



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra teorie obvodů**

# **Detekce stresu pomocí galvanické kožní odezvy**

## **Stress detection using galvanic skin response**

Bakalářská práce

Studijní program: Lékařská elektronika a bioinformatika

Autor bakalářské práce: Michaela Stehlíková

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

Konzultantka: RNDr. Eva Landová, Ph.D.

---

**Praha 2022**



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Stehlíková** Jméno: **Michaela** Osobní číslo: **492240**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra teorie obvodů**  
Studijní program: **Lékařská elektronika a bioinformatika**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Detekce stresu pomocí galvanické kožní odezvy**

Název bakalářské práce anglicky:

**Stress detection using galvanic skin response**

Pokyny pro vypracování:

1. Provedte rešerši literatury týkající se změn galvanické kožní odezvy (GSR), kterou vyvolává psychický stres.
2. Ve spolupráci s PFF UK vytvořte databázi záznamů signálů pro fobické a nefobické osoby a signály analyzujte.
3. Metody hodnocení ověřte také na dalších GSR signálech získaných např. pomocí BIOPACu.
4. Vyhodnoťte možnosti detekce a hodnocení úrovně stresu z galvanické kožní odezvy.

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] Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G., & Berntson, G. (Eds.). Handbook of psychophysiology. Cambridge university press, 2007.
- [3] Aqajari S, Naeini E, Mehrabadi M, Labbaf S, Rahmani A, Dutt N. GSR Analysis for Stress: Development and Validation of an Open Source Tool for Noisy Naturalistic GSR Data. arXiv:2005.01834 2020:1
- [4] M. Memar and A. Mokaribolhassan, 'Stress level classification using statistical analysis of skin conductance signal while driving', SN Appl. Sci., vol. 3, no. 1, pp. 64, Jan. 2021.

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:

**RNDr. Eva Landová, Ph.D., Přírodovědecká fakulta UK**

Datum zadání bakalářské práce: **26.01.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2023**

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



## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Detekce stresu pomocí galvanické kožní odezvy vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne .....

.....

Podpis autora práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Prof. Ing. Romanu Čmejlovi, CSc., za odborné vedení, ochotu, konzultace a cenné rady, které mi poskytnul při zpracování této práce. Děkuji také RNDr. Evě Landové, Ph.D. za vstřícnost, ochotu a pomoc při získání potřebných informací a podkladů vztahujících se k tomuto tématu.

Ráda bych také poděkovala mé rodině za podporu během celého studia.

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá analýzou galvanické kožní odezvy při zvýšeném stresu u člověka. V rámci této práce byla prostudovaná literatura za účelem definovat stresové projevy člověka a určit vhodné parametry kožního odporu pro vyhodnocení reakce respondenta na stresové stimuly. Měření proběhlo na skupině 158 respondentů při vystavení šesti zvířatům v pořadí podle toho, na které mají nejmenší reakci až po zvíře pro ně fobické.

Praktická část je věnována analýze parametrů naměřených signálů kožního odporu v programovém prostředí Matlab a následného porovnávání na jaké zvíře má respondent nejvyšší reakci. Porovnávány byly mediány, plochy pod křivkou, směrnice, delty časových úseků a počet detekovaných odezev signálů. Nejvhodnější parametry pro analýzu kožního odporu tohoto experimentu se ukázaly mediány a plochy pod křivkou signálu, které vycházely s úspěšností okolo 60 %.

### **Klíčová slova**

Galvanický kožní odpor; Odezva kožní vodivosti; biologické signály; stres; kůže; analýza signálu; Matlab

## **ABSTRACT**

This work deals with the analysis of the galvanic skin response to increased human stress. For this work, the literature was studied in order to define the stress manifestations of human and determine the appropriate parameters of skin resistance to evaluate the response of the respondent to stress stimuli. The measurement was performed on a group of 158 respondents which were exposed to six kinds of animal in the order in which they have the least reaction to the phobic response.

The practical part is devoted to the analysis of the recorded parameters of the measured skin resistance signals in the Matlab environment and the subsequent comparison to which animal the respondent has the highest response. The medians, areas under the curve, directives, deltas of time periods and the number of detected signal responses were compared. The most suitable parameters for the skin resistance analysis of this experiment were shown to be the medians and areas under the signal curve, which were successful with a success rate of about 60%.

### **Keywords**

Galvanic skin response; Skin conductance response; biosignals; stress; skin; signal analysis; Matlab



# Obsah

1	ÚVOD .....	1
2	PSYCHOFYZIOLOGIE .....	2
2.1	Stres .....	2
2.1.1	Definice stresu.....	2
2.1.2	Biologická odezva na stres .....	2
2.2	Elektrodermální systém .....	2
2.2.1	Potní žlázy .....	2
3	GALVANICKÁ ODEZVA KŮŽE .....	4
3.1	Charakteristika galvanické kožní odezvy .....	4
3.2	Typy galvanické kožní odezvy.....	5
3.3	Odezva kožní vodivosti .....	6
3.4	Elektrody.....	7
3.4.1	Druh elektrod.....	7
3.4.2	Umístění elektrod .....	8
3.5	Publikované práce zabývající se měřením galvanické kožní odezvy .....	8
3.5.1	Měření vodivosti kůže při opakovaném podnětu .....	8
3.5.2	Analýza vodivosti kůže .....	9
4	METODIKA PRÁCE.....	10
4.1	Použitý přístroj.....	10
4.2	Průběh měření .....	10
4.3	Analýza parametrů GSR .....	12
4.3.1	Načtení naměřených dat .....	12
4.3.2	Výpočet mediánů.....	13
4.3.3	Výpočet plochy pod křivkou .....	15
4.3.4	Výpočet směrnice signálu.....	16
4.3.5	Výpočet delt dvou časových úseků .....	17
4.3.6	Detekce reakcí na stimul .....	19
5	VÝSLEDKY ANALÝZY DAT .....	21
6	ZÁVĚR .....	25
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	27
	SEZNAM PŘÍLOH .....	28

## SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Anatomie ekrinní potní žlázy [2] .....	3
Obrázek 2: Spojitost mezi GSR a ANS [6].....	4
Obrázek 3: charakteristické SPR a SRR odezvy [7].....	5
Obrázek 4: Charakteristika SCR [5] .....	6
Obrázek 5: Dva hypotetické signály kožní vodivosti [2] .....	7
Obrázek 6: Umístění elektrod pro měření GSR [2].....	8
Obrázek 7: Emet - detektor stresu [8].....	10
Obrázek 8: Načtené signály GSR daného respondenta .....	13
Obrázek 9: Mediány originálních signálů .....	14
Obrázek 10: Mediány oříznutých signálů .....	15
Obrázek 11: Interpolované originální signály na délku 100 .....	16
Obrázek 12: Směrnice oříznutých signálů .....	17
Obrázek 13: Časové značky signálů.....	18
Obrázek 14: Mediány jednotlivých časových úseků signálu .....	19
Obrázek 15: Úprava signálu před detekcí reakcí.....	20
Obrázek 16: Detekce pravých reakcí na stimuly.....	20
Obrázek 17: Načtené signály s jejich mediány respondenta s fobií z hadů .....	32
Obrázek 18: Směrnice oříznutých signálů respondenta s fobií z hadů .....	32
Obrázek 19: Interpolované signály respondenta s fobií z hadů .....	33
Obrázek 20: Časové značky signálů respondenta s fobií z hadů.....	33
Obrázek 21: Mediány časových úseků signálů u respondenta s fobií z hadů .....	34
Obrázek 22: Úprava signálu před detekcí reakcí respondenta s fobií z hadů.....	34
Obrázek 23: Detekované reakce na stimuly respondenta s fobií z hadů .....	35
Obrázek 24: Načtené signály s jejich mediány respondenta z kontrolní skupiny ...	36
Obrázek 25: Směrnice oříznutých signálů respondenta z kontrolní skupiny .....	36
Obrázek 26: Interpolované signály respondenta z kontrolní skupiny .....	37
Obrázek 27: Časové značky signálů respondenta z kontrolní skupiny.....	37
Obrázek 28: Mediány časových úseků signálů respondenta z kontrolní skupiny ...	38
Obrázek 29: Úprava signálu před detekcí reakcí respondenta z kontrolní skupiny	38
Obrázek 30: Detekované reakce na stimuly respondenta z kontrolní skupiny .....	39

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Nejnižší medián originálního signálu.....	21
Tabulka 2: Nejnižší medián oříznutého signálu.....	21
Tabulka 3: Nejmenší plocha pod křivkou .....	22
Tabulka 4: Nejmenší plocha pod křivkou oříznutého signálu .....	22
Tabulka 5: Počet kladných a záporných směrnic.....	23
Tabulka 6: Nejnižší směrnice.....	23
Tabulka 7: Nejnižší delty .....	23
Tabulka 8: Průměrné hodnoty počtů detekovaných odezev .....	24
Tabulka 9: Mediány počtů detekovaných odezev.....	24

## SEZNAM ZKRATEK

EDA – electrodermal activity – elektrodermální aktivita

GSR – galvanic skin response – galvanická odezva kůže

SRR – skin resistance response – odezva kožního odporu

SRL – skin resistance level – úroveň kožního odporu

SCR – skin conductance response – odezva kožní vodivosti

SCL – skin conductance level – úroveň kožní vodivosti

SPR – skin potential response – odezva kožního potenciálu

SPL – skin potential level – úroveň kožního potenciálu

SC – skin conductance – vodivost kůže

SP – skin potential – potenciál kůže

FP – skupina respondentů s fobií z pavouků

FH – skupina respondentů s fobií z hadů

KONT – kontrolní skupina respondentů

# 1 ÚVOD

Studie, které se zabývaly změnami elektrických vlastností kůže u lidí, vyvolané psychologickými podněty, se začaly objevovat už v 19. století. Francouzskému neurologovi Charlesu Férému a ruskému fyziologovi Ivanu Tarchanoffovi je přisuzován objev dvou základních metod měření elektrodermální aktivity (EDA), více známé pod pojmem galvanická odezva kůže (GSR), které se využívají do dnes [1].

Potní žlázy na dlaních ruky reagují více na psychologické stimuly, proto se zde umisťují elektrody pro měření GSR. Nejčastěji se využívá umístění na koncových článcích prstů. Ze signálu bychom měli být schopni vyčíst základní parametry GSR, které jsou latence, doba nárůstu, amplituda signálu a doba zotavení [2].

Ve své práci se zabývám měřením a analýzou galvanické kožní odezvy (GSR). Pracovala jsem s reálně naměřenými signály pomocí přístroje Emet – detektor stresu. Z důvodu pořízení velké databáze dat Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy, byl po dohodě s vedoucím práce vypuštěn třetí bod zadání a nebyla databáze dat rozšířena o další měření pomocí přístroje Biopac. Pro následné zpracování naměřených signálů bylo použito programové prostředí Matlab, které umožňuje grafické zobrazení naměřených hodnot a výpočet základních parametrů signálů GSR.

## **2 PSYCHOFYZIOLOGIE**

### **2.1 Stres**

#### **2.1.1 Definice stresu**

Stres má mnoho definic a také různé významy pro různé podmínky, ve kterých se člověk zrovna nachází. Jedna ze základních definic, která odpovídá většině situacím je, že se jedná o stav, ve kterém je osoba nucena se vypořádat s potenciálně nebezpečnou situací, kterou nemůže nijak kontrolovat. Potenciálně nebezpečné podněty, které způsobují stresovou reakci nazýváme stresory. Stres je kontrolován dvěma hlavními neuroendokrinními autoregulačními systémy těla, tzv. stresovými osami. První je osa hypotalamo-pituitárně-adrenální neboli zkráceně HPA osa, která propojuje hypotalamus, hypofýzu a nadledviny. Druhá je sympato-adreno-medulární osa neboli SAM osa [3].

