



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

KOŽNÍ VODIVOST A JEJÍ VYUŽITÍ V KLINICKÉ  
PRAXI

THE SKIN CONDUCTIVITY AND ITS USE IN CLINICAL PRACTICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lenka Javorčková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

MUDr. Zuzana Nováková, Ph.D.

BRNO 2017

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Biomedicínská technika a bioinformatika**  
Ústav biomedicínského inženýrství

**Studentka:** Lenka Javorčková

**ID:** 173568

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2016/17

**NÁZEV TÉMATU:**

## Kožní vodivost a její využití v klinické praxi

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1) Provedte literární rešerši zaměřenou na téma fyziologie kůže, kožní vodivost a možností jejího měření. Mimo jiné se zaměřte i na využití měření kožní vodivosti pro účely v lékařství, popř. v jiných oborech. 2) Navrhněte a sestavte systém pro měření kožní vodivosti dle přístrojových možností pracoviště vedoucího práce (základ snímání přes BioPack systém). 3) Navrhněte protokol měření. 4) Provedte sběr dat na skupině dobrovolníků v klidových i zátěžových podmínkách. 5) Navrhněte a realizujte program v prostředí Matlab, pomocí kterého naměřená data načtete, zpracujete a provedete potřebné analýzy. 6) Provedte statistické vyhodnocení dat a výsledky diskutujte.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

[1] Derma. Bratislava: Spobad, 2001. ISSN 1335-7360.

[2] NOVOTNÝ, František. Záhady a zajímavosti lidské kůže. Praha: Grada, 2000. Strom života. ISBN 80-716-961-6.

**Termín zadání:** 6.2.2017

**Termín odevzdání:** 2.6.2017

**Vedoucí práce:** MUDr. Zuzana Nováková, Ph.D.

**Konzultant bakalářské práce:** doc. Ing. Petr Sedlák, Ph.D.

**Prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.,**  
*předseda oborové rady*

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně / Technická 3058/10 / 616 00 / Brno

# Abstrakt

Cieľom tejto práce bolo zoznámiť sa s meraním kožnej vodivosti a jej využitím v klinickej praxi. Použitý protokol merania je založený na meraní kožnej vodivosti v kľudových a záťažových podmienkach. Záťažové podmienky boli vytvorené hudobným emočným prežitkom - počúvaním najobľúbenejších a najneobľúbenejších pesničiek. Tento fakt bol zistený pred meraním na základe vyplnených dotazníkov.

## Kľúčové slová

Merná kožná vodivosť, elektrodermálna aktivita kože, biosignály, Biopac systém, emočná záťaž hudbou, Matlab

## Abstract

The aim of bachelor thesis is to acquaint with the measurement of the skin conductivity and its use in a clinical practice. The applied protocol is based on a current measurement of the skin conductivity in the resting and stressful conditions. The endurance previsions were created through listening to the most favourite and the most unpopular songs. This fact was detected before the measurement on the ground of completed questionnaires.

## Keywords

Galvanic skin respons, electrodermal activity, biosignals, Biopac system, emotional stress by songs, Matlab

# Bibliografická citácia

JAVORČEKOVÁ, L. *Kožní vodivost a její využití v klinické praxi*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 78 s. Vedoucí bakalářské práce MUDr. Zuzana Nováková, Ph.D.

# Prehlásenie

Prehlasujem, že svoju bakalársku prácu na tému *Kožní vodivost a její využití v klinické praxi* som vypracovala samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tohto projektu som neporušila autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahla nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomá následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúceho zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorskom, vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Sb.

V Brne, dňa 1. júna 2017

.....  
podpis autora

# Pod'akovanie

Ďakujem vedúcej bakalárskej práce MUDr. Zuzane Novákovej Ph.D. a konzultantom doc. Ing. Petrovi Sedlákovi Ph.D. a doc. Ing. Jane Kolářovej Ph.D. za poskytnutú pomoc, konzultácie a odborné rady, ktorými prispeli k vypracovaniu tejto bakalárskej práce a mojej rodine, ktorá ma neustále podporuje počas môjho štúdia.

V Brne, dňa 1. júna 2017

.....  
podpis autora

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Anatomia a fyziológia kože.....</b>	<b>6</b>
2.1 Anatomia a morfológia kože .....	6
2.3 Funkcia kože.....	9
2.4 Kožné adnexy .....	13
<b>3 Elektrodermálna aktivita kože (EDA) .....</b>	<b>15</b>
3.1 História EDA .....	15
3.2 Typy EDA .....	16
3.3 Potenciál kože.....	17
3.4 Vodivosť kože .....	18
3.5 Elektródy pre snímanie vodivosti .....	18
3.6 Meranie kožnej vodivosti a jej využitie .....	19
<b>4 Zariadenie BIOPAC System .....</b>	<b>21</b>
4.1 Biopac Student Lab.....	21
4.2 Zostava pracoviska .....	21
4.2.1 Akvizičná karta .....	22
4.2.2 Hlavný zosilňovač .....	23
4.2.3 Zosilňovací modul EDA.....	23
4.2.4 Zosilňovací modul EKG.....	23
4.2.5 Finometer PRO .....	24
<b>5 Meranie kožnej vodivosti.....</b>	<b>25</b>
5.1 Vyplnenie pocitového dotazníka pred meraním .....	25
5.2 Príprava dobrovoľníka a prostredia .....	25
5.3 Zapojenie elektród .....	26
5.4 Kludové meranie .....	27
5.5 Meranie počas najobľúbenejšej pesničky .....	27
5.6 Meranie počas najneobľúbenejšej pesničky .....	28
5.7 Odpojenie elektród od dobrovoľníka .....	29
5.8 Vyplnenie pocitového dotazníka po meraní .....	29
<b>6 Spracovanie nameraných signálov .....</b>	<b>30</b>
6.1 Postup spracovania .....	30
6.2 Namerané signály .....	31
6.2.1 Časová oblasť .....	31
6.4.2 Frekvenčná oblasť .....	33
6.4.3 Časovo-frekvenčná oblasť .....	34

<b>7</b>	<b>Výsledky analýzy .....</b>	<b>36</b>
7. 1	Časová oblasť .....	36
7. 1. 1	Popisná štatistika .....	37
7. 1. 2	Šikmosť a špicatosť .....	38
7. 1. 3	Wilcoxonov test v časovej oblasti.....	41
7. 1. 4	Vyhodnotenie časovej oblasti .....	42
7. 2	Frekvenčná oblasť .....	43
7. 2. 1	Smernica priamky .....	44
7. 2. 2	Wilcoxonov test vo frekvenčnej oblasti .....	46
7. 2. 3	Vyhodnotenie frekvenčnej oblasti .....	46
7. 3	Časovo - frekvenčná oblasť .....	47
7. 1. 1	Vyhodnotenie časovo - frekvenčnej oblasti.....	48
7. 4	Vyhodnotenie dotazníkov .....	48
7.4.1	Výsledky a hodnotenie dotazníkov pred meraním.....	49
7.4.2	Výsledky a hodnotenie dotazníkov po meraní.....	51
<b>8</b>	<b>Záver .....</b>	<b>53</b>
	<b>Zoznam použitých zdrojov .....</b>	<b>54</b>
	<b>Zoznam použitých skratiek .....</b>	<b>57</b>
	<b>Zoznam použitých príloh .....</b>	<b>58</b>



# Zoznam obrázkov

Obrázok 1 – Anatomická stavba kože [4].....	7
Obrázok 2 – Schematické znázornenie stavby pokožky [5] .....	8
Obrázok 3 – Návrh elektród pre meranie kožného odporu a kožných potenciálov [17].....	19
Obrázok 4 – Blokovaná schéma merania kožnej vodivosti, krvného tlaku a EKG .....	22
Obrázok 5 – Akvizičná karta typu MP 100A.....	23
Obrázok 6 – A: Hlavný zosilňovač UIM 100C, B: Zosilňovací modul EDA typu EDA 100C, C: Zosilňovací modul ECG typu ECG 100C [21].....	24
Obrázok 7 – Ukážka upevnenia elektród na dobrovoľníkovi pred meraním.....	26
Obrázok 8 – Minútová ukážka merania v klúde.....	27
Obrázok 9 – Minútová ukážka merania počas najobľúbenejšej pesničky .....	28
Obrázok 10 – Minútová ukážka počas najneobľúbenejšej pesničky .....	29
Obrázok 11 – Blokovaná schéma spracovania a analýzy K, P a N signálov .....	30
Obrázok 12 – Kludový signál v časovej oblasti .....	31
Obrázok 13 – Pozitívny signál v časovej oblasti .....	32
Obrázok 14 – Negatívny signál v časovej oblasti .....	32
Obrázok 15 – Kludový signál vo frekvenčnej oblasti.....	33
Obrázok 16 – Pozitívny signál vo frekvenčnej oblasti .....	33
Obrázok 17 – Negatívny signál vo frekvenčnej oblasti.....	34
Obrázok 18 – Kludový signál v časovo - frekvenčnej oblasti.....	34
Obrázok 19 – Pozitívny signál v časovo - frekvenčnej oblasti .....	35
Obrázok 20 – Negatívny signál v časovo - frekvenčnej oblasti.....	35
Obrázok 21 – Vykreslenie signálov K,P,N kožnej vodivosti .....	36
Obrázok 22 – Grafická vizualizácia strednej hodnoty .....	38
Obrázok 23 – Empirická hustota pravdepodobnosti pre šikmost' K, P a N signálov.....	40
Obrázok 24 – Empirická hustota pravdepodobnosti špicatosti pre K, P a N signály.....	40
Obrázok 25 – Amplitúdové spektrum frekvenčnej oblasti .....	43
Obrázok 26 – Výkonové spektrum frekvenčnej oblasti .....	44
Obrázok 27 – Signály preložené priamkou v smernicovom tvare .....	45
Obrázok 28 – Vykreslenie signálov K, P, N v časovo – frekvenčnej oblasti .....	48
Obrázok 29 – Výsledky pozitívnych pocitov pred meraním .....	49
Obrázok 30 – Výsledky negatívnych pocitov pred meraním.....	50

Obrázok 31 – Výsledky pozitívnych pocitov po meraní .....	51
Obrázok 32 – Výsledky negatívnych pocitov po meraní.....	52

# Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 - Parametre analógového vstupu a výstupu akvizičnej karty .....	22
Tabuľka 3 – Ukážka popisnej štatistiky v časovej oblasti .....	37
Tabuľka 4 – Ukážka relatívneho hodnotenia popisnej štatistiky v časovej oblasti.....	38
Tabuľka 5 – Ukážka výsledkov šikmosti a špicatosti v časovej oblasti.....	39
Tabuľka 6 – Popisná štatistika pre strednú hodnotu u tridsiatich dobrovoľníkov .....	41
Tabuľka 7 – Výsledky párového Wilcoxonovho testu pre K, P a N signály .....	42
Tabuľka 8 – Smernica priamky vo frekvenčnej oblasti.....	45
Tabuľka 9 – Popisná štatistika pre smernicu u tridsiatich dobrovoľníkov .....	46
Tabuľka 10 – Výsledky párového Wilcoxonovho testu pre smernice K, P a N signálov .....	46

# 1 Úvod

Prvé sledovania elektrodermálnej aktivity kože siahajú až do minulého storočia. Zásadný objav elektrodermálnych dejov zaznamenali dvaja vedci - francúzsky neurológ Féré a ruský fyziológ Tarchanov. Počas prebiehajúcich výskumov o sebe vzájomne nevedeli ale ich práce boli veľmi podobné. Rozdielom pozorovania elektrodermálnej aktivity kože, bol typ použitej metódy. Francúzsky neurológ Féré použil exosomatickú metódu s využitím jednosmerného vonkajšieho prúdu a ruský fyziológ použil endosomatickú metódu. Vďaka týmto a neskôr iným rovnako významným objavom sa elektrodermálne meranie rozdelilo na viaceré podskupiny [12].

Veľkú úlohu zohráva meranie elektrodermálnej aktivity kože v klinickom výskume pri pozorovaní emočného správania, alkoholizmu, depresii, porúch spánku, schizofrénii a iných závažných chorôb. Podľa viacerých autorov je pri týchto poruchách aktivita sympatika zvýšená, čo má za následok zvýšenú elektrodermálnu aktivitu. Tá vedie k zníženiu vodivosti kože a následne k zvýšeniu elektrického odporu. V niektorých prácach je možné, že toto tvrdenie je vyvrátené a uvádzajú sa naopak nižšie hodnoty elektrodermálnej aktivity. Táto nezrovnalosť v tvrdeniach poukazuje buď na nerovnováhu autonómneho nervového systému alebo na jeho jedinečné (individuálne) nastavenia pre každého človeka [14].

Bakalárska práca sa predovšetkým zaoberá meraním kožnej vodivosti. Hlavným cieľom práce je zostaviť pracovisko pre meranie kožnej vodivosti a zistiť, k akým zmenám kožnej vodivosti dochádza v závislosti od pozitívnych či negatívnych emócií, ktoré sú simulované počúvaním hudby. Ďalším cieľom je pozorovať zmeny emočného stavu dobrovoľníkov pred a po meraní, pomocou dotazníkovej metódy. Všetky signály z meraní boli získané vďaka zariadeniu BIOPAC System a ďalej boli spracované a vyhodnotené programom Matlab R2013a.

## 2 Anatómia a fyziológia kože

Koža (cutis) je považovaná za najväčší orgán ľudského tela a je jeho neoddeliteľnou súčasťou. Pokrýva celé ľudské telo, oddeľuje organizmus od vonkajšieho a vnútorného prostredia. Kvalita kože sa vyvíjala v značnej miere už v priebehu evolúcie, (fylogénéza) a má aj adaptačný priestor behom života jedinca (ontogénéza) [1], [2].

### 2.1 Anatómia a morfológia kože

Plocha kože závisí na základných antropometrických parametroch človeka. V priemere je plocha kože u dospelého 1,85 m<sup>2</sup>. Naopak u novorodencov je priemerná plocha kože len 0,25 m<sup>2</sup>. Plocha kože sa percentuálne dá vyjadriť ku častiam tela jednotlivo. Hlava a krk tvoria približne 11%, trup okolo 30% a horné končatiny s dolnými tvoria najväčšie percentuálne zastúpenie 59%, z ktorých 36% tvoria dolné končatiny a 26% tvoria končatiny horné.

Hmotnosť kože predstavuje jednu šesťnástinu ľudského tela, čo je približne 4,5 kg. K hmotnosti kože sa radí aj podkožný tuk, ktorý tvorí približne 14% telesnej hmotnosti, čo je približne 10 kg.

Čo sa týka hrúbky kože, tak aj tá je rôzna, v závislosti od miesta na ľudskom tele. Samozrejme, že telo má oblasť najtenšej a najhrubšej kože. Najhrubšia koža je na dlaniach a chodidlách. Hrúbka kože tu dosahuje okolo 3,6 mm. Najtenšia koža je v oblasti kožných viečok s hrúbkou len 0,1 mm [1], [3].

Farba kože závisí od pigmentu melanínu, ktorý ma tmavohnedú farbu. Čím menej koža obsahuje melanínu, tým je bledšia. Farbu neovplyvňuje len obsah melanínu, ale taktiež množstvo nemelanínových pigmentov, medzi ktoré patria trichosiderín, melanoid, karotény a hemoglobín. Výslednú farbu kože výrazne podmieňuje i krv pretekajúca arteriolami, arteriolovenulárnymi spojkami, kapilárami a venulami. V lekárstve sú zmeny farby kože často cenným a citlivým diagnostickým ukazovateľom celkových porúch organizmu.

Teplota na povrchu kože sa za normálnych fyziologických podmienok pohybuje v rozmedzí 32-36,6 °C. Samozrejme, že ani teplota nie je na každom mieste ľudského tela rovnaká. Najteplejším miestom na tele sa považuje oblasť podpazušia, ktoré je zároveň považované za miesto najčastejšieho merania teploty ľudského tela vôbec. Najchladnejšie miesto na tele je v oblasti ušných lalôčikov. Teplotu kože ovplyvňuje aktivita organizmu,

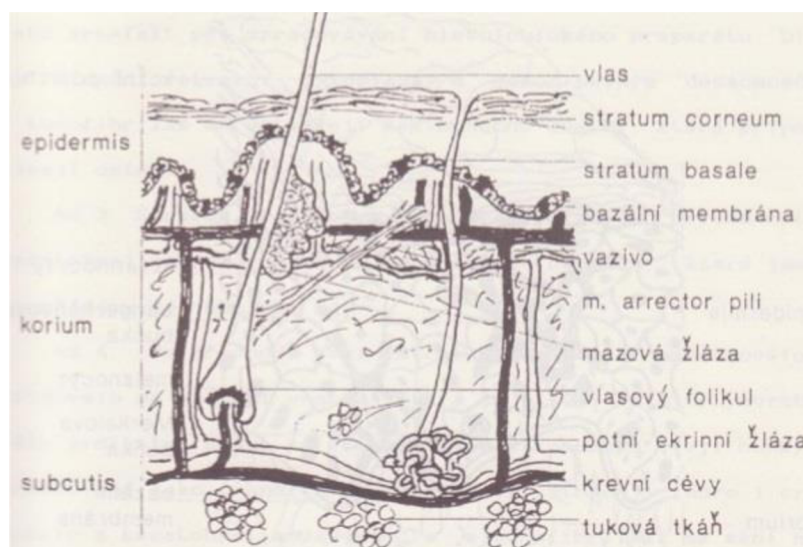
funkčný stav kožných ciev, teplota pretekajúcej krvi, vlhkosť, prúdenie vzduchu a v neposlednom rade hrúbka tukovej vrstvy na ľudskom tele. U ľudí trpiacimi obezitou je známe, že majú vyššiu teplotu ako ľudia normálnej hmotnosti [1], [3].

Koža sa rozdeľuje na dve vrstvy. Konkrétne pokožku (epidermis), zamšu (dermis), ktorej súčasťou je riedke podkožné väzivo (tela subcutanea - hypodermis).

Epidermis sa vyznačuje ektodermálnym pôvodom a štruktúrou bez lymfatických a krvných ciev. Táto štruktúra sa nazýva celulárna. Pokožku tvoria aj deriváty kože, medzi ktoré sa zaraďujú zrohovatené útvary. Do tejto skupiny patria nechty a vlasy (chlpy). Kožné receptory majú rovnaký pôvod ako pokožka a teda pôvod ektodermálny.

Dermis má naopak pôvod mezodermálny a je druhou vrstvou kože. Dermis sa ďalej rozdeľuje na corium, ktoré sa vyznačuje kompaktnosťou (corium) a riedkym podkožným väzivom (tela subcutanea). Povrchová vrstva kória (pars papillaris) obsahuje sieť vlákien tvorených kolagénom a elastínom a má veľa buniek. Spodnejšia vrstva (pars reticularis) má naopak málo buniek. Obsahuje husté zväzky kolagénových fibril a malý počet elastických vlákien. V dermis tvoria následne fibrily zväzky, ktoré sa medzi sebou prepletajú a šikmo krížia. Podmieňuje to takzvanú štiepnosť kože. Z hľadiska hojenia rán, majú štiepne čiary veľký význam. Rezy vedené v smere štiepných čiar zanechávajú nenápadné jazvy.

V tele subcutanea sú uložené najmä tukové bunky. Okrem tukových buniek tu môžeme taktiež nájsť lymfatické cievy, krvné cievy a nervy. Kľbká potných žliaz a vlasové folikuly sú spojené mazovými žľazami. Obrázok 1 podrobne popisuje anatomickú stavbu kože [1], [3].

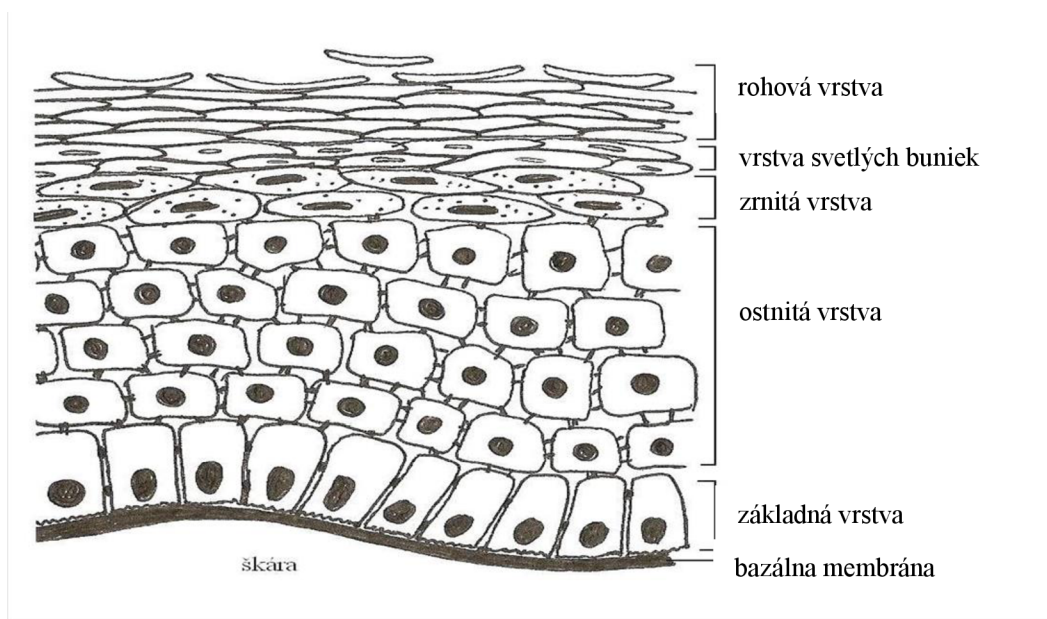


Obrázok 1 – Anatomická stavba kože [4]

Z mikroskopického hľadiska sa dá povedať, že epidermis je zložená z buniek, ktoré vytvárajú až päť vrstiev.

Medzi tieto vrstvy patria:

- základná (stratum basale)
- ostnitá (stratum spinosum)
- zrnitá (stratum granulosum)
- svetlá (stratum lucidum)
- rohová (stratum corneum)



Obrázok 2 – Schematické znázornenie stavby pokožky [4][5]

Najhlbšia vrstva nesie názov základná (stratum basale), ako je možné vidieť a predstavuje rezervné elementy – vid' Obrázok 2. Tieto elementy zabezpečujú obnovu buniek kože vďaka mitotickému deleniu. V závislosti od intenzity tvorby nových buniek je určitou mierou obnovy epidermy ako celku. Bunky, ktoré takto vznikli sú za bežných podmienok schopné prežiť tri až štyri týždne. Zistilo sa to na základe migrácii buniek, ktoré putovali z bazálnej vrstvy. Rýchlosť obnovy sa však v jednotlivých oblastiach tela mení a závisí od mechanických a iných rozličných vplyvov [1], [5].

Vrstva ostnitá (stratum spinosum) tvorí s vrstvou základnou (stratum basale) vrstvu stratum germinativum Malpighii. Vrstva ostnitá obsahuje polygonálne bunky, ktoré sú spojené pomocou desmozomov. Medzibunkové priestory sú vyplnené tkanivovým mokom. Odolnosť kože zaisťujú cytokeratínové filamenty v cytoplazme. Pri obnažení tejto vrstvy začne koža postupne vlnúť a mokvať.

Vrstva zrnitá (stratum granulosum) je tvorená z plochých buniek, ktoré sú usporiadané do jednej alebo viacerých vrstiev. V tejto vrstve sa tvoria hrubé zrná keratohyalínu, ktoré sa

bazofilne farbja a sú medziproduktom rohovania. Stratum granulosum má funkciu chránenia kože proti účinkom látok pôsobiacich z okolia. Túto funkciu zabezpečuje uvoľňovanie granúl fosfolipidového charakteru pomocou exocytózy. Exocytózou sú uvoľňované do medzibunkových priestorov.

Svetlá vrstva (stratum lucidum) je tenká vrstva, ktorá pozostáva z dvoch až troch vrstiev buniek, ktorých jadrá stratili schopnosť farebnosti. Cytoplazma je homogénna. Dochádza tu k premene keratohyalinu v eleidínu, na granuly glykogénu. Stratum lucidum má veľmi dôležitú úlohu bariérového charakteru.

Rohová vrstva (stratum corneum) je oproti vrstve stratum lucidum tvorená bunkami, ktoré sú bezjadrové a sploštené – nazývajú sa korneocyty. Na základe tejto poslednej najvrchnejšej vrstvy, sa rozlišuje či je epidermis typu tenkého alebo naopak hrubého. Samotná vrstva sa ďalej delí na spodnú vrstvu (stratum conjunctum), ktorá je kompaktná a horná vrstva (stratum disjunctum), ktorá má vlastnosť olupovania sa [1], [5], [6], [7].

