



**ČVUT**

ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

**F3**

**Fakulta elektrotechnická  
Katedra teorie obvodů**

**Bakalářská práce**

# **Stres ve fyziologických signálech**

**Stress in physiological signals**

**Zuzana Világiová**

**Január 2023**

**Vedoucí práce: prof. Ing. Roman Čmejla, CSc.**



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Világiová** Jméno: **Zuzana** Osobní číslo: **492128**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra teorie obvodů**  
Studijní program: **Lékařská elektronika a bioinformatika**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Stres ve fyziologických signálech**

Název bakalářské práce anglicky:

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte rešerši literatury týkající se hodnocení stresové reakce s využitím fyziologických signálů.
2. Pro práci použijte databázi záznamů signálů dechových křivek, EKG a GSR pro fobické a nefobické osoby.
3. Zaměřte se možnosti analýzy dechové křivky.
4. Vyhodnoťte možnosti detekce a hodnocení úrovně stresu z různých fyziologických signálů (dech, EKG, GSR) a z jejich kombinací.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Landová, E., et al. "Venomous snakes elicit stronger fear than nonvenomous ones: Psychophysiological response to snake images." Plos one, 2020, 15.8: e0236999.
- [2] Giannakakis, Giorgos, et al. "Review on psychological stress detection using biosignals." IEEE Transactions on Affective Computing 13.1 (2019): 440-460.
- [3] Atassi Adéla, Vliv psychického stresu na variabilitu srdeční frekvence, ČVUT FEL, bakalářská práce, 2022.
- [4] Stehlíková Michaela, Detekce stresu pomocí galvanické kožní odezvy, ČVUT FEL, bakalářská práce, 2022.
- [5] Zázvorková Jana, Akustická analýza psychického stresu v řečovém signálu, ČVUT FEL, diplomová práce, 2022.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**prof. Ing. Roman Čmejla, CSc. katedra teorie obvodů FEL**

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

Datum zadání bakalářské práce: **22.09.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10.01.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: **24.09.2024**

prof. Ing. Roman Čmejla, CSc.  
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Radoslav Bortel, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studentky



## PodĎakovanie / Prehlásenie

Chcela by som poĎakovať vedúce-  
mu tejto bakalárskej práce profesorovi  
Ing. Romanovi Čmejlovi, CSc. za jeho  
čas, cenné rady a obrovskú trpezlivosť  
pri spracovaní tejto práce. Taktiež by  
som sa chcela poĎakovať všetkým, kto-  
rí ma podporovali počas celého štúdia,  
hlavne rodine a kamarátom, bez ktorých  
by táto práca nevznikla.

Prehlasujem, že som predloženú prá-  
cu vypracovala samostatne a že som  
uviedla všetky použité informačné zdro-  
je v súlade s Metodickým pokynom  
o dodržovaní etických princípov pri  
príprave vysokoškolských záverečných  
prac.

V Prahe dňa 9. 1. 2023

.....

## Abstrakt / Abstract

Obsahom tejto práce je skúmanie vplyvov stresu na fyziologické signály u fóbických respondentov. Analyzovali sme účinky dýchania v jednotlivých segmentoch stresovej situácie a určili sme relevantné parametre pre tieto signály, aby sme mohli sledovať stresovú reakciu. Tieto signály sme spracovali v jazyku Matlab a vyhodnotili sme ich v pomoci jazyka R. Porovnali sme jednotlivé parametre dýchania a vytvorili sme model pre predikciu fóbickosti pomocou naivného bayesovho klasifikátora. Pre parametre dýchania Vex, Ain, Kin a Tin/Ttot sme dosiahli úspešnosť klasifikácie nad 70%. Tiež sme určili minimálne a maximálne hodnoty parametrov dýchania pre jednotlivé segmenty a skúmali, či pridanie parametrov EKG a GSR zlepšuje úspešnosť predikcie modelu. Na predikciu sme použili dva modely – naivného bayesovho klasifikátora a logistickú regresiu. Pre výber najlepších parametrov sme využili funkciu RFE implementovanú v R. Pri logistickej regresii sme dosiahli úspešnosť klasifikácie 72,73% pre dva segmenty, pričom najlepšie parametre modelu boli hodnoty parametrov dýchania a EKG.

**Kľúčové slová:** fóbia; stres; signál dýchania; analýza dýchania, naivný Bayesovský klasifikátor; logistická regresia.

In this work, we investigate the stress effects on physiological signals in phobic respondents. We analyzed the effects of breathing in individual segments of the stressful situation and determined the relevant parameters for these signals to monitor the stress response. We processed these signals in the Matlab programming language and evaluated them using the R language. We compared individual breathing parameters and created a model for the prediction of phobia using a naive Bayesian classifier. For the breathing parameters Vex, Ain, Kin, and Tin/Ttot, we achieved a classification accuracy above 70%. We also determined the minimum and maximum values of breathing parameters for individual segments and investigated whether the addition of ECG and GSR parameters improves the model's prediction success. We used two models for prediction – naive Bayesian classifier and logistic regression. To select the best parameters, we used the RFE function implemented in R. For logistic regression, we achieved a classification accuracy of 72,73% for two segments, with the best model parameters being the values of breathing and EKG parameters.

**Keywords:** phobia; stress; respiratory signal; respiratory analysis; naive Bayesian classifier; logistic regression.

**Title translation:** Stress in physiological signals

# Obsah /

<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>		
1.1 Fóbia	1		
1.2 Stres	2		
1.3 Stresor	2		
1.4 Reakcie na stres	2		
1.5 Autonómna nervová sústava	3		
<b>2 Fyziologické parametre</b>	<b>4</b>		
2.1 Dýchanie	4		
2.1.1 Parametre dýchania	4		
2.2 Srdcová činnosť	5		
2.2.1 Elektrokardiogram (EKG)	5		
2.2.2 Frekvencia srdca	5		
2.2.3 Variabilita srdcovej frekvencie	5		
2.3 Galvanický odpor kože	6		
<b>3 Metodika práce</b>	<b>7</b>		
3.1 Priebeh merania	7		
3.2 Dotazníky	8		
3.3 Spracovanie záznamov	9		
3.3.1 Analýza respiračného signálu v časovej oblasti	9		
3.3.2 Analýza respiračného signálu vo frekvenčnej oblasti	11		
3.3.3 Spracovanie EKG signálu	11		
3.3.4 Spracovanie galvanického odporu kože	11		
3.4 Naivný Bayesovský klasifikátor	11		
3.5 Logistická regresia	12		
3.6 Metóda RFE	14		
<b>4 Výsledky analýzy dát</b>	<b>15</b>		
4.1 Analýza parametrov dýchania v závislosti na fóbickosť respondenta	15		
4.2 Korelácia parametrov dýchania a EKG	17		
4.3 Klasifikácia parametrov	17		
4.3.1 Klasifikácia parametrov dýchania pomocou naivnej Bayesovskej klasifikácie	18		
4.3.2 Porovnanie výsledkov modelu naivnej Bayesovskej klasifikácie a Wilcoxonovho testu	19		
4.3.3 Klasifikácia parametrov dýchania, EKG a GSR pomocou algoritmu naivnej Bayesovskej klasifikácie	20		
4.3.4 Klasifikácia parametrov dýchania, EKG a GSR pomocou logistickej regresie	21		
4.3.5 Porovnanie modelov naivného Bayesovského klasifikátora a logistickej regresie pre parametre dýchania, EKG a GSR	22		
<b>5 Záver</b>	<b>23</b>		
<b>Literatúra</b>	<b>25</b>		
<b>A Skratky</b>	<b>27</b>		
<b>B Korelačné matice</b>	<b>28</b>		
<b>C Štatistické výsledky</b>	<b>40</b>		
<b>D Výsledky klasifikácie</b>	<b>41</b>		

## Tabuľky / Obrázky

<b>1.1</b>	Reakcie na stres .....	2
<b>3.1</b>	Obsah prezentácie pre blokové schémy s hadmi .....	7
<b>3.2</b>	Obsah prezentácie pre neblokové schémy s pavúkmi .....	8
<b>3.3</b>	Výsledok dotazníka SNAQ a SPQ.....	8
<b>3.4</b>	Výsledok dotazníka DS-R.....	9
<b>4.1</b>	Wilcoxonov test – dýchanie.....	15
<b>4.2</b>	Naivný Bayesovský klasifikátor - výsledky.....	19
<b>4.3</b>	Porovnanie výsledkov - naivného Bayesovského klasifikátora a Wilcoxonovho testu.....	20
<b>4.4</b>	Naivný Bayesovský klasifikátor - klasifikácia dýchania, EKG a GSR. RFE s použitím modelu naivný Bayesovský klasifikátor.....	21
<b>4.5</b>	Naivný Bayesovský klasifikátor - klasifikácia dýchania, EKG a GSR. RFE s použitím modelu rozhodovací strom .....	21
<b>4.6</b>	Logistická regresia - klasifikácia dýchania, EKG a GSR. RFE s použitím modelu naivný Bayesovský klasifikátor ...	22
<b>4.7</b>	Logistická regresia - klasifikácia dýchania, EKG a GSR. RFE s použitím modelu rozhodovací strom .....	22
<b>3.1</b>	Ukážka detekcie nádychov a výdychov pre respiračný signál ..	9
<b>3.2</b>	Ukážka detekcie nádychov a výdychovo frekvenčnej oblasti pre respiračný signál.....	10
<b>3.3</b>	Ukážka spektra pre respiračný signál .....	11
<b>3.4</b>	Priebeh logistickej funkcie .....	13
<b>4.1</b>	Ukážka parametru KIN pre segment 5.....	16
<b>4.2</b>	Ukážka dýchania 3. segmentu pre respondenta r16.....	16
<b>4.3</b>	Ukážka korelácie jednotlivých parametrov dýchania s EKG pre tretí segment.....	17
<b>4.4</b>	Ukážka hustoty pravdepodobnosti parametra Kin/Kex ..	18
<b>4.5</b>	Ukážka výsledného modelu pre parameter Kin/Kex.....	18
<b>4.6</b>	Ukážka výsledku funkcie RFE .	20
<b>B.1</b>	Korelácia - max dýchanie a EKG .....	32
<b>B.2</b>	Korelácia - min dýchanie a EKG .....	37
<b>B.3</b>	Korelácia - frekvencie dýchanie a EKG .....	39
<b>C.4</b>	Štatistická analýza parametrov .....	40
<b>D.5</b>	Úspešnosť klasifikácie naivný Bayes .....	41
<b>D.6</b>	Klasifikačný model naivný Bayes, FRE naivný Bayes .....	42
<b>D.7</b>	Klasifikačný model naivný Bayes, FRE rozhodovací strom .....	42
<b>D.8</b>	Klasifikačný model logistickej regresie, FRE naivný Bayes .....	43
<b>D.9</b>	Klasifikačný model logistickej regresie, FRE rozhodovací strom.....	43



# Kapitola 1

## Úvod

Fóbie sú častým psychologickým problémom, ktoré ovplyvňujú ľudí naprieč rôznymi vekovými kategóriami. V danej chvíli jedinec pociťuje silnú obavu z objektu alebo miesta. Jedinec si uvedomuje, že jeho strach je iracionálny ale napriek tomu ho nedokáže ovládať. Preto sa objektom a situáciám, z ktorých má strach, vyhýba. Tieto obavy sú obvykle nerealistické. Fóbia môže byť vyvolaná rôznymi faktormi ako sú nepríjemné skúsenosti z detstva, trauma, či genetické predispozície. Fóbiu je možné získať aj pozorovaním. Ich prejav môže byť až taký silný, že môžu ovplyvniť aj každodenné fungovanie jedinca a jeho schopnosť zúčastniť sa rôznych aktivít, teda aj znížiť samotnú kvalitu života. V úvode tejto bakalárskej práce sa budeme zaoberať fóbiami a stresom vyvolaným fóbičkou reakciou. V teoretickej časti popíšeme jednotlivé fyziologické signály a ich prejavy na stresovú situáciu pomocou odbornej literatúry. Ďalej budeme pomocou fyziologických prejavov skúmať prejavy stresu u ľudí trpiacich fóbičkou reakciou. Tieto fyziologické prejavy sa môžu meniť od jedinca aj od intenzity a trvania stresovej situácie. Na meranie sme pozvali jedincov trpiacich arachnofóbiou (fóbia z pavúkov) a ofidiofóbiou (fóbia z hadov). Databázu nameraných signálov do tejto práce poskytla Prírodovedecká fakulta Univerzity Karlovej. Pre každého respondenta boli zmerané fyziologické signály dýchania, EKG a galvanického kožného odporu. Pomocou týchto signálov navrhujeme rôzne modely pre predikciu stresu.

V záverečnej časti bakalárskej práce si zhrnieme jednotlivé namerané fyziologické parametre a vytvoríme modely pre predikciu fóbičnosti pomocou algoritmov naivného Bayesovského klasifikátora a logistickej regresie, na základe nameraných fyziologických reakcií. Tieto modely vyhodnotíme separátne a nazvávajom. Určíme, ktoré fyziologické parametre sú najvhodnejšie pre detekciu stresovej reakcie.

## 1.1 Fóbia

Podľa Atkinsona [1] je možné fóbiu definovať ako intenzívny strach z podnetu alebo situácie, ktorú ostatní ľudia nepovažujú za výrazne nebezpečnú. Strach z danej situácie alebo objektu nazveme v fóbičkým v momente, pokiaľ nám vážne naruší bežný život. Príkladom takejto situácie môžu byť strach z uzavretých priestorov, kedy sa jedinec bojí nastúpiť do výtahu alebo zo sociálnej situácie, kedy odmieta návštevu kultúrneho podujatia pre vysoký počet ľudí.

DSM-IV [2] popisuje tri rôzne druhy fóbie na sociálne fóbie, agorafóbie a prosté fóbie. Sociálna fóbia je strach zo sociálnych situácií. Jedinec sa cíti nepríjemne pri bežnej sociálnej interakcii. Má strach, že sa kompromituje pred spoločnosťou. Agorafóbia patrí medzi najčastejšie fóbičné poruchy [3]. Je to prehnaný strach z otvorených priestorov. Táto práca sa zameriava na prostú fóbiu, ktorá je iracionálny strach zo špecifického objektu, zvierata alebo situácie.

## 1.2 Stres

Stres bol definovaný v [4] ako negatívny emocionálny zážitok, ktorý je sprevádzaný súborom biochemických, fyziologických, kognitívnych a behaviorálnych zmien, ktoré sú zamerané na situácie, ktoré ohrozujú jedinca, alebo na prispôsobenie sa tomu, čo nejde zmeniť. Čím menej môžeme ovplyvniť udalosť, tým častejšie ju vnímame ako stresujúcu. Stres je fyziologický a psychologický proces, ktorý nás pripravuje na boj alebo útek z ohrozenia. Stres môže byť prospešný, keď nás motivuje k vyššiemu výkonu alebo prispôsobeniu sa novým situáciám, ale dlhodobý alebo neadekvátny stres môže mať negatívne účinky na naše zdravie a pohodu, ako sú vyčerpanie, vyhorenie, srdcové choroby, cukrovka a depresia. [5] sa zaoberá vplyvom stresu na zdravie.

## 1.3 Stresor

Podľa Atkinsona [1] je stresor udalosť, ktorú ľudia vnímajú ako ohrozenie svojej telesnej alebo duševnej pohody. Tieto udalosti sa označujú ako stresory a reakcie ľudí na stresory nazývame stresové reakcie. Tento termín sa používa v dvoch rôznych významoch, buď pre negatívnu životnú situáciu človeka alebo pre nepriaznivé vplyvy, ktoré vedú k ťaživej situácii.

## 1.4 Reakcie na stres

Pozitívna aj negatívna udalosť môže byť označená ako stresujúca. Napríklad svadba, tehotenstvo alebo dovolenka, aj keď sú pozitívne, môžu vyvolať stres. Psychické a fyziologické reakcie na stresové udalosti boli popísané v práci Atkinsona v [1]. V nasledujúcej tabuľke 1.1 sú uvedené reakcie stres.

Psychické reakcie	Fyziologické reakcie
úzkosť nahnevanosť a agresia apatia a depresia oslabenie kognitívnych funkcií	zrýchlenie metabolizmu zrýchlenie srdcovej činnosti dilatácia (rozšírenie) zorníc zvýšenie krvného tlaku zrýchlené dýchanie svalové napätie vyučovanie endorfínov a ACTH uvoľňovanie cukrov z pečene

**Tabuľka 1.1.** Reakcie na stres prevzatá z [1]

Pri reakcii na stresovú situáciu sa aktivuje autonómny nervový systém (ANS) a hypotalmo-hypoifýzárny systém (HPA). HPA sa aktivujú počas stresovej reakcie hypofýzy, ktorá vylúči endorfíny a ACTH (adrenokortikotropný hormón), ktorý riadi činnosť nadobličiek. HPA je až sekundárnou reakciou po ANS.

## 1.5 Autonómna nervová sústava

Autonómny nervový systém (ANS), taktiež označovaný ako vegetatívny nervový systém, je súčasťou periférneho nervového systému, ktorý je určený pre interakciu hladkej svaloviny, srdca a žliaz [6]. Autonómny nervový systém je relatívne nezávislý od centrálny nervovej sústavy. Nedokážeme ho ovládať vôľou.

Autonómny nervový systém je rozdelený podľa funkčných účinkov na sympatikus (pars sympathica) a parasympatikus (pars parasympathica). Keď je zvýšená aktivita sympatika, do tela sa uvoľnia adrenergické mediátory, ktoré pripravujú organizmus na obranu, útok alebo útek. Táto reakcia spôsobí zvýšenú srdcovú činnosť, zvýšenie krvného tlaku, rozšírenie koronárnych tepien a bronch. Naopak, keď je zvýšená aktivita parasympatika, organizmus sa udržuje v pokoji počas odpočinku a trávenia a vyvoláva spomalenie srdcovej činnosti, zúženie koronárnych tepien a bronch [6].

Autonómny nervový systém sa aktivuje vylúčením hormónov adrenalínu a nonadrenalínu, ktoré vylučujú nadobličky. V prípade, ak je jedinec v stresovej situácii, tak autonómna nervová sústava aktivuje reakciu na podnet. Táto reakcia sa opisuje termínom fight-or-flight [7].

# Kapitola 2

## Fyziologické parametre

### 2.1 Dýchanie

Hlavnou úlohou respirácie (dýchania) je dodávanie kyslíku ( $O_2$ ) potrebného pre glykózu a odvedenie nepotrebného produktu respirácie oxidu uhličitého. Tento proces je rozdelený na vonkajšie dýchanie, ktoré slúži na výmenu dýchacích plynov medzi vonkajším prostredím a pľúcami a na vnútorné dýchanie, kde nastáva výmena dýchacích plynov medzi vnútorným prostredím a tkanivami. Medzi vonkajšie dýchania zaraďujeme aj nerespiračné funkcie ako sú reč, emocionálne prejavy ako napríklad plač, ochranné funkcie, difúziu a perfúziu – cirkuláciu krvi v pľúcnom riečisti [8].

Ventilácia je proces, ktorý zaisťuje dýchacie svalstvo a je definovaný ako pravidelné striedanie nádychu (inspirácie) a výdychu (expirácie). Nádych je aktívny proces, pri ktorom dochádza k sťahu bránice a medzirebrových svalov (mm.intercostales externi). Bránica je hlavný sval zodpovedný za nádych a pri tomto procese sa jej sploštená časť posunie do brušnej dutiny. Medzirebrové svaly sa zároveň stiahnu a rebrové oblúky sa dvíhajú nahor. Pri namáhavej práci, športových výkonoch alebo pri zvýšenom odpore sa do procesu nádychu môžu zapojiť aj pomocné svaly ako mm.scaleni, mm.sternocleidomastoideus, m.pectoralis major a m.pectoralis minor.

Výdych (expírimum) je pasívny dej narozdiel od nádychu. Medzirebrové svaly priťahujú rebrá k sebe a nadol. Pomocnými dýchacími svalmi pri aktívnom výdychu sú brušné svaly m.rectus abdominis, m.obliquus ext., m.obliquus int. a m.transversus abdominis. Tieto svaly využívame pri námahe alebo ochoreniach pľúc a ľavej srdcovej komory [6].

Hladké svalstvo sa nachádza v trachei, bronchoch a respiračných bronchioloch. Pri pokojnom dýchaní si udržiava určitý svalový tonus, ktorý spolu s tlakom v pleurálnej dutine zabezpečuje priepustnosť bronchov. Pri nádychu sa bronchy rozširujú a predlžujú a pri výdychu sa zužujú a skracujú. Autonómny nervový systém riadi dýchacie cesty. Tonus hladkého svalstva je ovplyvnený parasympatikovými (cholinergnými) nervami a sympatikovými (adrenergnými) nervami.

Parasympatikus inervuje dýchacie cesty pomocou vlákien nervu – nervus vagus. Stimulácia parasympatika spôsobuje bronchokonstrikciu, teda zúženie bronchov a zvýšenie odporu dýchacích ciest. Naopak, stimulácia sympatika spôsobuje bronchodilatáciu, teda rozšírenie bronchov. Oba typy nervov sú súčasťou autonómneho nervového systému a riadia reflexné zmeny v dýchacích cestách v závislosti na potrebách organizmu [8].

#### 2.1.1 Parametre dýchania

Výskumy využívajú väčšinou len niekoľko parametrov dýchania ako je napríklad frekvencia dýchania, amplitúda dýchania spolu s vlastnosťami z iných fyziologických signálov na rozlíšenie emocionálnych stavov. Výskum Cohena [9] avšak zistil, že stresová reakcia nemá takmer žiadny účinok na frekvenciu dýchania, ale doby výdychu boli dlhšie a doby pauzy kratšie v porovnaní s kludovým stavom. Preto sme sa rozhodli použiť na detekciu stresovej reakcie podrobnejšiu analýzu dychovej krivky. Jednotlivé parametre extrahované z dychovej krivky a ich spracovanie sú popísané v ďalšej kapitole.