#### **2.1.2 Biologická odezva na stres**

Biologická odezva na stres zahrnuje aktivaci tří základních mezi sebou propojených systémů. První je zachycení stresoru pomocí smyslové soustavy a vyhodnocení míry stresu v porovnání s předešlými zkušenostmi organismu. Druhý systém aktivuje autonomní nervový systém (ANS) jako reakci na zachycení stresoru, který pomocí SAM osy zvýší hladiny katecholaminů, což jsou hormony adrenalin a noradrenalin, to způsobí např. navýšení srdečního výdeje, krevního tlaku a zvýšení pocení. Poslední část biologické odezvy způsobuje, že mozek současně aktivuje HPA osu, která následně způsobí uvolnění glukokortikoidů do těla. To jsou steroidní hormony, mezi které patří kortizol, který pomáhá organismu se s vychylujícím vlivem stresoru vyrovnat [3].

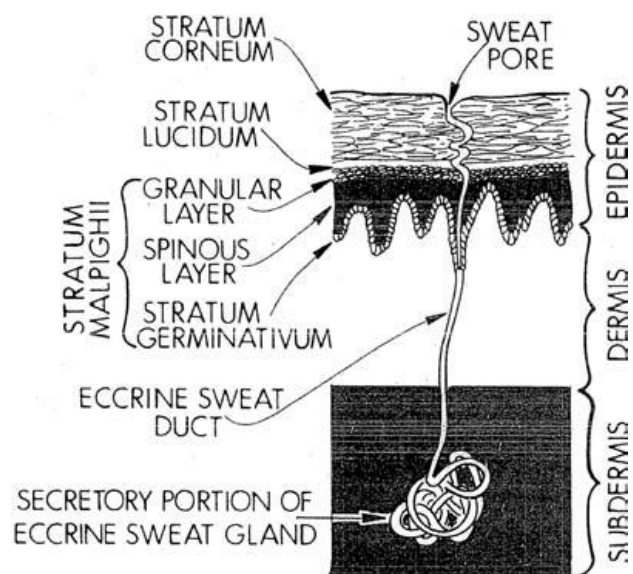
### **2.2 Elektrodermální systém**

#### **2.2.1 Potní žlázy**

V lidském těle jsou dva typy potních žláz, apokrinní neboli pachové a ekrinní neboli pravé potní žlázy. Základní funkce ekrinních potních žláz je termoregulace, nicméně ty, které jsou umístěné na povrchu dlaní, více reagují na psychologické stimuly než na stimuly termální. Všechny ekrinní žlázy jsou zapojeny do pocení způsobené psychologickým stimulem, takové pocení je primárně vidět právě v těchto místech díky

vysoké hustotě potních žláz. GSR je primárně měřeno na psychologicky vyvolané aktivitě potních žláz. Na obrázku 1 můžeme vidět anatomii ekrinní potní žlázy v jednotlivých vrstvách kůže. Samotná ekrinní potní žláza se skládá ze stočeného těla (Secretory portion of eccrine sweat gland), které je vyměšující část žlázy, a z dlouhého rovného potního vývodu (eccrine sweat duct), který se na povrchu kůže jeví jako malý pór (sweat pore) [2].

Aktivita potních žláz neslouží pouze k ochlazení organismu, ale jeví se i jako změny kožního potenciálu (SP) a kožní vodivosti (SC) ve stresových situacích [7].

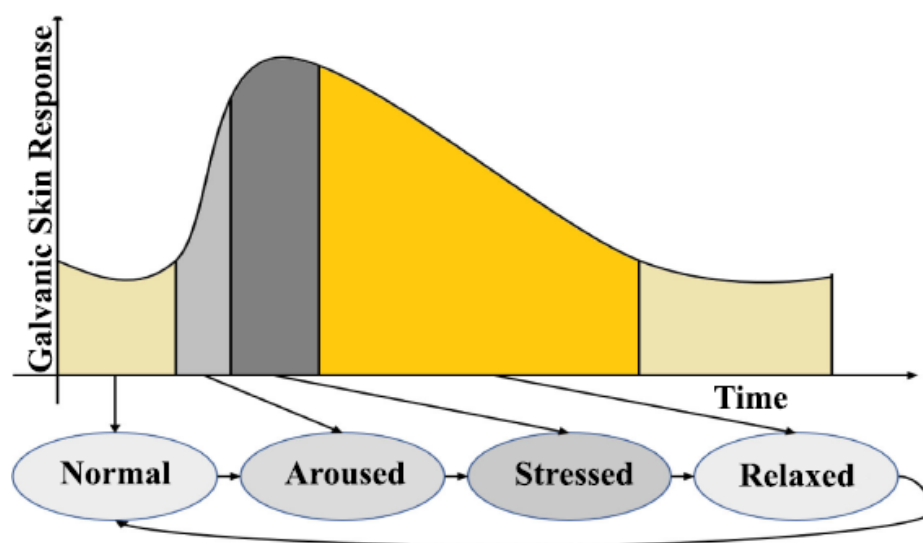


Obrázek 1: Anatomie ekrinní potní žlázy [2]

## 3 GALVANICKÁ ODEZVA KŮŽE

### 3.1 Charakteristika galvanické kožní odezvy

Nejčastěji používaný signál pro měření stresu se používá galvanická kožní odezva (GSR). Vzrušení autonomní nervové soustavy (ANS) zvyšuje aktivitu potních žláz, to vede k nárůstu kožní vodivosti. Na obrázku 2 můžeme vidět spojitost mezi GSR a ANS. Aktivace ANS vede z normálního (Normal) stavu do vzrušeného (Aroused) a deaktivace ANS vede ze stresového (Stressed) stavu do relaxovaného (Relaxed) [6].



Obrázek 2: Spojitost mezi GSR a ANS [6]

GSR je hlavně charakterizovaná dvěma složkami, kde první z nich je úroveň kožní vodivosti (SCL – skin conductance level) a druhá je odezva kožní vodivosti (SCR – skin conductance response). SCL, známá také jako tonická složka, se mění pomalu a spojitě v rozmezí od desítek sekund do minut, velmi zde záleží na vlhkosti kůže nebo na autonomní regulaci měřeného jedince. SCL se může významně lišit mezi různými respondenty, proto se tato složka GSR tolik nepoužívá. SCR se mění rychleji a je známá také jako fázová složka GSR a je viditelná jako shluky GSR signálu nebo vrchy GSR [4]. Jednotky naměřených hodnot GSR se často pohybují v rozmezí mikro Siemens ( $\mu\text{S}$ ), ale častěji se využívají jednotky odporu, tedy Ohmy, které se pohybují v rozmezí kilo Ohmů až mega Ohmů ( $\text{k}\Omega$  –  $\text{M}\Omega$ ) [1].



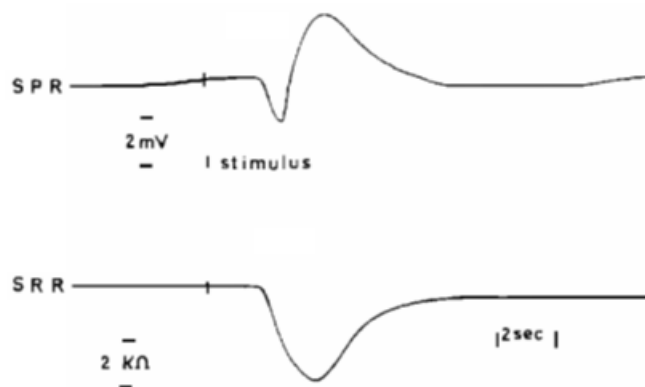
### 3.2 Typy galvanické kožní odezvy

Dvě základní metody měření elektrodermální aktivity objevili Francouzský neurolog Charles Féré a Ruský fyziolog Ivan Tarchanoff. Jedná se o metodu exosomatickou a endosomatickou. Exosomatická metoda využívá průchodu malých proudů z externích zdrojů skrz kůži, zatímco endosomatické metody nevyužívají externí zdroje proudu [2].

Z následujících šesti typů GSR první čtyři odpovídají měření exosomatickému a poslední dvě odpovídají měření endosomatickému:

- SRR (skin resistance response) – odezva kožního odporu
- SRL (skin resistance level) – úroveň kožního odporu
- SCR (skin conductance response) – odezva kožní vodivosti
- SCL (skin conductance level) – úroveň kožní vodivosti
- SPR (skin potencial response) – odezva kožního potenciálu
- SPL (skin potencial level) – úroveň kožního potenciálu

Odezva kožního odporu odpovídá okamžitému kolísání kožního odporu, zatímco úroveň kožního odporu odpovídá základní hodnotě kožního odporu v jakémkoliv čase. Odezva kožní vodivosti a úroveň kožní vodivosti jsou vodivostní jednotky měření SRR a SRL. Odezva kožního potenciálu odpovídá okamžitým změnám v kožním potenciálu, naopak úroveň kožního potenciálu je jeho úroveň v jakémkoliv bodě v daném čase [7].



Obrázek 3: charakteristické SPR a SRR odezvy [7]

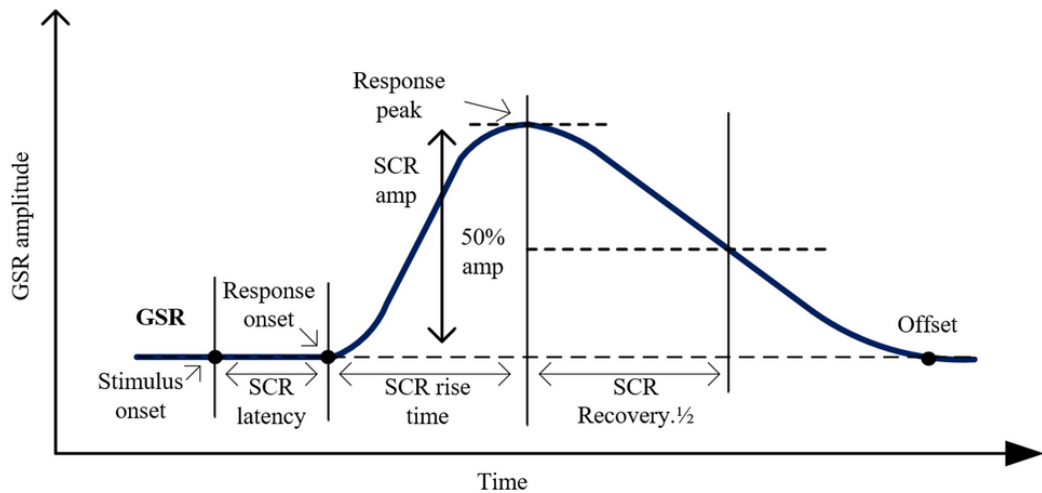
Na obrázku 3 můžeme vidět typické odezvy kožní vodivosti a kožního odporu. Jedná se o alternativní měření téhož jevu. Kožní odpor je charakteristický svým propadem křivky po stimulu, zatímco kožní vodivost naopak jejím vzrůstem.

### 3.3 Odezva kožní vodivosti

SCR může být charakterizováno 4 základními vlastnostmi:

- Latence – časový interval mezi počátečním stimulem a začátkem reakce (SCR latency)
- Amplituda – fázový nárůst vodivosti po počátečním stimulu (SCR amp)
- Doba nárůstu – časový interval mezi začátkem reakce a vrchem reakce (SCR time rise)
- Poločas návratu – časový interval mezi vrcholem reakce a 50 % návratem k předstimulové hladině (SCR recovery  $\frac{1}{2}$ ) [5]

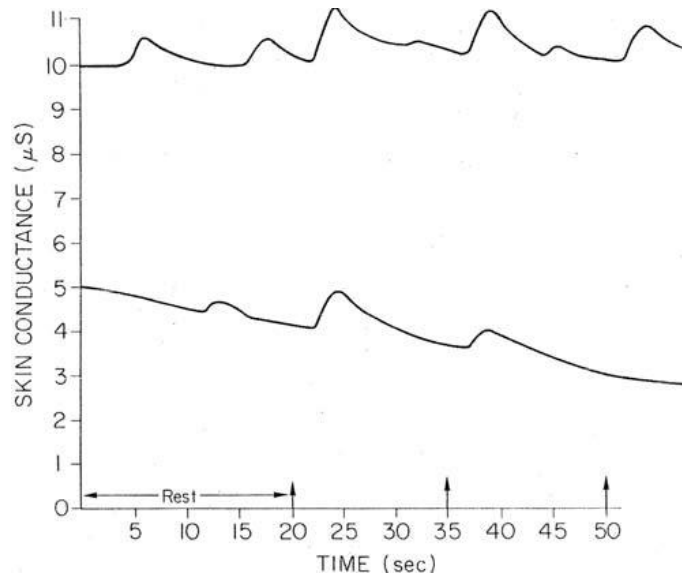
Všechny tyto vlastnosti SCR můžeme vidět na obrázku 4.