## 2.3 Funkcia kože

Koža ma niekoľko významných a životne dôležitých funkcií. Medzi jej najdôležitejšiu funkciu patrí ochrana proti negatívnym vplyvom vonkajšieho prostredia. Okrem toho má koža funkciu imunitnú, termoregulačnú, exkretčnú, resorpčnú a samočistiacu. Okrem týchto funkcií má koža aj niekoľko iných „nelekárskych“ významov ako je sociálny, spoločenský a sexuálny. Kožu navyše tiež zaraďujeme k percepčným orgánom, najmä pre modalitu ako sú dotyk, teplo, chlad a bolesť.

Ochranná funkcia kože je veľmi dôležitá, pretože je vystavovaná neustálemu kontaktu s prostredím a teda plní funkciu obalu pre tkanivá a orgány, ktoré sú uložené pod ňou. Na kožu pôsobia rozličné škodlivé vplyvy. Koža chráni tkanivá pred mechanickými, fyzikálnymi, chemickými škodlivinami a vplyvmi žiarenia. Ochranný plášť kože, ktorý zabezpečuje jej ochranu, sa skladá hlavne z vody, lipidov a bielkovín. Ochranný filter má pH v rozmedzí od 4,5 do 6 a má proti účinkom pre slabé kyseliny a zásady. To, aby koža bola neustále hydratovaná a nebola vyschnutá závisí práve od kvality plášťa. Kvalita plášťa je podmienená vlastným metabolizmom pokožky, sekréciou a zložením mazu i potu. Ochranný film sa vytvára zmiešaním mazu, tvoreného v mazových žľazách a potu. K tomuto zmiešaniu dochádza na koži. Ochranný film zle prepúšťa vodu a chráni tak kožu pred možným vysychaním. Samozrejme, že s vekom sa zloženie aj množstvo mazu líši. Maz (vernix caseosa) je biely sekret



mazových žliaz, ktorý nachádzame na koži novorodencov tesne po pôrode. Jeho hlavnou funkciou je ochrana proti vonkajším škodlivinám [8].

Odolnosť kože pred deformáciou mechanickými vplyvmi zvyšuje jej pružnosť, pevnosť a ľahšia posunovateľnosť oproti spodine. Zrohovatené bunky na povrchu pokožky majú nízku vodivosť tepla, takže chránia organizmus aj pred stratami tepla.

Melanín patrí medzi prírodné tryptaminy. Je obsiahnutý v pokožke, chráni kožu pred nežiadúcimi účinkami, žiarením ultrafialového svetla a to tým spôsobom, že tieto ultrafialové zložky pohlcuje. V dôsledku toho v pigmentových bunkách pribúda melanín, ktorý sa tvorí z tyrozínu. Vyskytuje sa v dvoch farbách a to v redukovanej (hnedej farbe) alebo v oxidovanej forme (červená farba). Tvorbu melanínu ovplyvňujú vonkajšie a vnútorné faktory. Medzi vonkajšie faktory patria teplo, ultrafialové žiarenie a niektoré chemické látky. Do vnútorných faktorov sa zaraďuje normálna funkcia obličiek, vplyvy nervového systému a dostatočný prísun vitamínov A a B [8].

Bunky obsahujúce keratín majú ochrannú funkciu hlavne chemickými vplyvmi. Je známe, že tieto bunky s keratínom sú chemicky a fyzikálne najstabilnejšie zo všetkých [1].

Depotná funkcia kože je dôležitá v dojčenskom veku života dieťaťa. Dôvodom je, že koža a podkožie prijímajú, viažu a vydávajú množstvo vody a elektrolytov. Organizmus sa tým pádom ľahšie vyrovnáva s nárazovým zaťažením týchto látok.

Vitamíny rozpustené v tukoch, rozpustené látky a niektoré anorganické látky sa uskladňujú v koži. Lokálnymi degeneratívnymi procesmi alebo ukladaním látok z iných miest organizmu, vznikajú rozličné látky v koži. Tento proces nastáva pri patologických okolnostiach. K deponovaniu dochádza u látok anorganického alebo organického pôvodu.

Kožné cievy tvoria subpapilárne riečiská. Subpapilárne riečiská sú bohato inervované a reflexne sa môžu meniť. Kožu je možné považovať aj za nádrž krvi. Vďaka tejto nádrži sa časť krvi z kože môže presunúť k iným častiam tela, ktoré to potrebujú.

Imunitná funkcia je taktiež jednou z najdôležitejších funkcií kože. Bunky, ktoré tvoria kožu sa radia medzi bunky tvoriace mononukleárny fagocytózový systém a zúčastňujú sa na tvorbe protilátok. Samotná tvorba protilátok, má veľký význam pri rôznych diagnostických testoch. Koža ako taká zabezpečuje autodezinfekčné procesy a ochranu proti infekcii. Tieto dve funkcie kože prebiehajú vďaka mastným kyselinám kožného mazu, ako je napríklad kyselina olejová. Dôležitou podmienkou pre autodezinfekciu je kyslé pH kožného povrchu (< 7,0, najčastejšie pH = 5,5) a jeho relatívne nízka vlhkosť. Zbavenie sa nečistôt pomocou samočistenia aj bez ošetrovania, napomáha kožný reliéf spolu s kvalitou ochranného plášťa.

Špina a rôzne mikroorganizmy sa transformujú do buniek folikulárneho systému, kde sa následne spracovávajú [1].

Termoregulačná funkcia kože má spoluúčasť na termoregulácii kože celého organizmu. Tepelnú izoláciu tela zabezpečuje zrohovatená vrstva epidermy ale najmä podkožný tuk. Prietok krvi určuje reguláciu tepelných zmien v rámci kože. Teplo vedené tkanivami sa prevádza horšie, oproti teplu vedenému pretekajúcou krvou. Z toho vyplýva, že prietok krvi je schopný sa zvýšiť až na 12% minútovému objemu srdca. Pri vazodilatácii a vazokonstrikcii, dochádza k zmene prekrveniu kože, ktorá slúži ako odovzdávanie tepla do okolia. Hypotalamus reguluje prekrvenie v rozsiahlych oblastiach kože. Axónový reflex riadi lokálne zmeny prietoku krvi.

Exkrečná funkcia kože je závislá od kožných žliaz. Ku kožným žľazám patria mazové, potné a mliečne žľazy. Maz ako taký, je zložený z viacerých látok. Predovšetkým sú to neutrálne tuky, fosfatidy, cholesterol, estery, vyššie mastné kyseliny, nepatrné množstvo vyšších alkoholov, bielkovín a v neposlednom rade zo solí. Ľudské telo sa zbavuje nadbytku mazu vďaka vylučovaniu cholesterolu cez mazové žľazy. Mazové žľazy sú schopné vylúčiť toľko cholesterolu, koľko cholesterolu bolo prijatého počas dňa. Vylučovanie mazu závisí od ročného obdobia. Počas leta sa vylúči o 2-10 gramov viacej mazu ako cez zimu. To znamená, že produkcia mazu je závislá od okolitej teploty. Ďalšie faktory, ktoré ovplyvňujú vylučovanie mazu je lipidový metabolizmus, spôsob výživy, endokrinný systém a nervový systém. Potné žľazy sa podieľajú nie len na exkrécii ale slúžia aj pri regulácii telesnej teploty. Napomáhajú aj pri hospodárení organizmu s vodou a elektrolytmi [1], [3], [7].

Resorpčná funkcia kože je založená na schopnosti resorbovať látky rozličného druhu. Sú to látky nerozpustné alebo rozptýlené v tukoch, niektoré vitamíny a v neposlednom rade hormóny. Látky prechádzajú cez kožnú bariéru tromi spôsobmi. Aktívnym procesom, pasívnou difúziou a popripade osmózou. Aktívny transport je energeticky veľmi náročný prenos látok, pri ktorom sa spotrebovávajú ATP. Difúzia pracuje na princípe vyrovnávania koncentračných rozdielov. Pri tomto procese dochádza k spotrebe vlastnej pohonnej sily difúzie. Prechod látok cez kožnú bariéru pomocou osmózy nie je tak častý. Využitie tejto vlastnosti kože je v oblastiach terapeutických a kozmetických pri aplikácii masťových preparátov. Cez kožu do tela prenikajú aj toxické látky, ako napríklad kyanovodík, ortuť, nikel, anylín, hebricídy a pesticídy.

Percepčná funkcia kože sa zúčastňuje pri percepcii tlaku, chladu, dotyku a povrchovej bolesti. V povrchových vrstvách kože sú rozmiestnené receptory, ktoré poskytujú informácie o všetkých zmenách, ktoré pôsobia na povrch ľudského tela. Ich dráždenie odovzdáva vzruch

do centrálnej nervovej sústavy (CNS). Podmienené a nepodmienené reflexy sa podieľajú pri formovaní špecifických pocitov. Je to vďaka dráždeniu receptorov, ktoré ich vyvolávajú. Podľa modality pocitu a typu podnetu, ktoré evokujú senzorické zakončenia kože, sprostredkovávajú percepciu jemnej dotykovej citlivosti Merkelove disky a Meissnerove telieska, tlak sprostredkujú Vaterove – Paciniho telieska, teplo termoreceptory a bolesť sprostredkujú voľné nervové zakončenia. Z pohľadu funkčnosti, je možné na koži zisťovať aj takzvané citlivé body. Tieto citlivé body sú určené pre rozličné modality a kvality podnetov. Na 1 cm<sup>2</sup> povrchu kože, pripadá 5 – 200 taktilných bodov. Bodov citlivých na bolesť je 100 – 200/1 cm<sup>2</sup>. Chladových bodov je 12 – 13/1 cm<sup>2</sup>. Najmenší počet bodov na 1 cm<sup>2</sup> kože je citlivých na teplo. Rozmiestnenie jednotlivých bodov po celom ľudskom tele je odlišné, ale pre všetkých ľudí rovnako platné [1], [3], [7].

Sociálny význam kože je skrytý v koži na tvári, ktorá má dôležitú úlohu pri komunikácii. Na tvár sa upínajú priečne pruhované mimické svaly. Odpoveď na otázku, koľko svalov sa podieľa pri vytvorení výrazu na tvári z anatomického pohľadu nie je ťažké zodpovedať. Zložitejšie je určiť, koľko rôznych výrazov tváre, sme schopní pomocou svalov vytvoriť. Podľa nášho výrazu tváre je ľahké určiť, či sa tešíme, hneváme, bojíme, smútime alebo sa zlostíme. Mimika, ktorá vyjadruje ľudské pocity, sa považuje za reč ľudského tela, je súčasťou tzv. nonverbálnej komunikácie medzi ľuďmi. Zaujímavosťou je, že pri častom stretávaní sa s inými ľuďmi, môže človek nechcene prevziať ich gestá či mimiku.

Samotný vzhľad kože predstavuje aj spoločenský význam. Charakter vzhľadu kože sa vyvíja historicky, na základe etnických príslušnosti, ale aj podľa aktuálnej módy. Domorodí Afričania a americkí indiáni, sa maľovali podľa situácie - inak sa maľovali do boja, inak na miestne oslavy. Černosi si telá skrášľujú keloidnými jazvami.

Nesmie sa zabudnúť ani na to, že koža má taktiež sexuálny význam. V sexuálnom živote majú ľudské dotyky významnú úlohu. Hmatové kožné telieska a voľné nervové zakončenia sú v koži účelovo koncentrované, okrem brušiek prstov, na perách a v oblasti okolo genitálií.

V bežnom živote majú veľkú úlohu taktiež pachy a vône ako také. Človek si sám neuvedomuje svoju vôňu. Skôr pociťuje vôňu iných. Niektorí lekári dokážu určiť diagnózu podľa čuchu (napr. diabetika). V dnešnej dobe si človek svoju prirodzenú vôňu prekrýva častým sprchovaním, dezodorantmi a parfémami. Prijemná vôňa taktiež zohráva dôležitú úlohu pri pohlavnom styku, tak zo strany muža ale aj ženy [1], [2].

## 2.4 Kožné adnexy

Pod pojmom kožné adnexy, sa myslia kožné deriváty, ktoré vznikajú z epitelu pokožky. Medzi kožné adnexy patria:

- zrohovatené útvary (vlasy, chlpy, nechty)
- kožné žľazy (potné, mazové, mliečne)

Vlasy (chlpy) sa nachádzajú vo vlasovej pošve. Na jej spodine sa nachádza škárová papila, ktorá je zásobená cievami. Následne na túto časť nasadá vlasová cibulka. Z tejto oblasti vyrastá vlasová pošva von. Vrstvu kôrovú a dreňovú môžeme rozlíšiť pri silnejších vlasoch (chlpoch). Kôrová vrstva pozostáva z pretiahnutých buniek, ktoré obsahujú pigment. Zrohovatené bunky, ktoré obsahujú aj menej pigmentu, sú vo vrstve dreňovej. Je zaujímavé, že šedivanie vlasov podmieňujú vzduchové bublinky, prenikajúce medzi vlasové bunky. Taktiež nedostatky vo výžive sa ako prvé môžu prejavovať na vlasoch. Vlasy sú suchšie, dochádza k ich nadmernej lámavosti, k lokalizovanému vypadávaniu, ku strate lesku a k samotnej zmene farby.

Nehty taktiež patria k zrohovateným útvarom. Je to rohovitá doštička vyrastajúca z lôžka kože krytá kožným záhybom. Nechtové lôžka obsahujú zárodočné bunky pokožky. Pretože sú bohaté na kapilárne siete majú nechty ružovú farbu. Telo nechtu tvoria vlastne odumreté bunky. Pri silnom poškodení zárodočnej vrstvy, odpadáva celý necht. Kvalitu nechtov ovplyvňuje vždy strava, ktorá by mala byť bohatá na vápnik, bielkoviny a v neposlednom rade vitamíny, ako napríklad vitamín A a vitamín D.

Zmena farby nechtu môže zodpovedať rôznym ochoreniam. Biela farba nechtu je príznakom anémie, modrá farba je prejavom slabého okysličovania krvi (cyanóza), zelené sfarbenie zodpovedá lokálnemu zápalu kože a žlté sú typické pre nechty fajčiara. Pri cyanóze taktiež dochádza k sfarbeniu kože na modrošialovo. Ďalšie zmeny na nechtoch si je možné všimnúť na pozdĺžnom a priečnom ryhovaní, nechty strácajú svoj lesk, dochádza k ich štiepeniu a deformovaniu lôžka nechtu. Nedostatok zinku a vápnika sa na nechtoch prejavuje formou bielych škvŕn a prúžkov. Bodkované priehlbinky sú prejavom psoriázy alebo ekzému. Hrubnutie nechtovej platničky na voľnom okraji, s vytváraním podnechtovej hyperkeratózy, je často prejavom plesňového ochorenia [3], [9], [10].

Existencia kožných žliaz bola spomenutá pri exkretnej funkcii, v nasledujúcej časti bude doplnená. Mazové žľazy sa nachádzajú vedľa každého vlasu v korii. Jediným miestom na ľudskom tele, kde sa nenachádzajú mazové žľazy sú dlane. Denne dochádza k vylučovaniu

2 gramov mazu. Ľudské telo je pokryté 100-300 tisícami mazových žliaz. Samozrejme, že maz má rozličné zloženie v závislosti od žliaz, ktoré ho vylučujú. Medzi tieto žľazy sa zaraďujú napríklad žľazy vonkajšieho zvukovodu, žľazy vnútornej strany predkožky a žľazy v okolí genitálií.

Pri potných žľazách, spomínaných vyššie je popísaná ich hlavná funkcia. Miesto, kde ústia potné žľazy je vo vlasových pošvách, ktoré sú hlboko uložené v dermis. Priemerný počet potných žliaz u človeka je 2,5 milióna. Rozdeľujeme ich do dvoch skupín:

- Ekrinné žľazy
- Apokrinné žľazy

Ekrinné žľazy sú prítomné na celom povrchu tela. Najviac sa však nachádzajú na dlaniach, prstoch a stupajach. Zabezpečujú vylučovanie tekutiny, ktorá obsahuje hlavne vodu, chlorid sodný (NaCl), močovinu a kyselinu mliečnu. Pri zvýšenej teplote prostredia dochádza k aktivácii týchto žliaz. Taktiež reagujú na psychický stres. Tento fakt je najdôležitejší práve vo vzťahu k meraniu kožnej vodivosti.

Apokrinné žľazy sú lokalizované v axilárnej oblasti, na prsníkovom dvorci a v okolí genitálií. Ich vývoj sa začína vo vlasových folikulách, z ktorých vznikajú. Ich aktivácia prichádza v puberte, kedy vylučujú sekrét obsahujúci pachové a dusíkaté látky. Medzi pachové látky patria ľudské feromóny a pH potu je 4,0-6,75. Pevné látky tvoria 0,5-2,5 % potu a zvyšok je voda. Najväčší podiel z anorganických látok pripadá na NaCl. Z organických látok je to močovina s 0,3-0,5%. Pot tvorí aj kyselina urokanová, ktorá je ochranným faktorom proti ultrafialovému žiareniu.

Mliečna žľaza, je najväčšia párová kožná žľaza. Je rozdielnej veľkosti u mužov a žien vzhľadom k funkcii, ktorú plní. Po pôrode má táto žľaza produkovať materské mlieko. Pre to u mužov mliečne žľazy počas puberty nezväčšujú. Naopak ženské prsia sa skladajú z pätnástich až dvadsiatich samostatných žľazových lalôčikov, ktoré sa opierajú o spodinu na veľkých prsných svaloch. Po dosiahnutí pohlavnej zrelosti, mliečna žľaza prechádza cyklickými zmenami, ktoré sú podmienené sekréciou pohlavných hormónov. Vývod prsných žliaz ústi v prsnú bradavku, s rovnakým počtom otvorov ako u samostatných lalokov [1], [3], [11], [12], [13].

## 3 Elektrodermálna aktivita kože (EDA)

Termín elektrodermálna aktivita kože (EDA) sa zaznamenal už v minulom storočí. Od tejto doby je tento parameter meraný pri výskumoch, štúdiách a iných prácach spojených s kožnou vodivosťou. Johnson a Lubin v roku 1966 zaviedli ako prví pojem EDA. O rok neskôr, konkrétne v roku 1967, bol podaný návrh na štandardizáciu zo strany terminologickej komisie Združenia psycho-fyziologických výskumov. Tento návrh bol publikovaný a dodnes je vo všeobecnosti uznávaný. EDA je známa ako spoločný termín pre všetky elektrické javy v koži. Zahŕňa teda všetky aktívne a pasívne elektrické vlastnosti, ktoré siahajú až do kože. Sú to napríklad potenciál a vodivosť kože.

EDA sa radí medzi neinvazívne nástroje pre monitorovanie psychologických procesov. Je založená na predpoklade že, koža ako taká je nevodivá vrstva (alebo je minimálne vodivá). To, že sa z nej stane vrstva vodivá je spôsobené dôsledkom potenia [14], [15].

### 3.1 História EDA

História výskumu v oblasti EDA je veľmi široká a bola dôkladne preskúmaná Neumannom a Blantonom. Siahajú až do experimentov vykonávaných v roku 1849 vďaka DuBois-Reymond v Nemecku. Vo svojej štúdií mal účastníka, ktorý dal buď ruky alebo nohy do roztoku síranu zinočnatého a v tomto postavení bolo možné pozorovať elektrický prúd prechádzajúci z jednej končatiny v pokoji do druhej, ktorá bola v kontrakcii. Pozorovaný jav bol považovaný DuBoisom – Reymondom za dôsledok vzniku svalových akčných potenciálov [14].

Ďalší experiment ukázal prepojenie medzi činnosťou potných žliaz a prietokom prúdu v koži. Tento pokus bol vykonaný vo Švajčiarsku v roku 1878 Hermannom a Luchsingerom. Zistili, že elektrická stimulácia sedacieho nervu má za následok sekréciu potu, ako aj elektrický prúd prechádzajúci podrážkou na rovnakej strane tela. Injekcia síranu atropínu predĺžila latenciu prúdu, znížila jeho intenzitu až k úplnému vymiznutiu prúdu na základe zástavy potenia. O tri roky neskôr, Hermann zopakoval experiment, ktorý vykonal o 30 rokov skôr DuBois - Reymond. Objavil, že oblasti so silnejším potením, ako sú na dlaniach a prstoch, majú väčší kožný prúd ako zápästia a miesta v oblasti lakt'ov. Ukázal tak význam ľudských potných žliaz v elektrodermálnych dejoch.

Zásadný objav elektrodermálnych dejov je odvodený z výskumov dvoch vedcov, ktorí v tej dobe o sebe pravdepodobne navzájom nevedeli. Jedná sa o francúzskeho neurológa Férého (1888) a ruského fyziológa Tarchanovova (1889). Féré použil vonkajší jednosmerný prúd a pozoroval pokles kožného odporu (skin resistance - SR) pri vystavení človeka rôznym podnetom. Je možné, že Tarchanov si nevšimol prácu Férého pred zverejnením svojich vlastných výsledkov v rovnakom francúzskom časopise. Techniky týchto dvoch vedcov sa ale líšili. Tarchanov nepoužil exosomatické metódy ako Féré ale endosomatické metódy, jasne predpokladal, že elektrodermálne javy ním pozorované boli výsledkom činnosti potných žliaz v závislosti na pôsobení sekrécie nervov. Pozoroval tok prúdu v pokoji, z oblastí bohatých na potné žľazy a domnieval sa, že jeho výsledky sú ukazovateľmi existencie nervového systému.

V roku 1928 a 1929, Gildemeister a Rein rozhodujúcim spôsobom prispeli k vyšetrovaniu pôvodov endosomatických EDA. Prvý krát vymedzili centrá pôvodu kožného potenciálu (skin potencial - SP). V roku 1929 Richter ako prvý uviedol hypotézu príčinného mechanizmu pre EDA, vrátane oboch epidermálnych a potných žľazových mechanizmov.

Rozsiahle hodnotenia elektrodermálnej metodiky a jej význam vo fyziologickom výskume boli poskytnuté Wechslerom, Woodworthom a Schlosbergom v knihe o experimentálnej psychológii [14], [16].

## 3.2 Typy EDA

Elektrodermálne meranie je možné rozdeliť do nasledujúcich troch kategórií:

- Endosomatické meranie
- Exosomatické meranie s jednosmerným prúdom
- Exosomatické meranie so striedavým prúdom

Elektrodermálne meranie, ktoré nepoužíva externé napätie sa nazýva endosomatické. V tejto metóde sú iba tie vlastnosti elektrodermálneho systému, ktoré vyplývajú z aktívnych zmien v systéme. Predpokladá sa, že elektrická energia pochádza z polarizovaných membrán v koži.

Metóda exosomatického nahrávania aplikuje jednosmerný prúd (direct current - DC), alebo striedavý prúd (alternating current - AC) do kože. Pri jednosmernom prúde je elektrodermálny systém podporovaný elektrickou energiou z externého zdroja, za použitia buď konštantného napätia alebo konštantného prúdu. Príslušné modely sa zameriavajú

predovšetkým na pasívne vlastnosti systému, v ktorom sú kondenzátory nabité a zmeny v signáli sú hlavne kvôli odporovým zmenám.

Tretia metóda sa používa len zriedka. Okrem systémových vlastností uvedených v druhej metóde, sú preskúvané odozvy na elektrodermálny systém v oscilačných signáloch a zahŕňajú zmeny v kondenzátoroch alebo nabitých membránach v koži [14].

K ďalšiemu deleniu došlo pri myšlienkach na rozdielnosť merania v závislosti na pozadí. Meranie prebieha buď na tonickom (L) alebo časovom pozadí (R). V oblasti L ide o meranie bez stimulov z vonkajšieho prostredia. Pri fázovej oblasti ide o zmenu, ktorá je spôsobená neočakávaným stimulom. Vedci tak došli k nasledovnému rozdeleniu. Každý pojem je presne definovaný tromi písmenkami, ktoré tvoria skratku:

- SRR=> skin resistance response (odozva kožného odporu)
- SRL=> skin resistance level (hladina kožného odporu)
- SCR=> skin conductance response (odozva kožnej vodivosti)
- SCL=> skin conductance level (hladina kožnej vodivosti)
- SPR=> skin potential response (odozva kožného potenciálu)
- SPL=> skin potential level (hladina kožného potenciálu)

Prvé štyri typy (SRR, SRL, SCR, SCL) sa považujú za exosomatické, pretože prúd je privádzaný zvonka. Posledné dva typy (SPR, SPL) sa radia medzi endosomatické práve preto, že zdroj napätia sa nachádza vnútri. Kožný potenciál a kožná vodivosť sa posudzujú oddelene, lebo napriek tomu, že majú zjavne spoločný pôvod, sú sprevádzané rozdielnymi javmi [15], [17], [18], [19].