## 2.2 Srdcová činnosť

Srdcová činnosť je riadená pomocou troch základných typov inervácie. Tieto inervácie zaisťujú jej činnosť pomocou automatických generátorov akčného potenciálu. Myogénny generátor (srdcová automacia) zabezpečuje pravidelné sťahy srdcovej svaloviny. Tieto pravidelné sťahy si udržiavajú základný rytmus aj keď sú odpojené od centrálného nervového systému. Senzitívna inervácia je ďalším automatickým generátorom a zahŕňa vlákna, ktoré sú pripojené k sympatickým a parasympatickým nervom a vedú podnety zo srdca. Autonómne vlákna sympatika a parasympatika tvoria tiež súčasť automatických generátorov akčného potenciálu. Medzi vláknami dochádza k dynamickej interakcii. Tento systém ovplyvňuje frekvenciu a intenzitu srdcových sťahov. Sympatikus obsahuje vlákna nervi cardiaci, ktoré urýchľujú srdcovú činnosť a rozširujú tepny aa. coronariae. Naopak, parasympatikus obsahuje vlákna nervus vagus, ktoré spomaľujú srdcovú činnosť a zužujú tepny aa. coronariae [6].

### 2.2.1 Elektrokardiogram (EKG)

Elektrokardiogram (EKG alebo ECG) je grafický záznam elektrických aktivít srdca v čase. EKG krivka obsahuje QRS komplex, ktorý zobrazuje depolarizáciu komôr srdca. Vrcholom tohto komplexu je R špička, ktorá odpovedá prechodu medzi systolou siení a komôr [10].

### 2.2.2 Frekvencia srdca

Srdcová frekvencia (HR) je definovaná ako počet srdcových kontrakcií za minútu (bpm). Tento parameter je vhodný na meranie stresu. Za pokojnú srdcovú frekvenciu považujeme rozpätie 60 – 100 úderov za minútu [11].

### 2.2.3 Variabilita srdcovej frekvencie

Variabilita srdcovej frekvencie (HRV) sa využíva na hodnotenie parasympatikového systému. Definovaná je ako zmeny v dĺžkach času medzi jednotlivými R-R intervalmi [12]. Časová analýza HRV používa predovšetkým štatistické ukazovatele zo získaných R-R intervalov. Časové parametre sú vhodné na úseky záznamov trvajúcich aspoň 5 min. Medzi časové parametre HRV patria meanHR (priemerná hodnota HR), SDNN (Standard Deviation of NN intervals), RMSSD (Root Mean Square of Successive Differences), a pNN50 (Percentage of NN50).

Pri spektrálnej analýze je HRV spracované pomocou Fourierovej transformácie. Táto analýza sa uprednostňuje pred časovou analýzou z dôvodu, že nezáleží na dĺžke signálu. Pre ďalšiu analýzu je frekvenčné pásmo rozdelené do pásiem. Pásmo nízkych frekvencií (LF) je v rozmedzí frekvencií 0,04 až 0,15 Hz. Pásmo vysokých frekvencií (HF) sa nachádza v rozmedzí 0,15 až 0,4 Hz. Pásmo nižších frekvencií je ovplyvnené aktivitou sympatika aj parasympatika narozdiel od pásma vyšších frekvencií, kde sa uplatňuje len pôsobenie aktivity parasympatika. Na analýzu sa využíva aj pomer LF/HF. Tento parameter ovplyvňuje vplyv aktivity sympatika. [13].

Nelineárna analýza HRV je spracovaná pomocou Poincarého grafu. Poincarého graf zobrazuje R-R intervaly ako funkciu predchádzajúcich R-R intervalov. Pri tejto analýze sa jednotlivé hodnoty každého páru R-R intervalov vynesú do grafu a následne sa vyhodnotia vlastnosti tohto grafu. Z vytvoreného grafu extrahujeme hodnoty SD1 (Short-Term Fractal Scaling Exponent), ktorá popisuje smerodatnú odchýlku kolmých vzdialeností bodu od rovnice  $x = y$ , SD2 (Long-Term Fractal Scaling Exponent) popisuje smerodatnú odchýlku pozdĺžnych vzdialeností bodu od rovnice  $x = y$ . Pre analýzu HRV sa využíva aj pomer SD1/SD2 [14].



# Kapitola 3

## Metodika práce

V tejto kapitole budeme analyzovať parametre získané z experimentu realizovaného v spolupráci s Prírodovedeckou fakultou Univerzity Karlovej. Cieľom experimentu bolo nájsť respondentov s vysokou úrovňou strachu z pavúkov a hadov. Každý respondent bol požiadaný o vyplnenie štandardizovaných dotazníkov SNAQ, SPQ a DS-R, a na základe vysokých hodnôt bol pozvaný na meranie. Výsledky týchto meraní budú analýzou v nasledujúcich častiach tejto práce.

### 3.1 Priebeh merania

Merania v rámci tohto experimentu sa uskutočnili na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Karlovej. Použiteľných bolo celkovo 28 záznamov od respondentov vo veku 18 až 65 rokov, pričom všetci účastníci boli ženy. Počas meraní sa respondentom púšťali štyri prezentácie, úroveň stimulu sa postupne zvyšovala. V rámci tohto experimentu sme zvolili blokové a neblokové schémy pre púšťanie prezentácií s cieľom zistiť, aký vplyv majú na fóbickú reakciu respondentov. Jednotlivé prezentácie obsahovali segmenty, ktoré boli oddelené čiernou obrazovkou.

V blokovej schéme sa teda prezentácie s pavúkmi alebo hadmi púšťali výhradne v oddelených blokoch, t.j. viacero fóbických obrazov za sebou a následne viacero neutrálnych obrazov za sebou. Tieto segmenty boli tvorené vždy desiatimi po sebe idúcimi obrázkami toho istého typu v trvaní 30 s. Táto schéma má za cieľ zistiť, aký vplyv má dlhšie trvanie expozície fóbickému podnetu na fóbickú reakciu respondentov. Ukážkový obsah prezentácie je uvedený v tabuľke 3.1

Stimul	Segment stimulu
listy	–
časť tela jašterice	1
obrysy hadov	2
hadia koža	3
väčšia časť hada	4
had	5

**Tabuľka 3.1.** Obsah prezentácie pre blokovú schému s hadmi.

V neblokovej schéme sa prezentácie s pavúkmi alebo hadmi púšťali v rámci fóbického obrázku a následne neutrálneho obrázku za sebou. Trvanie každého segmentu bolo 5 sekúnd, počas zvyšného času respondent relaxoval a bol vedený do kludového stavu. Táto schéma má za cieľ zistiť, aký vplyv má zmiešanie fóbických a neutrálnych obrazov na fóbickú reakciu respondentov. Cieľom týchto prezentácií bolo vyprovokovať fóbickú reakciu u účastníkov a pomôcť tak v identifikácii respondentov s vysokou úrovňou strachu z pavúkov a hadov. Ukážkový obsah prezentácie je uvedený v tabuľke 3.2.

Stimul	Segment stimulu
listy	–
menší pavúci	1
časti tela pavúkov	2
obrysy pavúkov	3
väčšia časť pavúka	4
pavúk	5

**Tabuľka 3.2.** Obsah prezentácie pre neblokujúcu schému s pavúkmi.

V tomto experimente teda nebola použitá žiadna kontrolná skupina respondentov, t.j. respondentov, ktorí netrpia fóbičkou reakciou ani na jedno z použitých zvierat. Pre účely kontroly sme preto použili dáta od respondentov, ktorí prejavujú fóbičkú reakciu iba voči druhému typu zvierata.

Počas priebehu prezentácie sa merali tieto fyziologické parametre: dýchanie, EKG a GSR.

## 3.2 Dotazníky

V rámci výskumu sme použili štandardizované dotazníky SPQ, SNAQ a DS-R na hodnotenie úrovne fóbií respondentov.

Dotazník SPQ je 31-bodový nástroj, ktorý slúži na hodnotenie strachu z pavúkov. Každá položka v dotazníku je buď vyjadrením strachu alebo jeho neprítomnosti týkajúceho sa pavúkov a respondent je požiadaný o označenie, či sa s týmto vyjadrením stotožňuje alebo nie. Každá otázka dáva možnosť indikovať buď strach, alebo jeho absenciu. Za každú odpoveď odpovedajúcu strachu sa udelí jeden bod, pričom deväť položiek je zámerne otočených. Celkové skóre (od 0 do 31) sa vypočíta ako súčet všetkých bodov za otázky indikujúcich prítomnosť strachu.[18]. Výsledok dotazníka je v tabuľke 3.3.

Štandardizovaný dotazník SNAQ je 30-bodový dotazník, ktorý slúži na hodnotenie strachu z hadov. Každá otázka je vyjadrením strachu alebo jeho absencie súvisiaceho s hadmi a respondenti ju hodnotia ako pravdivú alebo nepravdivú. S každou otázkou je možné ukázať prítomnosť alebo neprítomnosť strachu. Pri každej odpovedi, ktorá vyjadruje strach, sa priraduje jeden bod, Deväť otázok je zámerne otočených. Celkové skóre (od 0 do 30 bodov) sa vypočíta sčítaním všetkých bodov pridelených za otázky a slúži ako meranie úrovne fóbičného strachu. SNAQ zaberie približne 5-10 minút na vyplnenie.[19]. Výsledok dotazníkov SNAQ a SPQ sú uvedené v tabuľke 3.3.

Skóre	Počet respondentov SNAQ	Počet respondentov SPQ
0 – 10	6	5
10 – 18	2	6
19 – 22	3	2
23 – 30	3	1

**Tabuľka 3.3.** Výsledok dotazníka SNAQ a SPQ.



Dotazník DS-R je sebahodnotovací osobnostný dotazník, ktorý slúži na hodnotenie individuálnych pocitov znechutenia. Dotazník obsahuje 25 otázok pre určenie znechutenia, a dve kontrolné otázky, ktoré umožňujú identifikovať respondentov, ktorí nevenujú pozornosť úlohám alebo ich neberú vážne. Každá z 27 položiek je hodnotená na 5-bodovej Likertovej stupnici od 0 (“silne nesúhlasím / vôbec nechutné”) po 4 (“silne súhlasím / veľmi nechutné”), pričom sú tri otázky (1, 6, 10) otočené [18]. Celkové skóre je 0 – 100 bodov. Výsledok dotazníka DS-R je uvedený v tabuľke 3.4.

DS-R skóre	Počet respondentov
0 – 10	0
11 – 20	0
21 – 30	2
31 – 40	0
41 – 50	4
51 – 60	4
61 – 70	4
71 – 80	0
81 – 90	0
91 – 100	0

**Tabuľka 3.4.** Výsledok dotazníka DS-R.

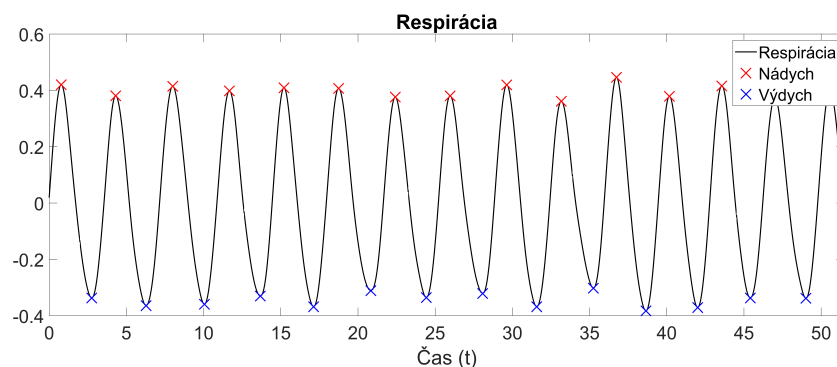
Keďže neexistujú jasne stanovené hranice pre určenie fóbikov, v tejto práci sme použili rozdelenie respondentov pre všetky dotazníky podľa [20].

### 3.3 Spracovanie záznamov

Na spracovanie signálu bolo využité prostredie Matlabu. Jednotlivé signály boli rozdelené na segmenty podľa prezentácií. Každý segment bol vyhodnocovaný zvlášť.

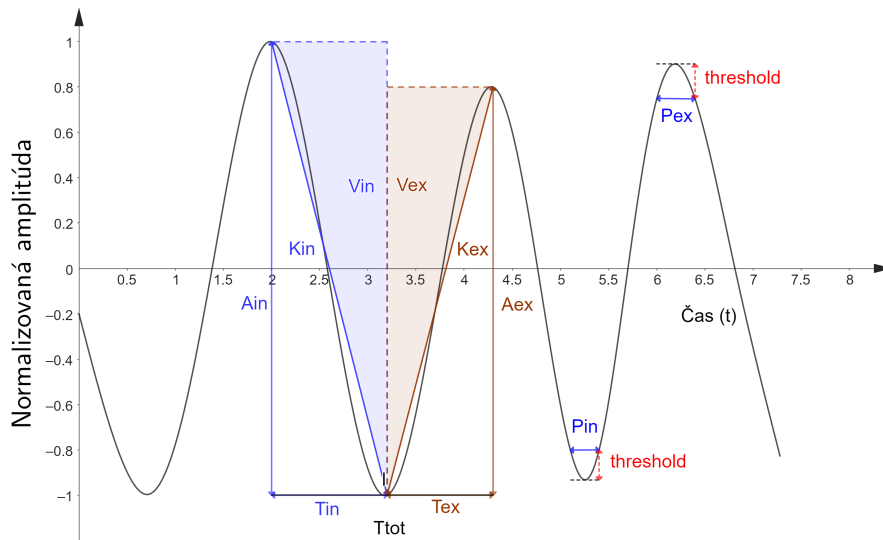
#### 3.3.1 Analýza respiračného signálu v časovej oblasti

Na odstránenie šumu bol použitý pásmový filter. Pásmo bolo nastavené na 0,1 - 1 Hz, pričom sa predpokladá, že frekvencia dýchania v stave pokoja sa pohybuje v rozmedzí 0,1 - 0,35 Hz a frekvencia dýchania sa zvyšuje v stave stresu, ale zväčša nedosahuje 1 Hz [21]. Maximá a minimá sa na jednotlivých signáloch detekovali ako nádychy a výdychy. Ukážka detekcie nádychu a výdychu je zobrazená na obrázku 3.1.



**Obrázok 3.1.** Ukážka detekcie nádychov a výdychov pre respiračný signál.

Jednotlivé parametre dýchania sme vybrali rovnaké aké boli použité v [21]. Táto práca si dávala za cieľ detekovať stres pomocou respiračného signálu.



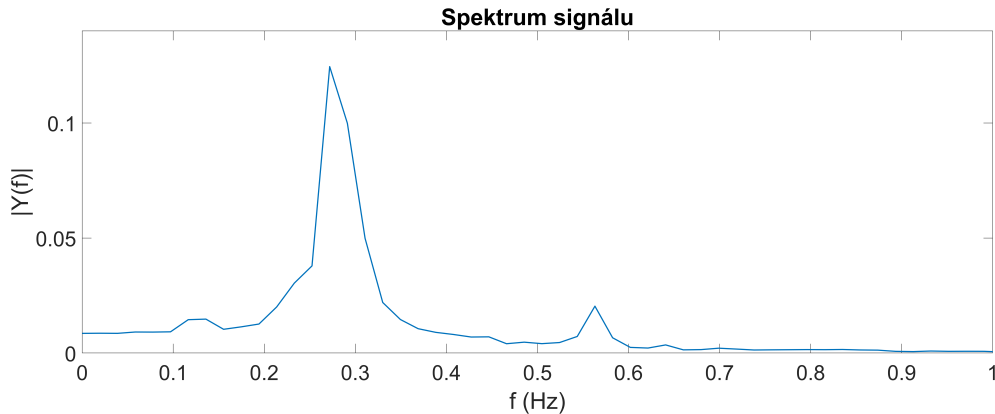
**Obrázok 3.2.** Ukážka detekcie nádychov a výdychovo frekvenčnej oblasti pre respiračný signál.

Pre dekekciu v časovej oblasti sme vybrali nasledujúce parametre znázornené aj na obrázku 3.2:

- **Inspiračná amplitúda  $A_{in}$**  – vektor s hĺbkami nádychu
- **Exspiračná amplitúda  $A_{ex}$**  – vektor s hĺbkami výdychu
- **Inspiračný čas  $T_{in}$**  – vektor dĺžky trvania nádychu
- **Exspiračný čas  $T_{ex}$**  – vektor s hĺbkami výdychu
- **Inspiračný objem  $V_{in}$**  – vektor definovaný ako  $V_{in_i} = (T_{in_i} \cdot A_{in_i})/2$
- **Exspiračný objem  $V_{ex}$**  – vektor definovaný ako  $V_{ex_i} = (T_{ex_i} \cdot A_{ex_i})/2$
- **Alveolná ventilácia  $V_{tot}$**  – vektor definovaný ako  $V_{tot_i} = V_{in_i} + V_{ex_i}$
- **Celkový objem  $T_{tot}$**  – súčet všetkých alveolárnych objemov
- **Sklon nádychu  $K_{in}$**  – vektor definovaný ako  $K_{in_i} = T_{in_i}/A_{in_i}$
- **Sklon výdychu  $K_{ex}$**  – vektor definovaný ako  $K_{ex_i} = T_{ex_i}/A_{ex_i}$
- **Post-inspiračné prestávky  $P_{in}$**  – vektor je definovaný ako dĺžka času okolo lokálneho minima, počas ktorého absolútne hodnoty rozdielu medzi amplitúdou signálu a minimom nie sú väčšie ako prahová hodnota. Prahová hodnota  $\theta$  bola určená ako 10%, 20%, 30%, 40% a 50% z dĺžky hĺbky nádychu  $A_{in}$ .
- **Post-expiračné prestávky  $P_{ex}$**  – vektor je definovaný ako dĺžka času okolo lokálneho maxima, počas ktorého absolútne hodnoty rozdielu medzi amplitúdou signálu a maximom nie sú väčšie ako prahová hodnota. Prahová hodnota  $\theta$  bola určená ako 10%, 20%, 30%, 40% a 50% z dĺžky hĺbky výdychu  $A_{ex}$ .
- **$V_{in}/V_{tot}$**  – vektor definovaný ako pomer hodnôt  $V_{in}$  a  $V_{tot}$
- **$T_{in}/T_{tot}$**  – vektor definovaný ako pomer hodnôt  $T_{in}$  a  $T_{tot}$
- **$A_{in}/A_{ex}$**  – vektor definovaný ako pomer hodnôt  $A_{in}$  a  $A_{ex}$
- **$K_{in}/K_{ex}$**  – vektor definovaný ako pomer hodnôt  $K_{in}$  a  $K_{ex}$

### 3.3.2 Analýza respiračného signálu vo frekvenčnej oblasti.

Jednotlivé respiračné signály sme spracovali vo frekvenčnej oblasti pomocou Fourierovej transformácie [21]. Ukážka spektra je zobrazená na obrázku 3.3.



**Obrázok 3.3.** Ukážka spektra pre respiračný signál.

Pomocou spektrálnej analýzy sme zisťovali 8 spektrálnych vlastností. Spektrum signálu sa rozdelilo v spektrálnom rozsahu:

- 0,1 – 0,2 Hz pre parameter (ff1)
- 0,2 – 0,3 Hz pre parameter (ff2)
- 0,3 – 0,4 Hz pre parameter (ff3)
- 0,4 – 0,5 Hz pre parameter (ff4)
- 0,5 – 0,6 Hz pre parameter (ff5)
- 0,6 – 0,7 Hz pre parameter (ff6)
- 0,7 – 0,8 Hz pre parameter (ff7)
- rozsah celého spektra pre parameter (ff8)

### 3.3.3 Spracovanie EKG signálu

Segmentovaný EKG signál sme spracovali pomocou nástroja vyvinutým Marcusom Vollmerom [22]. Z tohto nástroja sme extrahovali hodnoty: meanRR, HR, SDNN, RMSSD, pNN50, ApEn, SD1, SD2, SD1/SD2, LF, HF, LF/HF

### 3.3.4 Spracovanie galvanického odporu kože

Segmentovaný GSR signál sme spracovali podľa kódu poskytnutého v bakalárskej práci Detekce stresu pomocí galvanické kožní odezvy [23]. Z daných signálov sme získali mediány kožného odporu.

## 3.4 Naivný Bayesovský klasifikátor

Na klasifikáciu dát sa bol použitý algoritmus naivného Bayesovského klasifikátora. Tento klasifikátor sme vybrali z dôvodu jednoduchosti implementácie a nízkej chybovosti. Ďalšou výhodou pre našu menšiu množinu dát je, že model naivného Bayesovského klasifikátora nevyžaduje veľké množstvo dát na jeho vytvorenie [24]. Model naivného Bayesovského klasifikátora vyžaduje nezávislé premenné. Tento fakt ale nie

je možné splniť v reálnom svete, pretože vždy existuje nejaká malá korelácia medzi jednotlivými parametrami. Algoritmus však považuje ale každý prediktor za nezávislý od ktorejkoľvek inej premennej v modeli, a aj preto je pomenovaný ako naivný.