Obrázek 4: Charakteristika SCR [5]

Za reakci na stimul se považuje jakékoliv SCR, které nastane v rozmezí 1 – 4 s od začátku stimulu. Pokud SCR nastane v klidové fázi, kde chybí identifikovatelný stimul, jedná se o spontánní nebo také nespecifikované SCR (NS-SCR). Nejčastější se aktivita NS-SCR měří jako počet SCR při absenci identifikovatelného stimulu za minutu,

který většinou bývá mezi 1-3 za minutu, ve chvíli, kdy je respondent v klidu. Odezvy SCR mohou být ovlivněny hlubokými nádechy a pohyby těla, proto je nakonec nemožné přesně říci, jestli se jedná o NS-SCR nebo o nepřesnost měření tzv. artefakt [2]. Na obrázku 5 můžeme vidět dvě hypotetické kožní vodivosti. První stimul nastává až ve 20 s, nicméně na dolním signálu můžeme vidět SCR ještě před stimulem, jedná se tedy o NS-SCR.



Obrázek 5: Dva hypotetické signály kožní vodivosti [2]

## 3.4 Elektrody

### 3.4.1 Druh elektrod

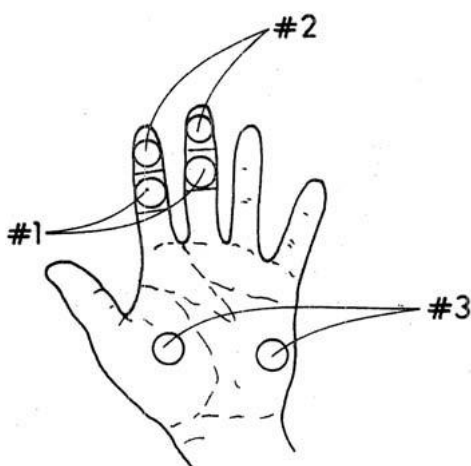
Pro měření GSR se nejčastěji používají elektrody Ag/AgCl (stříbro/chlorid stříbrný), protože minimalizují zkreslení potenciálu a polarizace. Tyto elektrody se dají snadno připojit k měřenému místu pomocí lepícího řemínku. Tento způsob přiložení elektrod pomáhá ke kontrole nad velikostí snímané plochy kůže, která je důležitým parametrem při měření. Hodnoty vodivosti záleží na velikosti snímané plochy kůže. [2]

Pro měření SCL je důležitá velikost elektrody, protože odpor elektrod se inverzně liší s plochou, to znamená, že čím větší plocha, tím menší odpor. [7]

### 3.4.2 Umístění elektrod

Kožní odpor se měří nejčastěji pomocí dvou elektrod obou umístěných na aktivní ploše, jedná se o tzv. bipolární měření, u kterého nezáleží na směru toku proudu mezi elektrodami. Elektrody se nejčastěji umisťují na dlaň ruky a na dlaňovou stranu koncových nebo mediálních článků prstů, jak můžeme vidět na obrázku 6, kde #1 znázorňuje umístění na mediálních článcích prstů, #2 znázorňuje umístění na koncových článcích prstů a #3 znázorňuje umístění na dlani ruky. Hodnoty GSR se na jednotlivých umístění elektrod mohou trochu měnit. Při umístění na koncových článcích prstů se ukázalo, že jsou zde zaznamenány vyšší reakce SCR, je to způsobené vyšším výskytem aktivních potních žláz v tomto místě [2].

Elektrody pro toto umístění bývají v průměru o velikosti od 1,5 do 2 cm [7].



Obrázek 6: Umístění elektrod pro měření GSR [2]

## 3.5 Publikované práce zabývající se měřením galvanické kožní odezvy

### 3.5.1 Měření vodivosti kůže při opakovaném podnětu

V této bakalářské práci se jako podněty pro reakci vodivosti kůže používají zvukové a světelné podněty. Signál je v tomto případě zpracováván systémem Biopac student Lab Pro. U naměřeného signálu byly následně zkoumané počty odezev, velikosti píku, doba náběhu, poločas poklesu, doba poklesu, plocha pod křivkou a délka odezvy. Čím více si respondent zvyká na opakující se podněty, tím více se hodnoty zkoumaných parametrů snižují. Nejvhodnější parametr pro popis habituace neboli jevu, při kterém si osoba

postupně navykne na opakující se podnět a postupně mu věnuje méně pozornosti, je vidět velikosti píku daného měření jak při zvukovém, tak světelném podnětu, kdy se s časem hodnoty píku signálu postupně snižují. Další vhodný parametr pro tento experiment byl počet odezev, který může určit míru návyku na podnět. Parametr plocha pod křivkou by v tomto měření byl vhodný pouze za předpokladu, že velikost píku, doba náběhu a doba poklesu splňují teoretické předpoklady, které v tomto měření splněné nebyly [9].

### **3.5.2 Analýza vodivosti kůže**

V této práci bylo měření vodivosti kůže zaměřené na změnu úrovně bdělosti. Respondenti museli na měření přijít se spánkovou deprivací. Signály se v tomto případě opět měřily systémem Biopac. Mezi parametry, které se následně porovnávaly, patřily hodnoty maxima a minima vodivosti kůže, velikosti píku, doba nárůstu, poločas poklesu a plocha pod křivkou. Po úpravě absolutních hodnot na hodnoty relativní, tento experiment ukázal, že pro většinu parametrů platí, že se snižujícím se stavem bdělosti se snižují hodnoty parametrů [10].

## 4 METODIKA PRÁCE

### 4.1 Použitý přístroj

Pro měření kožní vodivosti se při experimentu použil komerčně prodáváný přístroj Emet – detektor stresu od firmy Happy Electronics, který obsahuje senzor biofeedbacku pro vodivost kůže a umožňuje tak zaznamenávat změnu vodivosti kůže v reálném čase. Záznam z měření se promítá v programu GSR Studio. Zařízení má USB připojení, nicméně v našem případě byl přístroj upraven, aby se dal použít bezdrátově a neomezoval tak respondenta v pohybu při měření. Přístroj se upevňuje pomocí pružného modrého pásku dlouhého cca. 20 cm, tak aby dvojice povrchových elektrod byla umístěna na dlani ruky. Signál je zaznamenávám se vzorkovací frekvencí 5 Hz [8].



Obrázek 7: Emet - detektor stresu [8]

### 4.2 Průběh měření

Měření probíhala ve spolupráci s Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy a bylo cíleno na respondenty se zvýšeným strachem z hadů a pavouků. Před měřením musel respondent vyplnit dva dotazníky, které byly zaměřené na strach z hadů (SNAQ) a pavouků (SPQ), ze kterých poté skóre určovalo, jestli se jedná o respondenta s fobií,

zvýšeným strachem, mírně zvýšeným strachem nebo má hodnoty velmi nízké na danou skupinu zvířat a může se vzít na kontrolní měření. Maximální skóre pro dotazník ohledně strachu z hadů je 30, kdy zvýšený strach se může brát už od 10 bodů, nicméně ideální respondent má okolo 20 bodů z dotazníku. Na měření mezi skupinu lidí s fobií z hadů se brali respondenti se skórem z dotazníku SNAQ od 12 bodů. Maximální skóre pro dotazník ohledně pavouků je 31, platí zde stejné hranice jako u hadů a na měření se bral člověk už se 13 body z dotazníku SPQ.

Měření proběhlo se 158 respondenty, ve všech případech se jednalo o ženy ve věku 18 až 65 let. Respondenti byli rozděleni do tří skupin. Skupina s fobií z hadů, ideálně by se neměli bát pavouků, tedy neměli zvýšené skóre u SPQ dotazníku, kterých bylo celkem 42. Respondenti s fobií z pavouků, kterých bylo 65. Ti by se naopak ideálně neměli bát hadů a měli mít nízké skóre ze SNAQ dotazníku. Třetí skupina byla kontrolní, kdy respondent neměl zvýšené skóre ani u jednoho dotazníku, bylo zařazeno 51 respondentů.

Samotné měření se uskutečnilo v menší místnosti, kde respondent přišel postupně do styku celkem se 6 zvířaty, vždy 3 zvířata pro příslušnou fobii. Skupina bezobratlých zvířat, kam patřil brouk, šváb a pavouk, pro respondenty s fobií z pavouků a skupina plazů, kam patřil gekončík, tilikva a had, pro respondenty s fobií z hadů. Všichni respondenti prošli všemi 6 experimenty, kdy nejdříve měli skupinu zvířat, na které nemají strach a poté přišli do styku se svou příslušnou fobickou skupinou. Zvířata byla seřazená tak, že respondent přišel do styku nejdříve s nejméně děsivým zvířetem, a nakonec se zvířetem pro něj nejhorším, tedy např. respondent se strachem z hadů, přišel do styku s hadem až nakonec.

Respondent měl na dlani připevněný přístroj pro měření kožní vodivosti Emet, který Univerzita Karlova upravila tak, aby se dal používat bezdrátově a neomezovalo to průběh měření. Respondent začal za zavřenými dveřmi místnosti a čekal na vyzvání až bude zvíře připraveno v přikrytém teráriu na experiment. Po vstupu do místnosti jsou na zemi umístěny značky, které značí vzdálenost 2 metry a 1 metr od terária se zvířetem. Respondent se pomalu přibližuje k teráriu a na každé značce se na chvíli zastaví, aby se poté dalo jasněji vyhodnotit ze signálu, kdy překonal určitý bod v experimentu. Dále postupuje k teráriu, které postupně pomalu odkryje, poté otevře, dotkne se zvířete pomocí tužky a nakonec prstem. Každý tento krok odpovídá stimulu kožní vodivosti, které se následně vyhodnocují. Průběh experimentu je u všech 6 zvířat stejný. Celý průběh

experimentu se zaznamenává na kameru a poté se ze záznamů určují časy jednotlivých kroků. Respondent může kdykoliv experiment ukončit, nemusí dojít až ke styku se zvířetem.

Od každého respondenta je tedy 6 signálů kožního odporu, pro každé zvíře jeden, které se poté analyzují.