### 3.3 Potenciál kože

Odozva kožného potenciálu (SPR) poukazuje na zmeny v hodnotách SP, zatiaľ čo koža poukazuje na potenciál (SPL). Hodnoty SP vypovedajú o SPL v každom časovom okamihu. SPR poznáme dvojfázovú, môže byť negatívna alebo pozitívna. Avšak, SPR môže mať tiež negatívnu uniphasic vlnu alebo uniphasic pozitívnu vlnu. Amplitúda negatívnej vlny SPR má typickú hodnotu okolo 2 mV a pozitívna vlna okolo 4 mV. SPL je ťažké stanoviť, pretože dlhšie trvá kým sa ustáli. To je hlavný dôvod, prečo je meranie SPR také komplikované. Pre endosomatické meranie potenciálu kože, je žiaduci optimálny stav. Optimálny stav je, keď



vstupný odpor zosilňovača je veľmi vysoký, v porovnaní s odporom kože. Použitie operačného zosilňovača je v tomto prípade nutnosťou. SPR je meraná v milivoltch [13], [17].

### 3.4 Vodivosť kože

Odozva kožného odporu SRR odkazuje na momentálne výkyvy v SR, rovnako ako starší termín (GSR – galvanická kožná odozva). Hladina kožného odporu (SRL) označuje predvolenú hodnotu SR v ľubovoľnom čase. Odozva kožnej vodivosti (SCR) a hladina kožnej vodivosti (SCL) sa nemerajú súčasne, ale samostatne. Jednotky vodivosti sú častokrát uprednostňovanejšie pred hodnotami rezistencie. Definícia vodivosti je považovaná za prevrátenú hodnotu odporu. Jedným z dôvodov, prečo sa uprednostňuje vodivosť je to, že hodnoty vodivosti sú vhodnejšie pre priemerovanie a pre štatistické manipulácie a sú priamo úmerné aktivite organizmu. Ďalším dôvodom je, že vodivosť sa zvyšuje s vyššou úrovňou vzruchu alebo aktivity organizmu. Naopak pri nižšej úrovni vzruchu, klesá vodivosť.

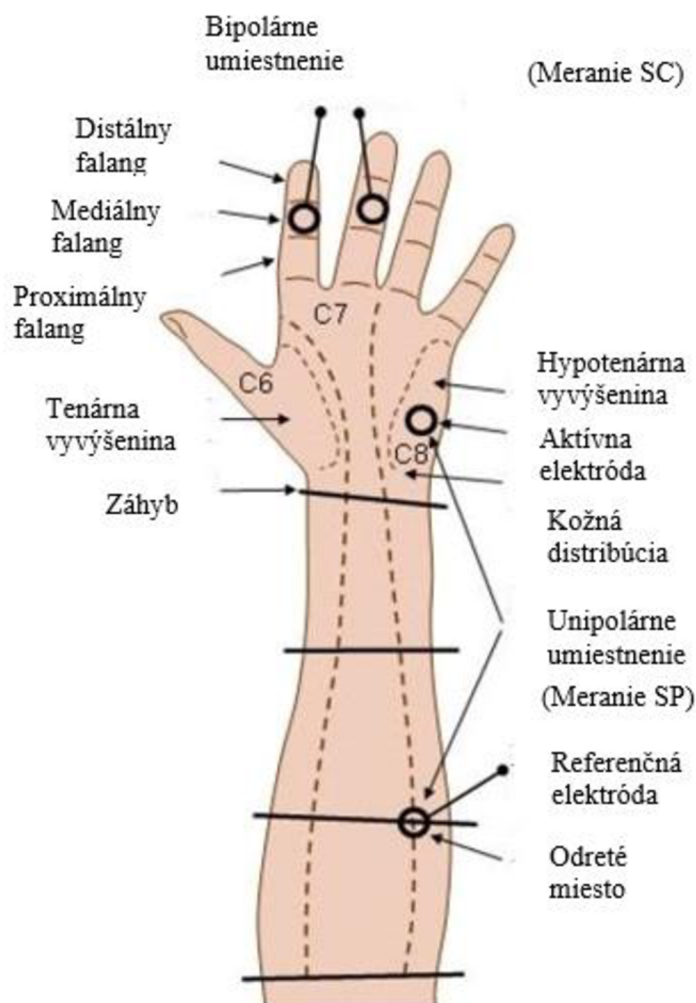
Amplitúda SCR vo všeobecnosti závisí na veľkosti elektród. Fázové zmeny sa pohybujú v intervale od 0,05  $\mu$ mho až do 5  $\mu$ mho. Na to, aby sa táto zmena prejavila, sú potrebné dve veci. V prvom rade je to podnet a v druhom rade je to doba čakania na prejav. Väčšinou táto doba netrvá dlhšie ako 3 sekundy. V staršej literatúre sa objavuje jednotka vodivosti mho a považuje sa za najtradičnejšiu. Mho, je to isté ako ohm, ibaže je hláskovaná opačne. Túto jednotku však v dnešnej dobe nahradila jednotka  $\mu$ S (mikrosiemens) [17].

### 3.5 Elektródy pre snímanie vodivosti

Všeobecne platí, že elektródy pre snímanie vodivosti sú buď Ag / AgCl (striebro/chlorid strieborný) alebo Zn/ZnSO<sub>4</sub> (zinok/síran zinočnatý). Pri meraní často dochádza k vzniku artefaktov. Artefakty vznikajú najmä pri stretnutí elektródovej pasty a potu. Elektródy typu Ag/AgCl sú uložené v plastovom obale a vyžadujú si vhodne zvolený typ elektródovej pasty. Elektródová pasta sa používa pri meraní EDA, kvôli snahe minimalizovať artefakty. Táto pasta má ekvivalentnú elektrolytickú hodnotu 0,3% NaCl. Pretože sa jedná o reverzibilný typ elektródy, polarizácia a skreslenie sú minimalizované.

Doporučené miesta na snímanie EDA sú predovšetkým chodidlá a dlane. Pre väčší komfort sa elektródy napájajú na druhý článok dvoch prstov. Je to prst druhý a tretí (ukazovák a prostredník) na ľavej ruke. Odporúčané miesta pre umiestnenie elektród sú uvedené na Obr.

3. Referenčná strana by mala byť odretá. Odstránením rohovinovej vrstvy sa zavádza oveľa menší odpor. Miesto na predlaktí je neutrálne, čo znamená, že je neaktívnym miestom. Preto sa tu vyžaduje len dobrý kontakt. Hoci odstránenie rohovinovej vrstvy na aktívnej strane by bolo v rozpore so skúmaním tohto systému, na referenčnej strane by nemala byť vnútená požiadavka, pretože by malo byť toto miesto neaktívne [18][18].



Obrázok 3 – Návrh elektród pre meranie kožného odporu a kožných potenciálov [17]

### 3.6 Meranie kožnej vodivosti a jej využitie

Kožná vodivosť sa v širšom slova zmysle meria výhradne na lekárske účely, v najčastejšej kombinácii ide o spojenie s psychikou a emóciami (detektor lži). Jedny z prvých publikovaných článkov s touto tematikou siahajú do sedemdesiatych rokov minulého storočia. Merania kožnej vodivosti v rámci štúdií sa robia po celom svete, Česká republika nie je výnimkou. Ako príklad uvádzam nasledujúci:

V roku 2001 Petr Šlechta z Psychologického ústavu AV ČR zverejnil štúdiu na tému „*Možnosti psychologické diagnostiky na základe dát kožnej vodivosti během testu slovních asociací*“. Táto štúdia bola zameraná na rozdiely základných parametrov kožnej vodivosti a ukazovateľov elektrodermálnej lability. Štúdia sa robila na dvanástich psychiatrických pacientoch a šestnástich zdravých osobách. Kožná vodivosť bola snímaná z oblastí dlaní, ako reakcia na základe slovných asociácií, ktoré boli vygenerované testom. Pri teste slovných asociácií mali merané osoby dĺžku odpovedového intervalu 15 sekúnd. Test obsahoval 10 slov emocionálne záporných, 10 slov emocionálne kladných a 20 neutrálnych slov. Vždy po neutrálnom slove, nasledovalo emocionálne slovo. Štatisticky vyšlo, že pacienti s psychiatrickými problémami mali amplitúdu kožnej vodivosti menšiu ako zdravé osoby. Pri odpovediach na záporné podnety sa skupiny medzi sebou nelíšili. Zaujímavé bolo, že pacienti mali reakčnú dobu na negatívne slovo dlhšiu v porovnaní so zdravými ľuďmi. [20].

# 4 Zariadenie BIOPAC System

BIOPAC System je univerzálny počítačový a meriaci systém slúžiaci pre zber dát. Zaoberá sa návrhom a tvorbou vzdelávacieho a výskumného softwaru, analytických systémov, elektród, nahrávacích príslušenstiev a iných. BIOPAC System je navrhnutý pre vysoké školy, nemocničné zariadenia a v neposlednom rade pre výskumné ústavy po celom svete. Tento systém neslúži na liečbu alebo prevenciu ochorení či ich diagnostiku. BIOPAC System sa skladá z troch častí.

Prvá časť je výskumná založená v roku 1989 a nesúca názov MP systems with AcqKnowledge. Biopac Student Lab & BSL PRO je vzdelávacia časť založená v roku 1997. Poslednou časťou je Biopac Science Lab a je považovaná za sekundárnu vzdelávaciu časť založenú v roku 2005 [21].

## 4.1 Biopac Student Lab

Biopac Student Lab je súčasťou BIOPAC System a svojím rozvojom prispieva ku vzdelávaniu a výskumným potrebám. Systém je navrhnutý tak, aby ho mohli používať študenti v laboratóriách pre záznam fyziologických parametrov zdravých osôb, zo zvierat alebo z tkanivových preparátov. Súčasťou BSL je hardware, software a fyziologické lekcie.

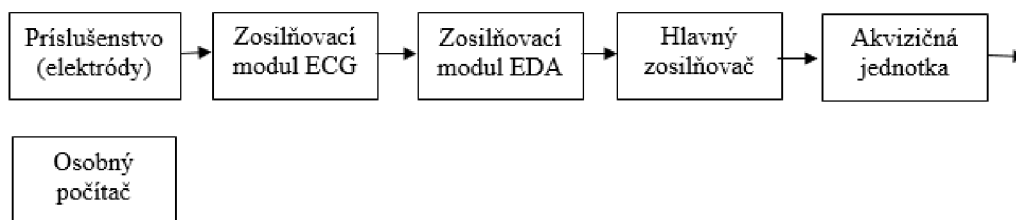
Súčasťou hardwaru je akvizičná jednotka umožňujúca snímanie a prevod signálov – vid' podkapitola 4.2.1.

Software slúži na nastavovanie parametrov pre meranie. Medzi výhody softwaru SBL patria flexibilita, výkonnosť a ľahká manipulácia.

BSL obsahuje viac ako šesťdesiatpäť fyziologických lekcií, ktoré sa môžu používať v rámci laboratórnych kurzov a školskej výuky [21].

## 4.2 Zostava pracoviska

Pri zostave pracoviska na meranie kožnej vodivosti, krvného tlaku a EKG boli využité rôzne pracovné jednotky a príslušenstvo zariadenia BIOPAC System. V nasledujúcich podkapitolách sú vymenované a popísané tie najdôležitejšie. Bloková schéma merania kožnej vodivosti slúži ako prehľad pri postupe zisku signálov – vid' Obrázok 4. Vzorkovacia frekvencia bola 500 Hz.



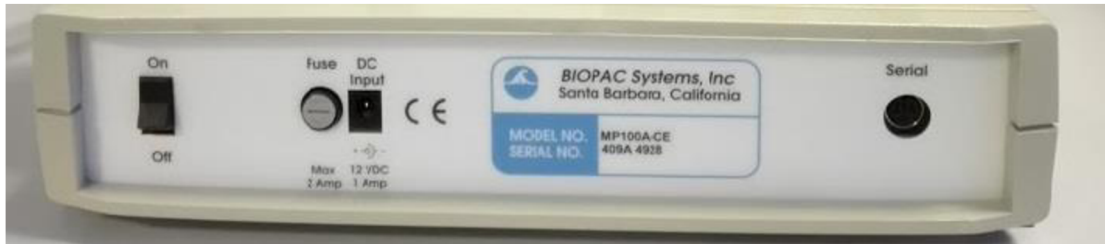
Obrázok 4 – Bloková schéma merania kožnej vodivosti, krvného tlaku a EKG

#### 4.2.1 Akvizičná karta

Akvizičná karta typu MP 100A sa používala pri zbere dát. Slúži na snímanie signálov a zber jednotlivých dát, ako sú napríklad elektrické signály zo srdca, svalov, nervov, mozgu, očí a podobne. Akvizičná jednotka je spojená s počítačom a hlavným zosilňovačom. S počítačom je spojená pomocou softwaru. Ide o software BSL PRO, ktorý je súčasťou BSL. Ten dokáže merať signály, analyzovať a vyhodnocovať ich. Hlavnou úlohou akvizičnej karty je, aby sa nameraný signál previedol z analógovej do digitálnej podoby, ktorá umožňuje načítanie dát v počítači. Bližšie parametre akvizičnej karty – viď Tabuľka 1 [21].

	Analógový vstup	Analógový výstup
Počet kanálov	16	2
Maximálny vstup napätia	$\pm 15 \text{ V}$	-
Maximálny výkon pri akvizícii	-	1 kanál, $\pm 10 \text{ V}$
Prevádzkové vstupného napätie	$\pm 10 \text{ V}$	-
Rozsah výstupného napätia	-	$\pm 10 \text{ V}$
Rozlíšenie A/D	16 Bitov	-
Rozlíšenie D/A	-	12 bitov
Presnosť (%)	$\pm 0,003$	$\pm 0,02$
Výstupný prúd	-	$\pm 5 \text{ mA (max)}$
Vstupná impedancia	$1.0 \text{ M}\Omega$	-
Výstupná impedancia	-	$100 \Omega$

Tabuľka 1 - Parametre analógového vstupu a výstupu akvizičnej karty



Obrázok 5 – Akvizičná karta typu MP 100A

#### 4.2.2 Hlavný zosilňovač

Hlavný zosilňovač typ UIM 100C slúži na zosilnenie signálu na úroveň vhodnú pre jeho ďalšie spracovanie. Taktiež slúži na pripojenie ďalších zosilňovacích modulov. Tieto moduly sú uchytené na bočnej strane hlavného zosilňovača. Na prednom paneli obsahuje šestnásť analógových vstupov plus dva výstupné kanále. Výstup zo zosilňovača môže byť monitorovaný počas všetkých akvizícií [21].

#### 4.2.3 Zosilňovací modul EDA

Zosilňovací modul pre meranie elektrodermálnej aktivity bol použitý typ EDA 100C. Taktiež plní úlohu zosilňovacieho modulu elektrodermálnej aktivity a poskytuje výstupy pre zapojenie elektród na meranie kožnej vodivosti, ktoré sa následne upevnia na pacienta. Samotný zosilňovací modul je pripojený k hlavnému zosilňovaču. K tomuto modulu elektrodermálnej aktivity kože môžu byť pripojené následne ďalšie zosilňovacie moduly. [21].

Zosilňovací modul EDA 100C bol nastavený nasledovne:

- Gain: 5  $\mu\text{S}/\text{V}$  - hodnota zosilnenia,
- DP : 1 Hz - nastavenie hodnoty dolnej priepusti,
- HP: 0,5 Hz – nastavenie hodnoty hornej priepusti.

#### 4.2.4 Zosilňovací modul EKG

Pre záznam elektrickej aktivity generovanej srdcom sa použil zosilňovací modul typu ECG 100C. Signály EKG sa u BIOPAC systému zaznamenávajú od ľudí, zvierat a izolovaných orgánových preparátov. Výstup EKG zosilňovacieho modulu môžeme prepínať medzi normálnym výstupom EKG a detekciou R - vlny. Režim R - vlny na výstupe vyhľadáva pulz s výskytom každej R - vlny. Časovanie R - vlny je detekované aj pri podmienkach extrémneho signálového artefaktu [21].

Zosilňovací modul EKG 100C bol nastavený nasledovne:

- Gain: 2000 – hodnota zosilnenia,
- 35 Hz LPN: ON – filter na odstraňovanie sieťového šumu,
- Mode: Norm - režim, v ktorom modul pracuje
- HP: 0,5 Hz – nastavenie hodnoty hornej priepusti.



Obrázok 6 – A: Hlavný zosilňovač UIM 100C, B: Zosilňovací modul EDA typu EDA 100C, C: Zosilňovací modul ECG typu ECG 100C [21]

#### 4.2.5 Finometer PRO

Ako externý vstup do hlavného zosilňovača UIM 100C bol pripojený analógový výstup zariadenia na neinvazívne, kontinuálne meranie krvného tlaku (prístroj Finometer PRO, FMS, Holandsko). Finometer je vo svete používaný v klinickom prostredí ale aj v pokročilom vedeckom výskume. Absolútna presnosť Finometra PRO vychádza z možnosti kalibrovať aktuálny tlak meraný na prste ruky s tlakom v ramennej manžete pomocou patentovanej RTF technológie (Return To Flow – RTF). Softvér ponúka online sledovanie, ukladanie, analýzu a hodnotenie získaných dát [22].

# 5 Meranie kožnej vodivosti

Meranie kožnej vodivosti prebehlo v laboratóriu na Fyziologickom ústave LF MU Brno za účelom zistenia vplyvu hudby na kožnú vodivosť. Na meraní kožnej vodivosti, krvného tlaku a EKG sa podieľali tridsať dobrovoľníci mužského a ženského pohlavia, vo veku od dvadsaťjeden do dvadsaťtri rokov. Postup merania bol nasledovný:

1. Vyplnenie pocitového dotazníka dobrovoľníkom pred meraním
2. Príprava subjektu a prostredia
3. Zapojenie elektród
4. Kludové meranie
5. Meranie pri počúvaní najobľúbenejšej pesničky
6. Meranie pri počúvaní najneobľúbenejšej pesničky
7. Odpojenie elektród od dobrovoľníka
8. Vyplnenie pocitového dotazníka dobrovoľníkom po meraní

## 5.1 Vyplnenie pocitového dotazníka pred meraním

Pred meraním mal dobrovoľník za úlohu vyplniť dotazník. Jeho vyplnenie nemalo trvať dlhšie ako päť minút. Dotazník sa skladal z niekoľkých častí. Hudobne zameraná časť spolu s pocitovou, boli kľúčové pre zahájenie merania. Dobrovoľník musel uviesť tri mená hudobných interpretov, ktorých má rád a názov jeho najobľúbenejšej pesničky alebo pesničiek. Ďalej musel uviesť rovnaký počet hudobných interpretov, ktorých naopak nemá rád a názov jeho najneobľúbenejšej pesničky, poprípade pesničiek. V časti zameranej na pocity bolo úlohou dobrovoľníka krúžkovať čísel na stupnici od 1 do 10 a priradenie k pozitívnym a negatívnym pocitom, na základe aktuálneho stavu, v ktorom sa dobrovoľník nachádzal. Všetky dotazníky sa po meraní vyhodnotili – vid' kapitola 7.4. Celý dotazník pred meraním sa nachádza v prílohách - vid' Príloha 1. Po vyplnení dotazníka bol dobrovoľník posadený do kresla.

## 5.2 Príprava dobrovoľníka a prostredia

Na celkovú prípravu dobrovoľníka a prostredia boli dve minúty. Počas jeho pobytu v kresle bol oboznámený o nasledujúcom postupe merania.

Pri príprave bolo potrebné vytvoriť také podmienky, aby vonkajšie prostredie malo čo najmenší vplyv na výsledky. V laboratóriu bol obmedzený počet osôb na maximálne dve osoby. Rolety na oknách boli zatiahnuté. Monitor počítača bol otočený tak, aby bol k videniu len



merajúceho aby dobrovoľník nebol zbytočne rozptýlený. Následne boli upevnené elektródy pre meranie kožnej vodivosti, EKG a manžeta pre meranie krvného tlaku.

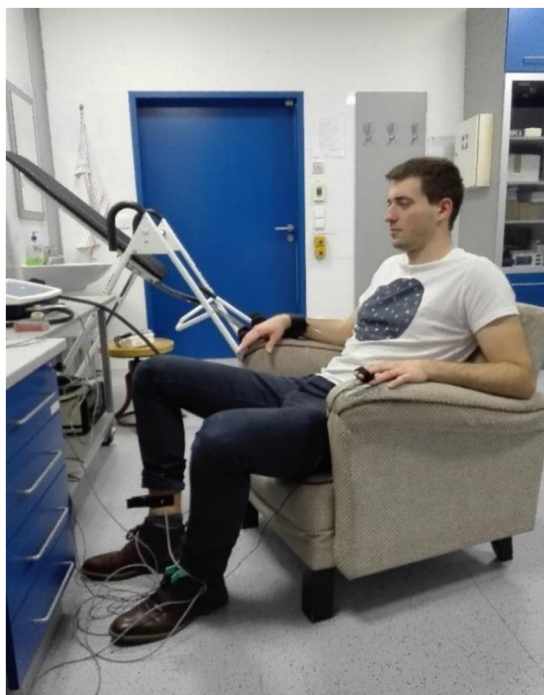
### 5.3 Zapojenie elektród

Zapojenie elektród a ich upevnenie na dobrovoľníka netrvalo viac ako dve minúty. Vykonávala ho vždy rovnaká osoba, aby podmienky pri jednotlivých meraniach boli čo najpodobnejšie. Na elektródy pre meranie kožnej vodivosti bol najskôr aplikovaný gél aby sa znížil odpor kože a zlepšilo sa prilnutie elektródy ku koži. Následne sa elektródy upevnili na ukazovák a prostredník ľavej ruky.

Pri meraní EKG signálu boli použité elektrokardiografické elektródy, na ktoré bol pre zlepšenie kontaktu s kožou aplikovaný roztok soli. Bol vytvorený klasický bipolárny končatinový zvod II - červená elektróda bola pripevnená na pravú hornú končatinu, zelená na ľavú dolnú končatinu a nakoniec čierna na pravú dolnú končatinu.

Krvný tlak bol meraný neinvazívnou metódou tep po tepu podľa Peňáza pomocou fotopletysmografie ( prstová nafukovacia manžeta s LED diódou, prístroj Finometer PRO).

Poznámka pre prax: V niektorých prípadoch sa nepoužíva klasické upevnenie elektród. U šoférov sa môže používať upevnenie elektród aj na zápästie. Odozvy sú síce slabšie, ale meranie je praktickejšie pretože neobmedzuje pohyblivosť prstov [23].

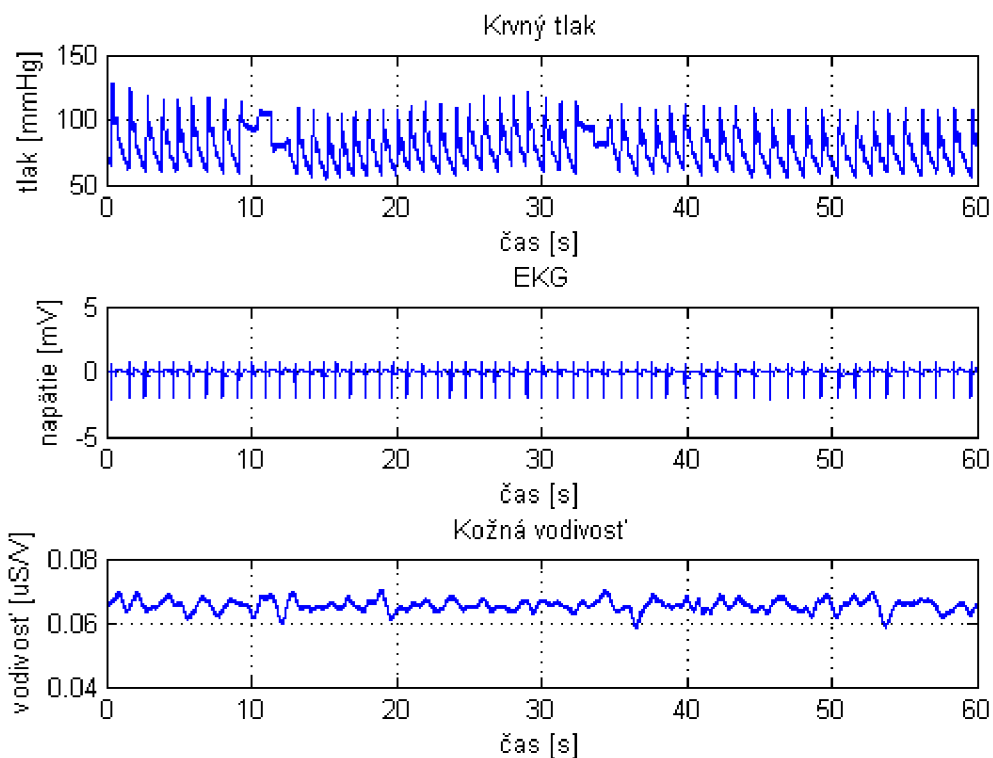


Obrázok 7 – Ukážka upevnenia elektród na dobrovoľníkovi pred meraním

## 5.4 Kludové meranie

Po zapojení elektród mal dobrovoľník krátky čas na oddych. Pri samotnom meraní mal po celý čas oči zatvorené. Jeho úlohou bolo čo najviac sa zrelaxovať.