Algoritmus je založený na Bayesovej vete. Tá sa používa na výpočet podmienenej pravdepodobnosti, teda na pravdepodobnosti výskytu udalosti na základe predchádzajúcich informácií. Bayesova veta je definovaná ako:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

Táto rovnica je pre jednu predikčnú premennú, avšak dá sa upraviť aj pre klasifikačný problém, v ktorom existuje viacero predikčných premenných a viacero výstupných tried. Pokiaľ triedy definujeme ako  $c_1, c_2, \dots, c_k$  a predikčné premenné ako  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , potom platí:

$$P(c_i|x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{P(x_1, x_2, \dots, x_n|c_i)P(c_i)}{P(x_1, x_2, \dots, x_n)}$$

Stav konečnej klasifikácie je trieda, pre ktorú prislúchajúci výraz je maximálny v porovnaní s ostatnými triedami pre dané predikčné premenné v danom prvku. Táto časť bola spracovaná pomocou literatúry [25] a [26].

### 3.5 Logistická regresia

Logistická regresia sa používa na klasifikáciu binárneho výsledku pomocou viacerých nominálnych, ordinálnych, intervalových alebo pomerovo nezávislých premenných. Binárny výsledok, buď "0" alebo "1" sa používa na predikciu výskytu nejakej udalosti. Binárny regresný model, ktorý podľa [27] vytvorili Cox, Wlaker a Duncan bol zostrojený ako:

$$P(Y = 1|X) = (1 + e^{-X\beta})^{-1}$$

pričom  $X\beta = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$ . Hodnota  $\beta$  sa odhaduje metódou maximálnej vierohodnosti alebo metódou najmenších štvorcov. Funkciu  $f(x) = (1 + e^{-x})^{-1}$  nazývame logistickou funkciou. Jej priebeh je znázornený na obrázku 3.4.

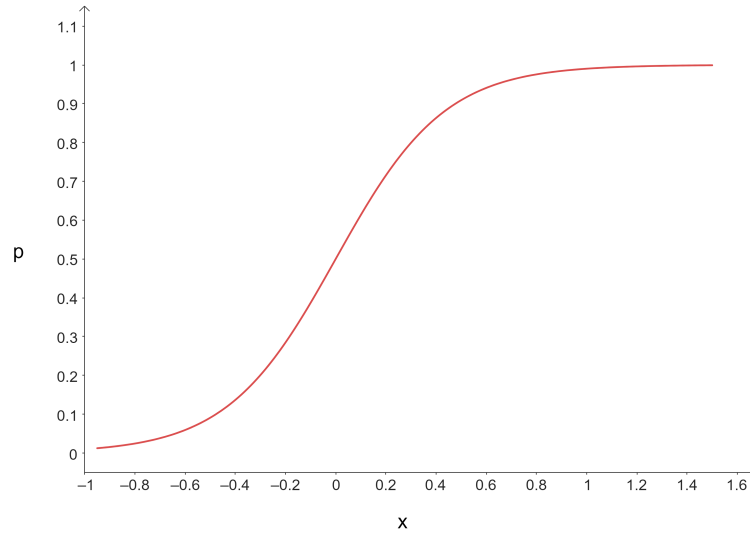
Vďaka znalosti z teórie pravdepodobnosti vieme, že platí  $p_1 + p_0 = 1$ . Keďže triedy "0" a "1" vieme ľubovoľne zamieňať, tak triedu "1" označíme za pozitívny jav. Pravdepodobnosť  $p_0$  vieme prepísať ako:

$$P(Y = 0) = 1 - p_0 = 1 - \frac{1}{1 + e^{-X\beta}}$$

$$P(Y = 0) = \frac{e^{-X\beta}}{1 + e^{-X\beta}}$$

Túto rovnosť vieme prepísať pre všeobecné  $x$ :

$$1 - p_1 = \frac{e^{-x}}{1 + e^{-x}}$$



**Obrázok 3.4.** Priebeh logistickej funkcie.

Vyjadrením  $x$  dostaneme:

$$x = \ln \left( \frac{p_1}{1 - p_1} \right)$$

Funkcia uvedená vyššie sa nazýva logit funkcia. Vyjadruje logaritmus šancí (z angličtiny), že  $Y$  bude triedy "1". Transformáciou pravdepodobnosti  $p_1$  vieme upraviť daný model tak, aby bol lineárny v  $X\beta$ .

$$\text{logit}(Y = 1|X) = \text{logit}(p_1) = \ln \left( \frac{p_1}{1 - p_1} \right) = X\beta$$

Teda platí:

$$\text{logit}(Y = 1|X) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n = \beta_i X_i + C$$

Predpokladáme, že predikčné premenné okrem  $X_i$  sú konštatné,  $C$  je tiež konštanta. Parameter  $\beta_i$  teda predstavuje zmenu v logaritme šancí na jednotku v  $X_i$ .

Regresné parametre vyjadríme pomocou pomeru šancí:

$$\frac{\text{odds}(Y = 1|X_1, X_2, \dots, X_i + d, X_n)}{\text{odds}(Y = 1|X_1, X_2, \dots, X_i, X_n)} = e^{\beta_i d}$$

Z danej rovnice vyplýva, že pokiaľ sa hodnota  $X_i$  posunie o  $d$  jednotiek, tak pomer šancí sa zmení o  $e^{\beta_i d}$ . Zmena pravdepodobnosti pôvodnej triedy závisí od pôvodnej pravdepodobnosti. Tento klasifikátor je veľmi citlivý na odľahlé prvky.

Pri tejto časti sme čerpali teóriu z literatúry [25], [26] a [28].

## 3.6 Metóda RFE

RFE (Recursive Feature Elimination) je algoritmus implementovaný v jazyku R na výber najvýznamnejších predikčných premenných pre model. Tento algoritmus sa využíva na zredukovanie počtu predikčných premenných na ich minimum, zatiaľ čo zachováva vysokú presnosť modelu. Základným princípom tohto algoritmu je iteratívny prístup, pričom sa postupne eliminujú menej dôležité premenné a zostávajúce premenné sú znova otestované. Tento proces sa opakuje dovtedy, kým nie sú vybrané len najdôležitejšie premenné. Výhodou tohto algoritmu je, že dokáže vybrať kombináciu najdôležitejších predikčných premenných bez toho, aby sa s dátami muselo manuálne experimentovať. Jednotlivo zostavené modely vyhodnocuje pomocou krížovej validácie.

# Kapitola 4

## Výsledky analýzy dát

V tejto kapitole sa budeme zaoberať výsledkami analýzy spracovania signálov EKG, GSR a dýchania pre respondentov vystavených fóbickej reakcii. Tieto signály sme manuálne spracovali v jazyku Matlab a následne vyhodnocované v R. Jednotlivé signály sme rozdelili na segmenty a následne každý segment spracovali samostatne. Vylúčili sme z analýzy signály s príliš vysokým šumom alebo bez jednoznačného oddelovača segmentov. Celkovo sme získali 52 parametrov dýchania, 12 parametrov EKG a 1 parameter GSR. Skúmali sme koreláciu medzi jednotlivými parametrami a tiež sme ich individuálne klasifikovali. Na základe týchto údajov sme vytvorili model s najlepšimi prediktormi.

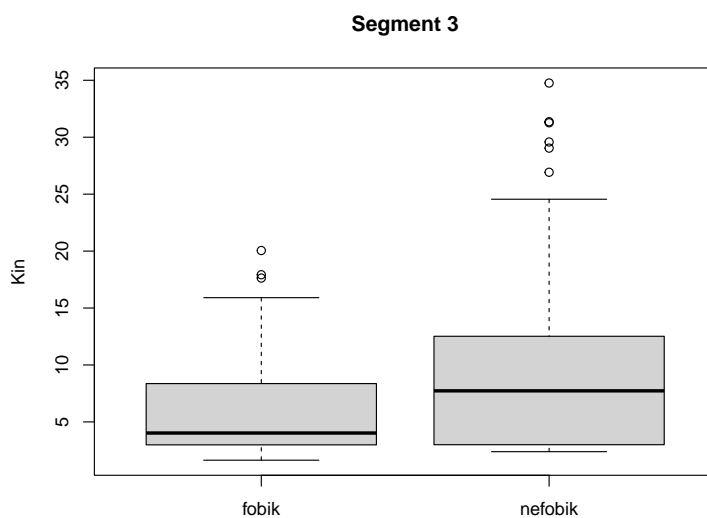
### 4.1 Analýza parametrov dýchania v závislosti na fóbickosti respondenta

V tejto časti sme skúmali vzťah jednotlivých parametrov v závislosti na fóbickosti respondenta. Porovnali sme merané dáta z jednotlivých segmentov. Pre porovnanie sme použili všetky hodnoty respondenta pre daný parameter signálu. Dáta nespĺňali normálne rozdelenie preto sme na analýzu využili Wilcoxonov test. Týmto spôsobom sme porovnávali dáta z rôznych skupín a zisťovali, či existuje štatisticky významný rozdiel medzi nimi.

Parameter	Počet
Segment 1	Kin/Kex, Tex, Tin, Vin/Vtot
Segment 2	Kex, Kin, Tin/Ttot
Segment 3	Tin/Ttot, Tin
Segment 4	Kin, Tin/Ttot, Vtot
Segment 5	Kin, Tin/Ttot, Vtot

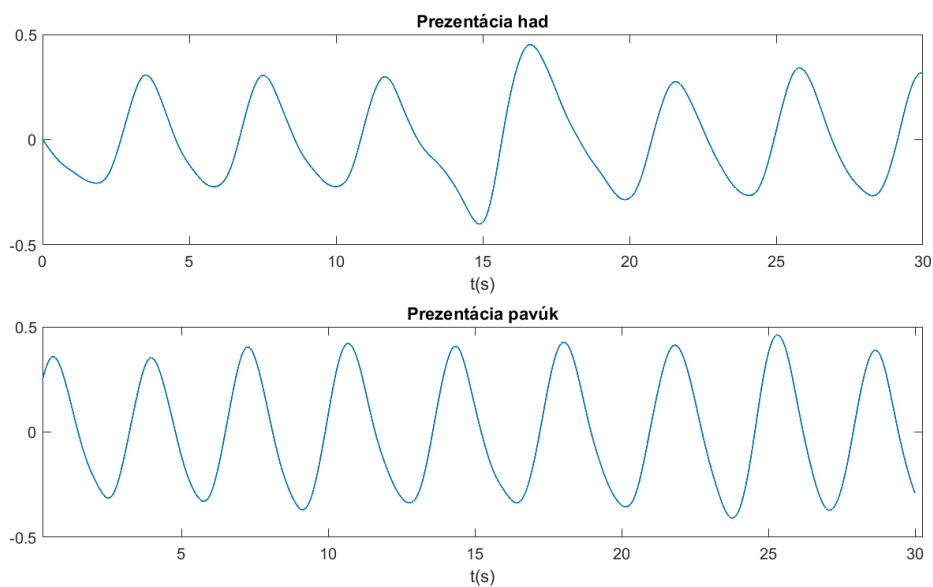
**Tabuľka 4.1.** V tabuľke sú uvedené parametre pre jednotlivé segmenty, pre ktoré vyšla p-hodnota Wilcoxonovho testu menšia než 0,05.

Z tabuľky 4.1 je zrejmé, že fóbickú reakciu najviac ovplyvňujú parametre Tin/Ttot, Kex a Kin. Výsledky Wilcoxonovho testu pre tieto parametre boli štatisticky významné pre až štyri segmenty. Pred použitím Wilcoxonovho testu sme skontrolovali a zvažili, či by sme mali ponechať alebo odstrániť outlierov z dátovej sady, aby sme zabránili ovplyvneniu výsledkov testu.



**Obrázok 4.1.** Ukážka parametru KIN pre segment 5.

Ukážka dýchania 4.2 pre 3. segment pre respondenta r16 ukazuje, že smernica krivky medzi nádychom a výdychom je strmšia než pri nefóbickej reakcii. Tento respondent bol vybraný z dôvodu vysokého strachu voči hadom (SNAQ = 22) a nízkej miery fóbickosti voči pavúkom (SPQ = 1). Z grafov je zrejmé, že fóbická reakcia má vplyv na sklon krivky dýchania.

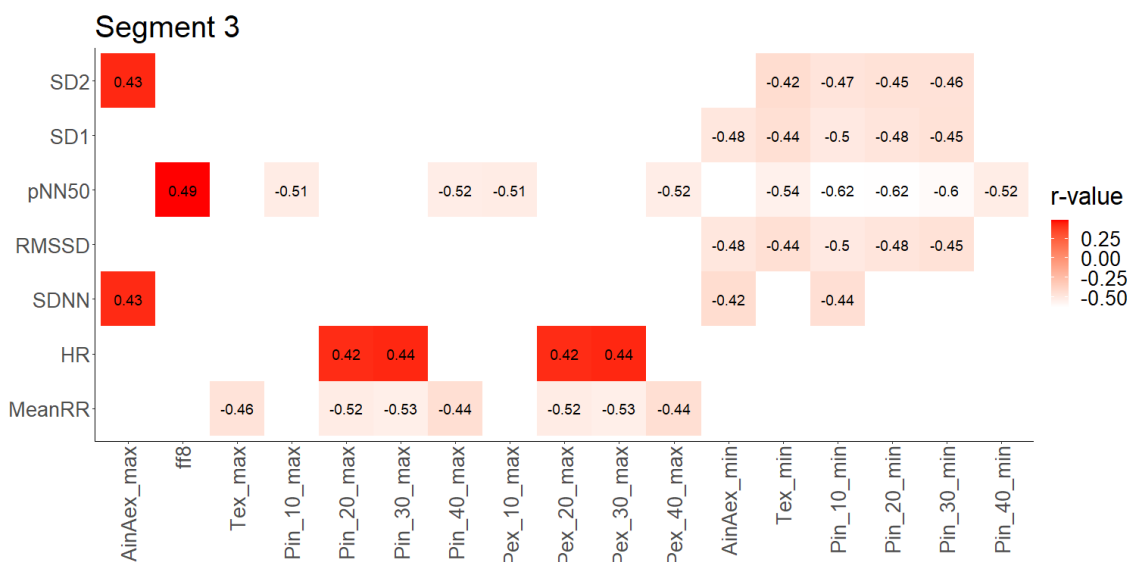


**Obrázok 4.2.** Ukážka dýchania 3. segmentu pre respondenta r16



## 4.2 Korelácia parametrov dýchania a EKG

V ďalšej časti práce sme sa zamerali na koreláciu parametrov dýchania a EKG. Analyzovali sme vzťahy maximálnych a minimálnych hodnôt jednotlivých parametrov dýchania pre každého respondenta. Cieľom bolo zistiť, ako sa navzájom ovplyvňujú parametre dýchania a EKG. V tejto časti sme zisťovali, či existujú súvislosti medzi týmito parametrami a ako môžu byť užitočné pre rozpoznávanie fóbií u respondentov.



**Obrázok 4.3.** Ukážka korelácie jednotlivých parametrov dýchania s EKG pre tretí segment

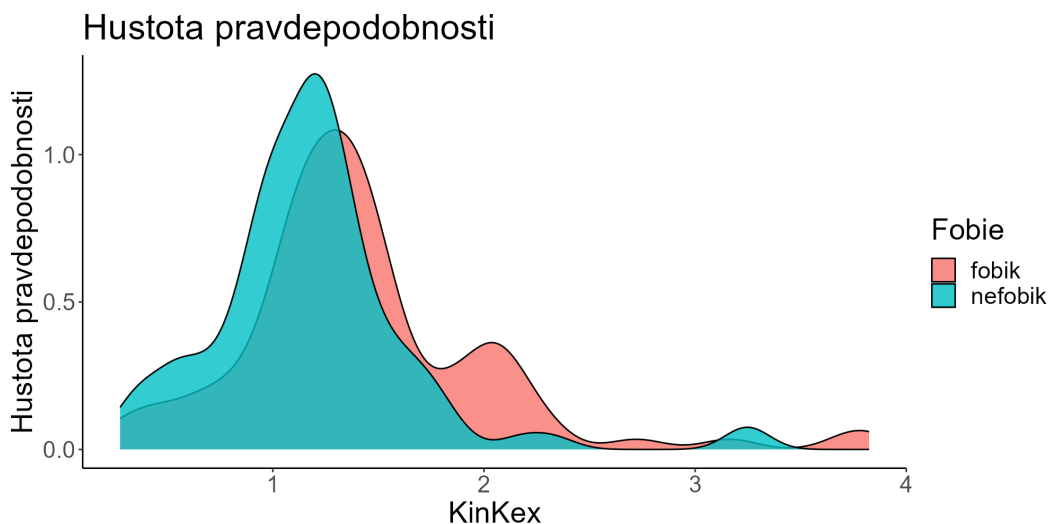
Keďže dáta nespĺňali normálne rozdelenie, koreláciu sme vyhodnocovali pomocou Spearmanovho koeficientu, ktorý sa používa pre párové dáta. Ukážka výsledku korelácie jednotlivých parametrov je uvedená v tabuľke 4.3. Korelácia parametrov nameraného dýchania a EKG bola stredná, pohybovala sa v rozmedzí hodnôt 0,4 – 0,6. Koreláciu sme zisťovali z dôvodu klasifikácie v ďalšej časti práce.

## 4.3 Klasifikácia parametrov

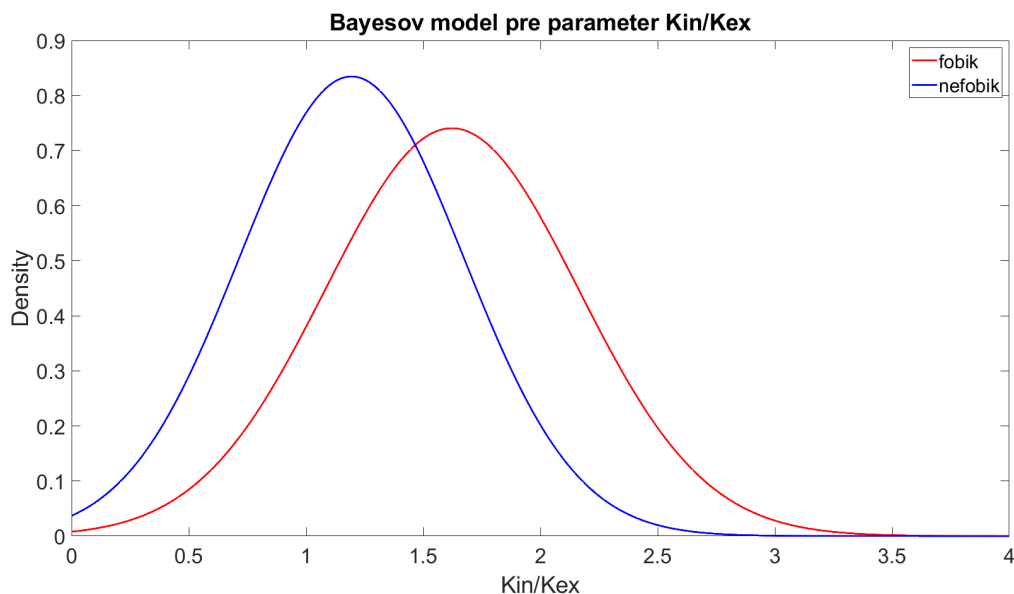
V tejto časti sa budeme zaoberať návrhom modelov na klasifikáciu dát dýchania a EKG pre fóbičských respondentov. Vzhľadom k obmedzenému dátovému súboru s 23 respondentmi sme pre vytvorenie modelu zvolili dva modely - naivnú Bayesovskú klasifikáciu a logistickú regresiu. Tieto modely sme sa snažili udržať čo najjednoduchšie, aby boli čo najpresnejšie. S ohľadom na veľké množstvo parametrov, sme pre výber najvhodnejších parametrov použili metódu RFE (recursive feature selection) v prostredí R. Následne sme vyhodnotili jednotlivé modely a určili ich presnosť. V tejto časti sme sa snažili zistiť, aký model je najpresnejší a najvhodnejší na klasifikáciu fóbičských reakcií. Rozdelenie tréningovej a testovacej množiny sme nechali rovnaké, aby sme vedeli porovnať jednotlivé modely.

### 4.3.1 Klasifikácia parametrov dýchania pomocou naivnej Bayesovskej klasifikácie

Zamerali sme sa na klasifikáciu jednotlivých parametrov dýchania pre respondentov pomocou naivnej Bayesovskej klasifikácie. Na klasifikáciu sme použili pre každý parameter viac než 200 vzoriek. Tieto vzorky boli zastúpené rovnomerne. Pre klasifikáciu sme použili knižnicu `naive_bayes` v prostredí R. Dáta sme vykreslili pomocou hustoty pravdepodobnosti 4.4 a výsledný model sme ešte vizuálne vyhodnotili pomocou grafu. Ukážka grafu modelu je 4.5. Na vyhodnotenie sme použili funkciu `confusionMatrix`, teda klasifikačnú maticu.



**Obrázok 4.4.** Ukážka hustoty pravdepodobnosti parametra Kin/Kex



**Obrázok 4.5.** Ukážka výsledného modelu pre parameter Kin/Kex

parameter	maximálna úspešnosť klasifikácie	počet segmentov s úspešnosťou klasifikácie nad 60%
Vex	75,68%	2
Ain	70,27%	3
Kin	70,27%	2
Tin/Ttot	70,27%	3
Tin	69,23%	2
Vin/Vtot	67,57%	2
Vtot	67,57%	1
20Pex	66,67%	1
Vin	65,79%	3
40Pex	64,86%	1
Ain/Aex	64,10%	1
Kin/Kex	64,10%	1
Aex	62,16%	2
Kex	62,16%	1
10Pex	61,54%	1
30Pex	60,53%	1
30Pin	60,53%	1
20Pin	59,46%	0
10Pin	54,05%	0
40Pin	54,05%	0
Tex	51,35%	0

**Tabuľka 4.2.** V tabuľke sú uvedené parametre a najvyššia úspešnosť klasifikácie pre jednotlivé segmenty

Z tabuľky 4.2 je zrejmé, že jednotlivé parametre dosahujú vysokú mieru úspešnosti klasifikácie. Veľmi úspešná klasifikácia (nad 70%) bola dosiahnutá až na 4 parametroch a úspešná klasifikácia v rozmedzí 70% až 60% bola dosiahnutá pre až 13 parametrov.

