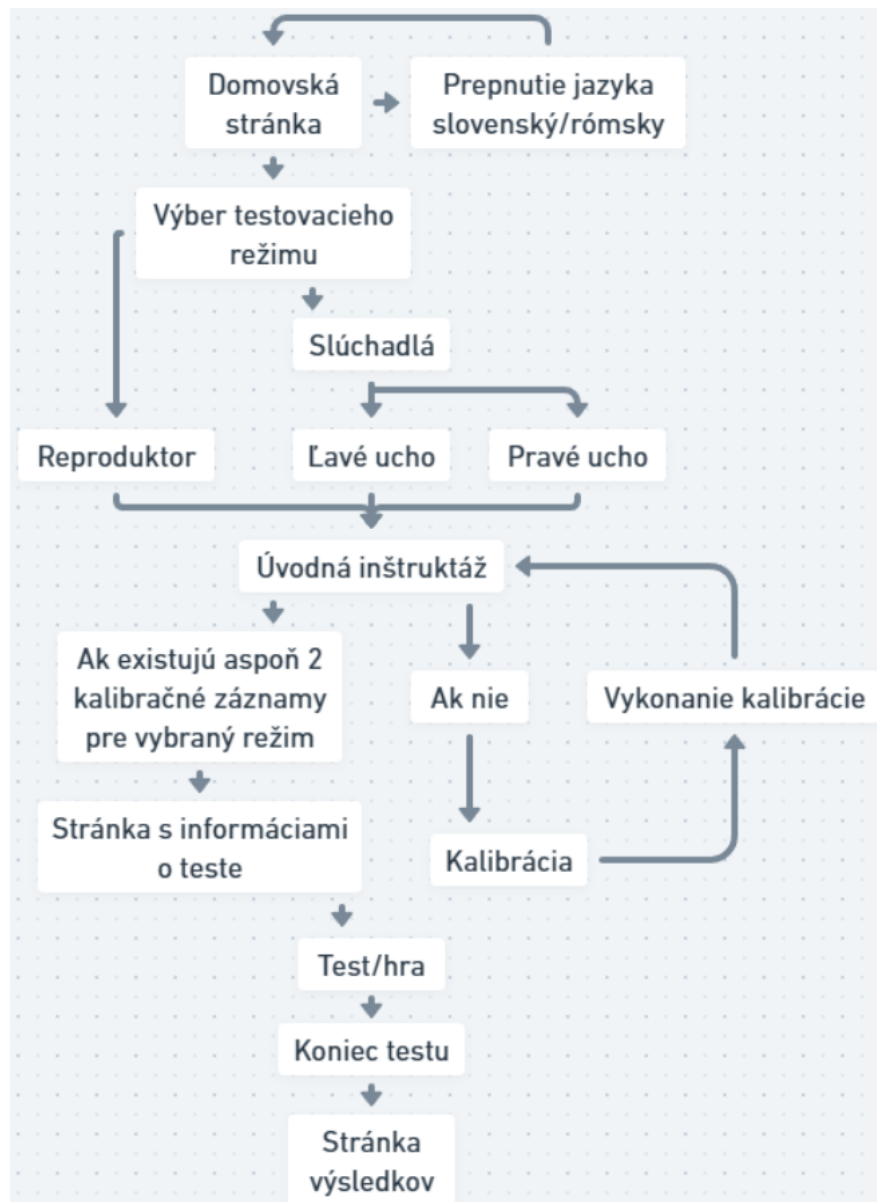
3. Štruktúra aplikácie

Hlavný adresár: RobotTomas/

RobotTomas/

└─ rom/	← rómska verzia
└─ audio/	← nahrávky pre režim reproduktor
└─ audio_lave_ucho/	← nahrávky pre ľavé ucho
└─ audio_prave_ucho/	← nahrávky pre pravé ucho
└─ images/	← obrázky + pozadie
└─ html a js súbory	← jadro aplikácie
└─ styles.css	← štylizácia aplikácie
└─ sk/	← slovenská verzia (rovnaká štruktúra)

Adresár rom a sk obsahujú takmer rovnaké súbory. Úplne rozdielne súbory sú iba zvukové nahrávky a obrázky.



Obr. 1 Bloková schéma aplikácie

4. Spustenie aplikácie

- **Lokálne:** Otvorte súbor sk/home.html (alebo rom/home.html)
- **Online:** <https://data.kemt.fei.tuke.sk/AudiometryTest/RobotTomas/sk/home.html>

Aplikácia nevyžaduje žiadnu inštaláciu, kompiláciu ani server.

5. Detailný popis fungovania aplikácie

5.1. Výber režimu

Používateľ si vyberie:

- Reproduktor
- Slúchadla -> ľavé / pravé ucho

5.2. Kalibrácia (povinná pred prvým testovaním)

- Kalibrácia nastavuje referenčný prah pre daný režim a zariadenie.
- Vyžaduje 2 kalibračné osoby bez poruchy sluchu.
- Prebieha 10 kôl s klesajúcou hlasitosťou (pole DBFS_LEVELS).
- Test sa ukončí po 10 kolách, 3 po sebe idúcich nesprávnych odpovediach alebo po 15 s nečinnosti.
- Výsledok sa ukladá do localStorage (kľúče závisia od režimu).

5.3. Samotný test

- Automatické prehrávanie nahrávok v náhodnom poradí podľa zvoleného režimu.
- Medzi nahrávkami je 1 – 3 sekundy náhodná pauza.
- Používateľ kliká na obrázok zodpovedajúci prehranej nahrávke.
- Hlasitosť klesá podľa DBFS_LEVELS.
- Ukončenie testu rovnaké ako pri kalibrácií.