## **4.3 Analýza parametrů GSR**

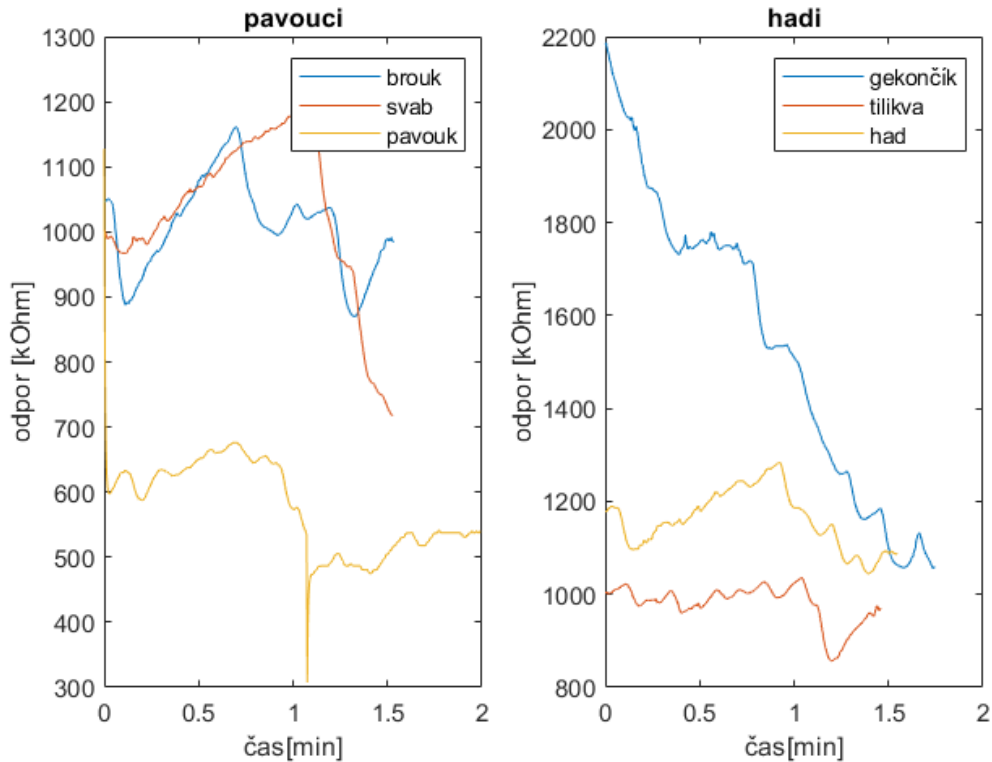
### **4.3.1 Načtení naměřených dat**

Data jsme nejdříve museli v programu GSR Studio převést z formátu .dat, na formát .csv, abychom s naměřenými signály mohli dále pracovat v prostředí Matlab. Všech šest signálů od jednoho respondenta jsme uspořádali do jednoho excelového sešitu a jednotlivých listů pro každý signál.

Na obrázku 8 můžeme vidět grafické znázornění naměřených signálů pomocí programového prostředí Matlab, kde na ose y je znázorněn odpor kůže naměřený v kOhmech a na ose x je vynesena čas v sekundách. V tomto případě se jedná o respondenta, který patří do skupiny s fobií na pavouky. Na levém grafu můžeme vidět signály pro skupinu zvířat bezobratlých a na pravém grafu můžeme vidět signály pro skupinu zvířat plazů. Už zde si můžeme všimnout, že signál pro pavouka má významně nižší hodnoty odporu oproti zvířatům ostatním. Dále si zde můžeme všimnout vysokých výchylek hodnot u signálu pavouka na začátku a v polovině experimentu, které mohly vzniknout pohybem ruky, na které je přístroj nasazený. Měřicí přístroj je citlivý na pohyb, proto by respondent po celou dobu experimentu neměl s danou rukou příliš hýbat.



## r1 - pavouci



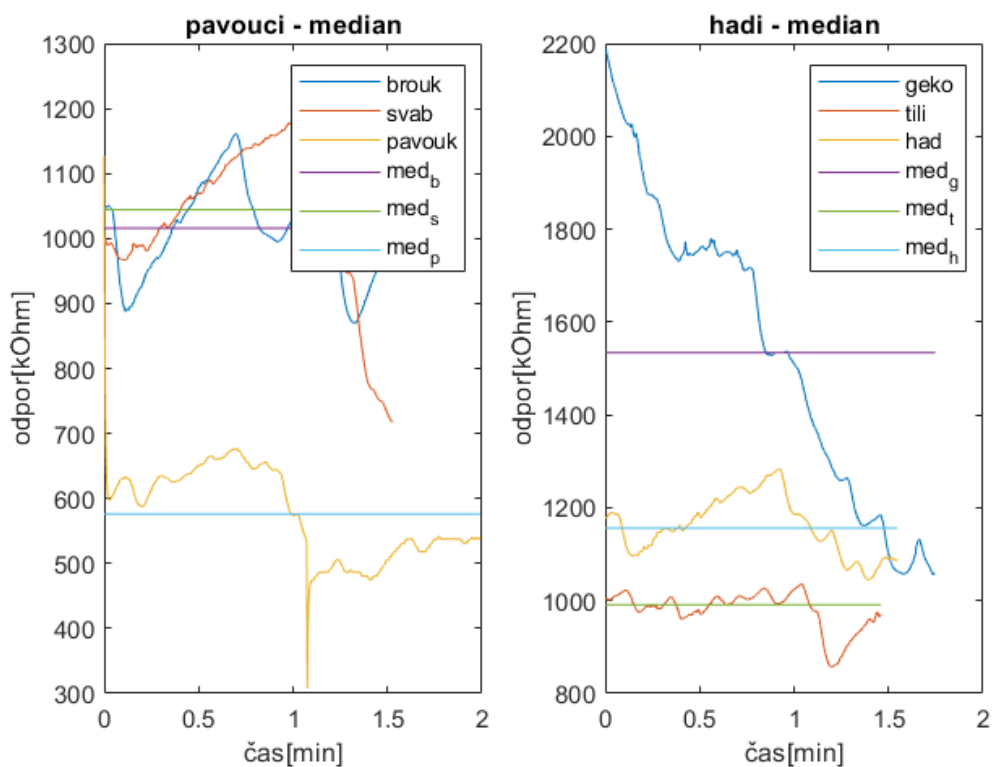
Obrázek 8: Načtené signály GSR daného respondenta

### 4.3.2 Výpočet mediánů

Jako první jsme porovnali jednotlivé signály daného respondenta mezi sebou podle jejich mediánů. Nejdříve jsme porovnali mediány originálních signálů, poté mediány signálů oříznutých. Z dat jsme ořízli část počátečních hodnot, protože samotný experiment začal chvíli po zapnutí přístroje, ne okamžitě, respondent si nemusel uvědomit, že už samotné měření probíhá a pohyboval s rukou, na které byl snímáný odpor kůže. Stejný problém mohl nastat i na konci měření, proto jsme ořízli i v určitých případech část koncových hodnot, kde bylo jednoznačné, že se nejedná o reakci na stimul, ale o artefakt, který mohl vzniknout pohybem snímané ruky. Tyto artefakty nám můžou značně ovlivnit výsledné hodnoty mediánů.

Na obrázku 9 můžeme vidět vykreslené originální signály s jejich mediány. Malý dolní index za pojmenováním med, které označuje daný medián, značí počáteční písmeno daného zvířete, kterému patří daný medián signálu.

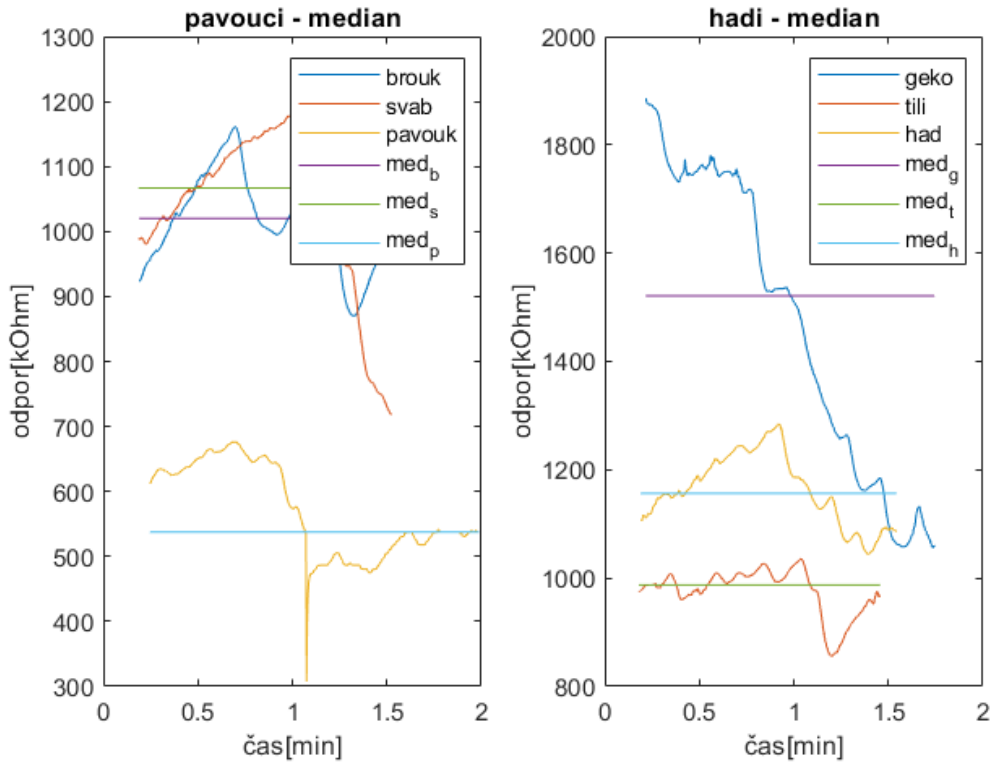
## r1 - pavouci



Obrázek 9: Mediány originálních signálů

Na obrázku 10 můžeme vidět oříznuté signály s jejich mediány. Můžeme si zde také všimnout, že po oříznutí části počátečních hodnot signálu pavouka, se medián tohoto signálu snížil oproti hodnotě mediánu signálu původního.

## r1 pavouci - oriznute



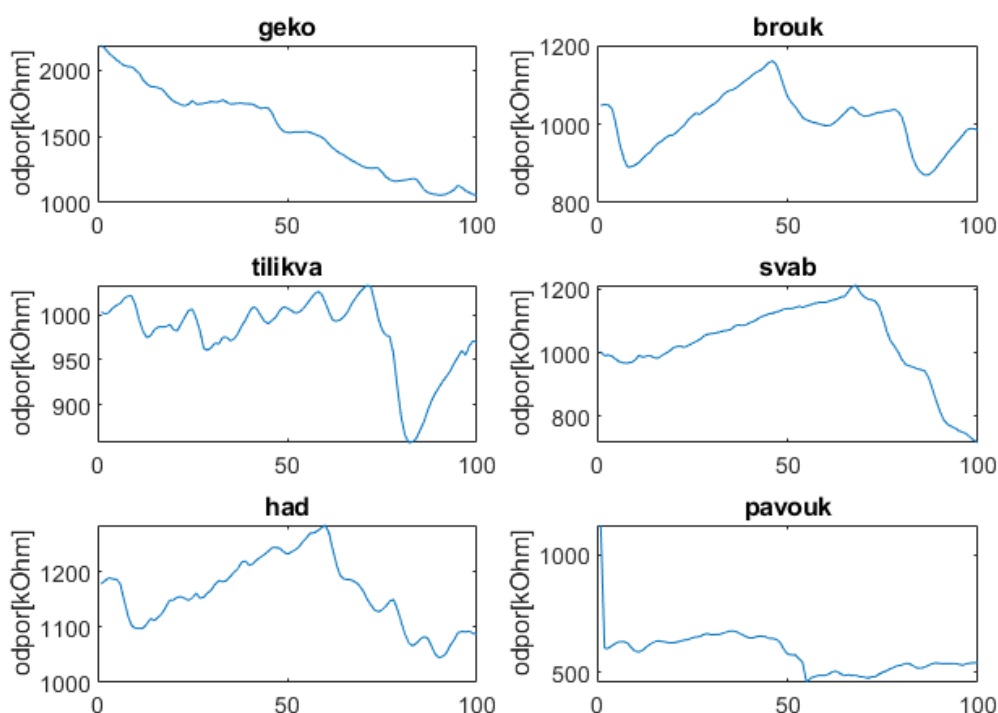
Obrázek 10: Mediány oříznutých signálů

### 4.3.3 Výpočet plochy pod křivkou

Dalším parametrem pro porovnávání signálů respondenta jsme zvolili plochu pod křivkou. Abychom mohli porovnávat hodnoty ploch pod křivkou signálů daného respondenta mezi sebou, museli jsme nejdříve všechny signály interpolovat na stejnou délku. Signály jsme interpolovali pomocí funkce  $\text{interp1}(x,v,xq)$  na délku 100. Dále pro samotný výpočet plochy pod křivkou jsme použili funkci  $\text{trapz}(y)$ . Hodnoty ploch pod křivkou jsme opět spočítali jak pro signály originální, tak pro signály oříznuté, u kterých byl značný artefakt na začátku nebo konci, který mohl ovlivnit hodnoty výsledků.