Parametre s úspešnosťou klasifikácie nad 60% v minimálne dvoch segmentoch sú Vex, Ain, Kin, Tin/Ttot, Tin, Vin/Vtot, Vin, Aex.

### 4.3.2 Porovnanie výsledkov modelu naivnej Bayesovskej klasifikácie a Wilcoxonovho testu

Ďalej sme sa zamerali na porovnanie výsledkov Wilcoxonho testu a klasifikácii pomocou naivnej Bayesovskej klasifikácie.

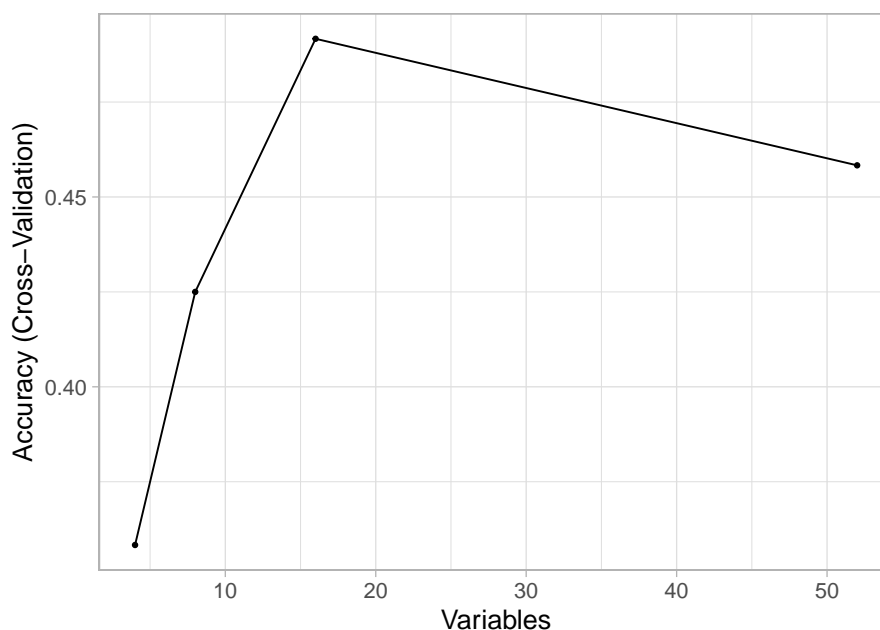
Následne sme skúmali, či výsledky klasifikácie zodpovedajú výsledkom neparametrického Wilcoxonovho testu. Porovnanie týchto metód sme zapísali do tabuľky 4.3. Klasifikáciu sme označili za úspešnú, pokiaľ jej úspešnosť presiahla 60%. Tento prípad nastal v 57%. Najmenšiu úspešnosť v klasifikácii mal parameter Vtot pre piaty segment. Keďže rozdelenie trénovacej a testovacej množiny prebiehalo náhodným výberom je možné, že tento parameter je skreslený.

	Segment 1	Segment 2	Segment 3	Segment 4	Segment 5
Kin/Kex	64,10%				
Vin/Vtot	61,54%				
Tin/Ttot	56,41%	70,27%	69,23%	63,16%	56,76%
Vtot				57,89%	37,84%
Kin		70,27%		60,53%	54,05%
Kex		59,46%			
Tin			69,23%		

**Tabuľka 4.3.** V tabuľke sú uvedené úspešnosti klasifikácie pomocou naivnej Bayesovskej klasifikácie pre segmenty, v ktorých bola p-hodnota Wilcoxonovho testu menšia ako 0,05.

### 4.3.3 Klasifikácia parametrov dýchania, EKG a GSR pomocou algoritmu naivnej Bayesovskej klasifikácie

Cielom tejto časti je zistiť, či vieme úspešne klasifikovať fóbického respondententa pomocou maximálnej alebo minimálnej hodnoty parametra dýchania a hodnoty EKG. Pre toto zisťovanie sme použili klasifikáciu pomocou algoritmu naivného Bayesa. Jednotlivé parametre sme spracovali pomocou funkcie RFE v prostredí R. Pre výber najlepších parametrov sa ako model použil algoritmus naivného Bayesa a rozhodovací strom. Funkcia RFE vyhodnocovala úspešnosť klasifikácie metódou krížovej validácie 4.6.



**Obrázok 4.6.** Ukážka výsledku funkcie RFE

segment	najlepšie parametre pre model	úspešnosť klasifikácie
1	MeanRR, HR, pNN50, Vin/Vtot_max, Kin/Kex_max	57,58%
2	Tin/Ttot_min, ApEn, Pex_40_max, Pin_40_max, ff8	54,55%
3	Tin_max, SDNN, SD2, RMSSD, Kin/Kex_max	63,64%
4	ff2, pNN50, Pex_40_min, Pin_30_min, Pin_40_min	54,55%
5	pNN50, Vex_max, SD1, Pex_40_max, Pin_40_max	54,55%

**Tabuľka 4.4.** V tabuľke sú uvedené najlepšie parametre dýchania, EKG a GSR pre klasifikáciu a úspešnosti klasifikácie pomocou naivnej Bayesovskej klasifikácie pre jednotlivé segmenty. Parametre boli vybrané pomocou RFE algoritmu s použitím modelu naivnej Bayesovskej klasifikácie.

segment	najlepšie parametre pre model	úspešnosť klasifikácie
1	HR, Pin_30_max, Pex_40_max, Pex_20_max	54,55%
2	Vtot_max, SD2, SDNN, Aex_max	63,64%
3	LF/HR, Tin_max, LF, RMSSD, Kin/Kex_max	54,55%
4	Vin/Vtot_max, HF, Kin/Kex_max, Tin_max	63,64%
5	pNN50, Vin_max, SD1/SD2, Ttot_min, Tex_max	63,64%

**Tabuľka 4.5.** V tabuľke sú uvedené najlepšie parametre dýchania, EKG a GSR pre klasifikáciu a úspešnosti klasifikácie pomocou naivnej Bayesovskej klasifikácie pre jednotlivé segmenty. Parametre boli vybrané pomocou RFE algoritmu s použitím modelu rozhodovacieho stromu.

Z tabuliek 4.4 a 4.5 je zrejmé, že použitie funkcie RFE s modelom rozhodovacieho stromu poskytlo lepšie výsledky pri klasifikácii fóbických respondentov pomocou maximálnych a minimálnych hodnôt parametrov dýchania ako s modelom naivnej Bayesovskej klasifikácie. RFE s modelom naivného Bayesa dosiahla úspešnosť klasifikácie nad 60% iba pre jeden segment. RFE s použitím modelu rozhodovacieho stromu dosiahlo úspešnosť nad 60% až pre tri segmenty.

Vsledky modelu naivnej Bayesovskej klasifikácie pre klasifikáciu maximálnych a minimálnych parametrov dýchania a EKG boli celkovo nedostatočné. Bolo pozorované, že maximálna úspešnosť klasifikácie bola len 63%. Tento výsledok môže byť spôsobený nedostatočnou veľkosťou trénovacej a testovacej množiny, ako aj náhodným rozdelením týchto množín.

#### 4.3.4 Klasifikácia parametrov dýchania, EKG a GSR pomocou logistickej regresie

V tejto časti práce sme zisťovali, či model logistickej regresie neprinesie lepšiu úspešnosť klasifikácie. Logistickej regresii má lepšiu schopnosť modelovať komplikovanejšie vzťahy medzi jednotlivými atribútmi a triedami. Na klasifikáciu sme použili rovnakú dátovú množinu ako pre klasifikáciu pomocou naivnej Bayesovskej klasifikácie. Na vyhodnotenie najlepších parametrov sme použili znovu funkciu RFE s modelmi rozhodovacieho stromu a naivnej Bayesovskej klasifikácie.

segment	najlepšie parametre pre model	úspešnosť klasifikácie
1	ApEn, Vin/Vtot_max, Tin_max, Kin/Kex_max	72,73%
2	SD1/SD2, Pex_20_min, Tin/Ttot_min, Pex_10_min	63,64%
3	ApEn, Tin_min, LF, LF/HR, RMSSD	63,64%
4	Tin/Ttot_min, ff3, Tex_min, SD1/SD2, Vin/Vtot_max	72,73%
5	LF, LF/HR, ff4, Vex_max, Vin_max	63,64%

**Tabuľka 4.6.** V tabuľke sú uvedené najlepšie parametre dýchania, EKG a GSR pre klasifikáciu a úspešnosti klasifikácie pomocou logistickej regresie pre jednotlivé segmenty. Parametre boli vybrané pomocou RFE algoritmu s použitím modelu naivnej Bayesovskej klasifikácie.

segment	najlepšie parametre pre model	úspešnosť klasifikácie
1	Tin_max, ff1, HF, Kin/Kex_max	63,64%
2	Tex_max, SD2, ff8, Vtot_max	54,56%
3	ApEn, Ain/Aex_min, Pin_10_min, Tex_min	63,63%
4	Ttot_min, Vin/Vtot_max, pNN50, ff2, Ttot_max	54,55%
5	ApEn, Ttot_min, Ttot_max, Tex_max, Kin_min	63,63%

**Tabuľka 4.7.** V tabuľke sú uvedené najlepšie parametre dýchania, EKG a GSR pre klasifikáciu a úspešnosti klasifikácie pomocou logistickej regresie pre jednotlivé segmenty. Parametre boli vybrané pomocou RFE algoritmu s použitím modelu rozhodovacieho stromu.

Z tabuliek 4.6 a 4.7 je vyplýva, že RFE algoritmus s použitím modelu naivnej Bayesovskej klasifikácie vybral lepšie parametre ako pre model rozhodovacieho stromu. Dva segmenty dosiahli úspešnosť nad 70% a tri segmenty dosiahli úspešnosť 63,63%. Použitie logistickej regresie s RFE modelom rozhodovacieho stromu pre vybrané parametre dosiahlo úspešnosť 63,63% v troch segmentoch a 54,55% v dvoch segmentoch.

#### ■ 4.3.5 Porovnanie modelov naivného Bayesovského klasifikátora a logistickej regresie pre parametre dýchania, EKG a GSR

Z tabuliek 4.4 a 4.5 je zrejmé, že maximálna úspešnosť klasifikácie bolo 63,34%. Tá nastala pre RFE funkciu s rozhodovacím stromom pre 3 segmenty. Naproti tomu logistická regresia podľa tabuliek 4.6 a 4.7 dosiahla maximálnu úspešnosť klasifikácie 72,73% pre dva segmenty a pre zvyšné tri segmenty bola klasifikácia 63,64%. Javí sa, že najlepším spôsobom je použitie logistickej regresie s RFE s modelom naivného Bayesovského klasifikátora.

# Kapitola 5

## Záver

Cielom tejto práce bolo analyzovať fyziologické signály u ľudí trpiacich fórickou reakciou. Výskum bol zabezpečený Prírodovedeckou fakultou Univerzity Karlovej. Na samotné meranie boli pozvaní jedinci s vysokou úrovňou fórickosti podľa dotazníkov SNAQ alebo SPQ. Merania sa týkali dýchania, EKG a GSR. Meranie prebiehalo formou prezentácii, kde sa jednotlivým účastníkom púšťali prezentácie rozdelené do blokových a neblokovaných schém, aby sa zistilo, či je možné na základe fyziologických vlastností identifikovať fórického respondenta. Každému účastníkovi sa púšťali prezentácie s obrázkami hadov aj pavúkov. Tento experiment nezahŕňal kontrolnú skupinu respondentov. Odporúčalo sa použiť ako kontrolnú skupinu dáta od respondentov, ktorí sú fórickí iba v prípade druhého typu zvierata.

V úvodnej časti práce je stručne zhrnutá teória fórie a stresu a ich vplyv na fyziológiu človeka. V sekcii Fyziologické signály sú opísané merané fyziologické signály a ich stresová reakcia. V nasledujúcej časti je opísaný spôsob merania, vysvetlenia dotazníkov a spôsob merania a vyhodnocovania jednotlivých parametrov. V kapitole Výsledky analýzy dát sú výsledky jednotlivých parametrov pomocou uvedenej teórie.

Jednotlivé signály boli štatisticky spracované. Skúmali sme rozdielnosť jednotlivých parametrov na fórickosti respondenta. Následne sme skúmali koreláciu parametrov dýchania a EKG. Z Wilcoxonovho testu vyšlo, že fórickú reakciu je vidieť najmä na parametroch  $T_{in}/T_{tot}$ ,  $K_{ex}$  a  $K_{in}$ . Tieto parametre zaznamenali významný štatistický rozdiel medzi fórickými a nefórickými pre štyri segmenty prezentácie.

Jednotlivé parametre dýchania sme klasifikovali pomocou algoritmu naivného Bayesovského klasifikátora. Na určenie fórickosti u respondentov sa javili parametre  $V_{ex}$ ,  $A_{in}$ ,  $K_{in}$  a  $T_{in}/T_{tot}$ . Tieto parametre dosahovali úspešnosť klasifikácie nad 70% v minimálne dvoch segmentoch prezentácie.

V ďalšej časti práce sme analyzovali, či dokážeme predikciu fórickosti u respondentov, pokiaľ do modelu zahrnieme maximálne a minimálne dáta z dýchania a parametre z EKG a GSR signálov. Pre jednotlivé segmenty sme vybrali najlepšie parametre modelu pomocou RFE algoritmu. Pomocou naivného Bayesovského modelu sme dosiahli maximálnu úspešnosť klasifikácie 63, 64% pre segment, kde bol najväčší fórický impulz. Vybrané najlepšie parametre výsledného modelu boli  $p_{NN50}$ ,  $V_{in\_max}$ ,  $SD1/SD2$ ,  $T_{tot\_min}$  a  $T_{ex\_max}$ . Zlepšiť hodnotu úspešnosti klasifikácie sme sa pokúsili zmenou modelu. Vybrali sme logistickú regresiu. Tento model dosiahol úspešnosť klasifikácie 72, 73% pre až dva segmenty. Najlepšie parametre pre zostavenie modelu sú z EKG signálu parameter  $A_{pEn}$ , a zo signálu dýchania parametre  $V_{in}/V_{tot\_max}$ ,  $T_{in\_max}$ ,  $K_{in}/K_{ex\_max}$ . Algoritmus RFE nevybral hodnotu medián GSR ako najlepší parameter. Treba dodať, že celkovo bolo použiteľných len 28 signálov, teda výsledky tejto predikcie môžu byť značne skreslené.

V ďalšom pokračovaní tejto problematiky by bolo vhodné rozšíriť databázu merania pre fórických respondentov. Mnoho nameraných signálov sa nedokázalo použiť kvôli nepresnému meraniu a rušeniu v signáloch. A zároveň pridať merania kontrolnej sku-

piny, ktorá nemá fóbiu ani na jedno zviera. Ďalej by bolo zaujímave pridať ešte ďalšie atributy signálov do modelov s cieľom zlepšiť predikciu fóbickosti.



## Literatúra

- [1] ATKINSON, Rita L. *Psychologie*. 2 vyd. Praha: Portál. ISBN 8071786403.
- [2] *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. American Psychiatric Publishing, 2013.
- [3] TEARNAN, Blake H., Michael J. TELCH a Peter KEEFE. Etiology and onset of agoraphobia: A critical review. *Comprehensive Psychiatry*. 1984, ročník 25, č. 1, s. 51-62. ISSN 0010-440X. Dostupné na DOI [https://doi.org/10.1016/0010-440X\(84\)90022-1](https://doi.org/10.1016/0010-440X(84)90022-1). Dostupné na <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0010440X84900221>.
- [4] JARO, Křivohlavý. *Psychologie zdraví*. Praha: Portál, 2003.
- [5] TAYLOR, Shelley E. *Health psychology*. 10 vyd. McGraw Hill, 2017. ISBN 978-1-259-87047-7.
- [6] ČIHÁK, Radomír a Miloš GRIM. *Anatomie*. 2 vyd. Praha: Grada, 2002.
- [7] CANNON, Walter B. *The wisdom of the body*. University of California: W.W. Norton, Incorporated, 1932. ISBN 978-0393002058.
- [8] PARAMOTHAYAN, Shanthi. *Essential respiratory medicine*. Hoboken, NJ: John Wiley; Sons, Inc., 2019.
- [9] COHEN, Harvey D., Donald R. GOODENOUGH, Herman A. WITKIN, Philip OLTMAN, Harry GOULD a Ernest SHULMAN. The effects of stress on components of the respiration cycle. *Psychophysiology*. 1975, ročník 12, č. 4, s. 377–380. Dostupné na DOI 10.1111/j.1469-8986.1975.tb00005.x.
- [10] SILBERNAGL, Stefan, Agamemnon DESPOPOULOS, Gay RÜDIGER a Astried ROTHENBURGER. *Atlas Fyziologie člověka*. Praha: Grada, 2004.
- [11] BAKA, Tomáš a Kristína REPOVÁ. *Srdcová frekvencia a kardiovaskulárne riziko*. Univerzita Komenského v Bratislave. Dostupné na [https://www.fmed.uniba.sk/fileadmin/lf/sluzby/akademicka\\_kniznica/PDF/Elektronicke\\_knihy\\_LF\\_UK/SRDCOVA\\_FREKVENCIA\\_A\\_KARDIOVASKULARNE\\_RIZIKO\\_Baka\\_a\\_Repova.pdf](https://www.fmed.uniba.sk/fileadmin/lf/sluzby/akademicka_kniznica/PDF/Elektronicke_knihy_LF_UK/SRDCOVA_FREKVENCIA_A_KARDIOVASKULARNE_RIZIKO_Baka_a_Repova.pdf).
- [12] ELECTROPHYSIOLOGY, Task Force. Heart rate variability. *Circulation*. 1996, ročník 93, č. 5, s. 1043–1065. Dostupné na DOI 10.1161/01.cir.93.5.1043.
- [13] HALL, Martica, Raymond VASKO, Daniel BUYSSE, Hernando OMBAO, Qingxia CHEN, J. David CASHMERE, David KUPFER a Julian F. THAYER. Acute stress affects heart rate variability during sleep. *Psychosomatic Medicine*. 2004, ročník 66, č. 1, s. 56–62. Dostupné na DOI 10.1097/01.psy.0000106884.58744.09.
- [14] A, HUMEAU-HEURTIER, Evgeniya GOSPODINOVA, Ivan DOMUSCHIEV, Nilanjan DEY a Amira ASHOUR. Nonlinear analysis of heart rate variability in type 2 diabetic patients. *Fractal Geometry and Nonlinear Analysis in Medicine and Biology*. 2016, ročník 1, č. 4. Dostupné na DOI 10.15761/fgnamb.1000123.
- [15] SHAFFER, Fred a J. P. GINSBERG. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in Public Health*. 2017, ročník 5. Dostupné na DOI 10.3389/fpubh.2017.00258.

- [16] GIANNAKAKIS, Giorgos, Dimitris GRIGORIADIS, Katerina GIANNAKAKI, Olympia SIMANTIRAKI, Alexandros RONIOTIS a Manolis TSIKNAKIS. Review on Psychological Stress Detection Using Biosignals. *IEEE Transactions on Affective Computing*. 2022, ročník 13, č. 1, s. 440-460. Dostupné na DOI 10.1109/TAFFC.2019.2927337.
- [17] AQAJARI, Seyed Amir Hossein, Emad Kasaeyan NAEINI, Milad Asgari MEHRABADI, Sina LABBAF, Amir M. RAHMANI a Nikil D. DUTT. GSR Analysis for Stress: Development and Validation of an Open Source Tool for Noisy Naturalistic GSR Data. *CoRR*. 2020, ročník abs/2005.01834. Dostupné na <https://arxiv.org/abs/2005.01834>.
- [18] POLÁK, Jakub, Kristýna SEDLÁČKOVÁ, Eva LANDOVÁ a Daniel FRYNTA. Faster detection of snake and spider phobia: revisited. *Heliyon*. 2020, ročník 6, č. 5, s. e03968. ISSN 2405-8440. Dostupné na DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03968>. Dostupné na <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020308136>.
- [19] POLÁK, Jakub, Kristýna SEDLÁČKOVÁ, David NÁCAR, Eva LANDOVÁ a Daniel FRYNTA. Fear the serpent: A psychometric study of snake phobia. *Psychiatry Research*. 2016, ročník 242, s. 163-168. ISSN 0165-1781. Dostupné na DOI <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.05.024>. Dostupné na <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165178115306211>.
- [20] ATASSI, Adéla. *Vliv psychického stresu na variabilitu srdeční frekvence*. 2022. Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze, Katedra teorie obvodů.
- [21] SHAN, Yuhao, Shigang LI a T. CHEN. Respiratory signal and human stress: non-contact detection of stress with a low-cost depth sensing camera. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*. 08, 2020, ročník 11. Dostupné na DOI 10.1007/s13042-020-01074-x.
- [22] VOLLMER, Marcus. HRVTool - an open-source MATLAB toolbox for analyzing heart rate variability. *2019 Computing in Cardiology Conference (CinC)*. 2019. Dostupné na DOI 10.22489/cinc.2019.032.
- [23] STEHLÍKOVÁ, Michaela. *Detekce stresu pomocí galvanické kožní odezvy*. 2022. Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze, Katedra teorie obvodů.
- [24] HAN, J., M. KAMBER a J. PEI. *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2011. ISBN 0123814790.
- [25] LISÝ, Pavol. *Využitie štatistického modelovania pre predikciu správania hráčov mobilných hier*. 2020. Diplomová práce, Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky.
- [26] HARMAN, Radoslav. *Multivariate Statistical Analysis*. Dostupné na <http://www.iam.fmph.uniba.sk/ospm/Harman/VSAp.pdf>.
- [27] HARRELL, Frank E. *Regression modeling strategies: With applications to linear models, logistic and ordinal regression, and survival analysis*. Cham: Springer, 2015.
- [28] STOLTZFUS, Jill C. Logistic regression: A brief primer. *Academic Emergency Medicine*. 2011, ročník 18, č. 10, s. 1099-1104. Dostupné na DOI 10.1111/j.1553-2712.2011.01185.x.