5.4. Vyhodnotenie výsledkov

- Vypočíta sa prah porozumenia reči a prah počutia reči.
- Porovná sa s priemerným prahom porozumenia reči z kalibračných záznamov.
- Výsledok sa interpretuje slovne (menší rozdiel lepší výsledok).
- Zobrazuje sa tabuľka správnych / nesprávnych odpovedí + odstupy hlasitosti.

6. Popis hlavných súborov

Home.html	- > domovská stránka + prepínač jazykov
Kalibracia.html	- > stránka kalibrácie
Game.html	- > samotný test
Result.html	- > stránka výsledkov
Kalibracia.js	- > funkcie pre kalibráciu a správu záznamov
Game.js	- > hlavná logika testu
Result.js	- > výpočet a zobrazenie výsledkov
Styles.css	- > všetky štýly

7. Správa dát (localStorage)

- Kalibračné záznamy sa ukladajú v prehliadači:
- Kľúče sú generované podľa režimu (reproduktor / ľavé ucho / pravé ucho).
- Každý záznam obsahuje: dátum, prah porozumenia reči
- Zobrazenie / vymazanie prebieha priamo v kalibračnej sekcii.

8. Prispôsobenie a úpravy aplikácie

8.1. Zmena Obrázkov v teste

Nahrajte nový obrázok do images/ (sk alebo rom).

Upravte tagy v game.html (id + src + alt)

Upravte const soundFiles v game.js.

Upravte const diakritikaMap v result.js.

```
<div class="choices">
  <div class="choice" id="bicykel"></div>
  <div class="choice" id="mys"></div>
  <div class="choice" id="cokolada"></div>
  <div class="choice" id="autobus"></div>
  <div class="choice" id="vtak"></div>
  <div class="choice" id="sova"></div>
  <div class="choice" id="auto"></div>
  <div class="choice" id="macka"></div>
  <div class="choice" id="dzus"></div>
  <div class="choice" id="lietadlo"></div>
</div>
```

Obr. 2 Game.html - obrázky

```
const soundFiles = {
  "bicykel": "1_bicykel.wav",
  "auto": "2_auto.wav",
  "lietadlo": "3_lietadlo.wav",
  "autobus": "5_autobus.wav",
  "vtak": "14_vtak.wav",
  "sova": "18_sova.wav",
  "mys": "19_mys.wav",
  "macka": "10_macka.wav",
  "dzus": "49_dzus.wav",
  "cokolada": "50_cokolada.wav"
};
```

Obr. 3 Game.js - const soundFiles

```
const diakritikaMap = {  
  "autobus": "autobus",  
  "lietadlo": "lietadlo",  
  "auto": "auto",  
  "sova": "sova",  
  "cokolada": "čokoláda",  
  "dzus": "džús",  
  "mys": "myš",  
  "macka": "mačka",  
  "vtak": "vták",  
  "bicykel": "bicykel",  
};
```

Obr. 4 result.js - const diakritikaMap

8.2. Zmena zvukových nahrávok

Nahrajte súbory s **presne rovnakým názvom** do všetkých troch adresárov (audio/, audio_lave_ucho/, audio_prave_ucho/).

!!! Názov všetkých 3 verzií nahrávky musí byť úplne rovnaky !!!

Upravte const soundFiles v game.js.

8.3. Zmena úrovni hlasitosti

V game.js je potrebné upraviť:

"const DBFS_LEVELS = [0, -10, -20, -30, -35, -40, -45, -50, -55, -60];" v súbore "game.js".

Je to pole odstupov hlasitosti jednotlivých kôl. Podporuje hodnoty 0 a menej. 0 je originálna hlasitosť, čiže umožňuje znížiť hlasitosť originálnej nahrávky.

```
const DBFS_LEVELS = [0, -10, -20, -30, -35, -40, -45, -50, -55, -60];
```

Obr. 5 Game.js - const DBFS_LEVEL

V result.js upravte const levelToDbMap.

```
const levelToDbMap = {  
  10: "0 dB",  
  9: "-10 dB",  
  8: "-20 dB",  
  7: "-30 dB",  
  6: "-35 dB",  
  5: "-40 dB",  
  4: "-45 dB",  
  3: "-50 dB",  
  2: "-55 dB",  
  1: "-60 dB"  
};
```

Obr. 6 Result.js - const levelToDbMap

8.4. Zmena pozadia aplikácie

Nahrajte nový obrázok do images/ a upravte názov obrázka pozadia v súbore "styles.css". Konkrétne v časti "body" je potrebné zmeniť názov obrázka pri "background".

Napr. (images/novy_background.png)

```
body {  
  background: url(images/ChatGPT_background.png) no-repeat center center fixed;  
  -webkit-background-size: cover;  
  -moz-background-size: cover;  
  -o-background-size: cover;  
  background-size: cover;  
}
```

Obr. 7 Styles.css - body -> background

8.5. Zmena slova v teste

Vyžaduje úpravu všetkých troch častí game.html (img tagy), game.js(const soundFiles), result.js(const diakritikaMap) + nahrávky pre všetky 3 režimy.

9. Obmedzenia aplikácie

- Výsledky závisia od zariadenia a slúchadiel
- Okolitý hluk ovplyvňuje presnosť
- Aplikácia je čisto client-side -> žiadna serverová bezpečnosť

10. Údržba a odporúčania

- Vždy aktualizujte obidve verzie (sk aj rom).
- Dokumentáciu aktualizujte pri každej zmene.
- Pri zmenách ovplyvňujúcich obe verzie je potrebné otestovať funkčnosť oboch verzií.