Na obrázku 11 můžeme vidět interpolované originální signály, ze kterých se poté vypočítaly a porovnaly plochy pod křivkou jednotlivých signálů.

## r1 pavouci - interpolovaný



Obrázek 11: Interpolované originální signály na délku 100

### 4.3.4 Výpočet směrnice signálu

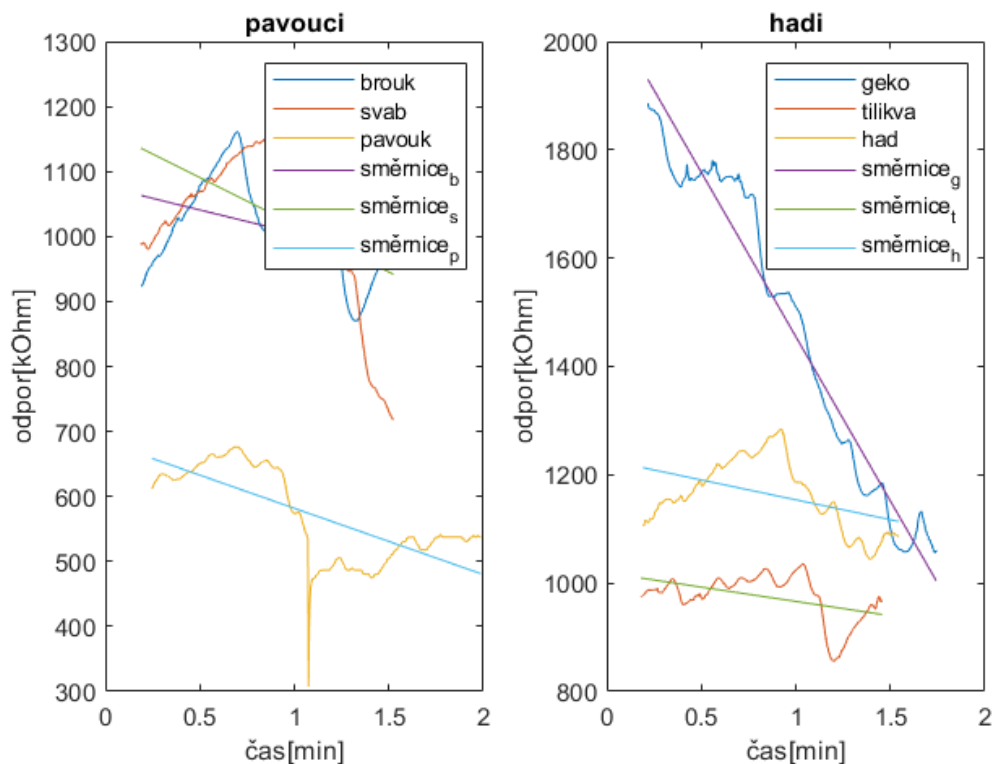
Dalším zkoumaným parametrem jsme zvolili směrnici signálů, pomocí které jsme porovnávali, zda se respondenti s fobií dělí na dvě skupiny. Ti, kteří mají klesající průběh signálu, tedy s časem se snižuje odpor, překonávají svůj strach a snaží se dojít v experimentu až do konce, i když je to pro ně psychicky náročné a zvyšuje se jim tedy reakce. Druhá skupina by měla mít s časem naopak průběh stoupající, tedy odpor se zvyšuje, protože berou na vědomí, že mohou experiment kdykoliv předčasně ukončit a nesnaží se dojít až do konce, jsou tedy více klidní oproti skupině s klesajícím průběhem.

Dále nám tento parametr měl nastínit, zda hlavní zvíře, na které má respondent fobii, má nejvíce klesající průběh, nejnižší hodnotu směrnice, oproti signálům ostatním.

Směrnice signálů jsme počítali opět z oříznutých dat, protože artefakty na začátku a konci signálu by nám značně ovlivnily jejich výsledné hodnoty.

Na obrázku 12 můžeme vidět grafické znázornění oříznutých signálů a jejich směrnic.

## r1 pavouci - směrnice



Obrázek 12: Směrnice oříznutých signálů

### 4.3.5 Výpočet delt dvou časových úseků

Ke 115 respondentům jsme obdrželi časové značky jednotlivých kroků experimentu, z toho 33 patřilo do skupiny s fobií z hadů, 42 do skupiny s fobií z pavouků a 40 do kontrolní skupiny. Časové značky jsme měli opět uložené v excelových sešitech a jednotlivých listech pro dané zvíře.

Pro výpočet delt jsme použili mediány dat z časový úseků mezi časovými značkami  $2m - 1m$  a poté  $ot - tuž$  (otevření terária) –  $tuž$  (dotknutí se zvířete tužkou). Pokud respondent ukončil experiment dříve a nedotkl se tužkou zvířete, přiřadili jsme danému úseku hodnotu 0. Odečítali jsme hodnoty úseku  $ot-tuž$  od úseku  $2m-1m$ , aby delta byla záporná, pokud měl druhý úsek nižší hodnoty oproti úseku prvnímu, jednalo se tedy o pokles mezi danými úseky.

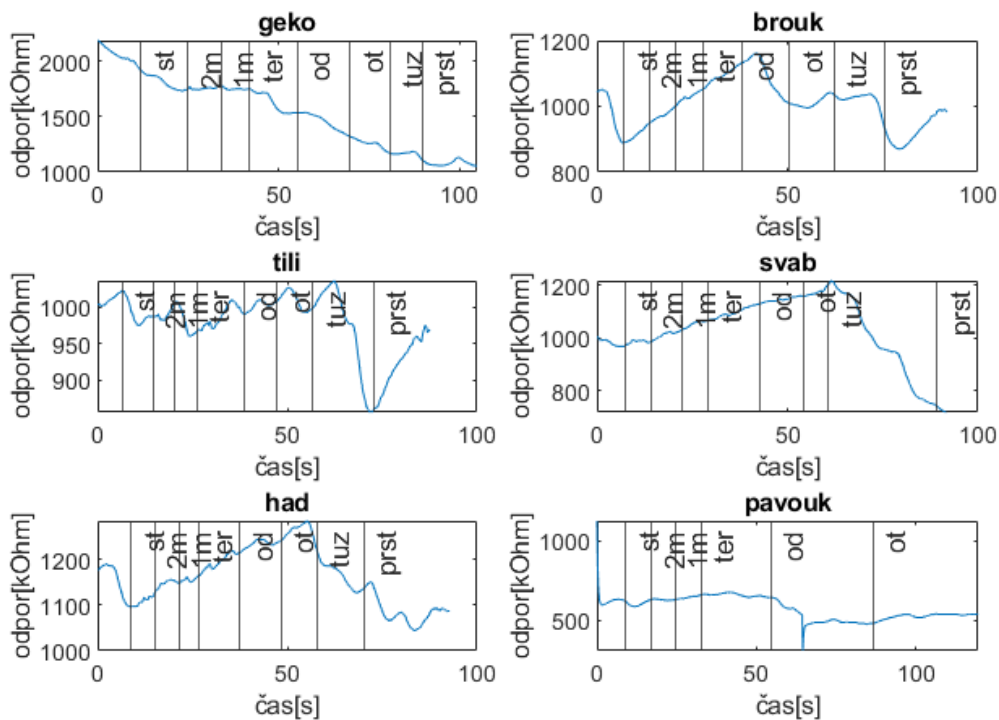
Tyto dva úseky jsme zvolili z toho důvodu, že na začátku v úseku mezi vzdáleností 2 metrů a 1 metru od terária by měl být respondent ještě více v klidu, protože dané zvíře

nevidí a nemělo by ho to příliš ovlivnit, zatímco v úseku po otevření terária se jedná o začátek nejvíce stresové situace z celého experimentu.

Opět jsme porovnávali, zda delta signálu hlavního zvířete je nejmenší, tedy měl by mezi těmito dvěma úseky být největší pokles, oproti signálům ostatních zvířat.

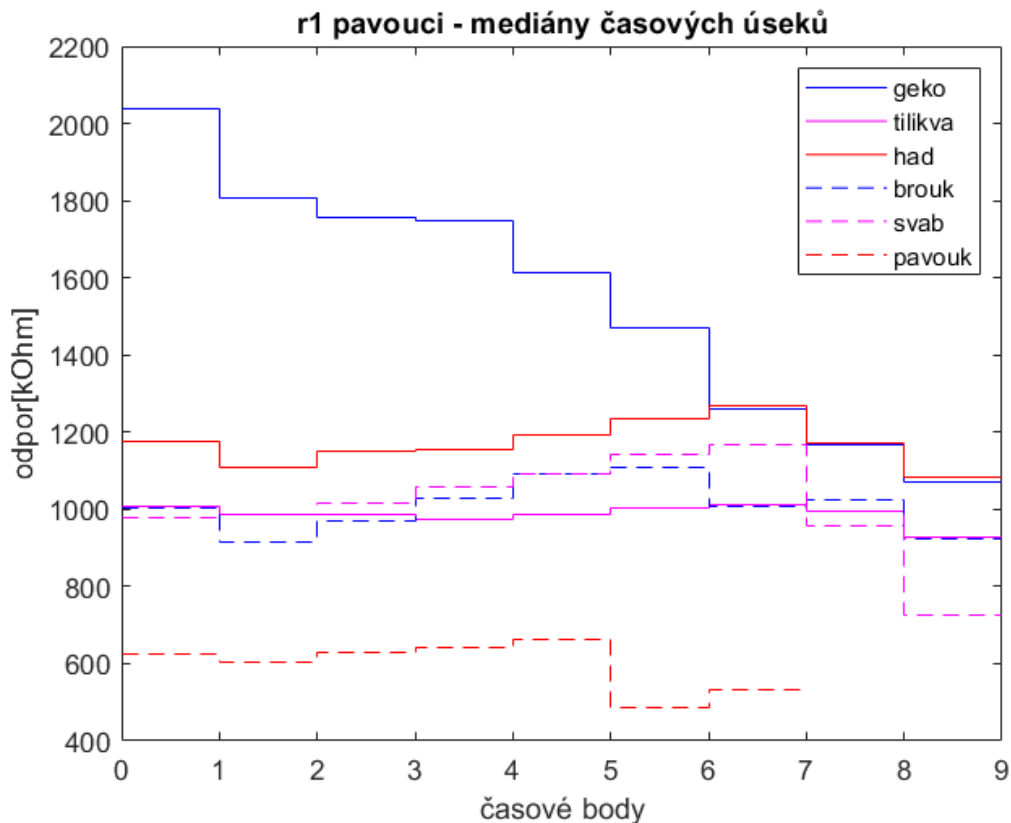
Na obrázku 13 můžeme vidět grafické znázornění časových značek jednotlivých signálů. Jednotlivé značky znamenají následující kroky v experimentu: st – start experimentu, 2m – vzdálenost 2m od přikrytého terária, 1m – vzdálenost 1 m od přikrytého terária, ter – příchod k teráriu se zvířetem, od – odkrytí terária, ot – otevření terária, tuz - dotknutí se zvířete tužkou, prst – dotknutí se zvířete prstem.

### r1 pavouci - časové značky



Obrázek 13: Časové značky signálů

Na obrázku 14 můžeme vidět grafické znázornění mediánů jednotlivých časových úseků pomocí funkce stair, kde následující čísla značí následující časové značky: 1 - začátek experimentu, 2 - 2m, 3 - 1m, 4 - příchod k teráriu, 5 - odkrytí terária, 6 - otevření terária, 7 - dotek tužkou, 8 - dotek prstem, 9 – konec měření.