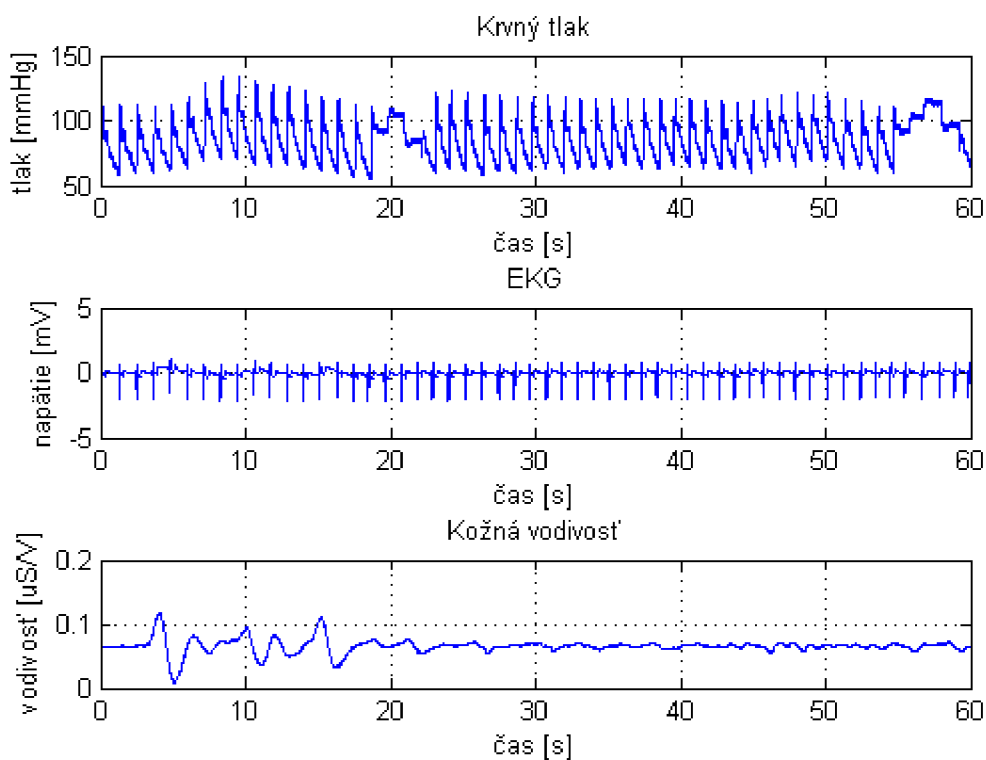
Zber dát prebiehal počas troch minút. Po skončení merania boli výsledky zobrazované na obrazovke počítača a potom uložené do počítača. Vykreslenie ukážky merania v klude podkapitole 5.4 prebehlo u dobrovoľníka číslo 24.



Obrázok 8 – Minútová ukážka merania v klude

## 5.5 Meranie počas najobľúbenejšej pesničky

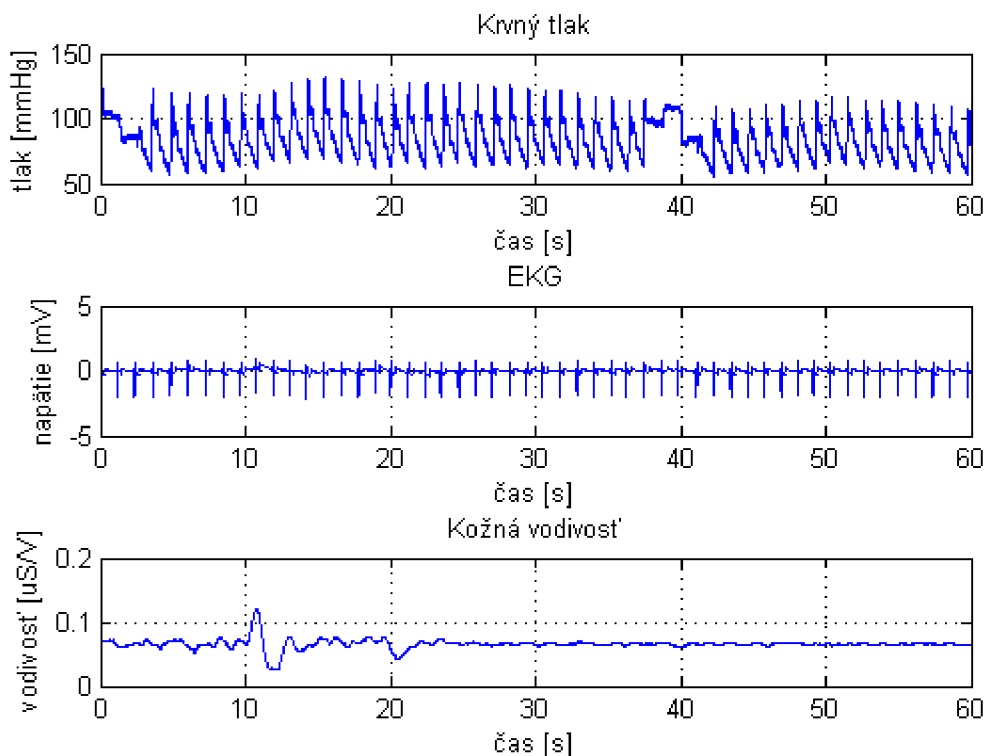
Rovnako ako kludové meranie aj meranie počas najobľúbenejšej pesničky prebiehalo tri minúty. Aj v tomto prípade mal dobrovoľník oči zavreté. Najobľúbenejšia pesnička bola zvolená na základe vyplneného dotazníka. Tá sa pustila pomocou aplikácie Spotify, priamo do slúchadiel umiestnených v ušiach dobrovoľníka. Meranie bolo spustené až po pár sekundách hrania pesničky. Slúchadla do uší boli buď k zapožičaniu alebo si dobrovoľník doniesol vlastné. Vykreslenie ukážky merania počas najobľúbenejšej pesničky v podkapitole 5.5 prebehlo u dobrovoľníka číslo 24.



Obrázok 9 – Minútová ukážka merania počas najobľúbenejšej pesničky

## 5.6 Meranie počas najneobľúbenejšej pesničky

Aj v tomto prípade meranie prebiehalo tri minúty, počas ktorých mal dobrovoľník oči zavreté. Rovnako ako v predchádzajúcom prípade bola najneobľúbenejšia pesnička pustená na základe vyplneného dotazníka. Nahrávanie bolo spustené tiež až po niekoľkých sekundách hrania pesničky. Dobrovoľník počúval pesničku cez slúchadlá v ušiach, vďaka aplikácii Spotify. Vykreslenie ukážky merania počas najneobľúbenejšej pesničky v podkapitole 5.6 prebehlo u dobrovoľníka číslo 24.



Obrázok 10 – Minútová ukážka počas najneoblúbenejšej pesničky

## 5.7 Odpojenie elektród od dobrovoľníka

Po absolvovaní predchádzajúcich častí merania kožnej vodivosti, krvného tlaku a EKG bol dobrovoľník odpojený od elektród. Čas na odpojenie elektród bol vyhradený na dve minúty. Potom už mal dobrovoľník pred sebou poslednú, záverečnú časť merania, pozostávajúcu z vyplnenia dotazníka.

## 5.8 Vyplnenie pocitového dotazníka po meraní

Ako pri vyplňovaní dotazníku pred meraním, tak aj tu bol určený časový limit na jeho vyplnenie. Na vyplnenie mal dobrovoľník maximálne päť minút času. Na rozdiel od predchádzajúceho dotazníka, tento mal len jednu časť. Dobrovoľník krúžkoval čísla od jedna do desať k pozitívnym a negatívnym pocitom. Stupnica hodnotenia minimálnej a maximálnej hodnoty sa nezmenila. Dotazník po meraní je dostupný v prílohách – vid' Príloha 2.

# 6 Spracovanie nameraných signálov

Celkové spracovanie, vykreslenie a analýza nameraných signálov prebiehala v programe Matlab R2013a. Pri spracovaní bol použitý Signal Processing Toolbox. Po zbere dát na dobrovoľníkoch sme získali signály merané v kľudových a záťažových podmienkach:

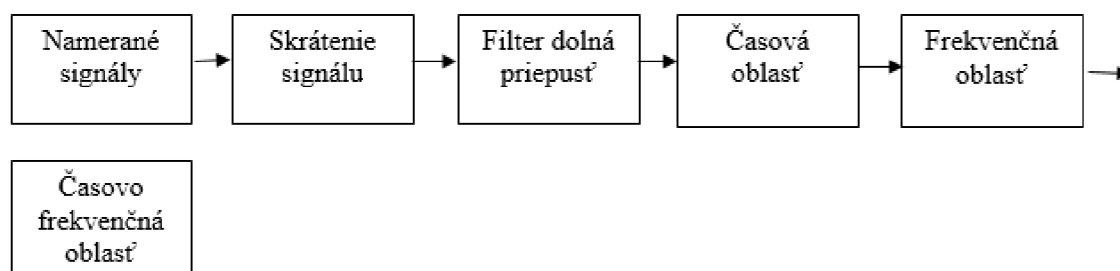
- Kľudový signál (K),
- Pozitívny signál (P),
- Negatívny signál (N).

V kľudových podmienkach bol signál označený za kľudový signál. Kľudové podmienky spočívali v nerušení dobrovoľníka a minimalizovaní vplyvov prostredia.

Pri záťažových podmienkach, teda pri počúvaní najobľúbenejšej pesničky, bol signál označený za pozitívny, a naopak pri najneobľúbenejšej pesničke sa signál označuje za negatívny.

## 6.1 Postup spracovania

Trojminútové signály boli skrátané na jednu minútu a ich začiatok bol zjednotený k momentu spustenia hudby. Signály získané meraním boli vzorkované s frekvenciou 500 Hz. Ako antialiasingový filter bola použitá dolná priepusť s frekvenciou 250 Hz. Skrátané signály boli vykreslené v troch rôznych oblastiach. Bloková schéma slúži na bližšiu predstavu o postupe, ktorý bol aplikovaný na K, P a N signál – vid' Obrázok 11.



Obrázok 11 – Bloková schéma spracovania a analýzy K, P a N signálov

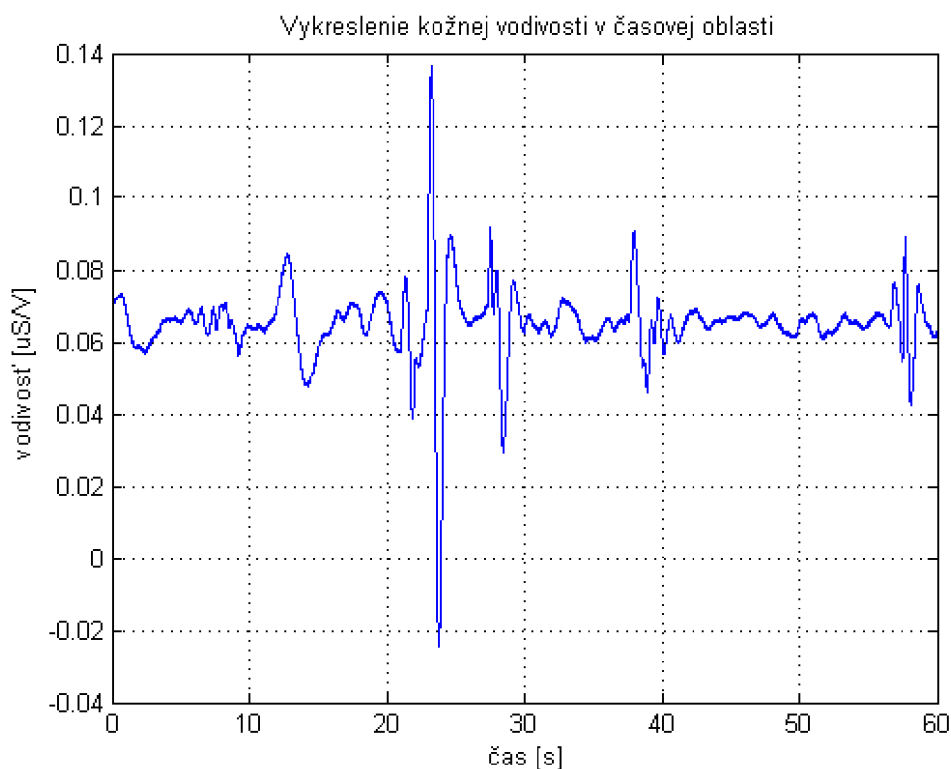
## 6.2 Namerané signály

Vykresľovanie signálov sa uskutočnilo v programe Matlab. Spomedzi kožnej vodivosti, krvného tlaku a EKG sa vykresľovala a analyzovala len kožná vodivosť – podľa zadania bakalárskej práce. Orezané signály kožnej vodivosti boli vykreslené v časovej, frekvenčnej a časovo–frekvenčnej oblasti v kľudových a záťažových podmienkach.

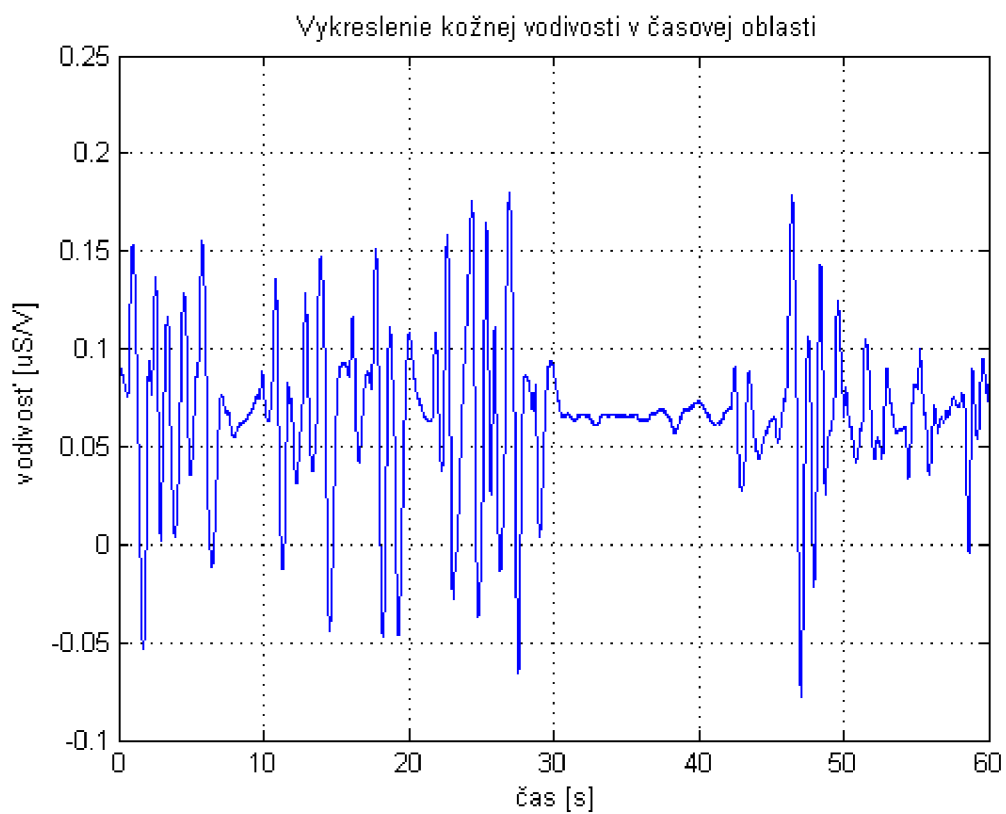
Prevody signálov do týchto oblastí prebehli nasledovne: V časovej oblasti bola dopočítaná časová osa a následne vykreslený nameraný signál. Pri prevode signálu do frekvenčnej oblasti nám poslúžila DFT vzorec (3) - vid' podkapitola 7.2. Prevod signálu do časovo-frekvenčnej oblasti sa uskutočnil pomocou matlabovského príkazu spectogram s nastaviteľnou dĺžkou okna, prekrytím a vzorkovacou frekvenciou.

Vykreslenie všetkých oblastí v podkapitole 6.2 prebehlo u dobrovoľníka číslo 23.