# Príloha A

## Skratky

Aex	■	Exspiračná amplitúda
Ain	■	Inspiračná amplitúda
ANS	■	Autonomny nervový systém
DS-R	■	Disgust Scale-Revised
EKG	■	Elektrokardiogram
GSR	■	Galvanický odpor kože
HF	■	Pásmo vysokých frekvencií
HPA	■	Osa hypotalamus-hypofýza-nadobličky
HR	■	Srdcová frekvencia
HRV	■	Variabilita srdcovej frekvencie
Kex	■	Sklon výdychu
Kin	■	Sklon nádychu
LF	■	Pásmo nízkych frekvencií
Pin	■	Post-inspiračné prestávky
SNAQ	■	Snake Anxiety Questionnaire
SPQ	■	Spider Fear Questionnaire
Tex	■	Exspiračný čas
Tin	■	Inspiračný čas
Ttot	■	Celkový objem
Vex	■	Exspiračný objem
Vin	■	Inspiračný objem
Vtot	■	Alveolná ventilácia

# Príloha B

## Korelačné matice

Korelačná matica časových parametrov maxim dýchania a EKG pre prvý segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_max	0,24	-0,24	0,01	0,05	0,04	-0,35	0,05	-0,03	0,15	-0,27	0,01	-0,27
Ain/Aex_max	-0,02	0,03	0,25	0,26	0,17	-0,08	0,26	0,23	-0,03	-0,03	-0,16	-0,03
Ain_max	0,19	-0,19	0,04	0,05	0,06	-0,32	0,05	0,02	0,13	-0,23	-0,03	-0,23
Kex_max	-0,12	0,13	0,23	0,17	0,17	0,01	0,17	0,31	-0,22	0,11	-0,10	0,11
Kin/Kex_max	-0,43	0,43	0,30	-0,08	-0,05	0,03	-0,08	0,39	-0,72	0,36	-0,50	0,36
Kin_max	-0,34	0,34	0,19	-0,01	0,00	0,14	-0,01	0,28	-0,46	0,24	-0,28	0,24
Tex_max	-0,34	0,32	0,23	-0,02	-0,01	-0,01	-0,02	0,34	-0,27	-0,18	-0,03	-0,18
TinTtot_max	-0,35	0,36	0,12	-0,08	-0,06	0,26	-0,08	0,21	-0,43	0,29	-0,28	0,29
Tin_max	-0,49	0,50	0,12	-0,32	-0,27	0,15	-0,32	0,19	-0,66	0,26	-0,32	0,26
Ttot_max	0,25	-0,25	-0,14	-0,04	-0,03	-0,24	-0,04	-0,20	0,29	-0,25	0,22	-0,25
Vex_max	0,19	-0,20	0,10	0,04	0,02	-0,31	0,04	0,08	0,05	-0,26	0,00	-0,26
Vin/Vtot_max	-0,31	0,31	0,19	0,03	0,00	-0,05	0,03	0,23	-0,36	0,15	-0,33	0,15
Vin_max	0,03	-0,03	0,05	-0,09	-0,07	-0,21	-0,09	0,04	-0,10	-0,09	-0,17	-0,09
Vtot_max	0,06	-0,06	0,05	-0,03	-0,02	-0,25	-0,03	0,04	-0,01	-0,16	-0,08	-0,16
Pin_10_max	-0,44	0,44	0,14	-0,19	-0,17	0,07	-0,19	0,23	-0,33	-0,20	-0,03	-0,20
Pin_20_max	-0,41	0,41	0,24	-0,12	-0,11	-0,02	-0,12	0,32	-0,38	-0,27	0,01	-0,27
Pin_30_max	-0,53	0,53	0,17	-0,20	-0,17	0,13	-0,20	0,24	-0,45	-0,08	-0,16	-0,08
Pin_40_max	-0,52	0,52	0,13	-0,23	-0,20	0,19	-0,23	0,20	-0,45	-0,02	-0,09	-0,02
Pex_10_max	-0,44	0,44	0,14	-0,19	-0,17	0,07	-0,19	0,23	-0,33	-0,20	-0,03	-0,20
Pex_20_max	-0,41	0,41	0,24	-0,12	-0,11	-0,02	-0,12	0,32	-0,38	-0,27	0,01	-0,27
Pex_30_max	-0,53	0,53	0,17	-0,20	-0,17	0,13	-0,20	0,24	-0,45	-0,08	-0,16	-0,08
Pex_40_max	-0,52	0,52	0,13	-0,23	-0,20	0,19	-0,23	0,20	-0,45	-0,02	-0,09	-0,02

Korelačná matica časových parametrov maxim dýchania a EKG pre prvý segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_max	0,29	0,28	0,96	0,81	0,87	0,11	0,81	0,91	0,50	0,22	0,96	0,22
Ain/Aex_max	0,95	0,90	0,27	0,23	0,46	0,72	0,23	0,30	0,88	0,90	0,48	0,90
Ain_max	0,40	0,39	0,85	0,81	0,79	0,15	0,81	0,95	0,57	0,29	0,91	0,29
Kex_max	0,59	0,57	0,30	0,45	0,46	0,95	0,45	0,16	0,32	0,61	0,65	0,61
Kin/Kex_max	0,04	0,04	0,18	0,74	0,83	0,88	0,74	0,07	0,00	0,10	0,02	0,10
Kin_max	0,13	0,12	0,40	0,95	0,99	0,55	0,95	0,20	0,03	0,27	0,20	0,27
Tex_max	0,12	0,15	0,29	0,92	0,95	0,96	0,92	0,12	0,22	0,42	0,89	0,42
TinTtot_max	0,11	0,10	0,58	0,71	0,80	0,24	0,71	0,34	0,04	0,18	0,20	0,18
Tin_max	0,02	0,02	0,60	0,15	0,23	0,51	0,15	0,38	0,00	0,24	0,14	0,24
Ttot_max	0,27	0,27	0,53	0,88	0,91	0,28	0,88	0,38	0,18	0,25	0,33	0,25
Vex_max	0,40	0,38	0,67	0,87	0,93	0,16	0,87	0,74	0,81	0,25	0,99	0,25
Vin/Vtot_max	0,16	0,16	0,40	0,89	0,98	0,84	0,89	0,30	0,10	0,51	0,13	0,51
Vin_max	0,91	0,90	0,84	0,68	0,75	0,35	0,68	0,86	0,67	0,69	0,44	0,69
Vtot_max	0,79	0,79	0,82	0,88	0,94	0,27	0,88	0,85	0,97	0,47	0,74	0,47
Pin_10_max	0,04	0,04	0,52	0,39	0,45	0,74	0,39	0,30	0,14	0,37	0,88	0,37
Pin_20_max	0,06	0,06	0,27	0,58	0,62	0,92	0,58	0,14	0,08	0,23	0,97	0,23
Pin_30_max	0,01	0,01	0,45	0,38	0,44	0,56	0,38	0,28	0,04	0,74	0,48	0,74
Pin_40_max	0,01	0,01	0,57	0,31	0,36	0,40	0,31	0,37	0,03	0,92	0,69	0,92
Pex_10_max	0,04	0,04	0,52	0,39	0,45	0,74	0,39	0,30	0,14	0,37	0,88	0,37
Pex_20_max	0,06	0,06	0,27	0,58	0,62	0,92	0,58	0,14	0,08	0,23	0,97	0,23
Pex_30_max	0,01	0,01	0,45	0,38	0,44	0,56	0,38	0,28	0,04	0,74	0,48	0,74
Pex_40_max	0,01	0,01	0,57	0,31	0,36	0,40	0,31	0,37	0,03	0,92	0,69	0,92

Korelačná matica časových parametrov maxim dýchania a EKG pre druhý segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_max	0,05	-0,06	-0,08	0,05	0,05	0,08	0,05	-0,17	0,17	-0,30	0,07	-0,30
Ain/Aex_max	-0,33	0,34	0,19	-0,06	-0,14	0,35	-0,06	0,29	-0,44	0,21	-0,25	0,21
Ain_max	0,09	-0,10	-0,07	0,11	0,11	0,10	0,11	-0,18	0,27	-0,32	0,16	-0,32
Kex_max	-0,36	0,36	0,18	-0,16	-0,20	0,27	-0,16	0,33	-0,63	0,55	-0,36	0,55
Kin/Kex_max	-0,31	0,33	0,30	0,23	0,16	0,09	0,23	0,31	-0,08	-0,15	0,04	-0,15
Kin_max	-0,37	0,39	0,13	-0,18	-0,23	0,19	-0,18	0,29	-0,56	0,33	-0,29	0,33
Tex_max	-0,30	0,30	0,28	0,11	0,05	0,28	0,11	0,33	-0,18	0,36	0,05	0,36
TinTtot_max	-0,33	0,35	0,14	-0,12	-0,17	0,12	-0,12	0,27	-0,42	0,31	-0,19	0,31
Tin_max	-0,45	0,47	0,17	0,07	0,01	0,05	0,07	0,17	-0,04	-0,16	-0,02	-0,16
Ttot_max	0,14	-0,16	-0,14	0,11	0,14	-0,05	0,11	-0,27	0,43	-0,36	0,22	-0,36
Vex_max	-0,03	0,01	-0,04	0,02	0,00	0,12	0,02	-0,10	0,07	-0,18	0,09	-0,18
Vin/Vtot_max	-0,29	0,31	0,17	-0,05	-0,17	0,38	-0,05	0,27	-0,40	0,22	-0,16	0,22
Vin_max	-0,16	0,15	-0,11	0,02	0,02	0,12	0,02	-0,19	0,23	-0,25	0,11	-0,25
Vtot_max	-0,09	0,08	-0,07	0,04	0,02	0,12	0,04	-0,15	0,19	-0,21	0,14	-0,21
Pin_10_max	-0,48	0,49	0,29	0,08	-0,03	0,28	0,08	0,39	-0,35	-0,02	-0,07	-0,02
Pin_20_max	-0,51	0,53	0,23	0,02	-0,08	0,23	0,02	0,32	-0,30	-0,02	-0,04	-0,02
Pin_30_max	-0,40	0,42	0,32	0,16	0,04	0,08	0,16	0,38	-0,16	-0,05	-0,01	-0,05
Pin_40_max	-0,42	0,45	0,35	0,16	0,04	0,13	0,16	0,41	-0,18	0,04	-0,08	0,04
Pex_10_max	-0,48	0,50	0,29	0,08	-0,04	0,29	0,08	0,40	-0,36	-0,02	-0,07	-0,02
Pex_20_max	-0,51	0,53	0,23	0,02	-0,08	0,23	0,02	0,32	-0,30	-0,02	-0,04	-0,02
Pex_30_max	-0,40	0,42	0,32	0,16	0,04	0,08	0,16	0,38	-0,16	-0,05	-0,01	-0,05
Pex_40_max	-0,42	0,45	0,35	0,16	0,04	0,13	0,16	0,41	-0,18	0,04	-0,08	0,04

Korelačná matica časových parametrov maxim dýchania a EKG pre druhý segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_max	0,82	0,78	0,74	0,82	0,82	0,72	0,82	0,45	0,44	0,17	0,77	0,17
Ain/Aex_max	0,14	0,12	0,40	0,79	0,54	0,11	0,79	0,19	0,04	0,35	0,27	0,35
Ain_max	0,69	0,65	0,76	0,63	0,61	0,66	0,63	0,43	0,23	0,14	0,48	0,14
Kex_max	0,10	0,10	0,43	0,47	0,36	0,22	0,47	0,13	0,00	0,01	0,10	0,01
Kin/Kex_max	0,17	0,13	0,17	0,30	0,48	0,68	0,30	0,17	0,73	0,50	0,86	0,50
Kin_max	0,09	0,07	0,55	0,41	0,29	0,39	0,41	0,20	0,01	0,13	0,19	0,13
Tex_max	0,17	0,17	0,20	0,64	0,83	0,20	0,64	0,13	0,43	0,10	0,84	0,10
TinTtot_max	0,14	0,11	0,53	0,59	0,46	0,59	0,59	0,22	0,05	0,17	0,39	0,17
Tin_max	0,04	0,03	0,46	0,77	0,97	0,84	0,77	0,46	0,87	0,48	0,94	0,48
Ttot_max	0,53	0,48	0,55	0,61	0,53	0,84	0,61	0,22	0,05	0,10	0,33	0,10
Vex_max	0,90	0,95	0,87	0,93	0,99	0,61	0,93	0,64	0,77	0,42	0,68	0,42
Vin/Vtot_max	0,19	0,17	0,45	0,82	0,46	0,08	0,82	0,23	0,06	0,32	0,47	0,32
Vin_max	0,48	0,50	0,61	0,93	0,93	0,60	0,93	0,39	0,29	0,27	0,62	0,27
Vtot_max	0,69	0,73	0,75	0,87	0,93	0,59	0,87	0,50	0,39	0,36	0,53	0,36
Pin_10_max	0,02	0,02	0,19	0,72	0,88	0,20	0,72	0,07	0,11	0,93	0,77	0,93
Pin_20_max	0,01	0,01	0,30	0,93	0,74	0,30	0,93	0,14	0,18	0,92	0,86	0,92
Pin_30_max	0,06	0,05	0,14	0,47	0,84	0,72	0,47	0,08	0,49	0,82	0,96	0,82
Pin_40_max	0,05	0,04	0,11	0,48	0,84	0,56	0,48	0,06	0,41	0,86	0,73	0,86
Pex_10_max	0,02	0,02	0,20	0,74	0,87	0,19	0,74	0,07	0,10	0,94	0,75	0,94
Pex_20_max	0,01	0,01	0,30	0,93	0,74	0,30	0,93	0,14	0,18	0,92	0,86	0,92
Pex_30_max	0,06	0,05	0,14	0,47	0,84	0,72	0,47	0,08	0,49	0,82	0,96	0,82
Pex_40_max	0,05	0,04	0,11	0,48	0,84	0,56	0,48	0,06	0,41	0,86	0,73	0,86

Korelačná matica časových parametrov maximálnych dýchania a EKG pre tretí segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_max	0,09	-0,19	0,11	0,06	0,00	-0,20	0,06	0,11	0,05	-0,03	-0,11	-0,03
Ain/Aex_max	-0,09	0,09	0,43	0,27	0,16	-0,12	0,27	0,43	-0,26	0,14	-0,37	0,14
Ain_max	0,08	-0,08	0,12	0,03	-0,07	-0,05	0,03	0,12	0,03	-0,04	-0,16	-0,04
Kex_max	-0,34	0,31	0,02	-0,07	-0,06	0,10	-0,07	0,02	-0,24	0,29	-0,15	0,29
Kin/Kex_max	-0,09	0,07	0,27	0,13	0,12	0,08	0,13	0,30	-0,22	0,23	-0,15	0,23
Kin_max	-0,21	0,22	0,07	0,04	0,03	0,13	0,04	0,06	-0,16	0,21	-0,10	0,21
Tex_max	-0,46	0,38	0,00	-0,19	-0,27	0,13	-0,19	0,00	-0,26	0,34	-0,26	0,34
TinTtot_max	-0,21	0,20	0,00	-0,10	-0,03	0,09	-0,10	0,01	-0,29	0,29	-0,11	0,29
Tin_max	-0,32	0,29	-0,13	-0,31	-0,40	-0,04	-0,31	-0,16	-0,20	0,28	-0,26	0,28
Ttot_max	0,18	-0,17	0,01	0,04	-0,08	-0,13	0,04	0,00	0,19	-0,21	0,02	-0,21
Vex_max	0,07	-0,17	0,11	0,05	-0,03	-0,11	0,05	0,09	0,04	0,01	-0,12	0,01
Vin/Vtot_max	-0,05	0,05	0,35	0,39	0,27	-0,20	0,39	0,32	0,02	-0,13	-0,09	-0,13
Vin_max	-0,07	0,09	-0,03	-0,11	-0,23	-0,08	-0,11	-0,05	0,03	0,04	-0,17	0,04
Vtot_max	-0,02	-0,07	0,02	-0,03	-0,15	-0,18	-0,03	0,00	0,05	0,01	-0,16	0,01
Pin_10_max	-0,41	0,32	-0,14	-0,38	-0,51	-0,12	-0,38	-0,17	-0,32	0,29	-0,40	0,29
Pin_20_max	-0,52	0,42	0,04	-0,22	-0,33	0,00	-0,22	0,03	-0,37	0,34	-0,39	0,34
Pin_30_max	-0,53	0,44	0,02	-0,24	-0,35	-0,01	-0,24	0,01	-0,36	0,34	-0,36	0,34
Pin_40_max	-0,44	0,34	-0,18	-0,39	-0,52	-0,17	-0,39	-0,22	-0,28	0,31	-0,39	0,31
Pex_10_max	-0,41	0,32	-0,14	-0,38	-0,51	-0,12	-0,38	-0,17	-0,32	0,29	-0,40	0,29
Pex_20_max	-0,52	0,42	0,04	-0,22	-0,33	0,00	-0,22	0,03	-0,37	0,34	-0,39	0,34
Pex_30_max	-0,53	0,44	0,02	-0,24	-0,35	-0,01	-0,24	0,01	-0,36	0,34	-0,36	0,34
Pex_40_max	-0,44	0,34	-0,18	-0,39	-0,52	-0,17	-0,39	-0,22	-0,28	0,31	-0,39	0,31

Korelačná matica časových parametrov maximálnych dýchania a EKG pre tretí segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_max	0,68	0,40	0,63	0,78	0,99	0,37	0,78	0,64	0,81	0,91	0,62	0,91
Ain/Aex_max	0,69	0,68	0,05	0,22	0,47	0,59	0,22	0,04	0,25	0,54	0,09	0,54
Ain_max	0,72	0,71	0,59	0,90	0,76	0,82	0,90	0,60	0,89	0,88	0,49	0,88
Kex_max	0,12	0,16	0,94	0,77	0,78	0,64	0,77	0,93	0,27	0,19	0,50	0,19
Kin/Kex_max	0,69	0,77	0,22	0,56	0,58	0,71	0,56	0,18	0,32	0,31	0,51	0,31
Kin_max	0,35	0,33	0,77	0,87	0,88	0,55	0,87	0,79	0,48	0,34	0,64	0,34
Tex_max	0,03	0,08	0,99	0,40	0,23	0,56	0,40	1,00	0,23	0,12	0,24	0,12
TinTtot_max	0,36	0,37	0,99	0,67	0,91	0,67	0,67	0,96	0,20	0,19	0,64	0,19
Tin_max	0,14	0,19	0,58	0,16	0,07	0,85	0,16	0,48	0,38	0,20	0,24	0,20
Ttot_max	0,41	0,44	0,96	0,88	0,74	0,56	0,88	0,99	0,39	0,34	0,91	0,34
Vex_max	0,76	0,44	0,64	0,83	0,88	0,62	0,83	0,69	0,87	0,95	0,59	0,95
Vin/Vtot_max	0,84	0,82	0,11	0,07	0,22	0,38	0,07	0,15	0,94	0,58	0,69	0,58
Vin_max	0,74	0,70	0,88	0,63	0,30	0,73	0,63	0,82	0,91	0,85	0,46	0,85
Vtot_max	0,92	0,77	0,95	0,89	0,51	0,41	0,89	0,99	0,84	0,96	0,47	0,96
Pin_10_max	0,06	0,15	0,54	0,09	0,01	0,58	0,09	0,46	0,15	0,19	0,07	0,19
Pin_20_max	0,01	0,05	0,85	0,32	0,14	0,99	0,32	0,89	0,09	0,13	0,08	0,13
Pin_30_max	0,01	0,04	0,95	0,28	0,11	0,98	0,28	0,95	0,10	0,12	0,10	0,12
Pin_40_max	0,04	0,12	0,42	0,07	0,01	0,45	0,07	0,32	0,21	0,16	0,08	0,16
Pex_10_max	0,06	0,15	0,54	0,09	0,01	0,58	0,09	0,46	0,15	0,19	0,07	0,19
Pex_20_max	0,01	0,05	0,85	0,32	0,14	0,99	0,32	0,89	0,09	0,13	0,08	0,13
Pex_30_max	0,01	0,04	0,95	0,28	0,11	0,98	0,28	0,95	0,10	0,12	0,10	0,12
Pex_40_max	0,04	0,12	0,42	0,07	0,01	0,45	0,07	0,32	0,21	0,16	0,08	0,16