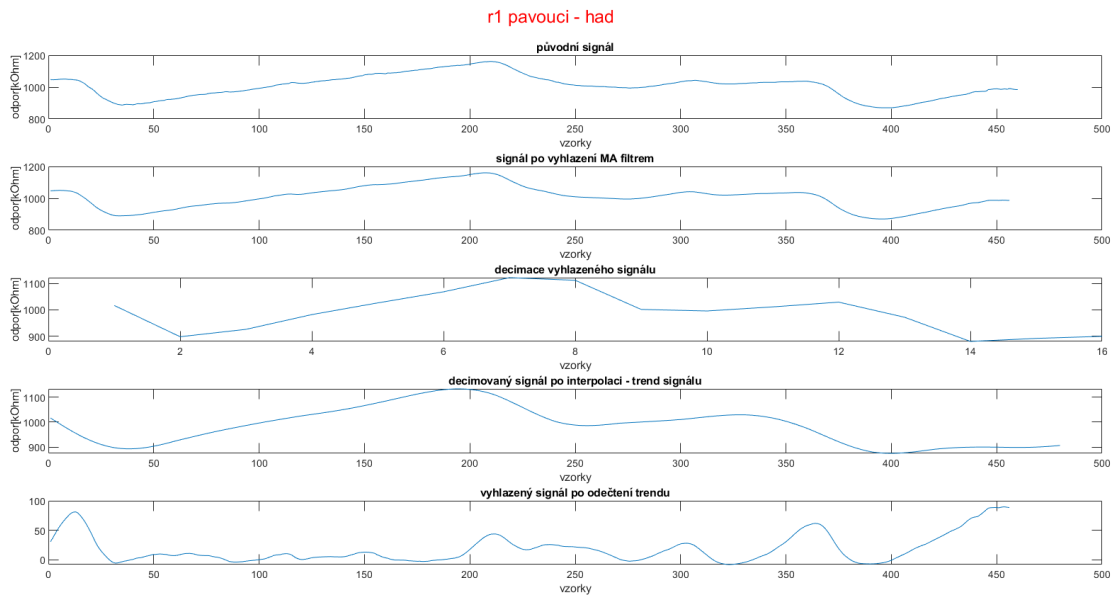
Obrázek 14: Mediány jednotlivých časových úseků signálu

#### 4.3.6 Detekce reakcí na stimul

Tento parametr jsme opět počítali u respondentů, ke kterým jsme obdrželi časové značky, tedy u 115. Pro detekci pravých reakcí na stimul jsme zvolili následující postup. Původní signál jsme nejdříve vyhladili pomocí klouzavého průměru (MA filtr). Dále jsme tento signál nejdříve z decimovali a poté zpět interpolovali, tím jsme získali trend neboli složku signálu zachycující dlouhodobé změny v chování. Trend signálu jsme následně odečetli od signálu vyhlazeného a získali jsme tím zřetelnější okamžité změny v čase signálu, které nám následně pomůžou v detekci reakcí.

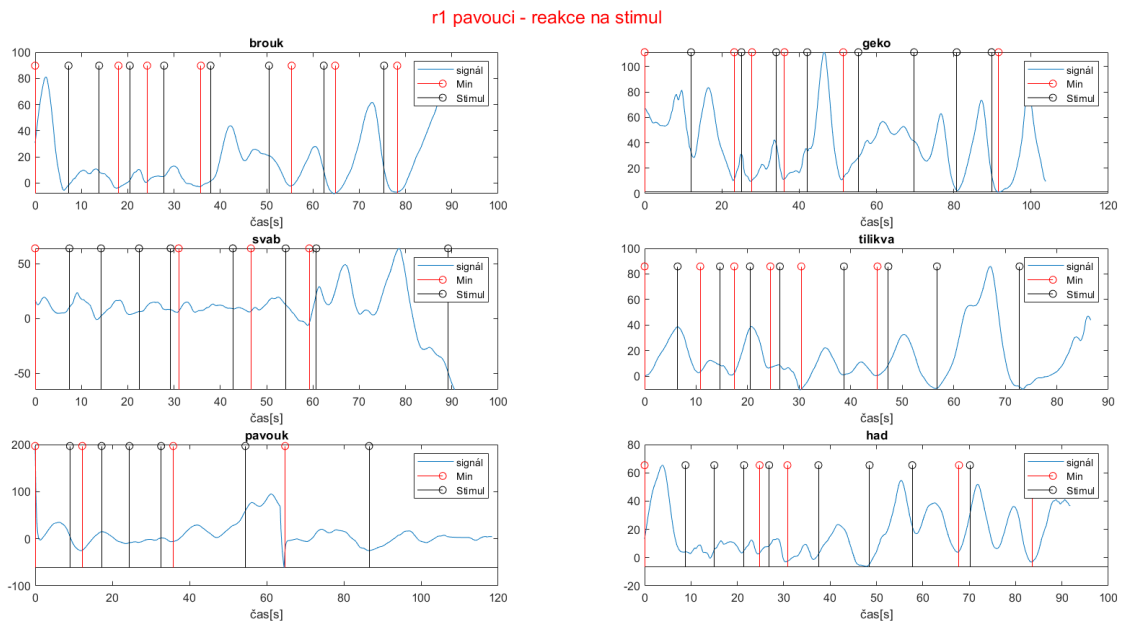
Pravé reakce na stimul jsme určili jako polohu minimální hodnoty v jednotlivých časových úsecích, pokud se vyskytuje nejméně v námi zvolené časové oblasti od stimulu, nenachází se tedy ve stejném místě jako stimul samotný, musí tam být čas na zareagování respondenta. Pokud se tedy minimální hodnota nachází v těsné blízkosti začátku stimulu, nemůže se jednat o pravou reakci respondenta, ale může se jednat o NS-SCR nebo o artefakt způsobený pohybem.

Na obrázku 14 můžeme vidět jednotlivé úpravy signálu před detekcí minim v časových úsecích.



Obrázek 15: Úprava signálu před detekcí reakcí

Na obrázku 16 můžeme vidět detekovaná minima v časových úsecích, pokud se nenacházejí v bezprostřední blízkosti stimulu. Minima, která jsou blízko stimulům je přiřazena hodnota 1 a jsou zobrazené na začátku měření, ty v následné analýze nebereme v potaz jako pravou reakci na stimul.



Obrázek 16: Detekce pravých reakcí na stimuly



## 5 VÝSLEDKY ANALÝZY DAT

Tabulka 1 nám udává hodnoty v procentech jaký originální signál zvířete měl nejnižší medián pro danou skupinu respondentů s fobií, kde FH je označení pro skupinu s fobií z hadů, FP je značení pro fobii z pavouků a KONT je označení pro kontrolní skupinu. Tabulka 2 nám ukazuje hodnoty v procentech výskytu nejnižšího mediánu pro oříznuté signály. Můžeme zde vidět, že nejnižší medián se vyskytoval pro danou skupinu s fobií u zvířete, ze kterého mají zvýšený strach, tedy pro skupinu s fobií z hadů, se nejnižší medián vyskytoval nejvíce u hada, pro skupinu s fobií z pavouků byl nejnižší medián nejvíce u pavouka. Kontrolní skupina měla nejnižší mediány nejvíce u obou hlavních zvířat, tedy jak u pavouka, tak u hada.

nejnižší medián originálního signálu v procentech						
	brouk	šváb	pavouk	gekončík	tilikva	had
FH	2,38	0,00	14,29	11,90	7,14	64,29
FP	7,69	7,69	66,15	4,62	4,62	9,23
KONT	3,92	11,76	29,41	15,69	13,73	25,49

*Tabulka 1: Nejnižší medián originálního signálu*

nejnižší medián oříznutého signálu v procentech						
	brouk	šváb	pavouk	gekončík	tilikva	had
FH	2,38	0,00	26,19	7,14	7,14	57,14
FP	6,15	9,23	64,62	4,62	9,23	6,15
KONT	1,96	15,69	35,29	15,69	5,88	25,49

*Tabulka 2: Nejnižší medián oříznutého signálu*

Po oříznutí signálů se nám hodnoty u skupin s fobií u jejich hlavních zvířat trochu snížily, nicméně u kontrolní skupiny naopak procenta u pavouka vzrostla.

Samotné hodnoty mediánů se bohužel mezi respondenty porovnat nedaly, protože se hodnoty odporu můžou pohybovat v rozmezí od kOhm po MOhm, tedy hodnoty jsou velmi odlišné a každý respondent reaguje na stresovou situaci jinak a má jiné hodnoty. Respondent z kontrolní skupiny může mít vyšší hodnoty odporu oproti respondentovi se zvýšeným strachem.

V tabulce 3 můžeme vidět porovnání výskytu nejmenších ploch pod křivkou interpolovaných signálů v procentech pro dané skupiny respondentů. Opět zde můžeme vidět, že nejmenší plochy nejvíce odpovídaly zvířeti, ze kterého má daná skupina respondentů fobii a u kontroly opět je nejvyšší výskyt u obou nejvíce fobických zvířat, tedy jak u pavouka, tak u hada. Plocha pod křivkou je více citlivá na artefakty a vysoké výchylky signálu oproti mediánu, proto zde můžeme vidět, že procenta jsou celkově nižší u hlavních zvířat oproti procentům u mediánů. Po oříznutí signálů se nám procenta u hlavních zvířat o něco zvýšila, jak můžeme vidět v tabulce 4.

nejmenší plocha pod křivkou v procentech						
	brouk	šváb	pavouk	gekončík	tilikva	had
FH	2,38	0,00	16,67	16,67	9,52	54,76
FP	9,23	15,38	58,46	3,08	4,62	9,23
KONT	1,96	15,69	35,29	11,76	11,76	23,53

*Tabulka 3: Nejmenší plocha pod křivkou*

nejmenší plocha po křivkou oříznutého signálu v procentech						
	brouk	šváb	pavouk	gekončík	tilikva	had
FH	2,38	0,00	14,29	14,29	9,52	59,52
FP	10,77	9,23	64,62	4,62	4,62	6,15
KONT	3,92	15,69	31,37	15,69	9,80	23,53

*Tabulka 4: Nejmenší plocha pod křivkou oříznutého signálu*

Pomocí směrnice signálu jsme se pokusili rozdělit respondenty na dvě skupiny. Ti, kteří se snaží překonávat svůj strach a dojít až do konce experimentu, s časem mají vyšší reakci, tedy odpor klesá a na druhou skupinu, kteří naopak ví, že nemusí dojít až na konec experimentu a popřípadě skončí dřív, jsou tedy více klidní a odpor se naopak s časem zvyšuje. Nicméně směrnice signálů nám ukázaly, že ve více případech signál klesá, tedy s časem je reakce vyšší a stoupajících signálů je podstatně méně. Respondent mohl mít u pár zvířat rostoucí průběh, zatímco u zbytku klesající, nedal se tedy tento parametr moc dobře uchytit a porovnat napříč respondenty. V tabulce 4 můžeme vidět procentuální vyjádření záporných a kladných směrnic ze všech signálů pro jednotlivé

skupiny respondentů. Můžeme si všimnout, že kontrolní skupina má o něco nižší počet záporných směrnic oproti skupinám s fobiemi.