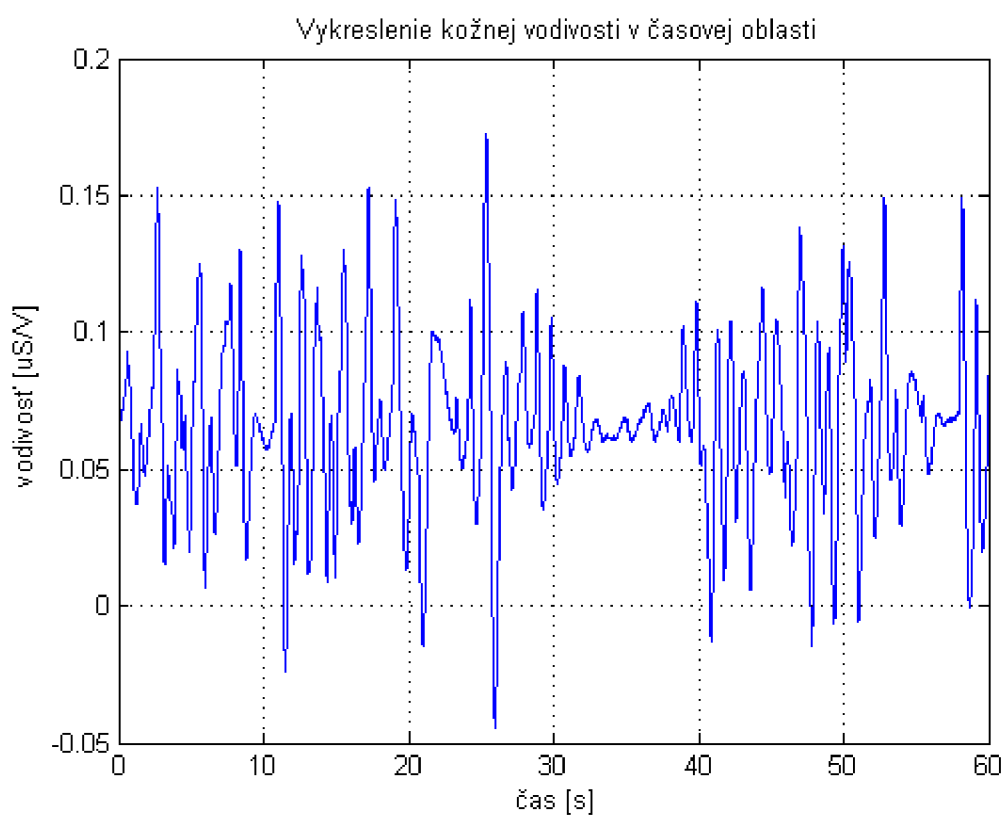
### 6.2.1 Časová oblasť



Obrázok 12 – Kľudový signál v časovej oblasti

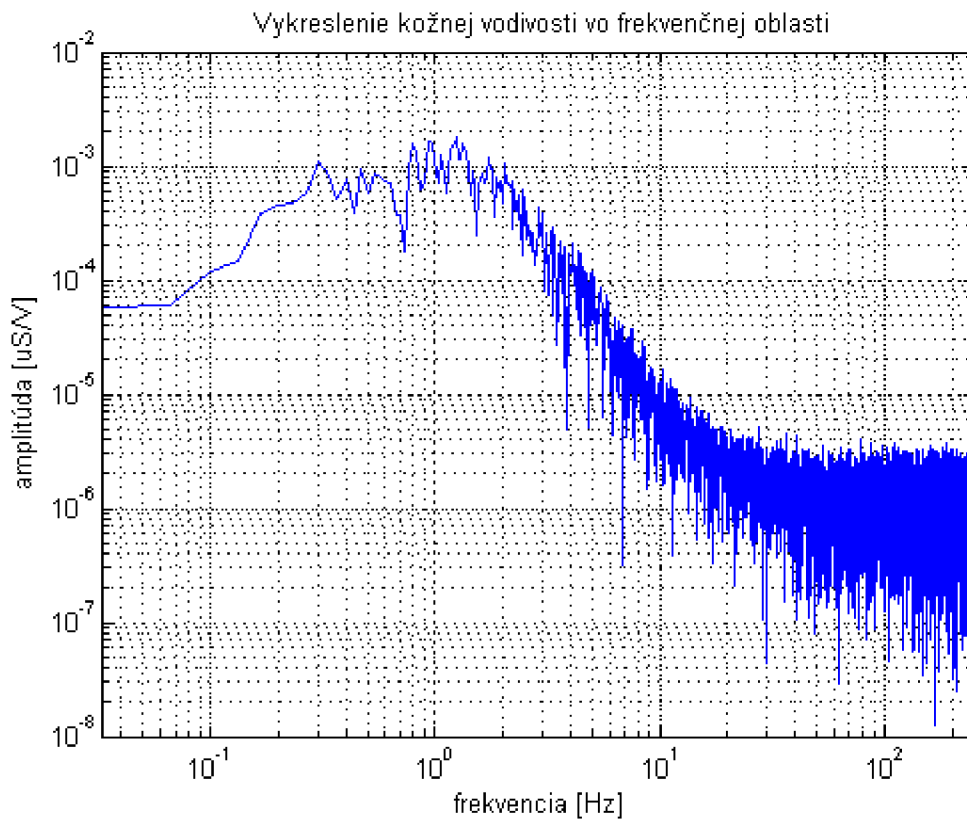


Obrázok 13 – Pozitívny signál v časovej oblasti

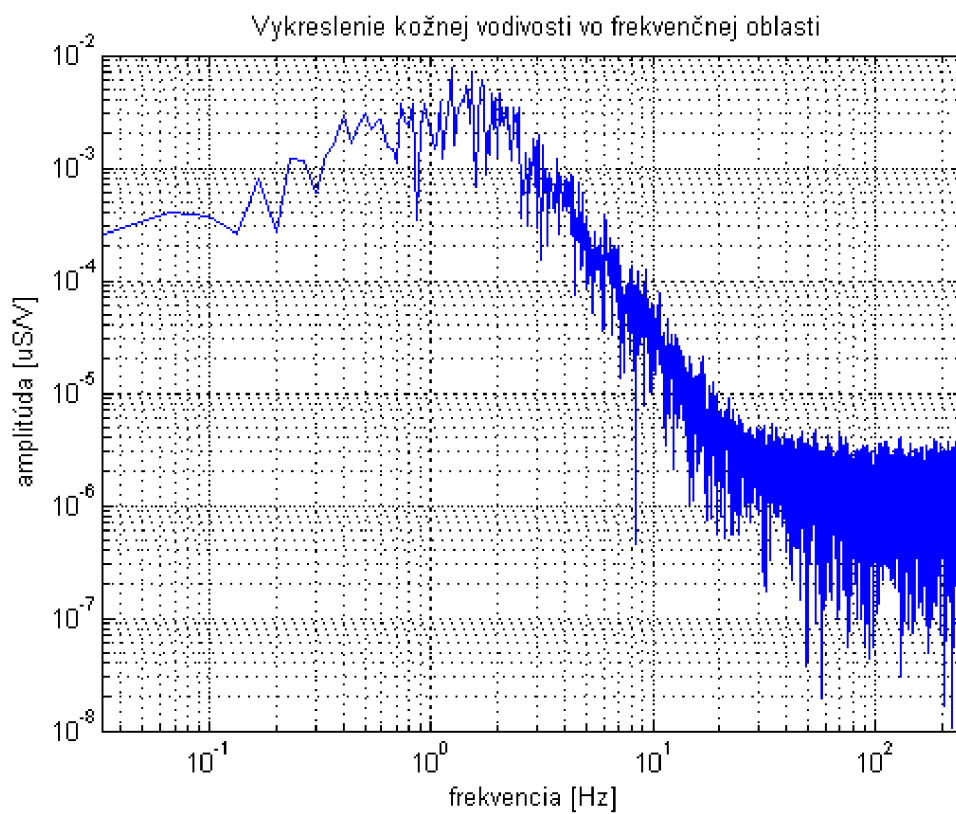


Obrázok 14 – Negatívny signál v časovej oblasti

## 6.4.2 Frekvenčná oblasť

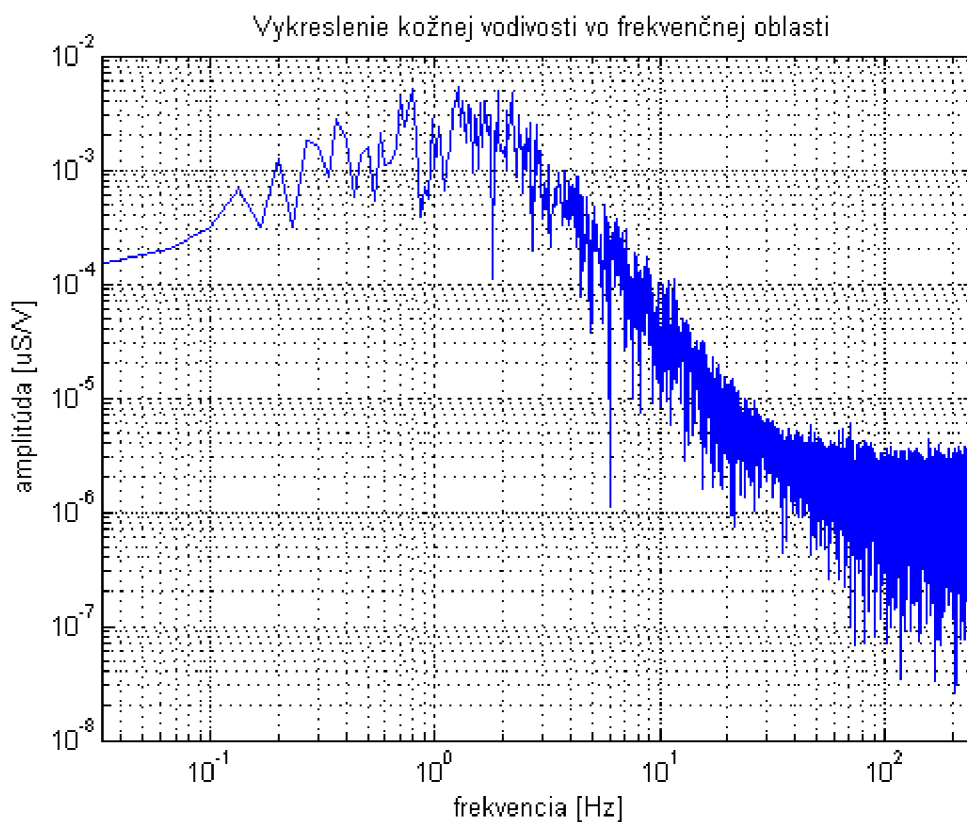


Obrázok 15 – Kľudový signál vo frekvenčnej oblasti



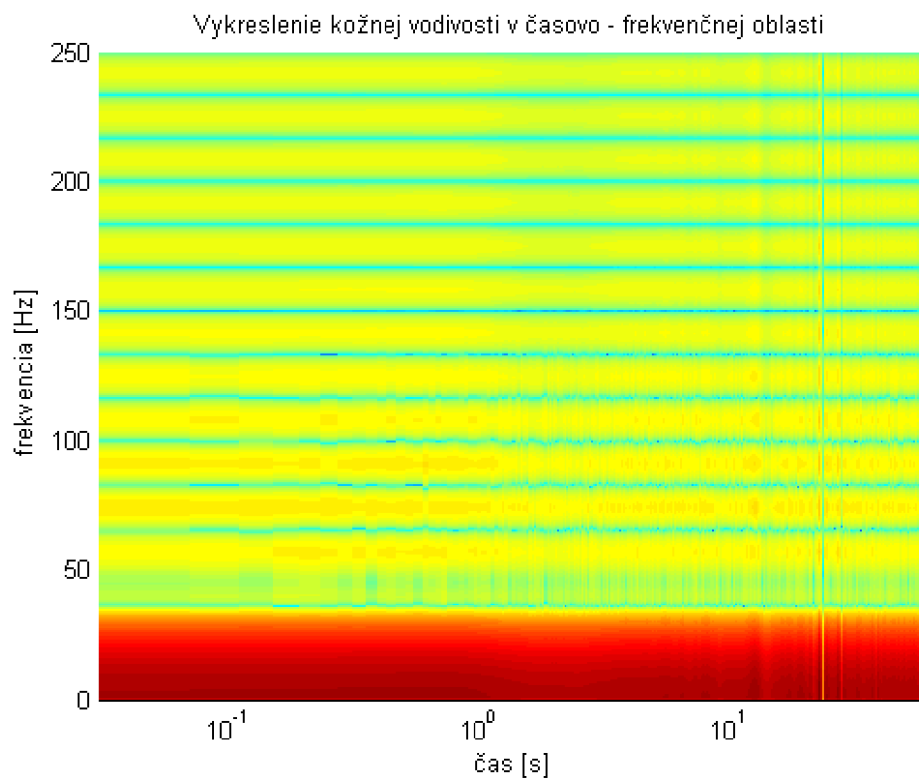
Obrázok 16 – Pozitívny signál vo frekvenčnej oblasti



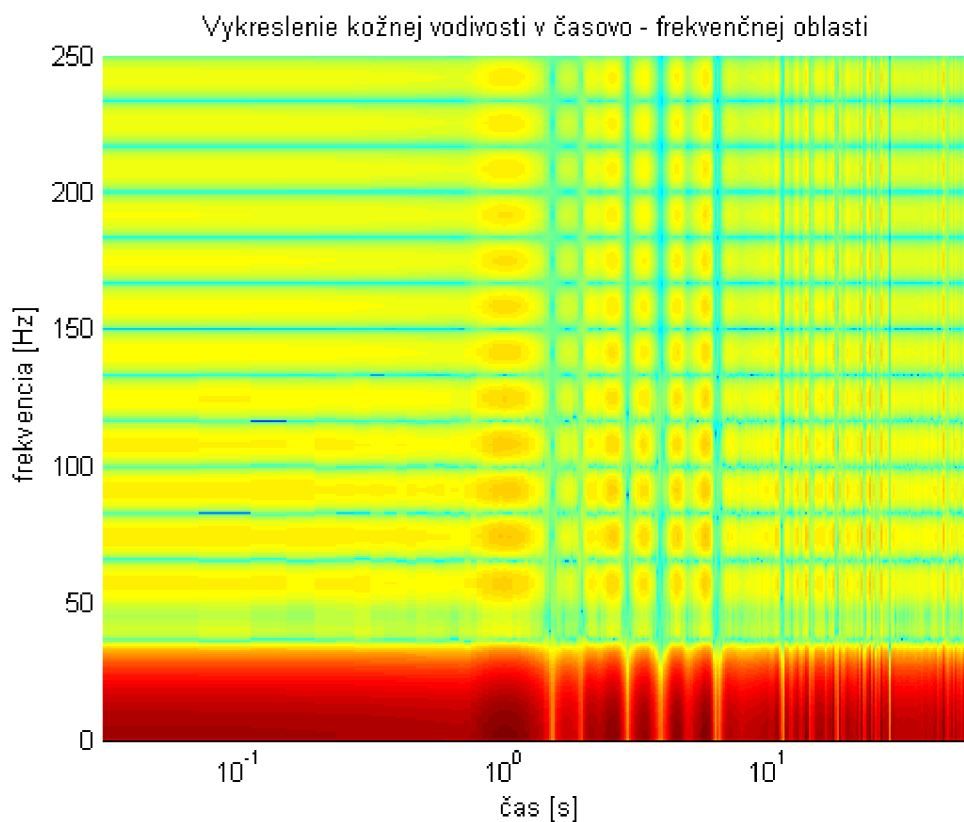


Obrázok 17 – Negatívny signál vo frekvenčnej oblasti

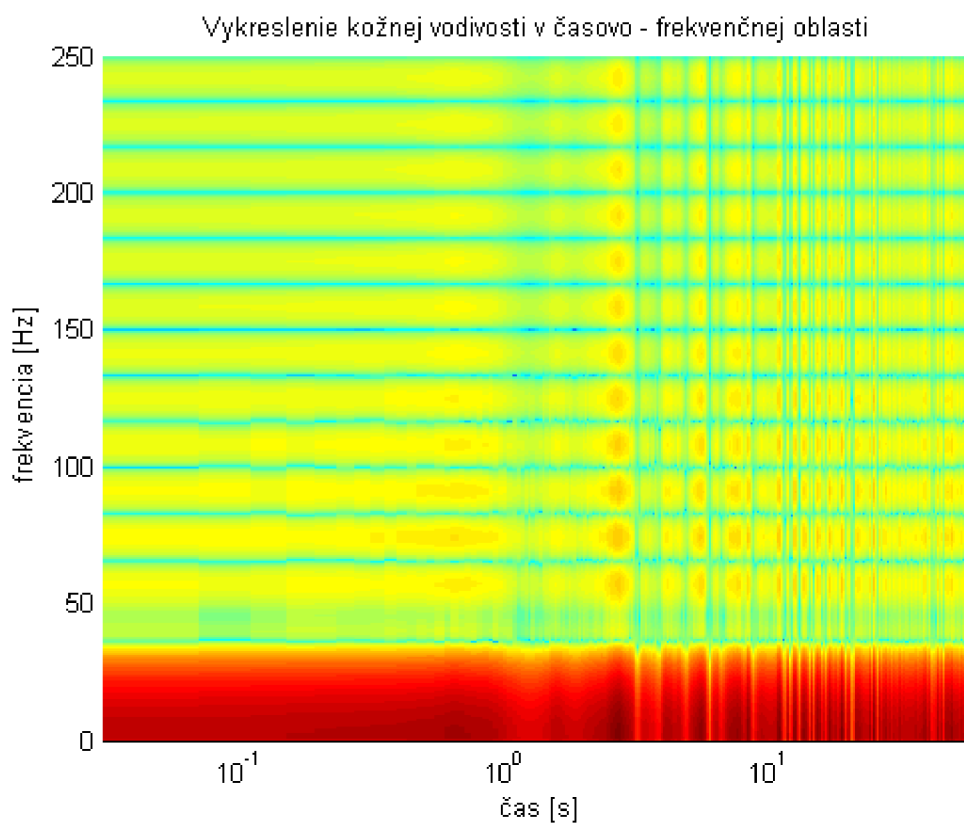
### 6.4.3 Časovo-frekvenčná oblasť



Obrázok 18 – Kľudový signál v časovo - frekvenčnej oblasti



Obrázok 19 – Pozitívny signál v časovo - frekvenčnej oblasti



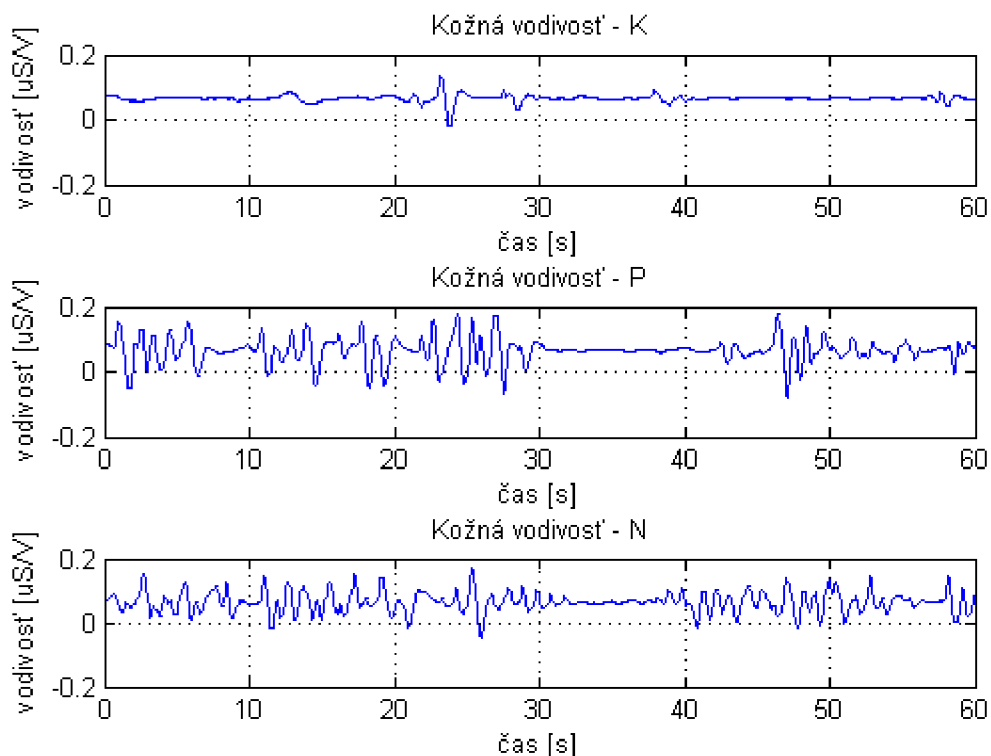
Obrázok 20 – Negatívny signál v časovo - frekvenčnej oblasti

# 7 Výsledky analýzy

Analýza K, P, a N signálov kožnej vodivosti získaných počas kľudových a zátťažových podmienok prebiehali v troch oblastiach: časová oblasť, frekvenčná oblasť a časovo - frekvenčná oblasť.

## 7.1 Časová oblasť

Kľudové, pozitívne a negatívne signály získané zberom dát na dobrovoľníkoch boli načítané a uložené do premenných v skripte, určenom pre analýzu časovej oblasti. Pred samotnou analýzou boli signály skrátené na jednu minútu a vyfiltrované dolnou priepusťou. Následne bol vykresľovaný a analyzovaný len kanál, ktorý obsahoval dáta ku kožnej vodivosti – vid' Obrázok 21. Vykreslenie časovej oblasti v podkapitole 7.1 prebehlo u dobrovoľníkov číslo 23.



Obrázok 21 – Vykreslenie signálov K,P,N kožnej vodivosti

### 7. 1. 1 Popisná štatistika

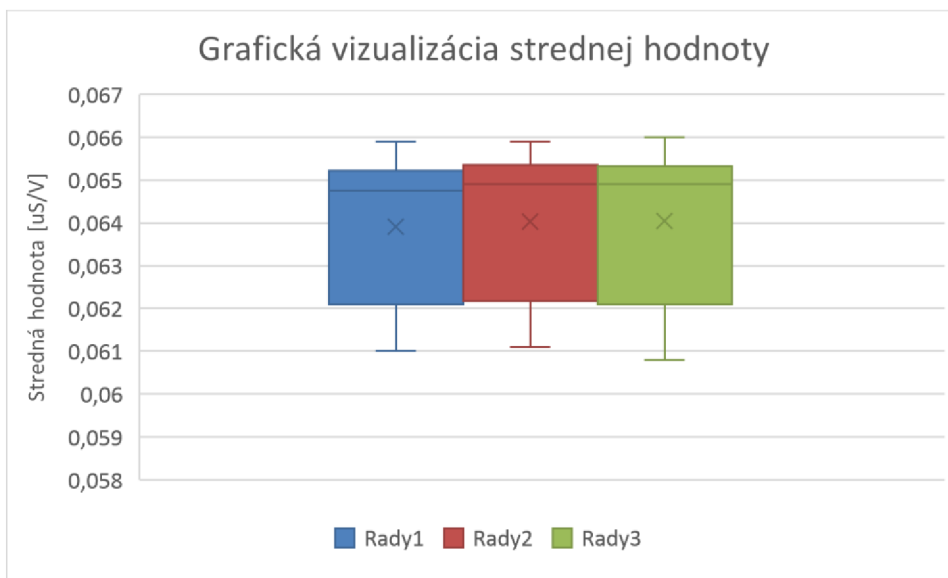
Vďaka rôznym štatistickým metódam, je možné jednotlivé biologické dáta medzi sebou porovnávať. Popisná štatistika sa považuje za najzakladanejšiu štatistickú metódu. Charakteristika polohy a variability je súčasťou popisnej štatistiky. Modus, medián a aritmetický priemer zaraďujeme do charakteristiky polohy. Naopak do charakteristiky variability patrí rozptyl a smerodajná odchýlka [24].

Pri analýze časovej oblasti bola použitá časť popisnej štatistiky pre charakteristiku polohy a variability. Konkrétne to bola stredná hodnota, smerodajná odchýlka, minimum, maximum a modus. Po aplikovaní popisnej štatistiky boli výsledky uložené do tabuľky – vid' Tabuľka 3. Celá tabuľka je dostupná v prílohách – vid' Príloha 3. Výsledky sú udávané v jednotkách  $\mu\text{S/V}$ .

Človek	Signál	Stredná hodnota [ $\mu\text{S/V}$ ]	Smerodajná odchýlka [ $\mu\text{S/V}$ ]	Minimum [ $\mu\text{S/V}$ ]	Maximum [ $\mu\text{S/V}$ ]	Modus [ $\mu\text{S/V}$ ]
00	K	0,0611	0,0029	0,0448	0,0781	0,0448
	P	0,0611	0,0019	0,0544	0,0689	0,0544
	N	0,0612	0,0050	0,0278	0,0898	0,0278
01	K	0,0620	0,0113	0,0341	0,0999	0,0341
	P	0,0621	0,0124	0,0219	0,1088	0,0219
	N	0,0618	0,0270	-0,0511	0,1666	-0,0511
02	K	0,0621	0,0164	-0,0223	0,1383	-0,0223
	P	0,0624	0,0157	0,0062	0,1125	0,0062
	N	0,0624	0,0117	0,0168	0,1189	0,0168
03	K	0,0622	0,0088	0,0228	0,0912	0,0228
	P	0,0622	0,0138	-0,0036	0,1110	-0,0036
	N	0,0625	0,0244	-0,0194	0,1260	-0,0194
04	K	0,0621	0,0003	0,0602	0,0642	0,0602
	P	0,0622	0,0007	0,0597	0,0645	0,0597
	N	0,0621	0,0044	0,0382	0,0850	0,0382

Tabuľka 2 – Ukážka popisnej štatistiky v časovej oblasti

Zo strednej hodnoty K, P a N signálov sa vykreslil box plot – vid' Obrázok 22. Box plot slúži na grafickú vizualizáciu strednej hodnoty. Jednotlivé rady určujú o aký druh signálu sa jedná. Rad 1 - K signál, Rad2 - P a Rad 3 - N signál.



Obrázok 22 – Grafická vizualizácia strednej hodnoty

Následne sa z výsledkov popisnej štatistiky vypočítalo jeho relatívne hodnotenie. Výsledky relatívneho hodnotenia boli zapísané do tabuľky – vid' Tabuľka 4. Celá tabuľka relatívneho hodnotenia je dostupná v prílohách – vid' Príloha 4.

Človek	Signál	Stredná hodnota [-]	Smerodajná odchýlka [-]	Minimum [-]	Maximum [-]	Modus [-]
00	K-P/K	0,0000	0,3397	-0,21460	0,1170	-0,2146
	K-N/K	-0,0030	-0,7110	0,3798	-0,1498	0,3798
01	K-P/K	0,3577	-0,09849	0,3577	-0,0891	0,3577
	K-N/K	2,4961	-1,3914	2,4961	-0,6676	2,4960
02	K-P/K	1,2777	0,0446	1,2777	0,1865	1,2777
	K-N/K	1,7542	0,2848	1,7542	0,1401	1,7542
03	K-P/K	1,1587	-0,5637	1,1587	-0,2173	1,1587
	K-N/K	1,8518	-1,7678	1,8518	-0,3821	1,8518
04	K-P/K	0,0084	-1,3138	0,0836	-0,0046	0,0084
	K-N/K	0,3666	-13,8267	0,3666	-0,3238	0,3666

Tabuľka 3 – Ukážka relatívneho hodnotenia popisnej štatistiky v časovej oblasti

### 7. 1. 2 Šikmosť a špicatosť

Ďalšia analýza prebehla pomocou výpočtu šikmosti a špicatosti. Šikmosť (skewness) je charakteristika, ktorá meria asymetriu rozloženia a udáva pravdepodobnosť odchýlok na jednu alebo druhú stranu. Ak sú výsledky šikmosti odchylené od nuly, poukazujú na nesprávnosť predpokladu normality. Špicatosť (kurtosis) popisuje plochosť alebo špicatosť hustoty

rozloženia sledovanej veličiny. Aj v tomto prípade odchylenie výsledkov od nuly poukazuje na nesprávny predpoklad normality [24].

Šikmosť a špicatosť sa počíta podľa nasledujúcich vzorcov. Na šikmosť sa aplikoval vzorec (1) a na špicatosť vzorec (2).

$$\frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{s_x^3}, \quad (1)$$

kde  $x_i$  je pozorovaná hodnota,  $\bar{x}$  je priemer sledovanej charakteristiky,  $s_x$  je rozptyl.

$$\frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{s_x^4}, \quad \dots \quad (2)$$

kde  $x_i$  je pozorovaná hodnota,  $\bar{x}$  je priemer sledovanej charakteristiky,  $s_x$  je rozptyl [24].

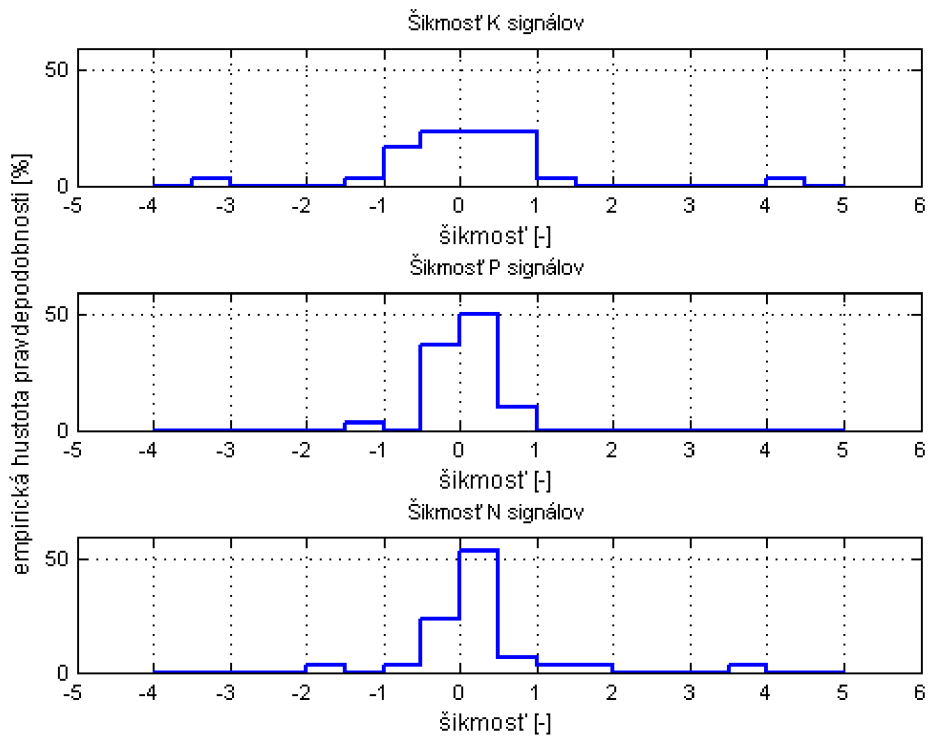
Šikmosť a špicatosť boli počítané pre K, P a N signály každej vodivosti a zapísané do tabuľky – vid' Tabuľka 5. Výsledky koeficientov pre všetkých dobrovoľníkov sa nachádzajú v prílohách – vid' Príloha 5.