Korelačná matica časových parametrov maxim dýchania a EKG pre štvrtý segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_max	0,12	-0,09	0,38	0,23	0,15	-0,01	0,43	0,36	-0,14	0,08	-0,18	0,08
Ain/Aex_max	-0,28	0,27	0,39	0,04	0,10	0,14	0,20	0,53	-0,31	0,32	-0,27	0,32
Ain_max	0,26	-0,24	0,17	0,18	0,11	0,03	0,38	0,12	-0,02	0,02	-0,12	0,02
Kex_max	-0,23	0,21	0,08	-0,14	-0,06	0,10	-0,04	0,25	-0,24	0,28	-0,08	0,28
Kin/Kex_max	-0,47	0,47	0,43	-0,05	-0,21	0,11	0,02	0,49	-0,42	0,33	-0,46	0,33
Kin_max	-0,38	0,36	0,14	-0,20	-0,22	0,28	-0,11	0,30	-0,39	0,38	-0,19	0,38
Tex_max	-0,44	0,41	0,04	-0,30	-0,30	0,26	-0,08	0,22	-0,45	0,53	-0,50	0,53
TinTtot_max	-0,35	0,33	0,13	-0,17	-0,18	0,16	-0,17	0,28	-0,32	0,32	-0,17	0,32
Tin_max	-0,46	0,46	0,38	-0,10	-0,25	0,12	0,04	0,45	-0,42	0,37	-0,54	0,37
Ttot_max	0,27	-0,25	0,00	0,18	0,16	-0,15	0,22	-0,14	0,22	-0,26	0,04	-0,26
Vex_max	-0,06	0,07	0,31	0,08	-0,05	0,14	0,23	0,33	-0,26	0,29	-0,34	0,29
Vin/Vtot_max	-0,36	0,37	0,35	-0,05	-0,10	0,20	0,12	0,42	-0,38	0,36	-0,34	0,36
Vin_max	-0,05	0,06	0,32	0,10	-0,04	0,07	0,29	0,33	-0,27	0,20	-0,45	0,20
Vtot_max	-0,02	0,03	0,36	0,15	0,00	0,08	0,34	0,38	-0,22	0,21	-0,41	0,21
Pin_10_max	-0,41	0,40	0,43	-0,06	-0,16	0,08	0,10	0,54	-0,40	0,26	-0,36	0,26
Pin_20_max	-0,41	0,40	0,48	0,00	-0,17	0,10	0,16	0,59	-0,41	0,29	-0,49	0,29
Pin_30_max	-0,33	0,32	0,48	0,03	-0,09	0,03	0,18	0,60	-0,34	0,27	-0,42	0,27
Pin_40_max	-0,37	0,37	0,46	0,00	-0,12	0,04	0,15	0,58	-0,35	0,27	-0,42	0,27
Pex_10_max	-0,41	0,40	0,43	-0,06	-0,16	0,08	0,10	0,54	-0,40	0,26	-0,36	0,26
Pex_20_max	-0,41	0,40	0,48	0,00	-0,17	0,10	0,16	0,59	-0,41	0,29	-0,49	0,29
Pex_30_max	-0,33	0,32	0,48	0,03	-0,09	0,03	0,18	0,60	-0,34	0,27	-0,42	0,27
Pex_40_max	-0,37	0,37	0,46	0,00	-0,12	0,04	0,15	0,58	-0,35	0,27	-0,42	0,27

Korelačná matica časových parametrov maxim dýchania a EKG pre štvrtý segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_max	0,60	0,69	0,08	0,31	0,52	0,98	0,05	0,10	0,52	0,71	0,41	0,71
Ain/Aex_max	0,20	0,22	0,07	0,85	0,65	0,53	0,37	0,01	0,15	0,14	0,22	0,14
Ain_max	0,24	0,28	0,45	0,43	0,63	0,89	0,08	0,61	0,93	0,94	0,61	0,94
Kex_max	0,30	0,35	0,72	0,52	0,80	0,64	0,85	0,25	0,27	0,21	0,72	0,21
Kin/Kex_max	0,03	0,03	0,05	0,81	0,34	0,61	0,94	0,02	0,05	0,13	0,03	0,13
Kin_max	0,08	0,10	0,53	0,38	0,33	0,21	0,62	0,17	0,07	0,08	0,41	0,08
Tex_max	0,04	0,06	0,87	0,18	0,18	0,25	0,71	0,33	0,04	0,01	0,02	0,01
TinTtot_max	0,11	0,14	0,56	0,44	0,42	0,47	0,45	0,21	0,14	0,14	0,44	0,14
Tin_max	0,03	0,03	0,08	0,65	0,26	0,60	0,85	0,04	0,05	0,09	0,01	0,09
Ttot_max	0,22	0,26	1,00	0,41	0,48	0,51	0,32	0,54	0,32	0,24	0,86	0,24
Vex_max	0,80	0,74	0,16	0,73	0,82	0,53	0,30	0,13	0,24	0,19	0,12	0,19
Vin/Vtot_max	0,10	0,09	0,11	0,81	0,66	0,38	0,60	0,05	0,08	0,10	0,12	0,10
Vin_max	0,84	0,80	0,14	0,65	0,85	0,75	0,20	0,13	0,23	0,36	0,03	0,36
Vtot_max	0,93	0,89	0,10	0,50	0,99	0,72	0,13	0,08	0,33	0,35	0,06	0,35
Pin_10_max	0,06	0,07	0,05	0,80	0,47	0,73	0,67	0,01	0,06	0,25	0,10	0,25
Pin_20_max	0,06	0,07	0,02	0,99	0,44	0,65	0,49	0,00	0,06	0,19	0,02	0,19
Pin_30_max	0,14	0,14	0,02	0,90	0,71	0,89	0,42	0,00	0,12	0,22	0,05	0,22
Pin_40_max	0,09	0,09	0,03	0,98	0,61	0,85	0,50	0,00	0,12	0,22	0,05	0,22
Pex_10_max	0,06	0,07	0,05	0,80	0,47	0,73	0,67	0,01	0,06	0,25	0,10	0,25
Pex_20_max	0,06	0,07	0,02	0,99	0,44	0,65	0,49	0,00	0,06	0,19	0,02	0,19
Pex_30_max	0,14	0,14	0,02	0,90	0,71	0,89	0,42	0,00	0,12	0,22	0,05	0,22
Pex_40_max	0,09	0,09	0,03	0,98	0,61	0,85	0,50	0,00	0,12	0,22	0,05	0,22

Korelačná matica časových parametrov maxim dýchania a EKG pre piaty segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Ain/Aex_max	-0,24	0,24	0,17	-0,10	0,01	0,05	0,00	0,22	-0,21	0,09	-0,22	0,09
Ain_max	0,14	-0,13	0,04	0,13	-0,13	0,11	-0,05	0,02	-0,34	0,06	-0,08	0,06
Kex_max	-0,20	0,17	0,01	-0,23	-0,10	0,04	-0,12	0,06	-0,15	0,25	-0,17	0,25
Kin/Kex_max	-0,26	0,25	0,12	-0,18	0,02	0,18	0,01	0,21	-0,17	0,11	-0,26	0,11
Kin_max	-0,27	0,25	-0,06	-0,28	-0,07	0,10	-0,14	-0,01	-0,07	0,28	-0,20	0,28
Tex_max	-0,32	0,31	-0,08	-0,10	-0,28	0,35	-0,29	-0,02	-0,49	0,41	-0,18	0,41
TinTtot_max	-0,26	0,24	-0,15	-0,36	-0,07	0,10	-0,17	-0,10	0,05	0,22	-0,19	0,22
Tin_max	-0,26	0,26	-0,10	-0,27	-0,13	0,14	-0,15	-0,03	-0,14	0,17	-0,30	0,17
Ttot_max	0,16	-0,14	0,07	0,31	0,00	-0,03	0,10	0,03	-0,11	-0,26	0,11	-0,26
Vex_max	-0,08	0,09	0,03	0,12	-0,15	0,30	-0,08	0,05	-0,39	0,18	-0,18	0,18
Vin/Vtot_max	-0,38	0,39	0,17	-0,09	0,02	0,24	0,00	0,24	-0,25	0,20	-0,25	0,20
Vin_max	-0,06	0,07	0,00	0,07	-0,16	0,20	-0,09	0,03	-0,38	0,07	-0,14	0,07
Vtot_max	0,02	0,00	-0,06	0,05	-0,20	0,21	-0,13	-0,06	-0,38	0,09	-0,09	0,09
Pin_max	-0,12	0,12	0,24	0,11	0,13	0,03	0,05	0,28	-0,24	-0,03	-0,17	-0,03
Pin_20_max	-0,33	0,32	0,06	0,05	-0,09	0,20	-0,15	0,12	-0,37	0,16	-0,28	0,16
Pin_30_max	-0,39	0,38	0,08	-0,02	-0,13	0,20	-0,14	0,14	-0,42	0,13	-0,35	0,13
Pin_40_max	-0,44	0,44	0,08	0,10	-0,04	0,29	-0,10	0,14	-0,34	0,21	-0,31	0,21
Pex_10_max	-0,12	0,12	0,24	0,11	0,13	0,03	0,05	0,28	-0,24	-0,03	-0,17	-0,03
Pex_20_max	-0,33	0,32	0,06	0,05	-0,09	0,20	-0,15	0,12	-0,37	0,16	-0,28	0,16
Pex_30_max	-0,39	0,38	0,08	-0,02	-0,13	0,20	-0,14	0,14	-0,42	0,13	-0,35	0,13
Pex_40_max	-0,44	0,44	0,08	0,10	-0,04	0,29	-0,10	0,14	-0,34	0,21	-0,31	0,21
Pex_40_max	0,09	0,09	0,03	0,98	0,61	0,85	0,50	0,00	0,12	0,22	0,05	0,22

Korelačná matica časových parametrov maxim dýchania a EKG pre piaty segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Ain/Aex_max	0,29	0,29	0,45	0,67	0,95	0,82	0,98	0,33	0,35	0,69	0,34	0,69
Ain_max	0,54	0,57	0,88	0,57	0,58	0,62	0,83	0,92	0,12	0,81	0,72	0,81
Kex_max	0,37	0,44	0,98	0,30	0,65	0,86	0,60	0,80	0,51	0,26	0,44	0,26
Kin/Kex_max	0,25	0,25	0,59	0,44	0,95	0,43	0,97	0,35	0,45	0,61	0,23	0,61
Kin_max	0,22	0,27	0,78	0,21	0,76	0,64	0,54	0,95	0,77	0,21	0,37	0,21
Tex_max	0,14	0,16	0,72	0,67	0,20	0,11	0,18	0,93	0,02	0,06	0,42	0,06
TinTtot_max	0,24	0,28	0,50	0,10	0,75	0,66	0,44	0,67	0,84	0,33	0,39	0,33
Tin_max	0,24	0,24	0,65	0,23	0,57	0,53	0,49	0,89	0,53	0,44	0,18	0,44
Ttot_max	0,47	0,54	0,75	0,16	0,99	0,88	0,66	0,89	0,62	0,24	0,62	0,24
Vex_max	0,73	0,71	0,90	0,60	0,52	0,17	0,72	0,81	0,07	0,42	0,42	0,42
Vin/Vtot_max	0,08	0,07	0,45	0,69	0,93	0,27	1,00	0,29	0,26	0,38	0,26	0,38
Vin_max	0,80	0,75	0,98	0,76	0,46	0,38	0,71	0,91	0,08	0,77	0,53	0,77
Vtot_max	0,95	0,99	0,78	0,82	0,37	0,35	0,57	0,80	0,08	0,69	0,69	0,69
Pin_max	0,59	0,59	0,27	0,63	0,58	0,90	0,84	0,21	0,28	0,89	0,45	0,89
Pin_20_max	0,14	0,14	0,79	0,82	0,70	0,37	0,50	0,61	0,09	0,48	0,20	0,48
Pin_30_max	0,07	0,08	0,73	0,94	0,57	0,37	0,52	0,52	0,05	0,56	0,11	0,56
Pin_40_max	0,04	0,04	0,72	0,65	0,85	0,20	0,67	0,54	0,13	0,35	0,16	0,35
Pex_10_max	0,59	0,59	0,27	0,63	0,58	0,90	0,84	0,21	0,28	0,89	0,45	0,89
Pex_20_max	0,14	0,14	0,79	0,82	0,70	0,37	0,50	0,61	0,09	0,48	0,20	0,48
Pex_30_max	0,07	0,08	0,73	0,94	0,57	0,37	0,52	0,52	0,05	0,56	0,11	0,56
Pex_40_max	0,04	0,04	0,72	0,65	0,85	0,20	0,67	0,54	0,13	0,35	0,16	0,35
Pex_40_max	0,09	0,09	0,03	0,98	0,61	0,85	0,50	0,00	0,12	0,22	0,05	0,22

**Obrázok B.1.** Korelačné matice r-hodnôt a p-hodnôt časových maxim parametrov dýchania a EKG pre jednotlivé segmenty



Korelačná matica časových parametrov miním dýchania a EKG pre prvý segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_min	0,09	-0,10	-0,22	-0,16	-0,12	-0,08	-0,16	-0,28	0,25	-0,20	0,17	-0,20
Ain/Aex_min	-0,05	0,04	-0,31	-0,32	-0,25	0,14	-0,32	-0,36	0,13	-0,14	0,28	-0,14
Ain_min	0,17	-0,18	-0,25	-0,16	-0,13	-0,05	-0,16	-0,30	0,30	-0,19	0,28	-0,19
Kex_min	-0,40	0,40	0,00	-0,11	-0,12	0,30	-0,11	0,05	-0,20	0,15	-0,14	0,15
Kin/Kex_min	-0,30	0,30	-0,42	-0,59	-0,54	0,25	-0,59	-0,41	-0,25	0,05	0,09	0,05
Kin_min	-0,36	0,37	0,06	-0,09	-0,10	0,27	-0,09	0,12	-0,36	0,21	-0,15	0,21
Tex_min	-0,40	0,39	-0,15	-0,37	-0,30	0,28	-0,37	-0,09	-0,16	-0,13	0,18	-0,13
TinTtot_min	-0,40	0,40	0,01	-0,20	-0,16	0,30	-0,20	0,11	-0,43	0,22	-0,11	0,22
Tin_min	-0,41	0,41	-0,28	-0,57	-0,52	0,16	-0,57	-0,22	-0,31	-0,10	0,13	-0,10
Ttot_min	0,25	-0,25	-0,14	-0,04	-0,03	-0,24	-0,04	-0,20	0,29	-0,25	0,22	-0,25
Vex_min	-0,03	0,03	-0,25	-0,26	-0,21	0,07	-0,26	-0,28	0,12	-0,14	0,13	-0,14
Vin/Vtot_min	-0,20	0,21	-0,36	-0,46	-0,38	0,26	-0,46	-0,36	-0,08	-0,08	0,24	-0,08
Vin_min	0,06	-0,07	-0,22	-0,23	-0,18	0,01	-0,23	-0,23	0,13	-0,11	0,20	-0,11
Vtot_min	-0,01	0,00	-0,23	-0,27	-0,20	0,03	-0,27	-0,24	0,09	-0,09	0,13	-0,09
Pex_10_min	-0,21	0,20	-0,20	-0,38	-0,30	0,21	-0,38	-0,18	-0,14	0,00	0,08	0,00
Pex_20_min	-0,22	0,21	-0,18	-0,36	-0,30	0,23	-0,36	-0,18	-0,13	0,00	0,11	0,00
Pex_30_min	-0,23	0,22	-0,19	-0,38	-0,31	0,24	-0,38	-0,19	-0,15	0,02	0,09	0,02
Pex_40_min	-0,22	0,21	-0,21	-0,38	-0,32	0,23	-0,38	-0,20	-0,14	0,01	0,10	0,01
Pin_10_min	-0,42	0,42	-0,22	-0,54	-0,47	0,25	-0,54	-0,12	-0,33	-0,10	0,01	-0,10
Pin_20_min	-0,40	0,40	-0,20	-0,52	-0,46	0,23	-0,52	-0,11	-0,33	-0,08	0,01	-0,08
Pin_30_min	-0,45	0,44	-0,25	-0,58	-0,53	0,26	-0,58	-0,16	-0,38	-0,04	0,03	-0,04
Pin_40_min	-0,45	0,44	-0,28	-0,61	-0,55	0,29	-0,61	-0,19	-0,38	-0,04	0,05	-0,04

Korelačná matica časových parametrov miním dýchania a EKG pre prvý segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_min	0,69	0,66	0,32	0,49	0,58	0,73	0,49	0,21	0,27	0,37	0,46	0,37
Ain/Aex_min	0,83	0,85	0,15	0,14	0,26	0,55	0,14	0,10	0,57	0,53	0,21	0,53
Ain_min	0,44	0,41	0,26	0,49	0,57	0,84	0,49	0,17	0,18	0,40	0,21	0,40
Kex_min	0,07	0,07	0,98	0,63	0,59	0,17	0,63	0,82	0,37	0,51	0,55	0,51
Kin/Kex_min	0,17	0,18	0,05	0,00	0,01	0,27	0,00	0,06	0,27	0,83	0,70	0,83
Kin_min	0,10	0,09	0,81	0,68	0,66	0,22	0,68	0,59	0,10	0,35	0,51	0,35
Tex_min	0,06	0,07	0,51	0,09	0,18	0,21	0,09	0,70	0,47	0,57	0,43	0,57
TinTtot_min	0,07	0,07	0,98	0,38	0,48	0,17	0,38	0,61	0,04	0,33	0,64	0,33
Tin_min	0,06	0,06	0,20	0,01	0,01	0,46	0,01	0,33	0,16	0,67	0,55	0,67
Ttot_min	0,27	0,27	0,53	0,88	0,91	0,28	0,88	0,38	0,18	0,25	0,33	0,25
Vex_min	0,88	0,91	0,27	0,24	0,35	0,77	0,24	0,20	0,60	0,54	0,58	0,54
Vin/Vtot_min	0,38	0,35	0,10	0,03	0,08	0,24	0,03	0,10	0,73	0,73	0,28	0,73
Vin_min	0,80	0,77	0,33	0,30	0,43	0,95	0,30	0,31	0,56	0,63	0,38	0,63
Vtot_min	0,96	0,99	0,30	0,23	0,36	0,88	0,23	0,29	0,68	0,69	0,57	0,69
Pex_10_min	0,35	0,38	0,37	0,08	0,17	0,35	0,08	0,42	0,52	0,99	0,71	0,99
Pex_20_min	0,33	0,36	0,41	0,10	0,17	0,31	0,10	0,43	0,56	0,99	0,63	0,99
Pex_30_min	0,31	0,33	0,39	0,08	0,16	0,28	0,08	0,40	0,52	0,94	0,68	0,94
Pex_40_min	0,32	0,34	0,36	0,08	0,15	0,30	0,08	0,37	0,52	0,96	0,65	0,96
Pin_10_min	0,05	0,05	0,33	0,01	0,03	0,27	0,01	0,58	0,13	0,67	0,97	0,67
Pin_20_min	0,06	0,07	0,37	0,01	0,03	0,30	0,01	0,63	0,14	0,74	0,95	0,74
Pin_30_min	0,04	0,04	0,27	0,00	0,01	0,25	0,00	0,49	0,08	0,87	0,91	0,87
Pin_40_min	0,04	0,04	0,20	0,00	0,01	0,20	0,00	0,39	0,08	0,86	0,82	0,86

Korelačná matica časových parametrov miním dýchania a EKG pre druhý segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_min	0,29	-0,29	-0,08	0,19	0,19	-0,24	0,19	-0,23	0,53	-0,51	0,37	-0,51
Ain/Aex_min	0,23	-0,24	-0,37	-0,23	-0,21	-0,26	-0,23	-0,46	0,28	-0,18	0,16	-0,18
Ain_min	0,24	-0,26	-0,16	0,12	0,11	-0,20	0,12	-0,29	0,47	-0,40	0,29	-0,40
Kex_min	-0,13	0,14	0,14	-0,05	-0,07	-0,01	-0,05	0,25	-0,26	0,28	-0,12	0,28
Kin/Kex_min	0,07	-0,07	-0,24	-0,02	-0,06	-0,27	-0,02	-0,30	0,36	-0,36	0,22	-0,36
Kin_min	-0,35	0,36	0,15	-0,10	-0,16	0,02	-0,10	0,29	-0,36	0,37	-0,28	0,37
Tex_min	-0,11	0,09	-0,14	-0,05	-0,06	-0,10	-0,05	-0,17	0,17	-0,20	0,06	-0,20
TinTtot_min	-0,22	0,23	0,10	-0,13	-0,20	-0,01	-0,13	0,21	-0,33	0,23	-0,22	0,23
Tin_min	-0,23	0,22	-0,17	-0,07	-0,08	-0,16	-0,07	-0,23	0,24	-0,26	0,12	-0,26
Ttot_min	0,14	-0,16	-0,14	0,11	0,14	-0,05	0,11	-0,27	0,43	-0,36	0,22	-0,36
Vex_min	0,19	-0,19	-0,02	0,23	0,21	-0,23	0,23	-0,14	0,46	-0,51	0,35	-0,51
Vin/Vtot_min	-0,23	0,23	-0,45	-0,37	-0,37	-0,10	-0,37	-0,46	0,08	-0,21	0,07	-0,21
Vin_min	0,12	-0,13	-0,14	0,08	0,06	-0,21	0,08	-0,26	0,41	-0,41	0,27	-0,41
Vtot_min	0,17	-0,17	-0,07	0,15	0,11	-0,21	0,15	-0,19	0,41	-0,46	0,27	-0,46
Pex_10_min	0,02	-0,01	0,02	0,12	0,10	-0,35	0,12	-0,06	0,31	-0,31	0,21	-0,31
Pex_20_min	0,07	-0,07	0,03	0,13	0,11	-0,32	0,13	-0,06	0,33	-0,25	0,17	-0,25
Pex_30_min	0,06	-0,07	-0,02	0,09	0,07	-0,34	0,09	-0,12	0,33	-0,31	0,17	-0,31
Pex_40_min	0,09	-0,09	-0,10	0,03	0,01	-0,31	0,03	-0,20	0,29	-0,30	0,14	-0,30
Pin_10_min	-0,09	0,08	-0,16	-0,10	-0,11	-0,10	-0,10	-0,20	0,19	-0,14	0,04	-0,14
Pin_20_min	-0,07	0,06	-0,17	-0,09	-0,10	-0,12	-0,09	-0,22	0,22	-0,16	0,08	-0,16
Pin_30_min	-0,08	0,06	-0,21	-0,11	-0,12	-0,11	-0,11	-0,25	0,23	-0,15	0,07	-0,15
Pin_40_min	-0,06	0,05	-0,20	-0,09	-0,10	-0,14	-0,09	-0,25	0,25	-0,21	0,10	-0,21