V tabulce 5 můžeme vidět procentuální vyjádření nejnižších hodnot směrnic pro skupiny respondentů.

nejmenší směrnice v procentech						
	brouk	šváb	pavouk	gekončik	tilikva	had
FH	35,71	23,81	11,90	19,05	7,14	2,38
FP	6,15	15,38	12,31	41,54	13,85	10,77
KONT	23,53	9,80	11,76	27,45	15,69	11,76

Tabulka 5: Počet kladných a záporných směrnic

celkem kladných a záporných směrnic signálů v procentech pro danou skupinu respondentů						
	FH		FP		KONT	
směrnice	kladná	záporná	kladná	záporná	kladná	záporná
celkem	23,41	76,59	23,85	76,15	30,39	69,61

Tabulka 6: Nejnižší směrnice

Delta mezi časovými úseky 2m-1m a ot-tuz, nám měla ukázat, zda je pro hlavní fobické zvíře dané skupiny nejnižší nebo je to náhodné. V tabulce 6 můžeme vidět procentuální vyjádření nejnižších delt. Tento odhad se nepotvrdil, protože nejvíce sedí pouze pro skupinu s fobií z pavouků, a to pouze z 50 %, ale u ostatních skupin to vychází na jiná zvířata.

nejnižší delta v procentech						
	brouk	šváb	pavouk	gekončik	tilikva	had
FH	45,45	15,15	9,09	9,09	12,12	9,09
FP	2,38	9,52	50,00	26,19	7,14	4,76
KONT	20,00	12,50	20,00	27,50	12,50	7,50

Tabulka 7: Nejnižší delty

Z průměrných hodnot a mediánů počtu detekovaných reakcí na stimul u signálu jsme zjistili, že nejméně jich bylo detekováno u hlavních fobických zvířat. Jedním z důvodů, proč tomu tak bylo, může být, že větší počet respondentů nedošel až do konce experimentu, měl tedy méně stimulů a tím i méně reakcí. Druhým důvodem může být malý časový odstup mezi jednotlivými stimuly měření, reakce se tedy navzájem překrývají, nemůže tam dojít k úplnému návratu do klidové hodnoty a následné jednoznačné reakci na následující stimul. Další důvod menšího počtu reakcí může být způsoben artefakty vzniklých při pohybu respondenta, kterým se nedá v tomto experimentu zcela vyhnout, jdou pouze omezit.

V tabulce 8 můžeme vidět průměrné hodnoty počtů detekovaných odezev na stimul a v tabulce 9 mediány počtů detekovaných odezev u jednotlivých skupin respondentů.

průměrné hodnoty počtů detekovaných odezev na stimuly						
	brouk	šváb	pavouk	gekončík	tilikva	had
FH	4,21	3,58	3,52	3,36	2,82	2,94
FP	3,10	3,26	2,71	4,24	3,64	3,95
KONT	4,03	3,63	3,35	3,75	3,53	3,28

*Tabulka 8: Průměrné hodnoty počtů detekovaných odezev*

mediány počtů detekovaných odezev na stimuly						
	brouk	šváb	pavouk	gekončík	tilikva	had
FH	4	4	3	3	3	3
FP	3	3	2,5	4	4	4
KONT	4	3	3	4	3	3

*Tabulka 9: Mediány počtů detekovaných odezev*

## 6 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce byla zaměřena na výzkum vlivu různých zvířat na parametry odporu kůže u lidí s fobií z hadů a pavouků. Měření bylo provedeno u 158 respondentů, z nich všechny byly ženy ve věku 18 až 65 let. Respondenti byli rozděleni na tři skupiny, s fobií z hadů, pavouků a kontrolní skupina. Část parametrů bylo vyhodnocováno z měření 118 respondentů, ke kterým byly poskytnuty časy stimulů experimentu. Každý respondent byl vystaven stejným šesti zvířatům v pořadí podle toho, do jaké skupiny patří. Protože se osoby při experimentu museli pohybovat a přístroje pro měření kožní odezvy jsou citlivě na pohyb, mohly při měření vzniknout nežádoucí artefakty, které následně ovlivnily hodnoty výsledného signálu.

Z důvodu velikosti databáze dat bylo po dohodě s vedoucím práce rozhodnuto o nepořízení dalších signálů přístrojem Biopac, zpracovaly se pouze signály poskytnuté Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy.

Pomocí programovacího prostředí Matlab byly naměřené signály graficky znázorněny a analyzovány. Pro analýzu kožního odporu bylo vybráno 5 parametrů, které se následně mezi šesti signály daného respondenta porovnávaly. Hodnoty kožního odporu se mohou pohybovat ve velkém rozsahu, proto není možné porovnávat hodnoty napříč respondenty. Zkoumané parametry byly vypsány do tabulek a graficky znázorněny v příslušných grafech. Podle teoretických předpokladů měly hodnoty parametrů kožního odporu nejvíce klesat u zvířete, na které má respondent fobii. To se však u všech parametrů nepotvrdilo.

Jako nejvhodnější parametr pro analýzu kožní vodivosti a následné určení hlavního fobického zvířete se ukázal medián originálního nebo oříznutého signálu. Z tabulky 1 můžeme vidět, že v případě originálních signálů vychází pro hada u skupiny s fobií z hadů pro 64,29 % a pro pavouka u skupiny s fobií z pavouků pro 66,15 % respondentů. U kontrolní skupiny jsou nejvyšší hodnoty u obou hlavních fobických zvířat, tedy jak u pavouka, tak u hada. V tabulce 2 můžeme vidět, že i v případě oříznutého signálu připadá nejnižší medián nejvíce hlavnímu fobickému zvířeti dané skupiny respondentů.

Jako druhý nejvhodnější parametr pro analýzu kožní vodivosti se ukázal plocha pod křivkou interpolovaných signálů. V tabulce 3 můžeme opět vidět, že nejmenší plocha pod křivkou nejvíce odpovídá hlavnímu zvířeti pro danou skupinu. Výsledky tohoto

parametru jsou o něco nižší oproti výsledkům mediánů, důvodem je, že plocha pod křivkou je více citlivá na artefakty signálu. Po oříznutí počátečních a koncových artefaktů signálů se nám výsledky ploch pod křivkou, které můžeme vidět v tabulce 4, zlepšily a nejmenší plocha pod křivkou odpovídá signálu hada v 59,52 % pro skupinu s fobií z hadů a pro skupinu s fobií z pavouků odpovídá 64,62 % nejmenší ploše pod křivkou signálu pavouka.

Následující parametry nebyly vhodné pro porovnání naměřených signálů. Směrnice signálu nám ukázala, že u většiny respondentů podle tabulky 6 dochází k poklesu hodnot, ale více jsme parametr nebyli schopni využít, neboť se nepotvrdilo, že nejmenší směrnici má hlavní fobické zvíře, ale je to velmi náhodné, jak můžeme vidět z výsledků tabulky 5. Také delta mezi dvěma úseky se neukázala za vhodný parametr k určení signálu hlavního fobického zvířete, neboť se nepotvrdil předpoklad, že nejvyšší pokles průměrných hodnot daných úseků bude u hlavních fobických zvířat, jak můžeme vidět v tabulce 7. Počet detekovaných reakcí nám ukázal, že ve většině případů mělo nejméně reakcí hlavní fobické zvíře, jak můžeme vidět v tabulkách 8 a 9, to mohlo být způsobené nedokončením experimentu respondenta. Počty detekovaných odezev jsou velmi ovlivněné pohybovými artefakty a rychle po sobě jdoucími kroky experimentu, nelze tedy tento parametr brát v tomto experimentu jako vhodný pro detekci stresu kožní odezvy.

Pro nejpřesnější určení signálu se správným fobickým zvířetem a analýzu kožního odporu v tomto experimentu je tedy nejvhodnější využít medián originálního nebo oříznutého signálu a plocha pod křivkou opět jak u signálu originálního, tak oříznutého. Díky tomu, že časové značky kroků experimentu nebyly určeny přesně, ale byly vypsány ručně z video záznamů měření, nacházelo se zde dost chyb v jejich umístění, to mohl být jeden z důvodů špatného výsledku parametru, který byl na těchto značkách závislý.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GREENE, S., H. THAPLIVAL a A CABAN-HOLT. A Survey of Affective Computing for Stress Detection: Evaluating technologies in stress detection for better health. *IEEE Consumer Electronics Magazine* [online]. 2016, 22 September 2016, (4) [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: doi:10.1109/MCE.2016.2590178.
- [2] CACIOPPO, John, Louis G. TASSINARY a Gary G. BERNTSON. The Electrodermal System. *The Handbook of Psychophysiology*. 3rd ed. New York: Cambridge University Press, c2007, s. 159-176. ISBN 978-0-521-84471-0.
- [3] FINK, George. Chapter 1 - Stress, Definitions, Mechanisms, and Effects Outlined: Lessons from Anxiety. *Stress: Concepts, Cognition, Emotion, and Behavior*. Parkville: Academic Press, 2016, s. 3-11. ISBN 9780128009512.
- [4] AQAJARI, S., E. NAEINI, M. MEHRABADI, S. LABBAF, A. RAHMANI a N. DUTT. *GSR Analysis for Stress: Development and Validation of an Open Source Tool for Noisy Naturalistic GSR Data* [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: arXiv:2005.01834
- [5] MEMAR, M. a A. MOKARIBOLHASSAN. Stress level classification using statistical analysis of skin conductance signal while driving. *SN Applied Sciences* [online]. 2021, 3(64) [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: doi:10.1007/s42452-020-04134-7
- [6] NATH, R. K., H. THAPLIVAL, A. CABAN-HOLT a S. P. MOHANTY. Machine Learning Based Solutions for Real-Time Stress Monitoring. *IEEE Consumer Electronics Magazine* [online]. 2020, 9(5), 34-41 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: doi:10.1109/MCE.2020.2993427
- [7] ANDREASSI, John L. Electrodermal Activity (EDA) and Behavior. *Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response*. 4th ed. Manhaw: Lawrence Erlbaum Associates, 2006, s. 191-217. ISBN 9780805849509.
- [8] EMOTIONAL Sensor - Skin Response. *Happy Electronics, s.r.o.* [online]. [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.happy-electronics.eu/produkty-2/emotional-sensor-skin-response/?lang=cs>
- [9] FABÍK, V. *Měření vodivosti kůže při opakovaném podnětu*. Brno, 2011. Bakalářská práce. FEKT VUT v Brně. Vedoucí práce Ing. Marina Ronzhina.
- [10] CAHA, M. *Analýza vodivosti kůže*. Brno, 2011. Bakalářská práce. FEKT VUT v Brně. Vedoucí práce Ing. Marina Ronzhina.

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Ukázky skriptů pro analýzu naměřených dat .....	29
Příloha B – Průběhy a detekované hodnoty u respondenta s fobií z hadů.....	32
Příloha C – Průběhy a detekované hodnoty u respondenta z kontrolní skupiny .....	36



# PŘÍLOHA A – UKÁZKY SKRIPTŮ PRO ANALÝZU NAMĚŘENÝCH DAT

## Načtení naměřených dat

```
[~, ~, s] = xlsread('r1.xlsx', 'r1_brouk'); %načtení daného listu v excelovém sešitu respondenta 1  
s_to_double = str2double(s); %převedení načteného signálu z datového typu string na double  
signal = s_to_double(:, 2); %výběr druhého sloupce, ve kterém jsou uloženy hodnoty GSR
```

## Výpočet mediánu originálního a oříznutého signálu

```
%výpočet mediánu originálního signálu  
m_signal = median(signal);
```

```
%výpočet mediánu oříznutého signálu  
oriznuti_zacatek = round(length(signal)/z); %výpočet délky oříznuté části signálu, kde z udává  
poměr, jak velkou část začátku signálu chceme oříznout  
oriznuti_konec = round(length(signal)/k); %výpočet délky oříznuté části signálu, kde k udává  
poměr, jak velkou část konce signálu chceme oříznout  
oriznuty_signal = signal(oriznuti_zacatek:(length(signal)-oriznuti_konec)); %výběr oříznuté  
části signálu z původního signálu  
m_oriznuty_signal = median(oriznuty_signal);
```

## Výpočet plochy pod křivkou

```
x_stary = 1:length(signal); %vektor s původní délkou signálu  
x_novy = linspace(1,length(signal),100); %vektor se indexy vybraných vzorků signálu o délce  
nového signálu  
normovany_signal = interp1(x_stary,signal,x_novy); % interpolace signálu na 100 vzorků, kde x  
nám udává souřadnice vybraných 100 vzorků  
plocha = trapz(normovany_signal); %výpočet plochy pod křivkou normovaného signálu
```