Človek	Signál	Šikmosť [-]	Špicatosť [-]
00	K	-0,5070	9,6777
	P	0,1201	4,1175
	N	-0,2256	17,6325
01	K	0,4116	3,3467
	P	-0,1958	4,1553
	N	-0,0357	3,9736
02	K	-0,9644	11,0400
	P	-0,2800	4,1844
	N	0,1714	9,7341
03	K	-0,7604	7,1851
	P	-0,4676	5,8281
	N	-0,1905	3,2028
04	K	0,1348	6,2300
	P	-0,1327	3,4334
	N	-0,4917	8,8241

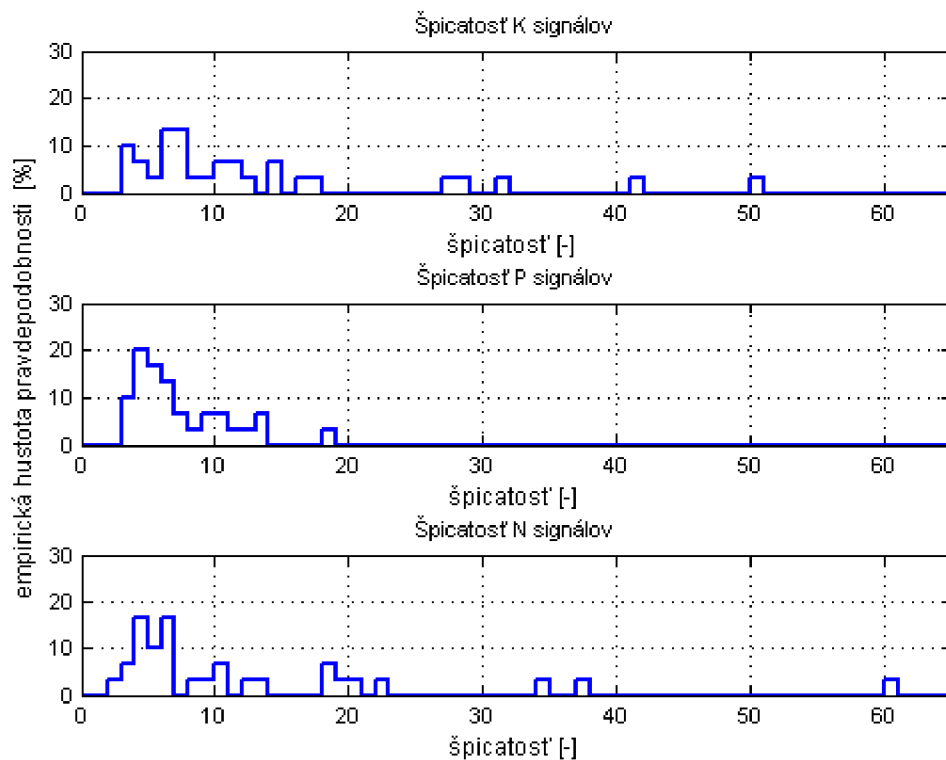
Tabuľka 4 – Ukážka výsledkov šikmosťi a špicatosťi v časovej oblasti

Výsledky šikmosťi a špicatosťi sa vizualizovali pomocou histogramov pre empirickú hustotu pravdepodobnosti. Každý histogram obsahuje tridsať údajov. Šikmosť všetkých K, P a N signálov boli vykreslené do jedného obrázku - vid' Obrázok 23. Do druhého obrázku boli vykreslené hodnoty špicatosťi všetkých K, P a N signálov – vid' Obrázok 24. Tieto histogramy

slúžia na zobrazenie hustoty hodnôt daného parametru na osy x z celého súboru dát. Jednotkou empirickej hustoty pravdepodobnosti sú percentá.



Obrázok 23 – Empirická hustota pravdepodobnosti pre šíkmosť K, P a N signálov



Obrázok 24 – Empirická hustota pravdepodobnosti špicatosti pre K, P a N signály

### 7. 1. 3 Wilcoxonov test v časovej oblasti

Jednou z ďalších dôležitých častí štatistiky je testovanie hypotéz. Hypotézy sa buď potvrdia alebo vyvrátia. Pred testovaním sa stanovuje nulová hypotéza a alternatívna hypotéza. Pomocou pozorovaných dát nulovú hypotézu vyvraciame. Naopak alternatívna hypotéza popiera platnosť nulovej hypotézy. P – hodnota, vyjadruje pravdepodobnosť realizácie výberu, ktorá podporuje nulovú hypotézu. Testovanie hypotéz sa robí pomocou parametrických a neparametrických testov [24].

V tomto prípade bol zvolený párový Wilcoxonov test, pretože každý dobrovoľník bol sám sebe kontrolou. Vďaka výsledkom strednej hodnoty pre všetky tri druhy signálov, sa mohol zahájiť Wilcoxonov test. Test sa uskutočnil v programe StatisticaSoft 13. Bol aplikovaný na 30 osôb čo odpovedá počtu dobrovoľníkov, na ktorých prebiehal zber dát. Zo strednej hodnoty bol dopočítaný priemer, medián, minimum, maximum, najnižšia hodnota, najvyššia hodnota a smerodajná odchýlka pre K, P a N signály – viď Tabuľka 6.

Signál	Počet osôb	Priemer [ $\mu$ S/V]	Medián [ $\mu$ S/V]	Minimum [ $\mu$ S/V]	Maximum [ $\mu$ S/V]	Najnižšia hodnota [ $\mu$ S/V]	Najvyššia hodnota [ $\mu$ S/V]	Smerodajná odchýlka [ $\mu$ S/V]
K	30	0,063920	0,064750	0,061000	0,065900	0,062100	0,065200	0,001675
P	30	0,064033	0,064900	0,061100	0,065900	0,062200	0,065300	0,001660
N	30	0,064040	0,064900	0,060800	0,066000	0,062100	0,065300	0,001690

Tabuľka 5 – Popisná štatistika pre strednú hodnotu u tridsiatich dobrovoľníkov

Wilcoxonovým testom sme porovnávali tri rôzne kombinácie signálov. N signál sa porovnával s P signálom. Na 5% hladine významnosti bolo testované, či sa tieto signály líšia medzi sebou. U porovnávaní signálov medzi sebou boli v každej kombinácii stanovené dve hypotézy. Nulová hypotéza hovorí o tom, že sa signál nelíši od druhého. Alternatívna hypotéza hovorí, že sa naopak signály vzájomne líšia. Pri porovnávaní K a P signálu, je p – hodnota väčšia ako 0,05 čo znamená nezamietnutie nulovej hypotézy, čiže sa nelíšia. U signálu K a N bola p – hodnota menšia ako 0,05. V tomto prípade sa nulová hypotéza zamietla a teda signály sa líšia. Pri poslednom porovnaní N a P signálov vyšla p – hodnota väčšia ako 0,05. Nulovú hypotézu tým pádom nezamietame a signály sa nelíšia. Výsledky testu sú zapísané do tabuľky – viď Tabuľka 7.



Kombinácie	Počet dobrovoľníkov [n]	p – hodnota [-]
K – P	30	0,061934
K – N	30	0,019784
N – P	30	0,192435

Tabuľka 6 – Výsledky párového Wilcoxonovho testu pre K, P a N signály

#### 7. 1. 4 Vyhodnotenie časovej oblasti

V predchádzajúcich podkapitolách, kapitoly sedem, boli vymenované všetky analýzy, ktoré mali viesť k vyhodnoteniu kožnej vodivosti v časovej oblasti.

Po prehladnutí výsledkov získaných základnou štatistikou, bol vyvodený nasledujúci záver. Z výsledkov stredných hodnôt, smerodajných odchýlok, minim, maxim a modusu, jednoznačne došlo k zmenám medzi signálmi. Z tabuľky výsledkov základnej štatistiky si môžeme rovnako všimnúť aj ich rôznorodosť. Variabilita dát bola spôsobená nielen jedinečnosťou a rôznorodosťou dobrovoľníkov, ale aj vďaka nejednotným podmienkam merania i keď bola snaha o ich minimalizovanie. S rovnakým záverom hodnotenia dopadli aj výsledky tabuľky relatívneho hodnotenia.

Pri výpočtoch šikmosti a špicatosť sa predpoklad o kategorizáciu dát do niekoľkých skupín žiaľ opäť nenaplnil. Aj v tomto prípade to variabilita dobrovoľníkov, prostredia a výsledkov nedovolila. Z histogramov šikmosti signálov sa zistilo, že najväčšia empirická hustota pravdepodobnosti u K signálov s 23% bola v intervale od -0,5 do 1. U P a N signálov je empirická hustota pravdepodobnosti najväčšia v intervaloch od 0 do 0,5. U P signálov je výskyt spomínaných intervalov 50% a u N signálov 53%. To znamená, že oproti K signálom nastala výrazná zmena. Pri záťažových podmienkach bol interval síce kratší ale s väčšou hustotou hodnôt ako pri kludových podmienkach. Pri empirickej hustote pravdepodobnosti špicatosť výsledky neboli také jednoznačné. Veľa hodnôt dosahovalo rôznu empirickú hustotu pravdepodobnosti. U K signálov v histograme bola najväčšia empirická hustota pravdepodobnosti s 13% v intervale od 6 do 8. Najväčšia empirická hustota pravdepodobnosti u P signálov bola v intervaloch 4 do 5 s 20%. U N signálov to boli dva intervaly. Prvý bol od 4 do 5 a druhý od 6 do 7, ktoré odpovedali 16%. V histogramoch špicatosť nebola až taká výrazná zmena medzi kludovými a záťažovými podmienkami ako tomu bolo u histogramoch šikmosti.

Až po Wilcoxonovom teste sa dospelo zatiaľ k najdôležitejšiemu záveru. Z výsledkov tohto testu vyplýva, že počúvanie neobľúbenej hudby malo vplyv na dobrovoľníkov. Vyplývalo to z výsledkov porovnania K a N signálov. Pri porovnaní K a P signálu sa signály síce nelíšili

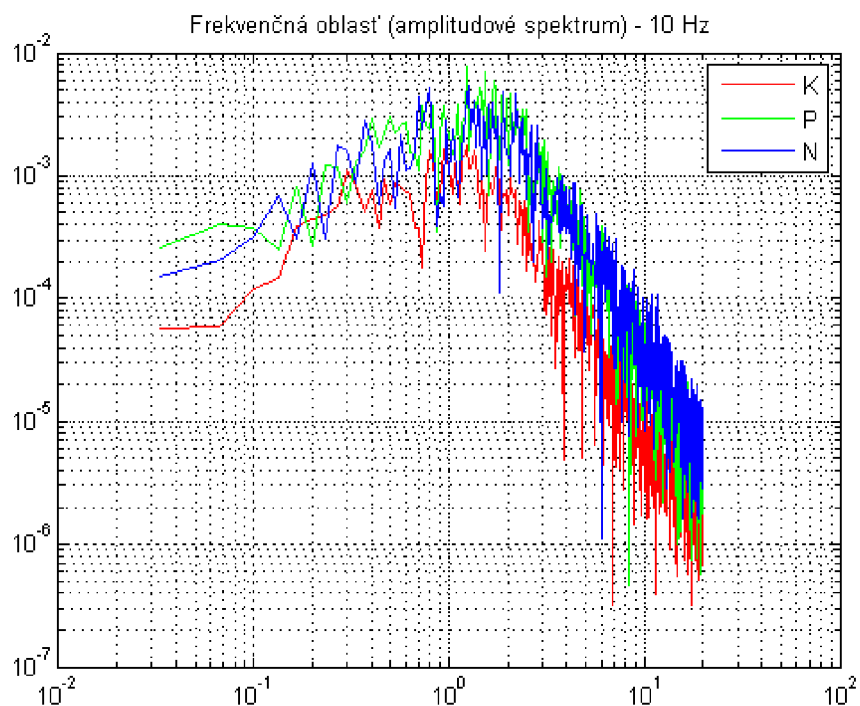
no domnievam sa, že pri väčšom zbere dát by bol výsledok rovnaký ako pri porovnaní K a N signálov.

Celkové hodnotenie časovej oblasti sa dá zhrnúť nasledovne. V prvom rade rôznorodosť dobrovoľníkov a podmienok merania spôsobilo neschopnosť kategorizácie vo viacerých aplikovaných analýzach. Napriek tomu sa však zistilo, že negatívny hudobný prežitok má vplyv na kožnú vodivosť.

## 7.2 Frekvenčná oblasť

Frekvenčná oblasť bola vykresľovaná do frekvencie 10 Hz, z dôvodu zaznamenania najvýznamnejších zmien v tejto oblasti ako bolo vidieť aj na predchádzajúcom obrázku v podkapitole 6.2. Vykreslenie frekvenčnej oblasti v podkapitole 7.2 prebehlo u dobrovoľníka číslo 23.

Logaritmicke vykreslenie frekvenčnej oblasti sa zobrazilo v amplitúdovom spektre. K, P a N signál u toho istého človeka bol vykreslený do jedného grafu v troch rôznych farbách. Farbou červenou bol vykreslený K signál, zelenou P signál a modrou signál N – vid' Obrázok 25.



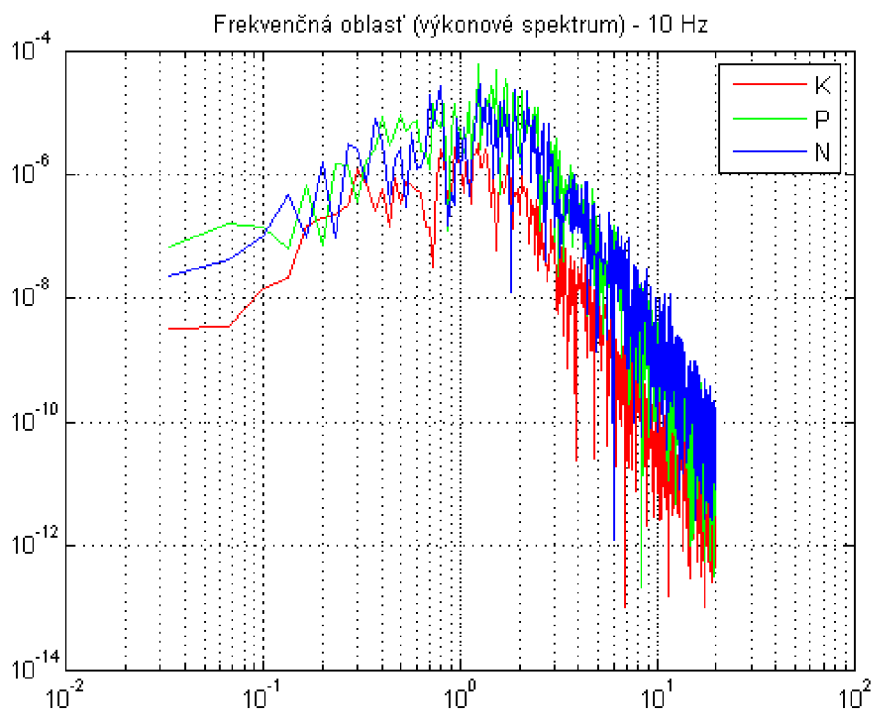
Obrázok 25 – Amplitúdové spektrum frekvenčnej oblasti

Následne bolo logaritmicky vykreslené aj výkonové spektrum – vid' Obrázok 26. Farby jednotlivých signálov zodpovedajú farbám použitých pri vykresľovaní amplitúdového spektra.

Vykreslenie výkonového spektra prebehlo pomocou DFT vzorec (3).

$$S(k) = R_N(k) \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{s}(n) \exp\left(-j \frac{2\pi}{N} kn\right), \quad (3)$$

kde  $\tilde{s}(n)$  sú vstupné hodnoty výpočtu DFT,  $N$  je celkový počet vstupných hodnôt výpočtu a  $R_N$  označuje priechod vstupných hodnôt výpočtu cez obdĺžnikové okno o amplitúde rovnej jedna [25][24].



Obrázok 26 – Výkonové spektrum frekvenčnej oblasti

### 7. 2. 1 Smernica priamky

Smernica priamky sa získala metódou najmenších štvorcov - vzorec (4). Výsledky smernice boli zapísané do tabuľky – vid' Tabuľka 8. Celá tabuľka smernice je k dispozícii v prílohách – vid' Príloha 6.

$$S = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i; b_1^*, b_2^*, \dots, b_p^*)]^2, \quad (4)$$

budú odhady  $b_j^*$  ( $j = 1, 2, \dots, p$ ) určené z podmienky

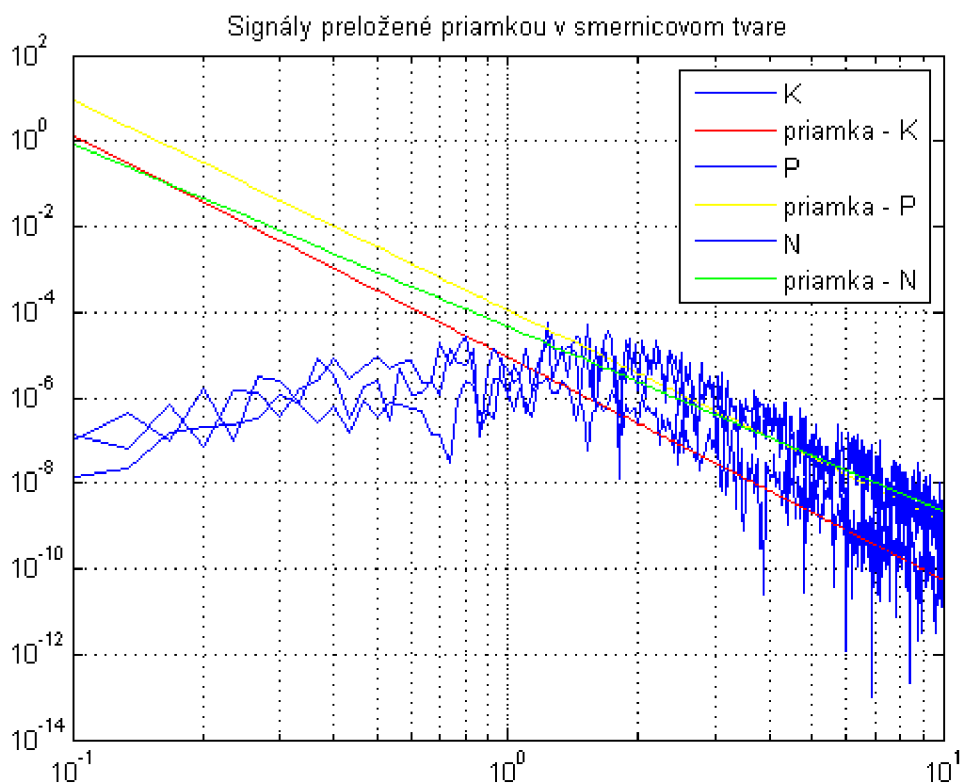
$$S = \min, \quad (5)$$

kde, podmienkou (5) je vyjadrený princíp metódy najmenších štvorcov. O krivke z rovnice  $f(x_i, b_1^*, b_2^*, \dots, b_p^*)$ , v ktorej sú neznáme parametre  $b$  určené z podmienky (3) sa hovorí, že boli body  $[x_1, y_1], \dots, [x_n, y_n]$  preložené metódou najmenších štvorcov [26].

Človek	K	P	N
00	-4,5788	-4,0464	-5,1740
01	-3,6698	-4,1820	-3,4573
02	-5,2827	-2,9714	-4,4688
03	-4,5521	-4,0274	-3,7520
04	-3,4772	-3,9003	-4,9000

Tabuľka 7 – Smernica priamky vo frekvenčnej oblasti

Graf obsahujúci K, P a N signály kožnej vodivosti sa preložili priamkou zodpovedajúcou ich vopred vypočítanej smernice – vid' Obrázok 27. Logaritmické vykreslenie frekvenčnej oblasti s preloženými priamkami prebiehalo vo výkonovom spektre.



Obrázok 27 – Signály preložené priamkou v smernicovom tvare

### 7. 2. 2 Wilcoxonov test vo frekvenčnej oblasti

Pre analýzu smernice priamky bol použitý rovnaký test ako v časovej oblasti, čiže párový Wilcoxonov test. Test sa prevádzal v rovnakom štatistickom programe za uvedenia rovnakých podmienok. To znamená, že aj tu bola prípustná chyba testu stanovená na hodnotu 5% a bol aplikovaný na 30 dobrovoľníkov. Zo smernice bol dopočítaný priemer, medián, minimum, maximum, najnižšia hodnota, najvyššia hodnota a smerodajná odchýlka pre K, P a N signály kožnej vodivosti - vid' Tabuľka 9.

Stav	Počet dobrovoľníkov [n]	Priemer [-]	Medián [-]	Minimum [-]	Maximum [-]	Najnižšia hodnota [-]	Najvyššia hodnota [-]	Smerodajná odchýlka [-]
K	30	-4,01923	-3,89180	-5,47040	-2,82460	-4,57880	-3,48030	0,737822
P	30	-3,94272	-4,06010	-5,84710	3,71290	-4,50660	-3,89830	1,598347
N	30	-4,44691	-4,35705	-6,60710	-3,317250	-4,84030	-3,83380	0,799225

Tabuľka 8 – Popisná štatistika pre smernicu u tridsiatich dobrovoľníkov

Po dokončení testu sa objavili nasledujúce výsledky – vid' Tabuľka.10. Nulová hypotéza sa stanovila, že porovnanie dvoch signálov sa nelíši. Alternatívna hypotéza teda bola stanovená, že sa naopak líšia. V prípade porovnania K a N signálov nám vyšla p – hodnota menšia ako 0,05. To znamená, že nulová hypotéza sa zamietla a signály sa líšia. Porovnanie signálov K, P a N, P malo výslednú p- hodnotu väčšiu ako 0,05, a preto sa nulová hypotéza nezamietla. Porovnanie týchto signálov sa teda nelíši.

Kombinácie	Počet dobrovoľníkov[n]	p – hodnota [-]
K – P	30	0,477948
K – N	30	0,047163
N – P	30	0,075214

Tabuľka 9 – Výsledky párového Wilcoxonovho testu pre smernice K, P a N signálov

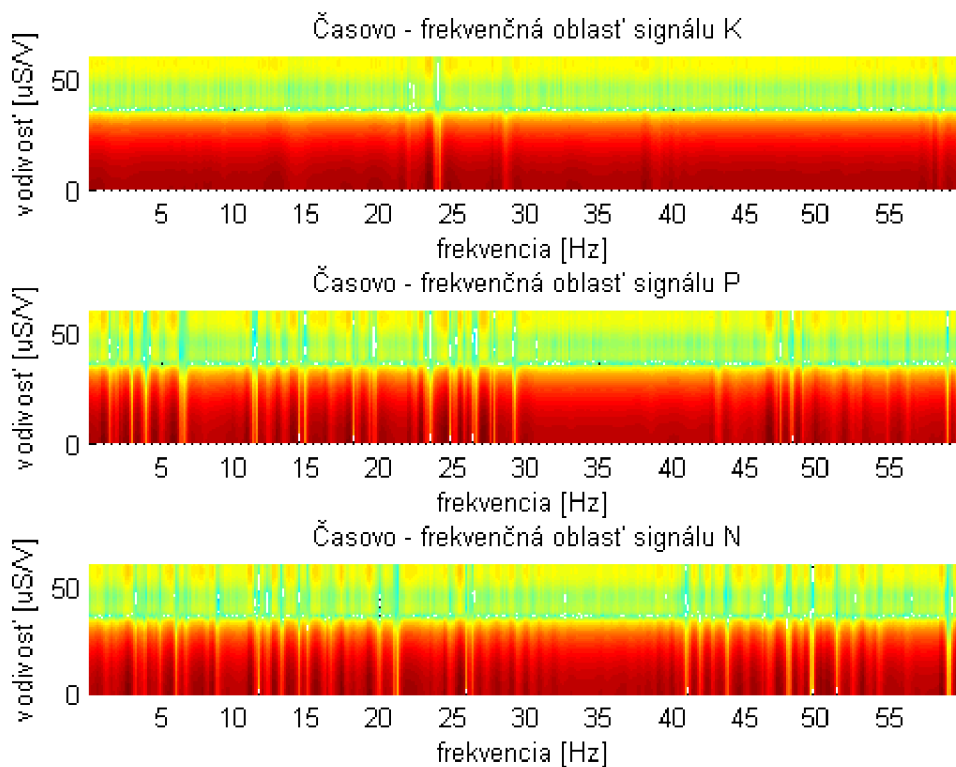
### 7. 2. 3 Vyhodnotenie frekvenčnej oblasti

Pri analýze frekvenčnej oblasti sa použil Wilcoxonov test, ktorý vychádzal z údajov smernice pre K, P a N signálov. Po tomto teste sa opäť potvrdil, vplyv negatívne

vnímanej hudby na kožnú vodivosť. Vyplývalo to z výsledku porovnania smernice u K a N signálov. Smernica u N signálov je strmšia čo vo výsledku znamená aj silnejší zážitok u dobrovoľníkov, v porovnaní so smernicou P signálov. Rovnako ako tomu bolo v časovej oblasti, aj tu je vysoká pravdepodobnosť, že pri väčšom zbere dát by bol podobný výsledok u smernice K a P signálov ako pri porovnaní smernice K a N signálov.