Korelačná matica časových parametrov miním dýchania a EKG pre druhý segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_min	0,20	0,19	0,72	0,39	0,41	0,27	0,39	0,30	0,01	0,02	0,09	0,02
Ain/Aex_min	0,31	0,29	0,09	0,30	0,35	0,24	0,30	0,03	0,21	0,43	0,47	0,43
Ain_min	0,27	0,25	0,48	0,61	0,62	0,37	0,61	0,18	0,03	0,06	0,19	0,06
Kex_min	0,56	0,53	0,55	0,82	0,75	0,96	0,82	0,25	0,24	0,21	0,60	0,21
Kin/Kex_min	0,76	0,75	0,27	0,92	0,81	0,23	0,92	0,17	0,10	0,10	0,32	0,10
Kin_min	0,11	0,10	0,49	0,64	0,47	0,92	0,64	0,19	0,10	0,09	0,20	0,09
Tex_min	0,63	0,68	0,54	0,81	0,78	0,67	0,81	0,44	0,46	0,38	0,79	0,38
TinTtot_min	0,32	0,29	0,66	0,56	0,37	0,97	0,56	0,36	0,14	0,30	0,33	0,30
Tin_min	0,31	0,33	0,46	0,76	0,71	0,48	0,76	0,30	0,28	0,24	0,58	0,24
Ttot_min	0,53	0,48	0,55	0,61	0,53	0,84	0,61	0,22	0,05	0,10	0,33	0,10
Vex_min	0,40	0,39	0,92	0,30	0,35	0,30	0,30	0,52	0,03	0,02	0,11	0,02
Vin/Vtot_min	0,30	0,31	0,04	0,09	0,09	0,66	0,09	0,03	0,71	0,36	0,76	0,36
Vin_min	0,59	0,56	0,54	0,72	0,78	0,34	0,72	0,25	0,06	0,06	0,22	0,06
Vtot_min	0,46	0,44	0,74	0,52	0,62	0,34	0,52	0,40	0,06	0,03	0,22	0,03
Pex_10_min	0,94	0,95	0,93	0,60	0,67	0,11	0,60	0,77	0,16	0,16	0,35	0,16
Pex_20_min	0,76	0,77	0,89	0,56	0,62	0,15	0,56	0,79	0,13	0,25	0,46	0,25
Pex_30_min	0,78	0,77	0,92	0,68	0,76	0,12	0,68	0,60	0,14	0,16	0,44	0,16
Pex_40_min	0,70	0,68	0,65	0,90	0,97	0,15	0,90	0,38	0,20	0,17	0,53	0,17
Pin_10_min	0,68	0,72	0,46	0,67	0,61	0,66	0,67	0,36	0,39	0,53	0,85	0,53
Pin_20_min	0,75	0,79	0,45	0,71	0,65	0,58	0,71	0,33	0,32	0,47	0,74	0,47
Pin_30_min	0,74	0,79	0,36	0,64	0,60	0,64	0,64	0,25	0,30	0,49	0,77	0,49
Pin_40_min	0,78	0,82	0,37	0,71	0,66	0,53	0,71	0,25	0,26	0,34	0,65	0,34

Korelačná matica časových parametrov miním dýchania a EKG pre tretí segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_min	0,18	-0,17	-0,06	-0,10	-0,11	-0,12	-0,10	-0,06	0,10	-0,14	0,06	-0,14
Ain/Aex_min	-0,05	0,15	-0,42	-0,48	-0,38	0,24	-0,48	-0,41	0,01	-0,03	0,22	-0,03
Ain_min	0,17	-0,16	-0,08	-0,04	-0,06	-0,15	-0,04	-0,08	0,20	-0,23	0,12	-0,23
Kex_min	-0,11	0,14	-0,05	-0,06	0,03	0,20	-0,06	-0,04	-0,13	0,14	0,04	0,14
Kin/Kex_min	0,23	-0,20	-0,29	-0,10	-0,06	-0,22	-0,10	-0,29	0,27	-0,26	0,26	-0,26
Kin_min	-0,20	0,19	-0,09	-0,12	-0,03	0,02	-0,12	-0,08	-0,18	0,20	-0,01	0,20
Tex_min	-0,25	0,21	-0,39	-0,44	-0,54	-0,02	-0,44	-0,42	0,05	0,05	-0,14	0,05
TinTtot_min	-0,25	0,26	-0,08	-0,16	-0,05	0,05	-0,16	-0,05	-0,25	0,23	-0,12	0,23
Tin_min	-0,14	0,13	-0,30	-0,26	-0,30	-0,19	-0,26	-0,32	0,14	-0,12	0,03	-0,12
Ttot_min	0,18	-0,17	0,01	0,04	-0,08	-0,13	0,04	0,00	0,19	-0,21	0,02	-0,21
Vex_min	0,03	-0,03	-0,07	-0,12	-0,19	-0,16	-0,12	-0,09	0,10	-0,12	-0,07	-0,12
Vin/Vtot_min	-0,03	0,14	-0,29	-0,33	-0,20	-0,01	-0,33	-0,28	0,06	-0,05	0,15	-0,05
Vin_min	0,12	-0,09	-0,14	-0,08	-0,14	-0,20	-0,08	-0,16	0,24	-0,25	0,10	-0,25
Vtot_min	0,09	-0,08	-0,06	-0,04	-0,16	-0,19	-0,04	-0,09	0,20	-0,21	0,04	-0,21
Pex_10_min	-0,18	0,19	-0,26	-0,31	-0,31	0,00	-0,31	-0,29	0,05	0,02	-0,10	0,02
Pex_20_min	-0,17	0,18	-0,23	-0,31	-0,29	0,01	-0,31	-0,26	0,02	0,06	-0,11	0,06
Pex_30_min	-0,17	0,18	-0,23	-0,31	-0,30	0,01	-0,31	-0,26	0,02	0,06	-0,12	0,06
Pex_40_min	-0,18	0,19	-0,28	-0,35	-0,36	0,04	-0,35	-0,32	0,03	0,10	-0,07	0,10
Pin_10_min	-0,32	0,26	-0,44	-0,50	-0,62	0,01	-0,50	-0,47	0,01	-0,01	-0,06	-0,01
Pin_20_min	-0,33	0,27	-0,42	-0,48	-0,62	0,02	-0,48	-0,45	0,02	0,00	-0,08	0,00
Pin_30_min	-0,28	0,23	-0,42	-0,45	-0,60	0,00	-0,45	-0,46	0,06	-0,03	-0,05	-0,03
Pin_40_min	-0,21	0,17	-0,38	-0,40	-0,52	-0,01	-0,40	-0,42	0,07	-0,05	-0,03	-0,05

Korelačná matica časových parametrov maxím dýchania a EKG pre tretí segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_max	0,68	0,40	0,63	0,78	0,99	0,37	0,78	0,64	0,81	0,91	0,62	0,91
Ain/Aex_max	0,69	0,68	0,05	0,22	0,47	0,59	0,22	0,04	0,25	0,54	0,09	0,54
Ain_max	0,72	0,71	0,59	0,90	0,76	0,82	0,90	0,60	0,89	0,88	0,49	0,88
Kex_max	0,12	0,16	0,94	0,77	0,78	0,64	0,77	0,93	0,27	0,19	0,50	0,19
Kin/Kex_max	0,69	0,77	0,22	0,56	0,58	0,71	0,56	0,18	0,32	0,31	0,51	0,31
Kin_max	0,35	0,33	0,77	0,87	0,88	0,55	0,87	0,79	0,48	0,34	0,64	0,34
Tex_max	0,03	0,08	0,99	0,40	0,23	0,56	0,40	1,00	0,23	0,12	0,24	0,12
TinTtot_max	0,36	0,37	0,99	0,67	0,91	0,67	0,67	0,96	0,20	0,19	0,64	0,19
Tin_max	0,14	0,19	0,58	0,16	0,07	0,85	0,16	0,48	0,38	0,20	0,24	0,20
Ttot_max	0,41	0,44	0,96	0,88	0,74	0,56	0,88	0,99	0,39	0,34	0,91	0,34
Vex_max	0,76	0,44	0,64	0,83	0,88	0,62	0,83	0,69	0,87	0,95	0,59	0,95
Vin/Vtot_max	0,84	0,82	0,11	0,07	0,22	0,38	0,07	0,15	0,94	0,58	0,69	0,58
Vin_max	0,74	0,70	0,88	0,63	0,30	0,73	0,63	0,82	0,91	0,85	0,46	0,85
Vtot_max	0,92	0,77	0,95	0,89	0,51	0,41	0,89	0,99	0,84	0,96	0,47	0,96
Pin_10_max	0,06	0,15	0,54	0,09	0,01	0,58	0,09	0,46	0,15	0,19	0,07	0,19
Pin_20_max	0,01	0,05	0,85	0,32	0,14	0,99	0,32	0,89	0,09	0,13	0,08	0,13
Pin_30_max	0,01	0,04	0,95	0,28	0,11	0,98	0,28	0,95	0,10	0,12	0,10	0,12
Pin_40_max	0,04	0,12	0,42	0,07	0,01	0,45	0,07	0,32	0,21	0,16	0,08	0,16
Pex_10_max	0,06	0,15	0,54	0,09	0,01	0,58	0,09	0,46	0,15	0,19	0,07	0,19
Pex_20_max	0,01	0,05	0,85	0,32	0,14	0,99	0,32	0,89	0,09	0,13	0,08	0,13
Pex_30_max	0,01	0,04	0,95	0,28	0,11	0,98	0,28	0,95	0,10	0,12	0,10	0,12
Pex_40_max	0,04	0,12	0,42	0,07	0,01	0,45	0,07	0,32	0,21	0,16	0,08	0,16

Korelačná matica časových parametrov miním dýchania a EKG pre štvrtý segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_min	0,16	-0,15	-0,11	0,06	-0,02	-0,15	-0,03	-0,26	0,18	-0,26	0,01	-0,26
Ain/Aex_min	0,27	-0,24	-0,24	0,22	0,22	-0,26	0,02	-0,41	0,57	-0,59	0,30	-0,59
Ain_min	0,13	-0,11	-0,13	0,02	-0,01	-0,12	-0,05	-0,28	0,18	-0,22	0,04	-0,22
Kex_min	-0,20	0,18	-0,27	-0,24	-0,23	0,01	-0,44	-0,17	-0,06	0,02	0,03	0,02
Kin/Kex_min	0,11	-0,10	-0,15	0,06	-0,05	0,04	-0,12	-0,31	0,21	-0,22	0,14	-0,22
Kin_min	-0,42	0,40	-0,12	-0,23	-0,19	0,15	-0,31	-0,01	-0,13	0,13	-0,01	0,13
Tex_min	-0,04	0,03	-0,29	-0,13	-0,23	-0,16	-0,28	-0,31	0,10	-0,18	-0,12	-0,18
TinTtot_min	-0,50	0,47	-0,17	-0,30	-0,36	0,27	-0,45	-0,09	-0,22	0,20	-0,13	0,20
Tin_min	-0,44	0,44	-0,26	-0,28	-0,39	0,21	-0,38	-0,33	-0,12	-0,02	-0,13	-0,02
Ttot_min	0,27	-0,25	0,00	0,18	0,16	-0,15	0,22	-0,14	0,22	-0,26	0,04	-0,26
Vex_min	0,16	-0,14	-0,13	0,04	-0,05	-0,18	-0,04	-0,24	0,16	-0,26	-0,01	-0,26
Vin/Vtot_min	-0,04	0,07	-0,02	0,05	-0,13	0,11	-0,14	-0,14	0,09	-0,14	0,01	-0,14
Vin_min	-0,04	0,06	-0,08	-0,06	-0,14	-0,01	-0,11	-0,20	-0,01	-0,09	-0,13	-0,09
Vtot_min	0,09	-0,08	-0,06	0,05	-0,03	-0,13	-0,01	-0,18	0,15	-0,23	-0,06	-0,23
Pex_10_min	-0,18	0,17	-0,23	-0,17	-0,34	0,05	-0,28	-0,34	0,03	-0,10	-0,02	-0,10
Pex_20_min	-0,17	0,16	-0,24	-0,18	-0,34	0,05	-0,29	-0,35	0,03	-0,10	0,00	-0,10
Pex_30_min	-0,15	0,14	-0,27	-0,19	-0,35	0,05	-0,31	-0,38	0,04	-0,11	0,01	-0,11
Pex_40_min	-0,18	0,17	-0,32	-0,22	-0,38	0,05	-0,33	-0,41	0,04	-0,12	0,02	-0,12
Pin_10_min	-0,34	0,34	-0,40	-0,42	-0,47	0,18	-0,49	-0,44	-0,22	0,08	-0,10	0,08
Pin_20_min	-0,26	0,24	-0,40	-0,39	-0,46	0,11	-0,46	-0,42	-0,21	0,06	-0,08	0,06
Pin_30_min	-0,21	0,19	-0,43	-0,40	-0,45	0,09	-0,47	-0,46	-0,19	0,04	-0,07	0,04
Pin_40_min	-0,09	0,07	-0,33	-0,29	-0,29	-0,03	-0,39	-0,36	-0,08	-0,01	-0,02	-0,01

Korelačná matica časových parametrov maxím dýchania a EKG pre štvrtý segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Aex_max	0,60	0,69	0,08	0,31	0,52	0,98	0,05	0,10	0,52	0,71	0,41	0,71
Ain/Aex_max	0,20	0,22	0,07	0,85	0,65	0,53	0,37	0,01	0,15	0,14	0,22	0,14
Ain_max	0,24	0,28	0,45	0,43	0,63	0,89	0,08	0,61	0,93	0,94	0,61	0,94
Kex_max	0,30	0,35	0,72	0,52	0,80	0,64	0,85	0,25	0,27	0,21	0,72	0,21
Kin/Kex_max	0,03	0,03	0,05	0,81	0,34	0,61	0,94	0,02	0,05	0,13	0,03	0,13
Kin_max	0,08	0,10	0,53	0,38	0,33	0,21	0,62	0,17	0,07	0,08	0,41	0,08
Tex_max	0,04	0,06	0,87	0,18	0,18	0,25	0,71	0,33	0,04	0,01	0,02	0,01
TinTtot_max	0,11	0,14	0,56	0,44	0,42	0,47	0,45	0,21	0,14	0,14	0,44	0,14
Tin_max	0,03	0,03	0,08	0,65	0,26	0,60	0,85	0,04	0,05	0,09	0,01	0,09
Ttot_max	0,22	0,26	1,00	0,41	0,48	0,51	0,32	0,54	0,32	0,24	0,86	0,24
Vex_max	0,80	0,74	0,16	0,73	0,82	0,53	0,30	0,13	0,24	0,19	0,12	0,19
Vin/Vtot_max	0,10	0,09	0,11	0,81	0,66	0,38	0,60	0,05	0,08	0,10	0,12	0,10
Vin_max	0,84	0,80	0,14	0,65	0,85	0,75	0,20	0,13	0,23	0,36	0,03	0,36
Vtot_max	0,93	0,89	0,10	0,50	0,99	0,72	0,13	0,08	0,33	0,35	0,06	0,35
Pin_10_max	0,06	0,07	0,05	0,80	0,47	0,73	0,67	0,01	0,06	0,25	0,10	0,25
Pin_20_max	0,06	0,07	0,02	0,99	0,44	0,65	0,49	0,00	0,06	0,19	0,02	0,19
Pin_30_max	0,14	0,14	0,02	0,90	0,71	0,89	0,42	0,00	0,12	0,22	0,05	0,22
Pin_40_max	0,09	0,09	0,03	0,98	0,61	0,85	0,50	0,00	0,12	0,22	0,05	0,22
Pex_10_max	0,06	0,07	0,05	0,80	0,47	0,73	0,67	0,01	0,06	0,25	0,10	0,25
Pex_20_max	0,06	0,07	0,02	0,99	0,44	0,65	0,49	0,00	0,06	0,19	0,02	0,19
Pex_30_max	0,14	0,14	0,02	0,90	0,71	0,89	0,42	0,00	0,12	0,22	0,05	0,22
Pex_40_max	0,09	0,09	0,03	0,98	0,61	0,85	0,50	0,00	0,12	0,22	0,05	0,22

Korelačná matica časových parametrov miním dýchania a EKG pre piaty segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Ain/Aex_min	0,27	-0,27	-0,14	0,12	0,10	-0,28	0,07	-0,22	0,34	-0,38	0,21	-0,38
Ain_min	0,29	-0,27	0,09	0,32	0,09	-0,19	0,18	0,05	0,05	-0,30	0,07	-0,30
Kex_min	-0,21	0,18	-0,30	-0,40	-0,20	0,04	-0,31	-0,26	0,03	0,25	-0,10	0,25
Kin/Kex_min	0,02	0,00	-0,19	0,04	-0,01	0,08	-0,02	-0,23	0,21	-0,14	0,22	-0,14
Kin_min	-0,26	0,25	-0,13	-0,17	0,04	0,13	-0,08	-0,10	0,22	0,10	0,18	0,10
Tex_min	0,14	-0,14	-0,22	0,08	-0,17	-0,11	-0,12	-0,26	0,01	-0,11	0,23	-0,11
TinTtot_min	-0,33	0,30	-0,27	-0,29	-0,15	0,05	-0,25	-0,24	0,07	0,14	-0,09	0,14
Tin_min	-0,11	0,12	-0,26	-0,03	-0,27	0,17	-0,21	-0,27	-0,19	-0,01	0,01	-0,01
Ttot_min	0,16	-0,14	0,07	0,31	0,00	-0,03	0,10	0,03	-0,11	-0,26	0,11	-0,26
Vex_min	0,23	-0,21	-0,05	0,22	0,03	-0,05	0,03	-0,10	0,06	-0,14	0,22	-0,14
Vin/Vtot_min	0,16	-0,16	-0,13	-0,02	0,03	-0,19	0,05	-0,18	0,22	-0,30	0,08	-0,30
Vin_min	0,25	-0,24	0,01	0,22	0,01	-0,11	0,08	-0,03	-0,01	-0,24	0,11	-0,24
Vtot_min	0,20	-0,18	-0,04	0,16	-0,04	-0,02	0,02	-0,07	-0,05	-0,21	0,14	-0,21
Pex_10_min	0,02	-0,02	-0,20	0,14	-0,06	0,04	-0,09	-0,24	0,11	-0,18	0,25	-0,18
Pex_20_min	0,09	-0,08	-0,19	0,16	-0,09	-0,01	-0,07	-0,23	0,07	-0,15	0,15	-0,15
Pex_30_min	0,10	-0,09	-0,19	0,14	-0,09	0,01	-0,07	-0,24	0,08	-0,14	0,21	-0,14
Pex_40_min	0,15	-0,15	-0,18	0,20	-0,03	-0,08	-0,01	-0,23	0,16	-0,24	0,24	-0,24
Pin_10_min	-0,07	0,08	-0,30	-0,01	-0,26	0,09	-0,24	-0,32	-0,17	0,03	-0,05	0,03
Pin_20_min	-0,06	0,07	-0,30	0,02	-0,23	0,08	-0,22	-0,32	-0,14	0,02	-0,02	0,02
Pin_30_min	-0,05	0,05	-0,34	-0,03	-0,27	0,11	-0,26	-0,36	-0,13	0,05	0,02	0,05
Pin_40_min	0,01	0,00	-0,35	-0,04	-0,27	0,09	-0,27	-0,36	-0,13	0,06	0,04	0,06
Pin_40_min	0,70	0,77	0,14	0,19	0,19	0,88	0,07	0,10	0,72	0,97	0,95	0,97

Korelačná matica časových parametrov miním dýchania a EKG pre piaty segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
Ain/Aex_min	0,22	0,22	0,54	0,61	0,67	0,20	0,76	0,32	0,13	0,08	0,36	0,08
Ain_min	0,18	0,22	0,69	0,15	0,68	0,39	0,43	0,84	0,83	0,18	0,74	0,18
Kex_min	0,35	0,42	0,18	0,06	0,36	0,85	0,16	0,25	0,91	0,27	0,67	0,27
Kin/Kex_min	0,93	1,00	0,39	0,86	0,97	0,73	0,91	0,29	0,35	0,53	0,33	0,53
Kin_min	0,25	0,26	0,56	0,45	0,86	0,56	0,71	0,65	0,34	0,66	0,43	0,66
Tex_min	0,55	0,55	0,34	0,71	0,46	0,61	0,58	0,25	0,95	0,63	0,30	0,63
TinTtot_min	0,14	0,17	0,23	0,19	0,51	0,82	0,26	0,28	0,77	0,54	0,70	0,54
Tin_min	0,63	0,60	0,24	0,90	0,23	0,44	0,34	0,22	0,39	0,97	0,97	0,97
Ttot_min	0,47	0,54	0,75	0,16	0,99	0,88	0,66	0,89	0,62	0,24	0,62	0,24
Vex_min	0,31	0,35	0,83	0,33	0,91	0,81	0,89	0,66	0,78	0,53	0,34	0,53
Vin/Vtot_min	0,48	0,48	0,56	0,93	0,89	0,41	0,82	0,42	0,32	0,17	0,73	0,17
Vin_min	0,25	0,29	0,98	0,33	0,98	0,63	0,72	0,89	0,95	0,29	0,62	0,29
Vtot_min	0,36	0,42	0,85	0,47	0,86	0,94	0,91	0,76	0,83	0,35	0,55	0,35
Pex_10_min	0,91	0,95	0,38	0,53	0,80	0,87	0,69	0,29	0,61	0,43	0,25	0,43
Pex_20_min	0,69	0,71	0,40	0,48	0,69	0,97	0,75	0,30	0,74	0,50	0,50	0,50
Pex_30_min	0,65	0,68	0,39	0,54	0,70	0,98	0,76	0,29	0,73	0,54	0,34	0,54
Pex_40_min	0,50	0,51	0,43	0,38	0,89	0,73	0,96	0,29	0,49	0,29	0,29	0,29
Pin_10_min	0,75	0,73	0,17	0,98	0,24	0,69	0,28	0,15	0,44	0,91	0,82	0,91
Pin_20_min	0,79	0,77	0,18	0,95	0,29	0,73	0,33	0,15	0,53	0,92	0,92	0,92
Pin_30_min	0,83	0,82	0,12	0,91	0,23	0,61	0,25	0,10	0,57	0,81	0,92	0,81
Pin_40_min	0,98	0,99	0,12	0,86	0,22	0,69	0,22	0,10	0,56	0,80	0,85	0,80
Pin_40_min	0,70	0,77	0,14	0,19	0,19	0,88	0,07	0,10	0,72	0,97	0,95	0,97