### **7.3 Časovo - frekvenčná oblasť**

Časovo - frekvenčná oblasť slúži na lokalizovanie energie v čase na frekvenciách. To znamená, že vo výslednom spektrograme môžeme sledovať zmeny frekvencií signálu v časovom slede. Pred jej analýzou sa rovnako ako v predchádzajúcich oblastiach napred signály skrátili, vyfiltrovali a až potom prebehla analýza tejto oblasti. Aplikovalo sa niekoľko druhov priepustí. Ako prvá sa použila dolná priepusť. Po rôznom nastavovaní okna a prekrytí vzoriek sa z výsledných spektrogramov pre K, P a N signál kožnej vodivosti žiadne výrazné zmeny nezaznamenali. Následne bola aplikovaná priepusť horná. Ani tu sa po rôznych kombináciách, nastavovaniach a porovnávaníach vo výslednom spektrograme všetkých signálov, neobjavili žiadne výrazne zmeny. Po predchádzajúcich dvoch neúspešných pokusoch bola aplikovaná horná a zároveň dolná priepusť čo je vo výsledku priepusť pásmová. Rovnako, ako pri snahe o čo najlepšie nastavenia, sa ani tu nepodarilo zaznamenať žiadne zmeny v spektrogramoch. Signály K, P a N boli vykreslené do jedného obrázku vo frekvenčnom rozsahu od 0 do 60 Hz - vid' Obrázok 27. Vykreslenie časovo - frekvenčnej oblasti v podkapitole 7.3 prebehlo u dobrovoľníka číslo 23.



Obrázok 28 – Vykreslenie signálov K, P, N v časovo – frekvenčnej oblasti

### 7. 1. 1 Vyhodnotenie časovo - frekvenčnej oblasti

Vykreslenie všetkých signálov sa pohybovalo len v určitom frekvenčnom rozsahu, vďaka ktorému boli zmeny zaznamenané najlepšie, no napriek tomu boli nedostačujúce. Pri snahe o vyhodnotenie časovo – frekvenčnej oblasti sa spektrogram K signálu porovnával so spektrogramom P signálu a spektrogramom N signálu toho istého človeka. V časovo – frekvenčnej oblasti nebolo možné kategorizovať K, P a N signály do skupín na základe odchýlok medzi kľudovými a záťažovými podmienkami. Spektrogramy žiaľ nenesli žiadne významné informácie, ktoré by napovedali o vplyve počúvania hudby na kožnú vodiivosť.

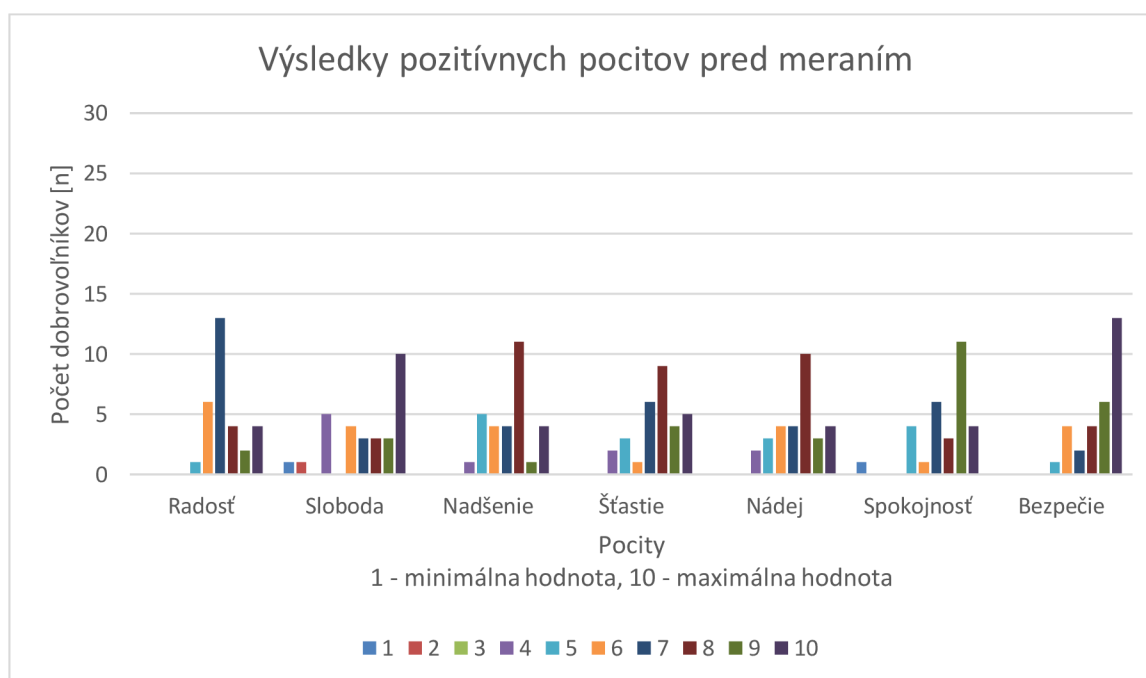
## 7. 4 Vyhodnotenie dotazníkov

Pred každým meraním a po meraní krvného tlaku, EKG a kožnej vodiivosti museli dobrovoľníci vyplniť dotazníky. Dotazník pred meraním a po meraní obsahoval niekoľko otázok. Ich najdôležitejšou časťou bola posledná časť, ktorá spočívala v zistení psychickej pohody popri prípade nepohody. Úlohou dobrovoľníka bolo zakrúžkovať u pozitívnych

a negatívnych pocitov čísla od jedna do desať, na základe aktuálnych pocitov. Číslo jedna bola minimálna hodnota a číslo desať maximálna hodnota.

#### 7.4.1 Výsledky a hodnotenie dotazníkov pred meraním

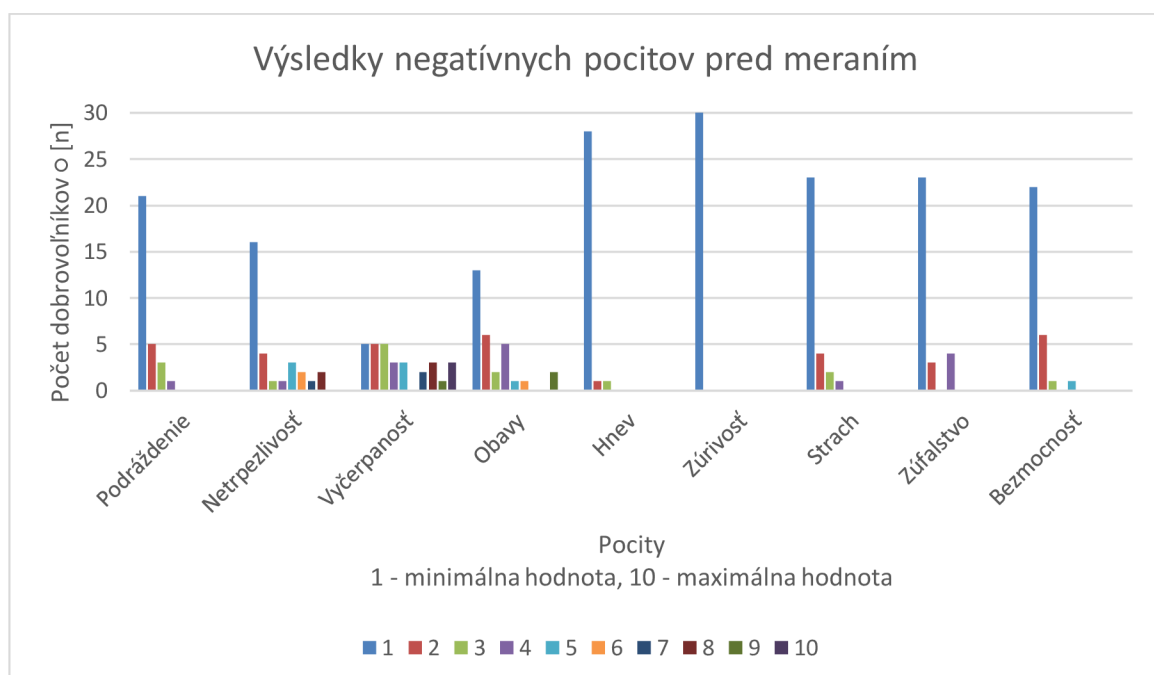
Dobrovoľníci krúžkovali čísla k pozitívnym pocitom radosti, slobode, nadšeniu, šťastiu nádeji, spokojnosti a bezpečia. Všetci dobrovoľníci mali zakrúžkovanú odpoveď pri pocite radosť, väčšiu ako číslo štyri. Najčastejšia zakrúžkovaná odpoveď tu bola číslo sedem. Pri pocite slobody pred meraním, zakrúžkovali dvaja z dobrovoľníkov číslo jedna a dva čo hodnotím negatívne. Najčastejšie sa však pri tomto pocite vyskytovalo číslo desať, kde hodnota desať predstavuje maximálny pocit slobody. Pri pocite nadšenia nebola menšia odpoveď ako štyri u žiadneho dobrovoľníka. Číslo osem zakrúžkovalo až jedenásť ľudí čo považujem za najčastejšiu odpoveď pri tomto pocite. Rovnako tomu bolo aj u pocitov šťastia a nádeje, čo sa týka najčastejšej odpovede a škály odpovedí. Pred meraním bol pozitívny pocit spokojnosti zakrúžkovaný iba u jedného dobrovoľníka. Ostatné odpovede sa pohybovali zakrúžkovaním čísel od päť do desať. Najčastejšia zakrúžkovaná odpoveď bola odpoveď číslo deväť. Zo všetkých pozitívnych pocitov dopadol najlepšie pocit bezpečia. Až trinásť odpovedí bolo označených číslom desať a len jedna odpoveď bola označená číslom päť.



Obrázok 29 – Výsledky pozitívnych pocitov pred meraním



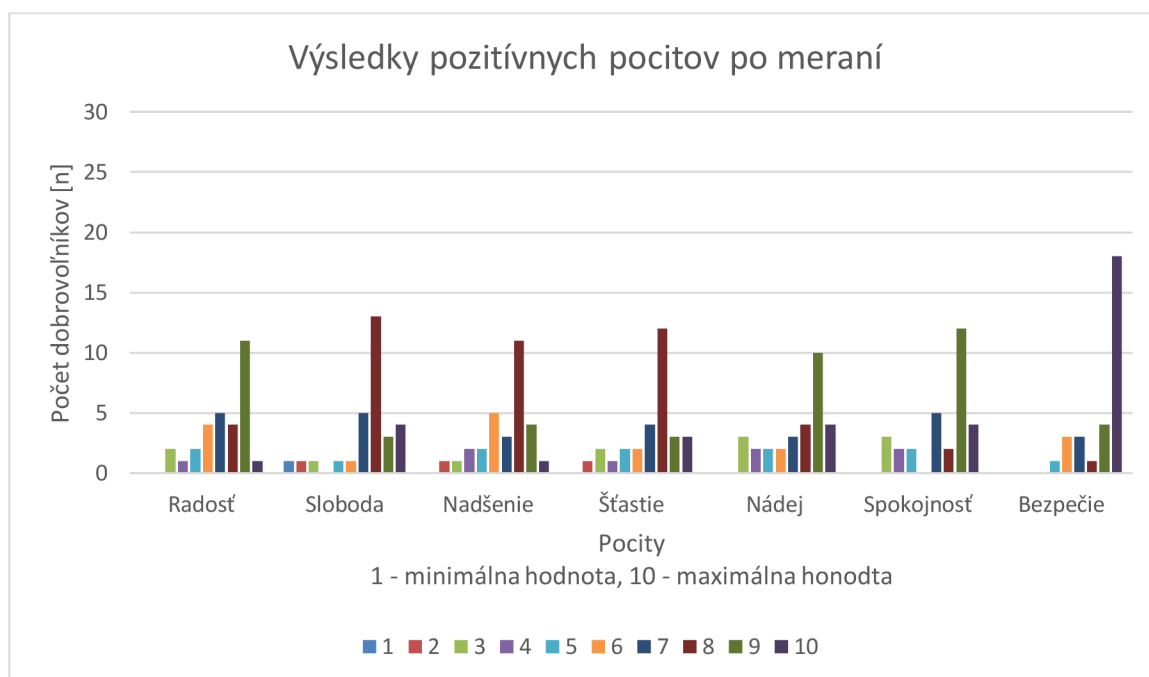
Dobrovoľníci mali možnosť vyjadriť hodnoty negatívnych pocitov od jedna do desať pri pocite netrpezlivosti, vyčerpanosti, obáv, hnevu, zúrivosti, strachu, zúfalstve a bezmocnosti. Výsledky negatívnych pocitov pred meraním boli opačné ako u pozitívnych pocitov. To znamená, že najčastejšie odpovede boli minimálne hodnoty a takmer nikdy neboli zakrúžkované maximálne hodnoty. Tak tomu bolo aj pri pocite podráždenia. Najčastejšia odpoveď bola odpoveď číslo jedna a odpoveď od čísla päť až po desať neboli zakrúžkované. Taktiež dobrovoľníci vo všeobecnosti neboli netrpezliví, no našli sa aj takí, ktorí mierne boli. Iba pri dvoch zo všetkých dobrovoľníkov bola ich odpoveď číslo osem. Najčastejšie zakrúžkovaná odpoveď bola aj v tomto prípade jednotka. Z grafu si môžeme všimnúť, že pocitom vyčerpanosti trpeli viacerí dobrovoľníci. Pri tomto pocite sa dá povedať, že boli tri rovnaké odpovede a to bolo číslo jedna, dva a tri. Pri pocite obavy, bola najčastejšia odpoveď číslo jedna. Dvaja zo všetkých dobrovoľníkov, však mali mnohonásobné obavy oproti ostatným. Tí zakrúžkovali číslo osem, čo je pomerne vysoké číslo na tejto stupnici. Pozitívom je, že pocit hnevu sa u nikoho výrazne nevykysytol a keď aj, odpoveď bola označená maximálne číslom tri. Vyššie číslo nikto nezakrúžkoval. Až dvadsaťosem ľudí označilo odpoveď jedna čo je minimálna hodnota. Minimálna hodnota sa vyskytla u všetkých zúčastnených pri pocite zúrivosti. Rovnako ani strachom väčšina dobrovoľníkov netrpela a len jeden dobrovoľník označil pri tomto pocite číslo štyri. Najčastejšia odpoveď bola rovnaká ako pri pocite zúrivosti, čiže číslo jedna. Rovnako tomu bolo aj pri pocite zúfalstva a bezmocnosti.



Obrázok 30 – Výsledky negatívnych pocitov pred meraním

## 7.4.2 Výsledky a hodnotenie dotazníkov po meraní

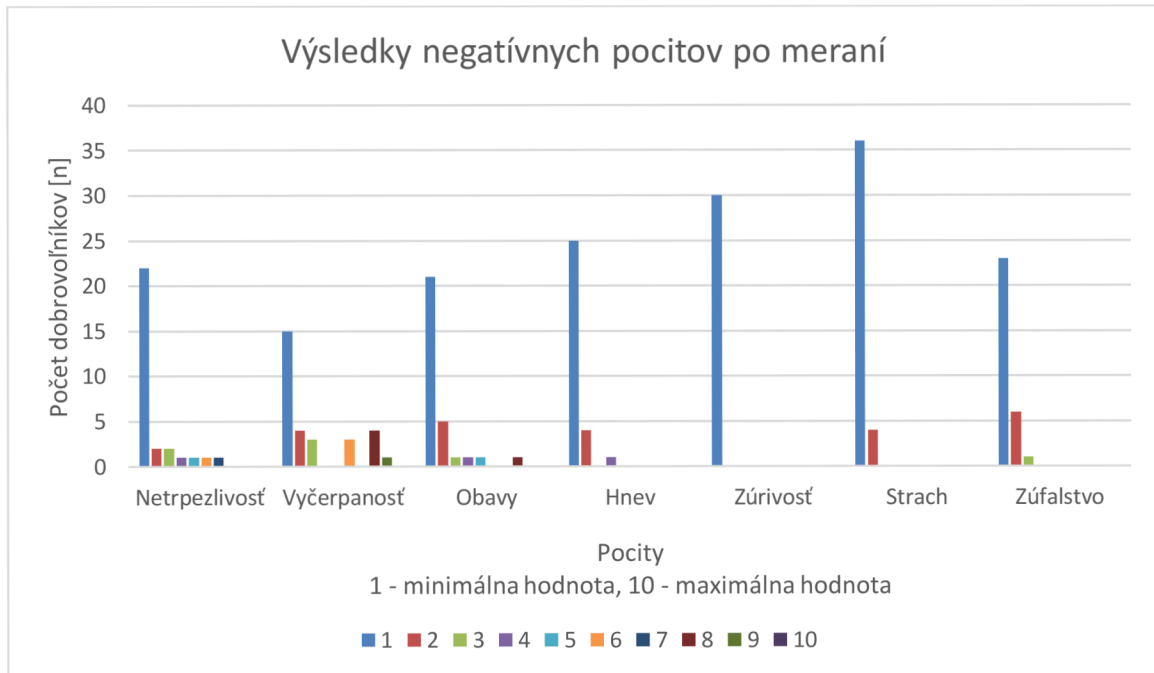
Dobrovoľníci po meraní museli opäť vyplniť dotazník. V niektorých prípadoch došlo k zmene zakrúžkovaného čísla, no vo väčšine prípadov to ostalo bez zmeny. Pri pozitívnych a negatívnych pocitoch mali dobrovoľníci rovnaké pravidlá krúžkovania ako pred meraním. Najčastejšia odpoveď pocitu radosť, bolo číslo deväť. Všetky zakrúžkované odpovede sa pohybovali od čísla tri až po desať. Hodnotenie pocitu slobody bolo číslo osem. Zakrúžkované odpovede boli aj jednotka, dvojka a trojka. Aj pri pocite nadšenie a šťastie bolo najčastejšie zakrúžkované číslo osem. Pocit nádeje a spokojnosti bolo najčastejšie hodnotené číslom deväť. Z grafu si môžeme všimnúť, že pocit bezpečia, malo najviac ľudí zo všetkých pozitívnych pocitov a dosiahol maximálne hodnoty. Číslo desať zakrúžkovalo až trinásť dobrovoľníkov.



Obrázok 31 – Výsledky pozitívnych pocitov po meraní

Rovnako, ako tomu bolo u negatívnych pocitov pred meraním, tak aj po meraní boli najčastejšie zakrúžkované odpovede minimálne, čo hodnotím ako pozitívum. Odpovede pocitu netrpezlivosť sa pohybovali v rozmedzí od jedna po sedem. Pričom najviac zakrúžkovaná bola odpoveď jedna. Pri pocite vyčerpanosti, v porovnaní s vyplnenými dotazníkmi pred meraním sa dá povedať, že si dobrovoľníci počas merania oddýchli. Až pätnásť dobrovoľníkov zakrúžkovalo minimálnu hodnotu, čiže číslo jedna. Pri hneve bola najčastejšia odpoveď číslo jedna. Pocit zúrivosti sa po meraní nezmenil a všetci dobrovoľníci zakrúžkovali minimálnu

hodnotu, tak ako pred meraním. Pri pocite strachu boli zakružkované dve minimálne hodnoty, pričom najčastejšia odpoveď bola číslo jedna. Škála zakružkovania pocitu zúfalstva bola od jedna do troch. Aj tu bola najčastejšia odpoveď jedna, rovnako ako aj pri pocite zúfalstva a bezmocnosti.



Obrázok 32 – Výsledky negatívnych pocitov po meraní

## 8 Záver

V prvej časti bakalárskej práce bol spracovaný literárny rešerš z oblastí fyziológie kože, kožnej vodivosti, spôsobmi jeho merania a využitia v klinickej praxi. Na základe prístrojového vybavenia pracoviska vedúceho práce bola navrhnutá a zostavená zostava prístrojov na meranie kožnej vodivosti a v neposlednom rade bol navrhnutý aj samotný protokol merania. Po splnení týchto cieľov sa plynule prešlo na zber dát, spracovanie a vyhodnotenie nameraných signálov.

Zber dát prebehol vďaka zariadeniu BIOPAC System, ktorý bol k dispozícii v laboratóriu na Fyziologickom ústave LF MU Brno. Namerané signály boli uložené pod adekvátnym názvom, v závislosti od typu podmienok merania, či už pri kľudových alebo záťažových. Signály boli načítané a analyzované pomocou programu Matlab R2013a. Pri štatistických analýzach bol použitý program StatisticaSoft 13.

Analýzy signálov prebehli v časovej, frekvenčnej a časovo-frekvenčnej oblasti. V každej z nich bolo použitých niekoľko metód, ktoré mali umožniť kategorizáciu signálov do skupín, na základe ich zmien. Z pomedzi výsledkov všetkých analýz bol najdôležitejší Wilcoxonov test, ktorý potvrdil vplyv negatívne vnímanej hudby na kožnú vodivosť.

V samotnom závere bakalárskej práce boli vyhodnotené pocitové dotazníky vyplnené dobrovoľníkmi pred a po meraní. Jednalo sa o vyjadrenie emočného stavu dobrovoľníkov pomocou číselnej stupnice od jedna do desať. Výsledky boli znázornené do štyroch grafov.

Pri vypracovávaní bakalárskej práce boli navrhnuté analýzy, ktorých cieľom bolo zistenie vplyvu hudby na kožnú vodivosť čo sa aj potvrdilo. V budúcnosti pri upresnení protokolu merania, spracovania signálov a aplikovaní nových analýz je možné touto cestou dosiahnuť zistenia nových, zaujímavých výsledkov, ktoré by možno určili jednoznačnejší vplyv hudby na kožnú vodivosť.

# Zoznam použitých zdrojov

- [1] JAVORKA, K. a kol. *Lekárska Fyziológia: učebnica pre lekárske fakulty*. 2 vyd., Martin: OSVETA, 2001, 631 s. ISBN 80-8063-023-2.
- [2] NOVOTNÝ, F. *Záhady a zajímavosti lidské kůže*. Praha: Grada, 2000, 130 s. ISBN 80-7169-961-6.
- [3] ROKYTA, R. a kol. *Fyziologie a patologická fyziologie: pri klinickou prax*. 1.vyd., Praha: Grada, 2015, 736 s. ISBN 978-80-247-9902-5.
- [4] ARENBERGER, P. *Dermatovenerologická propedeutika a praktika pro studující lékařství: Anatomie a histologie kůže*. 1. vyd., Praha: Univerzita Karlova, 1992, 378 s. ISBN 382-126-92.
- [5] KONTIGOVÁ, L., BORSKÁ, L., FIALA, Z. 2009. *Testování transdermální absorpce chemických látek in vitro*. In *BMC* . [online]. 2009, vol. 103 , no. 7 [cit. 2016 – 11 – 3] Dostupné z: < [http://chemicke-listy.cz/docs/full/2009\\_07\\_533-539.pdf](http://chemicke-listy.cz/docs/full/2009_07_533-539.pdf) >. ISSN 1213-7103
- [6] *Encyklopaedia Britannica eb.com*. Human skin [online]. 2010 [cit. 2017-3-2]. Dostupné z: < <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/547591/human-skin> >.
- [7] MARKS R. M., BARTON S. P., EDWARDS C., *The Physical Nature of the Skin*. Lancaster: MTP Press Limited, 2012, 215 s. ISBN 978-94-010-7074-4.
- [8] HÁJEK, Z., ČECH, E., MARŠÁL, K. a kol. *Prodnicví: 3., zcela přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2014, 576 s. ISBN 978-80-247-4529-9.
- [9] KALINA, K. a kol. *Klinická adiktologie*. 1vyd., Praha: Grada Publishing, a.s., 2015, 697 s. ISBN 978-80-247-9791-5.
- [10] SILBERNAGL, S., DESPOPOULOS A. *Atlas fyziologie člověka*. 6 vyd., Praha: Grada Publishing, a.s., 2004, 434 s. ISBN 80-247-0630-X.
- [11] EBLING, J., MONTAGNA, W. *Britannica Online Encyclopedia* [online]. 2010, [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/547591/human-skin>>.
- [12] FREINKEL R. K., WOODLEY, D. T. *The Biology of the Skin*. Boca Raton: CRC Press, 2001, 432s. ISBN 978-1850700067.
- [13] ROKYTA, R. a kol. *Fyziologie pro bakalářska studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV nakladatelství, 2000, 359 s. ISBN 80-85866-45-5.