**Obrázok B.2.** Korelačné matice r-hodnôt a p-hodnôt časových miním parametrov dýchania a EKG pre jednotlivé segment



Korelačná matica frekvenčných parametrov dýchania a EKG pre prvý segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
ff1	-0,09	0,09	0,20	-0,07	-0,09	-0,18	-0,07	0,21	-0,24	-0,14	-0,10	-0,14
ff2	-0,00	-0,01	0,10	-0,14	-0,13	-0,14	-0,14	0,12	-0,17	-0,10	0,04	-0,10
ff3	0,43	-0,42	0,05	0,25	0,21	-0,21	0,25	-0,08	0,41	-0,14	0,02	-0,14
ff4	0,40	-0,42	0,19	0,22	0,10	-0,19	0,22	0,08	0,17	-0,04	-0,05	-0,04
ff5	0,18	-0,18	-0,10	-0,05	-0,04	-0,12	-0,05	-0,16	0,16	-0,05	0,09	-0,05
ff6	0,53	-0,54	0,11	0,32	0,34	-0,41	0,32	0,06	0,42	-0,29	0,18	-0,29
ff7	0,26	-0,28	-0,13	0,04	0,02	-0,20	0,04	-0,21	0,24	0,01	0,06	0,01
ff8	0,25	-0,24	-0,58	-0,17	-0,17	0,20	-0,17	-0,65	0,51	0,05	0,22	0,05

Korelačná matica frekvenčných parametrov dýchania a EKG pre druhý segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
ff1	-0,24	0,24	0,05	0,03	-0,02	0,14	0,03	0,02	0,06	0,01	0,15	0,01
ff2	-0,18	0,17	-0,09	-0,05	-0,06	-0,11	-0,05	-0,17	0,18	-0,18	-0,08	-0,18
ff3	0,45	-0,45	0,06	0,30	0,38	-0,31	0,30	-0,05	0,34	-0,17	0,20	-0,17
ff4	-0,03	0,02	0,17	0,21	0,20	-0,17	0,21	0,08	0,17	-0,27	-0,09	-0,27
ff5	0,04	-0,05	-0,35	-0,28	-0,25	-0,05	-0,28	-0,43	0,17	-0,08	0,02	-0,08
ff6	0,56	-0,58	0,14	0,40	0,43	-0,35	0,40	0,01	0,42	-0,25	0,19	-0,25
ff7	0,51	-0,52	-0,07	0,21	0,24	-0,20	0,21	-0,22	0,45	-0,33	0,24	-0,33
ff8	0,53	-0,53	-0,16	0,04	0,14	-0,17	0,04	-0,21	0,13	-0,16	0,06	-0,16

Korelačná matica frekvenčných parametrov dýchania a EKG pre tretí segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
ff1	-0,11	0,03	-0,03	0,02	-0,09	-0,22	0,02	-0,07	0,12	-0,08	-0,17	-0,08
ff2	-0,14	0,08	-0,31	-0,21	-0,31	-0,06	-0,21	-0,34	0,26	-0,16	0,10	-0,16
ff3	0,16	-0,07	0,26	0,16	0,24	0,10	0,16	0,27	0,01	-0,01	-0,12	-0,01
ff4	0,07	-0,09	0,13	0,15	0,06	-0,19	0,15	0,12	0,06	-0,15	-0,27	-0,15
ff5	0,09	-0,08	-0,23	-0,08	-0,20	-0,04	-0,08	-0,25	0,23	-0,21	0,17	-0,21
ff6	0,15	-0,18	-0,06	-0,14	-0,01	0,12	-0,14	-0,05	-0,07	0,18	0,06	0,18
ff7	0,31	-0,35	0,10	0,01	0,14	-0,06	0,01	0,14	-0,13	0,04	-0,15	0,04
ff8	0,39	-0,35	0,30	0,42	0,49	-0,06	0,42	0,33	0,08	-0,21	0,19	-0,21

Korelačná matica frekvenčných parametrov dýchania a EKG pre štvrtý segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
ff1	-0,05	0,07	0,44	0,20	0,04	-0,08	0,30	0,48	-0,14	0,06	-0,33	0,06
ff2	-0,27	0,28	0,01	-0,10	-0,21	0,09	-0,05	0,04	-0,11	-0,04	-0,28	-0,04
ff3	0,56	-0,52	0,11	0,33	0,34	-0,25	0,39	-0,04	0,27	-0,19	0,26	-0,19
ff4	0,05	-0,03	0,10	0,07	0,00	0,00	0,13	0,07	0,01	0,04	-0,26	0,04
ff5	0,27	-0,24	0,20	0,26	0,22	-0,10	0,16	0,15	0,13	-0,18	-0,02	-0,18
ff6	0,42	-0,38	0,15	0,28	0,24	-0,12	0,38	0,05	0,18	-0,07	0,07	-0,07
ff7	0,33	-0,31	0,01	0,12	0,12	0,12	0,24	-0,06	0,17	0,01	0,24	0,01
ff8	0,28	-0,29	-0,45	-0,02	0,06	-0,04	-0,10	-0,56	0,34	-0,24	0,24	-0,24

Korelačná matica frekvenčných parametrov dýchania a EKG pre piaty segment												
r-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
ff1	-0,27	0,28	0,08	0,08	-0,14	0,28	-0,05	0,15	-0,41	0,25	-0,33	0,25
ff2	-0,12	0,13	0,16	0,24	-0,05	0,10	0,10	0,23	-0,31	0,01	-0,18	0,01
ff3	0,23	-0,21	0,30	0,39	0,17	-0,17	0,28	0,24	-0,09	-0,27	0,05	-0,27
ff4	0,16	-0,14	0,31	0,26	0,12	-0,02	0,25	0,32	-0,13	-0,17	-0,25	-0,17
ff5	0,21	-0,20	0,41	0,54	0,26	-0,28	0,38	0,44	-0,11	-0,29	-0,08	-0,29
ff6	0,21	-0,19	0,07	0,29	0,06	0,10	0,08	0,04	-0,10	-0,01	0,11	-0,01
ff7	0,46	-0,44	0,05	0,29	0,07	0,05	0,14	0,05	0,02	-0,02	0,10	-0,02
ff8	0,16	-0,16	-0,02	0,09	0,05	-0,23	0,04	-0,12	0,21	-0,17	0,16	-0,17

Korelačná matica frekvenčných parametrov dýchania a EKG pre prvý segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
ff1	0,69	0,69	0,37	0,76	0,70	0,41	0,76	0,35	0,27	0,54	0,67	0,54
ff2	0,99	0,96	0,65	0,54	0,56	0,54	0,54	0,58	0,46	0,64	0,85	0,64
ff3	0,05	0,05	0,81	0,26	0,36	0,35	0,26	0,72	0,06	0,55	0,91	0,55
ff4	0,07	0,05	0,40	0,32	0,66	0,39	0,32	0,74	0,46	0,87	0,82	0,87
ff5	0,43	0,43	0,65	0,84	0,86	0,58	0,84	0,49	0,48	0,83	0,70	0,83
ff6	0,01	0,01	0,62	0,14	0,12	0,06	0,14	0,80	0,05	0,19	0,43	0,19
ff7	0,25	0,22	0,56	0,85	0,92	0,37	0,85	0,35	0,28	0,98	0,80	0,98
ff8	0,26	0,27	0,00	0,46	0,44	0,36	0,46	0,00	0,02	0,83	0,33	0,83

Korelačná matica frekvenčných parametrov dýchania a EKG pre druhý segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
ff1	0,29	0,28	0,81	0,89	0,92	0,53	0,89	0,93	0,79	0,97	0,49	0,97
ff2	0,41	0,46	0,68	0,82	0,81	0,63	0,82	0,44	0,41	0,43	0,71	0,43
ff3	0,04	0,04	0,79	0,18	0,08	0,17	0,18	0,84	0,12	0,46	0,37	0,46
ff4	0,91	0,92	0,45	0,35	0,37	0,45	0,35	0,72	0,46	0,22	0,69	0,22
ff5	0,85	0,81	0,11	0,21	0,26	0,82	0,21	0,04	0,44	0,71	0,92	0,71
ff6	0,01	0,01	0,53	0,06	0,05	0,11	0,06	0,98	0,05	0,25	0,39	0,25
ff7	0,01	0,01	0,76	0,34	0,28	0,36	0,34	0,34	0,04	0,13	0,27	0,13
ff8	0,01	0,01	0,46	0,88	0,53	0,44	0,88	0,35	0,56	0,47	0,79	0,47

Korelačná matica frekvenčných parametrov dýchania a EKG pre tretí segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
ff1	0,62	0,89	0,89	0,93	0,68	0,32	0,93	0,75	0,58	0,73	0,45	0,73
ff2	0,55	0,72	0,16	0,35	0,16	0,78	0,35	0,12	0,25	0,47	0,67	0,47
ff3	0,49	0,75	0,24	0,48	0,29	0,66	0,48	0,23	0,96	0,98	0,60	0,98
ff4	0,75	0,69	0,55	0,50	0,80	0,41	0,50	0,59	0,78	0,50	0,23	0,50
ff5	0,69	0,72	0,30	0,73	0,38	0,86	0,73	0,27	0,30	0,35	0,45	0,35
ff6	0,49	0,42	0,79	0,55	0,97	0,59	0,55	0,81	0,77	0,41	0,79	0,41
ff7	0,16	0,11	0,67	0,96	0,53	0,78	0,96	0,53	0,57	0,87	0,51	0,87
ff8	0,07	0,11	0,18	0,05	0,02	0,79	0,05	0,14	0,72	0,35	0,40	0,35

Korelačná matica frekvenčných parametrov dýchania a EKG pre štvrtý segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
ff1	0,83	0,77	0,04	0,38	0,86	0,71	0,17	0,02	0,54	0,79	0,13	0,79
ff2	0,23	0,21	0,96	0,65	0,35	0,70	0,84	0,87	0,62	0,85	0,21	0,85
ff3	0,01	0,01	0,62	0,14	0,12	0,26	0,07	0,87	0,23	0,40	0,23	0,40
ff4	0,84	0,90	0,67	0,75	0,99	0,99	0,57	0,75	0,98	0,88	0,24	0,88
ff5	0,22	0,29	0,38	0,25	0,33	0,65	0,47	0,50	0,57	0,41	0,94	0,41
ff6	0,05	0,08	0,50	0,21	0,28	0,60	0,08	0,83	0,42	0,75	0,75	0,75
ff7	0,13	0,17	0,95	0,59	0,59	0,59	0,27	0,78	0,44	0,96	0,29	0,96
ff8	0,20	0,19	0,03	0,92	0,79	0,86	0,66	0,01	0,12	0,29	0,29	0,29

Korelačná matica frekvenčných parametrov dýchania a EKG pre piaty segment												
p-hodnoty	MeanRR	HR	SDNN	RMSSD	pNN50	ApEn	SD1	SD2	SD1/SD2	LF	HF	LF/HR
ff1	0,23	0,21	0,72	0,72	0,54	0,21	0,84	0,50	0,06	0,25	0,14	0,25
ff2	0,60	0,57	0,49	0,29	0,84	0,66	0,66	0,31	0,15	0,97	0,42	0,97
ff3	0,31	0,35	0,17	0,07	0,46	0,45	0,21	0,28	0,70	0,22	0,84	0,22
ff4	0,47	0,54	0,16	0,24	0,58	0,94	0,26	0,15	0,55	0,44	0,26	0,44
ff5	0,34	0,38	0,06	0,01	0,24	0,21	0,08	0,04	0,63	0,19	0,72	0,19
ff6	0,35	0,39	0,75	0,19	0,78	0,65	0,72	0,87	0,67	0,96	0,62	0,96
ff7	0,03	0,04	0,83	0,19	0,74	0,83	0,55	0,82	0,91	0,92	0,67	0,92
ff8	0,47	0,47	0,92	0,70	0,81	0,31	0,87	0,61	0,35	0,45	0,48	0,45

**Obrázok B.3.** Korelačné matice r-hodnôt a p-hodnôt frekvenčných parametrov dýchania a EKG pre jednotlivé segmenty

# Príloha C

## Štatistické výsledky

Parameter	Segment 1			Segment 2			Segment 3		
	Shapiro-Wilkov test		Wilcoxonov test	Shapiro-Wilkov test		Wilcoxonov test	Shapiro-Wilkov test		Wilcoxonov test
	Fóbik	Nefóbik		Fóbik	Nefóbik		Fóbik	Nefóbik	
10%_Pin	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,64
20%_Pex	0,49	0,05	0,37	0,49	0,05	0,37	0,00	0,02	0,47
20%_Pin	0,00	0,00	0,12	0,01	0,00	0,13	0,00	0,00	0,32
30%_Pex	0,70	0,07	0,37	0,73	0,02	0,33	0,00	0,03	0,50
30%_Pin	0,04	0,00	0,15	0,05	0,00	0,11	0,00	0,00	0,21
40%_Pex	0,51	0,11	0,24	0,54	0,03	0,20	0,00	0,00	0,72
40%_Pin	0,25	0,00	0,27	0,29	0,00	0,16	0,02	0,00	0,14
Aex	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	0,88
Ain/Aex	0,00	0,00	0,58	0,00	0,00	0,64	0,00	0,00	0,87
Ain	0,00	0,00	0,20	0,21	0,00	0,35	0,00	0,00	0,86
Kex	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,57
Kin/Kex	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,58	0,00	0,00	0,31
Kin	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,40
Tex	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,38
Tin/Ttot	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Tin	0,09	0,00	0,04	0,63	0,00	0,13	0,01	0,01	0,05
Vex	0,00	0,00	0,87	0,63	0,00	0,30	0,00	0,00	0,52
Vin/Vtot	0,17	0,00	0,01	0,05	0,04	0,80	0,01	0,00	0,40
Vin	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,44
Vtot	0,00	0,00	0,24	0,01	0,00	0,49	0,00	0,00	0,23
10% Pex	0,84	0,00	0,51	0,00	0,06	0,39	0,00	0,09	0,20

Parameter	Segment 4			Segment 5		
	Shapiro-Wilkov test		Wilcoxonov test	Shapiro-Wilkov test		Wilcoxonov test
	Fóbik	Nefóbik		Fóbik	Nefóbik	
10% Pin	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,96
20% Pex	0,02	0,00	0,70	0,00	0,00	0,37
20% Pin	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,95
30% Pex	0,15	0,00	0,27	0,00	0,00	0,37
30% Pin	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,95
40% Pex	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,32
40% Pin	0,00	0,00	0,96	0,00	0,33	0,86
Aex	0,07	0,00	0,92	0,07	0,00	0,16
Ain/Aex	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,76
Ain	0,09	0,00	0,18	0,16	0,00	0,65
Kex	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,25
Kin/Kex	0,02	0,01	0,67	0,00	0,00	0,50
Kin	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05
Tex	0,00	0,00	0,89	0,00	0,01	0,27
Tin/Ttot	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05
Tin	0,09	0,00	0,50	0,00	0,36	0,43
Vex	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,13
Vin/Vtot	0,02	0,00	0,59	0,20	0,00	0,90
Vin	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,65
Vtot	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,05
10% Pex	0,00	0,00	0,93	0,00	0,00	0,81

Obrázok C.4. Štatistická analýza parametrov jednotlivých segmentov



## Príloha D

### Výsledky klasifikácie

Úspešnosť klasifikácie naivným Bayesovským klasifikátorom					
Parameter	Segment 1	Segment 2	Segment 3	Segment 4	Segment 5
10% Pin	53,85%	40,54%	53,85%	52,63%	54,05%
20% Pex	53,85%	43,24%	66,67%	50,00%	56,76%
20% Pin	46,15%	51,35%	58,97%	39,47%	59,46%
30% Pex	53,85%	54,05%	48,72%	60,53%	43,24%
30% Pin	51,28%	51,35%	56,41%	60,53%	56,76%
40% Pex	51,28%	64,86%	53,85%	34,21%	51,35%
40% Pin	51,28%	54,05%	51,28%	47,37%	48,65%
Aex	48,72%	62,16%	51,28%	60,53%	54,05%
Ain/Aex	41,03%	51,35%	64,10%	44,74%	54,05%
Ain	58,97%	70,27%	43,59%	63,16%	67,57%
Kex	58,97%	59,46%	48,72%	47,37%	62,16%
Kin/Kex	64,10%	37,84%	58,97%	52,63%	48,65%
Kin	43,59%	70,27%	56,41%	60,53%	54,05%
Tex	51,28%	51,35%	48,72%	47,37%	48,65%
Tin/Ttot	56,41%	70,27%	69,23%	63,16%	56,76%
Tin	51,28%	48,65%	69,23%	39,47%	62,16%
Vex	43,59%	67,57%	53,85%	39,47%	75,68%
Vin/Vtot	61,54%	43,24%	53,85%	47,37%	67,57%
Vin	53,85%	62,16%	46,15%	65,79%	64,86%
Vtot	41,03%	67,57%	43,59%	57,89%	37,84%
10% Pex	61,54%	40,54%	51,28%	47,37%	54,05%

**Obrázok D.5.** Výsledky úspešnosti klasifikácie pomocou algoritmu naivného Bayesovského klasifikátora pre jednotlivé segmenty

Segment	Parametre modelu	úspešnosť klasifikácie
Segment 1	MeanRR, HR, pNN50, Vin/Vtot_max, Kin/Kex_max	57,58%
Segment 2	Tin/Ttot_min, ApEn, Pex_40_max, Pin_40_max, ff8, Pex_10_min, Tex_min, ff1, Vin/Vtot_max, Kin/Kex_max, Pex_30_min, Pex_20_min, Pex_20_max, Pin_20_max, ff2, Ain/Aex_max	54,55%
Segment 3	Tin_max, SDNN, SD2, RMSSD, Kin/Kex_max	63,64%
Segment 4	ff2, pNN50, Pex_40_min, Pin_30_min, Pin_40_min	54,55%
Segment 5	pNN50, Vex_max, SD1, Pex_40_max, Pin_40_max	54,55%

**Obrázok D.6.** Výsledné modely pre klasifikácie pomocou algoritmu naivnej Bayesovskej klasifikácie s využitím funkcie RFE s modelom naivnej Bayesovskej klasifikácie

Segment	Parametre modelu	úspešnosť klasifikácie
Segment 1	HR, Pin_30_max, Pex_40_max, Pex_20_max, ff2, ff8, pNN50Vin/Vtot_max, Kin/Kex_max	54,55%
Segment 2	Vtot_max, SD2, SDNN, Aex_max	63,64%
Segment 3	LF/HR, Tin_max, LF, RMSSD, Kin/Kex_max, ff8, Pex_40_max, Kin/Kex_max	54,55%
Segment 4	Vin/Vtot_max, HF, Kin/Kex_max, Tin_max	63,64%
Segment 5	pNN50, Vin_max, SD1/SD2, Ttot_min, Tex_max	63,64%

**Obrázok D.7.** Výsledné modely pre klasifikácie pomocou algoritmu naivnej Bayesovskej klasifikácie s využitím funkcie RFE s modelom naivnej rozhodovacieho stromu

Segment	Parametre modelu	úspešnosť klasifikácie
Segment 1	ApEn, Vin/Vtot_max, Tin_max, Kin/Kex_max	72,73%
Segment 2	SD1/SD2, Pex_20_min, Tin/Ttot_min, Pex_10_min	63,64%
Segment 3	ApEn, Tin_min, LF, LF/HR, RMSSD	63,64%
Segment 4	Tin/Ttot_min, ff3, Tex_min, SD1/SD2, Vin/Vtot_max	72,73%
Segment 5	LF, LF/HR, ff4, Vex_max, Vin_max	63,64%

**Obrázok D.8.** Výsledné modely pre klasifikácie pomocou algoritmu logistickej regresie s využitím funkcie RFE s modelom naivnej Bayesovskej klasifikácie

Segment	Parametre modelu	úspešnosť klasifikácie
Segment 1	Tin_max, ff1, HF, Kin/Kex_max	63,64%
Segment 2	Tex_max, SD2, ff8, Vtot_max	54,56%
Segment 3	ApEn, Ain/Aex_min, Pin_10_min, Tex_min	63,64%
Segment 4	Ttot_min, Vin/Vtot_max, pNN50, ff2, Ttot_max	54,56%
Segment 5	ApEn, Ttot_min, Ttot_max, Tex_max, Kin_min	63,64%

**Obrázok D.9.** Výsledné modely pre klasifikácie pomocou algoritmu logistickej regresie s využitím funkcie RFE s modelom naivnej rozhodovacieho stromu