- [14] BOUCSEIN, W. *Elektrodermal activity*. 2. vyd., New York: Springer, 2012, 618 s. ISBN 978-1-4614-1126-0.
- [15] VIŠŇOVCOVÁ, Z., TONHAJZEROVÁ, I. 2013. *Biomedicínsky princíp a využitie elektrodermálnej odpovede v klinickej praxi*. In *Cognitive Remediation Journal*. [online časopis]. 2013, vol. 2, no. 1 [cit 2016- 11- 18]. Dostupné z: < [http://cdzjesenik.cz/Aktuality/journal01\\_13.pdf](http://cdzjesenik.cz/Aktuality/journal01_13.pdf) >. ISSN 1085-7225.
- [16] WOLFRAM, B. *Electrodermal Activity*. 2. vyd., New York: Springer US, 2012, 603 s. ISBN 978-1-4614-1125-3.
- [17] ANDREASSI, J. L. *Psychophysiology: human behavior and physiological response*. 5. vyd., New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, 2007, ISBN 0-8058-4950-5.
- [18] MALMIVUO, J., PLONSEY, R. *Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields*. New York: Oxford University Press, 1995, 508 s. ISBN 13-978-0-19-505823-2.
- [19] DEMETIENKO, V. V. a kol. Hypothesis about the nature of electrodermal reactions. *Journal of Psychophysiology* [online]. January 1998, vol. 30 [cit. 2017-4-5]. Dostupné z: <<http://www.neurocom.ru/en2/company/edrhype.pdf>>.
- [20] *Československá psychologie: časopis pro psychologickou teorii a praxi* [online časopis]. Praha: Psychologický ústav AV ČR, v. v. i, 2001- [cit 2016-10-15]. ISSN 0009-062X. Dostupný z:< <http://www.cspsych.psu.cas.cz/result.php?from=269&to=269>>
- [21] *BIOPAC Systém, Inc.* [online]. 2008 [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: <<http://www.biopac.com/Education.asp>>
- [22] Finapres Medical System. *NL-1101 CC Amsterdam ZO*. [online]. 2012 [cit. 2016-12-27]. Dostupné z: < <http://www.finapres.com/Products/Finometer-PRO> >
- [23] DORRIAN, J. a kol. The driver vigilance telemetric control system (DVTCS): Investigating sensitivity to experimentally induced sleep loss and fatigue. *Behavior Research Methods* [online]. December 2010, vol. 40 [cit. 2017-5-5]. Dostupné z: < <http://www.springerlink.com/content/85437t2vwm001676/>>.
- [24] PROCHÁZKA, B. *Biostatistika pro lékaře*. Praha: Karolinum, 2016, 346 s. ISBN 978-80-246-2803-5.
- [25] TRÁGE, D. *Časově-frekvenční analýza*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009, 31 s.

[26] REKTORYS, K. a kol. *Přehled užité matematiky*. 2 vyd., Praha: SNTL, 1968, 505 s. ISBN 04-002-68.

# Zoznam použitých skratiek

AC - striedavý prúd

BSL - Biopac Studen Lab

DC - jednosmerný prúd

DFT - diskrétna furierová transformácia

EDA - elektrodermálna aktivita

EKG - elektrokardiograf

GSR - galvanická reakcia kože

K - kľudový signál

LED - dióda emitujúca svetlo

N - negatívny signál

P - pozitívny signál

RTF - návrat do toku

SC - kožná vodivosť

SCL - odozva kožného potenciálu

SCR - odozva kožnej vodivosti

SP - kožný potenciál

SPL - hladina kožného potenciálu

SPR - odozva kožného potenciálu

SR - kožný odpor

SRR - odozva kožného odporu

SRL - hladina kožného odporu



# Zoznam použitých príloh

Príloha 1: Dotazník ku kožnej vodivosti pred meraním

Príloha 2: Dotazník ku kožnej vodivosti po meraní

Príloha 3: Popisná štatistika v časovej oblasti

Príloha 4: Relatívne hodnotenie popisnej štatistiky v časovej oblasti

Príloha 5: Výsledky šikmosti a špicatosti v časovej oblasti

Príloha 6: Výsledky smernice priamky pre K, P, N signály

## DOTAZNÍK KU KOŽNEJ VODIVOSTI

Vážení priatelia,

Volám sa Lenka Javorčeková, som študentkou VUT Brno. Prosím Vás o vyplnenie krátkeho dotazníka. Jeho cieľom je získať odpovede na otázky týkajúce sa vás, vášho zdravia a potrebných informácií pre štatistické vyhodnotenie výsledkov mojej bakalárskej práce na tému Kožní vodivosť. Vyplnenie dotazníka by nemalo trvať dlhšie ako 5 minút. Ďakujem!

### Všeobecné informácie:

**Akého ste pohlavia?**

a) Muž

b) Žena

**Kol'ko máte rokov?.....**

**Kol'ko vážite kíľ? .....**

**Kol'ko máte centimetrov? .....**

**BMI index ( nevyplňat'!) .....**

**Užívate nejaké lieky (ak áno napíšte aké)?**

a) Áno

b) Nie

Užívam tieto lieky: .....

### A ČASŤ (potenie sa)

**Na stupnici od 1 – 10 ohodnoťte množstvo potenia sa cez leto (1 je minimum, 10 maximum) .....**

Na stupnici od 1 – 10 ohodnoťte množstvo potenia sa cez zimu (1 je minimum, 10 maximum) .....

### B ČASŤ (krémovanie rúk)

**Ako často si krémujete ruky?**

- a) menej ako 3x do týždňa      b) viac ako 3x do týždňa      a) každý deň

**Nakrémovali ste si ruky aj dnes pred meraním?**

- a) Áno      b) Nie      c) Neviem

### C ČASŤ (hudobné zameranie)

**Aké štýly hudby sú vaše obľúbené?**

- a) Hip – hop      b) Disco      c) Pop      d) Metal      e) Alternatívny      f) Soul  
g) Jazz      h) Swing      i) Funky      j) Punk      k) Klasický      l) Rock

iný (napíšte aký) : .....

**Aké štýly hudby sú vaše neobľúbené?**

- a) Hip – hop      b) Disco      c) Pop      d) Metal      e) Alternatívny      f) Soul  
g) Jazz      h) Swing      i) Funky      j) Punk      k) Klasický      l) Rock

m) iný (napíšte aký): .....

**Uved'te tri mená hudobných interpretov, ktorých máte radi:**

**Uved'te Vašu NAJNEOBLÚBENEJŠIU pesničku/y:**

.....  
.....

**Uved'te tri mená hudobných interpretov, ktorých NEMÁTE radi:**

**Uved'te Vašu NAJNEOBLÚBENEJŠIU pesničku/y:**

.....  
.....

D ČASŤ (psychická pohoda/ nepohoda v čase vyplňovania dotazníku)

Pociťujem od 1- 10 (1 je minimálna hodnota 10 maximálna):

<b>Radosť</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Slobodu</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Nadšenie</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Šťastie</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Nádej</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Spokojnosť</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Bezpečie</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Podráždenie</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Netrpezlivosť</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Vyčerpanosť</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Obavy</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

<b>Hnev</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Zúrivosť</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Strach</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Zúfalstvo</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Bezmocnosť</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### E ČASŤ (špecifické otázky)

#### **Beriete antidepresíva?**

a) Áno

b) Nie

#### **Trpíte častými výkyvmi nálady a stavmi úzkosti?**

a) Áno

b) Nie

c) Niekedy

#### **Trpíte epilepsiou?**

a) Áno

b) Nie

#### **Trpíte poruchami spánku?**

a) Áno

b) Nie

c) Niekedy

## DOTAZNÍK KU KOŽNEJ VODIVOSTI PO MERANÍ

Vážení priatelia,

prosím Vás o vyplnenie krátkeho dotazníka. Jeho cieľom je získať odpovede na otázky týkajúce sa vašich pocitov po meraní kožnej vodivosti. Vyplnenie dotazníka by nemalo trvať dlhšie ako 5 minút. Ďakujem!

### A ČASŤ (psychická pohoda/ nepohoda po teste)

Pocitujem od 1- 10 (1 je minimálna hodnota 10 maximálna):

<b>Radosť</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Slobodu</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Nadšenie</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Šťastie</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Nádej</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Spokojnosť</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Bezpečie</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Podráždenie</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Netrpezlivosť</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Vyčerpanosť</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Obavy</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Hnev</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

<b>Zúrivost'</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Strach</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Zúfalstvo</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Bezmocnost'</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Príloha 3: Popisná štatistika v časovej oblasti

Človek	Stav	Stredná hodnota [ $\mu\text{S/V}$ ]	Smerodajná odchýlka [ $\mu\text{S/V}$ ]	Minimum [ $\mu\text{S/V}$ ]	Maximum [ $\mu\text{S/V}$ ]	Modus [ $\mu\text{S/V}$ ]
	K	0,0611	0,0029	0,0448	0,0781	0,0448
00	P	0,0611	0,0019	0,0544	0,0689	0,0544
	N	0,0612	0,0050	0,0278	0,0898	0,0278
	K	0,0620	0,0113	0,0341	0,0999	0,0341
01	P	0,0621	0,0124	0,0219	0,1088	0,0219
	N	0,0618	0,0270	-0,0511	0,1666	-0,0511
	K	0,0621	0,0164	-0,0223	0,1383	-0,0223
02	P	0,0624	0,0157	0,0062	0,1125	0,0062
	N	0,0624	0,0117	0,0168	0,1189	0,0168
	K	0,0622	0,0088	0,0228	0,0912	0,0228
03	P	0,0622	0,0138	-0,0036	0,1110	-0,0036
	N	0,0625	0,0244	-0,0194	0,1260	-0,0194
	K	0,0621	0,0003	0,0602	0,0642	0,0602
04	P	0,0622	0,0007	0,0597	0,0645	0,0597
	N	0,0621	0,0044	0,0382	0,0850	0,0382
	K	0,0615	0,0020	0,0520	0,0721	0,0520
05	P	0,0614	0,0059	0,0310	0,0896	0,0310
	N	0,0616	0,0016	0,0513	0,0673	0,0513
	K	0,0621	0,0078	0,0356	0,1042	0,0356
06	P	0,0619	0,0635	-0,1848	0,2611	-0,1848
	N	0,0620	0,0434	-0,0703	0,2218	-0,0703
	K	0,0618	0,0073	0,0392	0,0906	0,0392
07	P	0,0617	0,0366	-0,1409	0,2660	-0,1409
	N	0,0621	0,0508	-0,0950	0,2569	-0,0950
	K	0,0618	0,0058	0,0223	0,1093	0,0223
08	P	0,0618	0,0085	0,0320	0,0873	0,0320
	N	0,0608	0,3014	-1,1453	1,2063	-1,1453
	K	0,0613	0,0014	0,0559	0,0656	0,0559
09	P	0,0614	0,0078	0,0310	0,0896	0,0310
	N	0,0615	0,0161	-0,0025	0,1226	-0,0025
	K	0,0639	0,0008	0,0545	0,0701	0,0545
10	P	0,0642	0,0005	0,0615	0,0668	0,0615
	N	0,0642	0,0004	0,0622	0,0661	0,0622
	K	0,0639	0,0016	0,0556	0,0822	0,0556
11	P	0,0640	0,0010	0,0559	0,0705	0,0559
	N	0,0641	0,0012	0,0561	0,0767	0,0561
	K	0,0643	0,0004	0,0618	0,0671	0,0618
12	P	0,0646	0,0018	0,0565	0,0730	0,0565
	N	0,0647	0,0017	0,0548	0,0752	0,0548
	K	0,0648	0,0025	0,0515	0,0791	0,0515
13	P	0,0649	0,0035	0,0516	0,0774	0,0516
	N	0,0649	0,0030	0,0520	0,0841	0,0520
	K	0,0647	0,0061	0,0310	0,0966	0,0310



14	P	0,0649	0,0157	-0,0140	0,1335	-0,0140
	N	0,0649	0,0117	0,0284	0,1043	0,0284
	K	0,0649	0,0011	0,0595	0,0715	0,0595
15	P	0,0649	0,0011	0,0608	0,0708	0,0608
	N	0,0649	0,0018	0,0545	0,0736	0,0545
	K	0,0652	0,0043	0,0484	0,0855	0,0484
16	P	0,0650	0,0041	0,0536	0,0774	0,0536
	N	0,0651	0,0035	0,0531	0,0788	0,0531
	K	0,0651	0,0046	0,0445	0,0819	0,0445
17	P	0,0652	0,0023	0,0544	0,0748	0,0544
	N	0,0652	0,0025	0,0570	0,0745	0,0570
	K	0,0653	0,0029	0,0513	0,0801	0,0513
18	P	0,0653	0,0027	0,0550	0,0749	0,0550
	N	0,0654	0,0008	0,0629	0,0703	0,0629
	K	0,0654	0,0055	0,0403	0,0923	0,0403
19	P	0,0653	0,0068	0,0435	0,0876	0,0435
	N	0,0653	0,0045	0,0327	0,0943	0,0327
	K	0,0650	0,0014	0,0601	0,0709	0,0601
20	P	0,0649	0,0043	0,0516	0,0823	0,0516
	N	0,0649	0,0081	0,0458	0,0861	0,0458
	K	0,0649	0,0034	0,0318	0,0813	0,0318
21	P	0,0649	0,0023	0,0559	0,0716	0,0559
	N	0,0650	0,0059	0,0206	0,1212	0,0206
	K	0,0649	0,0007	0,0624	0,0675	0,0624
22	P	0,0651	0,0020	0,0543	0,0759	0,0543
	N	0,0651	0,0009	0,0623	0,0675	0,0623
	K	0,0652	0,0107	-0,0242	0,1368	-0,0242
23	P	0,0656	0,0379	-0,0782	0,1797	-0,0782
	N	0,0651	0,0312	-0,0448	0,1723	-0,0448
	K	0,0655	0,0019	0,0584	0,0702	0,0584
24	P	0,0655	0,0112	0,0090	0,1166	0,0090
	N	0,0656	0,0082	0,0250	0,1197	0,0250
	K	0,0659	0,0132	0,0004	0,1197	0,0004
25	P	0,0659	0,0076	0,0224	0,0939	0,0224
	N	0,0656	0,0167	-0,0021	0,1323	-0,0021
	K	0,0657	0,0004	0,0627	0,0677	0,0627
26	P	0,0656	0,0012	0,0601	0,0714	0,0601
	N	0,0658	0,0043	0,0526	0,0818	0,0526
	K	0,0658	0,0146	0,0134	0,1284	0,0134
27	P	0,0656	0,0150	0,0195	0,1217	0,0195
	N	0,0660	0,0130	0,0300	0,1153	0,0300
	K	0,0642	0,0003	0,0629	0,0664	0,0629
28	P	0,0657	0,0259	-0,0394	0,1841	-0,0394
	N	0,0657	0,021	-0,0882	0,2202	-0,0882
	K	0,0658	0,0237	-0,0513	0,1881	-0,0513
29	P	0,0657	0,0041	0,0441	0,0864	0,0441
	N	0,0658	0,0283	-0,1189	0,2148	-0,1189

Príloha 4: Relatívne hodnotenie popisnej štatistiky v časovej oblasti

Človek	Stav	Stredná hodnota [%]	Smerodajná odchýlka [%]	Minimum [%]	Maximum [%]	Modus [%]
00	K-P/K	0,0000	0,3397	-0,21460	0,1170	-0,2146
	K-N/K	-0,0030	-0,7110	0,3798	-0,1498	0,3798
01	K-P/K	0,3577	-0,09849	0,3577	-0,0891	0,3577
	K-N/K	2,4961	-1,3914	2,4961	-0,6676	2,4960
02	K-P/K	1,2777	0,0446	1,2777	0,1865	1,2777
	K-N/K	1,7542	0,2848	1,7542	0,1401	1,7542
03	K-P/K	1,1587	-0,5637	1,1587	-0,2173	1,1587
	K-N/K	1,8518	-1,7678	1,8518	-0,3821	1,8518
04	K-P/K	0,0084	-1,3138	0,0836	-0,0046	0,0084
	K-N/K	0,3666	-13,8267	0,3666	-0,3238	0,3666
05	K-P/K	0,4033	-1,9568	0,4033	-0,2438	0,4033
	K-N/K	0,0130	0,2116	0,0130	0,0661	0,0130
06	K-P/K	6,1963	-7,1048	6,1963	-1,5048	6,1962
	K-N/K	2,9774	-4,5378	2,9774	-1,1283	2,9777
07	K -P/K	4,5921	-3,9850	4,5921	-1,9367	4,5921
	K-N/K	3,4230	-5,9200	3,4230	-1,8358	3,4230
08	K-P/K	-0,4326	-0,4367	-0,4326	0,2013	-0,4326
	K-N/K	52,3426	-50,6247	52,3426	-10,0327	52,342
09	K-P/K	0,4455	-4,6544	0,4455	-0,3670	0,4455
	K-N/K	1,0450	-10,7184	1,0450	-0,8692	1,0450
10	K-P/K	-0,1294	0,4110	-0,1294	0,04654	-0,1294
	K-N/K	-0,1417	0,5070	-0,1417	0,05780	-0,1417
11	K-P/K	-0,0059	0,4137	-0,0059	0,1427	-0,0059
	K-N/K	-0,0089	0,2821	-0,0089	0,0673	-0,0089
12	K-P/K	0,0844	-3,8468	0,0844	-0,0876	0,0844
	K-N/K	0,1131	-3,4850	0,1131	-0,1206	0,1131
13	K-P/K	-0,0018	-0,4255	-0,0018	0,0210	-0,0018
	K-N/K	-0,0108	-0,1999	-0,0108	-0,0640	-0,0108
14	K-P/K	1,4509	-1,5930	1,4509	-0,3822	1,4509
	K-N/K	0,0820	-0,9285	0,0820	-0,0807	0,0820
15	K-P/K	-0,2158	-0,2132	-0,0216	0,0095	-0,0216
	K-N/K	0,0836	-0,7182	0,0836	-0,0289	0,0836
16	K-P/K	-0,1069	0,0524	-0,1069	0,0950	-0,1069
	K-N/K	-0,0980	0,1865	-0,0980	0,0787	-0,0980
17	K-P/K	-0,2206	0,4941	-0,2206	0,0864	-0,2206
	K-N/K	-0,2806	0,4622	-0,2806	0,0903	-0,2806
18	K-P/K	-0,0724	0,0499	-0,0724	0,0649	-0,0724
	K-N/K	-0,2263	0,7209	-0,2263	0,1222	-0,2262
19	K-P/K	-0,0778	-0,2260	-0,0778	0,0509	-0,0778
	K-N/K	0,1890	0,1908	0,1890	-0,0221	0,1890
20	K-P/K	0,1407	-2,1500	0,1408	-0,1611	0,1408
	K-N/K	0,2384	-4,9565	0,2384	-0,2150	0,2384

21	K-P/K	-0,7595	0,3130	-0,7595	0,1198	-0,7595
	K-N/K	0,3513	-0,7366	0,3513	-0,4899	0,3513
22	K-P/K	0,1296	-1,7069	0,1296	-0,1240	0,1296
	K-N/K	0,0012	-0,1671	0,0012	-0,0002	0,0012
23	K-P/K	-2,2285	-2,5419	-2,2285	-0,3136	-2,2285
	K-N/K	-0,8472	-1,9147	-0,8472	-0,2598	-0,8472
24	K-P/K	0,8465	-4,8735	0,8465	-0,6601	0,8465
	K-N/K	0,5719	-3,2788	0,5719	-0,7042	0,5719
25	K-P/K	-53,2345	0,4216	-53,2344	0,2156	-53,2345
	K-N/K	6,0563	-0,2623	6,0563	-0,1045	6,0563
26	K-P/K	0,0415	-2,0439	0,0415	-0,0549	0,0415
	K-N/K	0,1610	-9,6197	0,1610	-0,2086	0,1610
27	K-P/K	-0,4590	-0,0252	-0,4588	0,0522	-0,4588
	K-N/K	-1,2378	0,1101	-1,2377	0,1016	-1,2377
28	K-P/K	1,6270	-78,3111	1,6271	-1,7742	1,6271
	K-N/K	2,4025	-65,3512	2,4025	-2,3181	2,4025
29	K-P/K	1,8607	0,8265	1,8607	0,5407	1,8607
	K-N/K	-1,3199	-0,1927	-1,3199	-0,1418	-1,3199

Priloha 5: Výsledky šikmosti a špicatosti v časovej oblasti

Človek	Stav	Šikmost'	Špicatost'
00	K	-0,5070	9,6777
	P	0,1201	4,1175
	N	-0,2256	17,6325
01	K	0,4116	3,3467
	P	-0,1958	4,1553
	N	-0,0357	3,9736
02	K	-0,9644	11,0400
	P	-0,2800	4,1844
	N	0,1714	9,7341
03	K	-0,7604	7,1851
	P	-0,4676	5,8281
	N	-0,1905	3,2028
04	K	0,1348	6,2300
	P	-0,1327	3,4334
	N	-0,4917	8,8241
05	K	0,4828	6,4734
	P	-0,1433	8,4592
	N	-0,2493	6,0992
06	K	0,4842	7,3041
	P	-0,1988	4,1072
	N	0,1253	3,8325
07	K	-0,0165	3,9856
	P	0,1859	9,6853
	N	0,0723	3,6317
08	K	0,5610	28,3736
	P	-0,1222	3,3389
	N	-0,4738	5,9644
09	K	-0,3591	4,0466
	P	-0,1359	5,4537
	N	-0,3579	4,7965
10	K	-1,0903	30,8366
	P	0,2666	5,5369
	N	0,2558	4,0339
11	K	4,1323	50,0804
	P	-0,0097	18,4229
	N	3,6477	60,4896
12	K	0,3913	10,4635
	P	0,3911	8,4543
	N	-0,8077	18,6468
13	K	-0,5138	16,4015
	P	-0,1829	5,1094
	N	1,1877	13,1309
14	K	-0,8665	16,8912

	P	-0,6112	9,5895
	N	-0,1929	4,9370
15	K	0,9426	10,7720
	P	0,2100	6,5162
	N	-0,0750	9,7989
16	K	0,1528	6,3438
	P	0,0993	3,3263
	N	0,1987	6,2125
17	K	-0,6675	8,1743
	P	-0,3810	7,2629
	N	0,2419	5,9375
18	K	-0,2448	13,8273
	P	-0,5040	5,7867
	N	1,7341	11,7803
19	K	-0,1167	9,3219
	P	0,0246	3,5082
	N	-0,3943	18,2663
20	K	0,3562	6,2305
	P	0,6663	6,0644
	N	0,0346	2,2306
21	K	-3,4295	41,3759
	P	-0,3341	3,5656
	N	0,1679	37,2520
22	K	0,0792	3,1612
	P	0,1042	13,2099
	N	-0,1100	2,7496
23	K	-1,4984	27,3721
	P	-0,4177	4,8978
	N	0,0361	3,7943
24	K	-0,3753	3,2934
	P	-0,3827	11,0182
	N	0,1814	19,5411
25	K	-0,9982	12,0799
	P	-1,5517	12,1740
	N	-0,3734	7,5791
26	K	-0,4462	6,5974
	P	-0,2575	8,7277
	N	0,4612	5,6135
27	K	-0,1088	6,8548
	P	0,1022	4,6815
	N	0,1810	4,8437
28	K	0,4509	4,6161
	P	-0,4973	8,5911
	N	-0,6521	34,0436
29	K	-0,6306	14,1249
	P	-0,4390	13,3362
	N	-1,8481	22,3818

Príloha 5: Výsledky smernice priamky pre K, P, N signály

Človek	K	P	N
00	-4,5788	-4,0464	-5,1740
01	-3,6698	-4,1820	-3,4573
02	-5,2827	-2,9714	-4,4688
03	-4,5521	-4,0274	-3,7520
04	-3,4772	-3,9003	-4,9000
05	-3,3332	-4,0321	-4,0540
06	-4,0966	-4,2305	-3,7885
07	-4,3558	-4,0110	-3,7244
08	-3,0365	-4,5066	-4,4589
09	-3,0154	-4,2332	-3,8338
10	-3,6007	-3,3895	-3,3283
11	-3,8913	-3,2808	-4,3941
12	-3,3067	-4,3542	-4,4701
13	-3,6918	-4,2922	-4,7943
14	-5,4704	-5,6791	-5,5585
15	-4,1599	-3,8983	-4,8403
16	-4,6491	-5,0804	-4,3200
17	-3,9553	3,7129	-4,2306
18	-3,5623	-3,8963	-3,1725
19	-3,8923	-3,4533	-4,2113
20	-3,4803	-3,9954	-3,7098
21	-5,3759	-4,0738	-5,2352
22	-3,7608	-4,0274	-4,0244
23	-5,1855	-4,9181	-4,2959
24	-4,6864	-4,9070	-4,7906
25	-4,9413	-4,1500	-4,4841
26	-2,8246	-2,9407	-4,0059
27	-3,5913	-4,5212	-4,9410
28	-3,2595	-5,8471	-6,6071
29	-3,8935	-5,1488	-6,3815