## Výpočet směrnice signálu signálu

```
aproximace_signalu = polyfit(x_osa,signal,1); %aproximace dat polynomem stupně 1  
hodnoty_polynom_signalu = polyval(aproximace_signalu,x_osa); %výpočet hodnot polynomu  
ve všech prvcích vektoru pro grafické znázornění směrnice  
smernice_signalu = aproximace_signalu(1); %výpočet směrnice signálu
```

## Výpočet delt dvou časových úseků

```
%určení polohy časových značek  
[~, ~, s] = xlsread('r1_cas.xlsx', 'r1_b'); %načtení excelového sešitu a daného listu s časovými  
značkami  
znacky = cell2mat(s); %převedení pole buněk na pole běžné
```

```

idx = zeros(size(znacky)); %zavedení pole s indexy o velikosti pole s časovými značkami
for i = 1:length(znacky) %for cyklus pro nalezení nejbližších hodnot z časové osy zadaným
časovým značkám
    [~, idx(i)] = min(abs((x_osa)-znacky(i))); %plnění pole idx danými indexy z časové
osy, které se nejvíce blíží dané časové značce
end

%výpočet mediánu časových úseků
median_usek = zeros(1,length(idx)+2); %pole s mediány časových úseků

for i = 1:length(median_usek)
    if i==1 %první hodnota se rovná mediánu z úseku signálu od počátku po první index
        median_usek(1) = median(signal(1:idx(1)));
    elseif i==length(median_usek)-1 %předposlední hodnotu jsme spočítali jako medián
úseku od posledního indexu do konce signálu
        median_usek(length(median_usek)-1) = median(signal(idx(end):end));
    elseif i == length(median_usek) % poslední hodnota se opět rovná mediánu úseku od
posledního indexu do konce signálu, aby nám graf vyšel na konci stejně jako poslední hodnota
        median_usek(end) = median(signal(idx(end):end));
    else %hodnoty uprostřed jsme počítali jako medián z úseku od předešlého indexu po
daný index v cyklu
        median_usek(i) = median(signal(idx(i-1):idx(i)));
    end
end

%výpočet delt
if length(median_usek) <= 7 %pokud má pole s hodnotami časových značek délku menší nebo
rovno 7, tedy respondent nedošel k doteku tužkou, přiřadíme druhému úseku hodnotu 0
    median_usek(7) = 0;
end
delta = median_usek(7) - median_usek(3); %výpočet delty mezi úseky 2m-1m a ot-tuz

```

## Detekce reakce na stimul

```

fs = 5; %vzorkovací frekvence
M=round(1*fs); %řád filtru ~ MA-okno 1s
b=ones(1,M)/M; %impulzní odezva

%MA-filtr
y_ma=filter(b,1,signal); %kompenzace fázového zpoždění
y_ma=y_ma(round(M/1):end); %signál vyhlazený MA filtrem

%decimace a interpolace
y1 = decimate(y_ma,30); %decimace filtrovaného signálu
y2 = interp(y1,30); %interpolace decimovaného signálu - trend
t2 = linspace(0,(length(y2)/fs)/60,length(y2));

y = y_ma-y2(1:length(y_ma)); %odečtení trendu od filtrovaného signálu
t = linspace(0,(length(y)/fs)/60,length(y)); %časová osa pro výsledný upravený signál

%hledání minima v časových úsecích

```

```

polohy_min = []; %pole s uloženými polohami nalezených minim v časových úsecích
new_idx; %vektor s uloženými polohami časových značek upraveného signálu
for i=1:length(new_idx) %cyklus pro nalezení polohy minim ve všech časových úsecích
    if i == length(new_idx) %nalezení minima v časovém úseku po poslední značce
        usek = n_y(new_idx(i):end); %vymezení úseku
        [~, poloha] = min(usek); %poloha nalezeného minima v daném úseku
        polohy_min = [polohy_min, new_idx(i)+poloha-1]; %určení polohy v celém
        signálu a uložení polohy do určeného pole

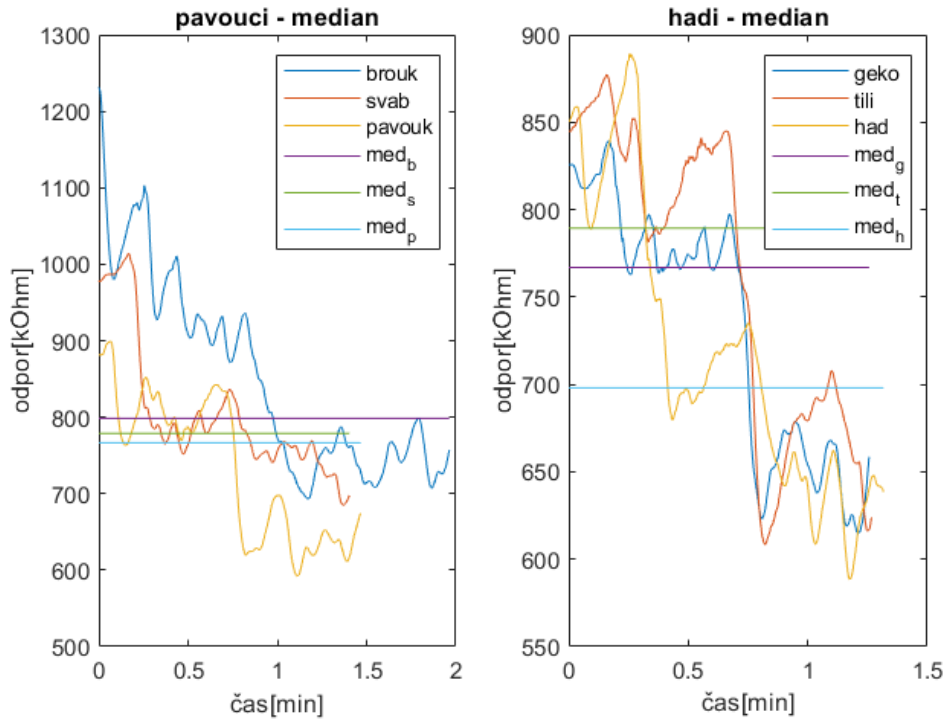
    else %nalezení minim v ostatních úsecích
        usek = n_y(new_idx(i):new_idx(i+1)); %vymezení úseku
        [~, poloha] = min(usek); %poloha nalezeného minima v daném úseku
        polohy_min = [polohy_min, new_idx(i)+poloha-1]; %určení polohy v celém
        signálu a uložení polohy do určeného pole
    end
end

for k=1:length(polohy_min) %cyklus pro určení zda se minimální hodnota nenachází v úzké
blízkosti časové značky
    if k~=length(polohy_min) %vyřazení minima v posledním časovém úseku
        %vymezení úseků v jakém se nemá minimum nacházet
        if (polohy_min(k) <= new_idx(k)+5) || (polohy_min(k) >= new_idx(k+1)-5)
            polohy_min(k) = 0; %přiřazení nevhodnému minimu polohu 0
        end
    else %vyřazení minima v ostatních úsecích
        %vymezení úseků v jakém se nemá minimum nacházet
        if (polohy_min(k) <= new_idx(k)+5) || (polohy_min(k) >= length(n_y)-5)
            polohy_min(k) = 0; %přiřazení nevhodnému minimu polohu 0
        end
    end
end
end

```

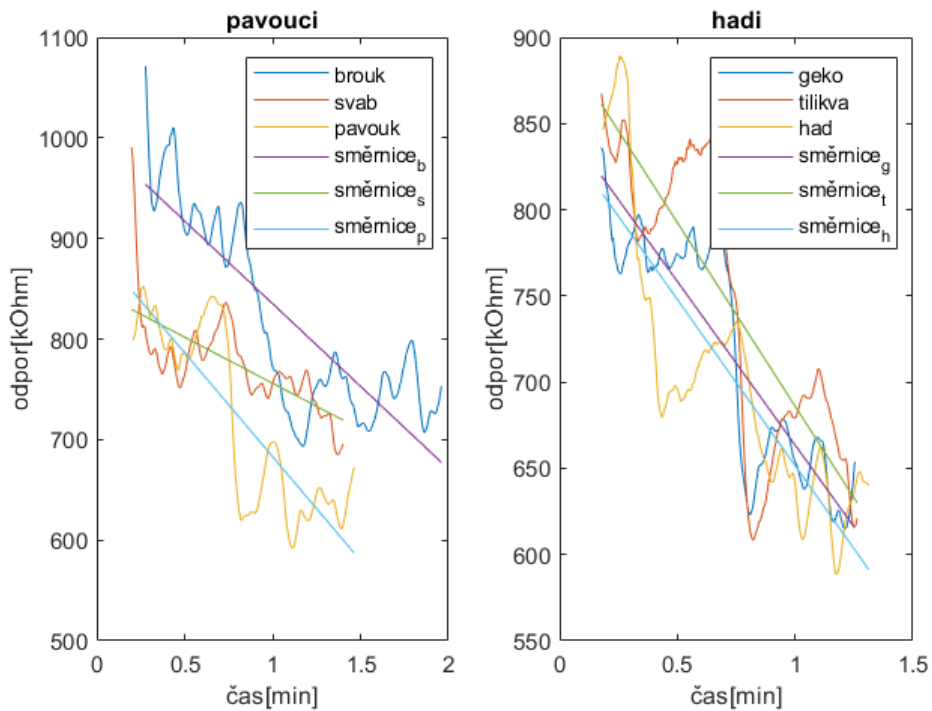
# PŘÍLOHA B – PRŮBĚHY A DETEKOVANÉ HODNOTY U RESPONDENTA S FOBÍÍ Z HADŮ

r18 - hadi



Obrázek 17: Načtené signály s jejich mediány respondenta s fobií z hadů

r18 hadi - směrnice



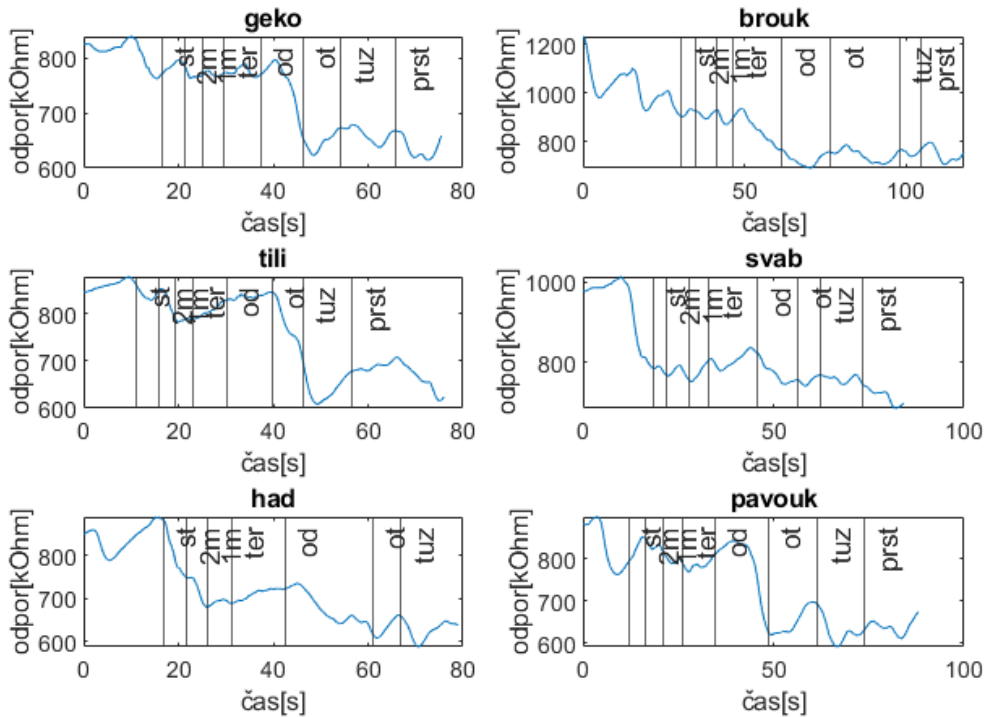
Obrázek 18: Směrnice oříznutých signálů respondenta s fobií z hadů

## r18 hadi - interpolovaný

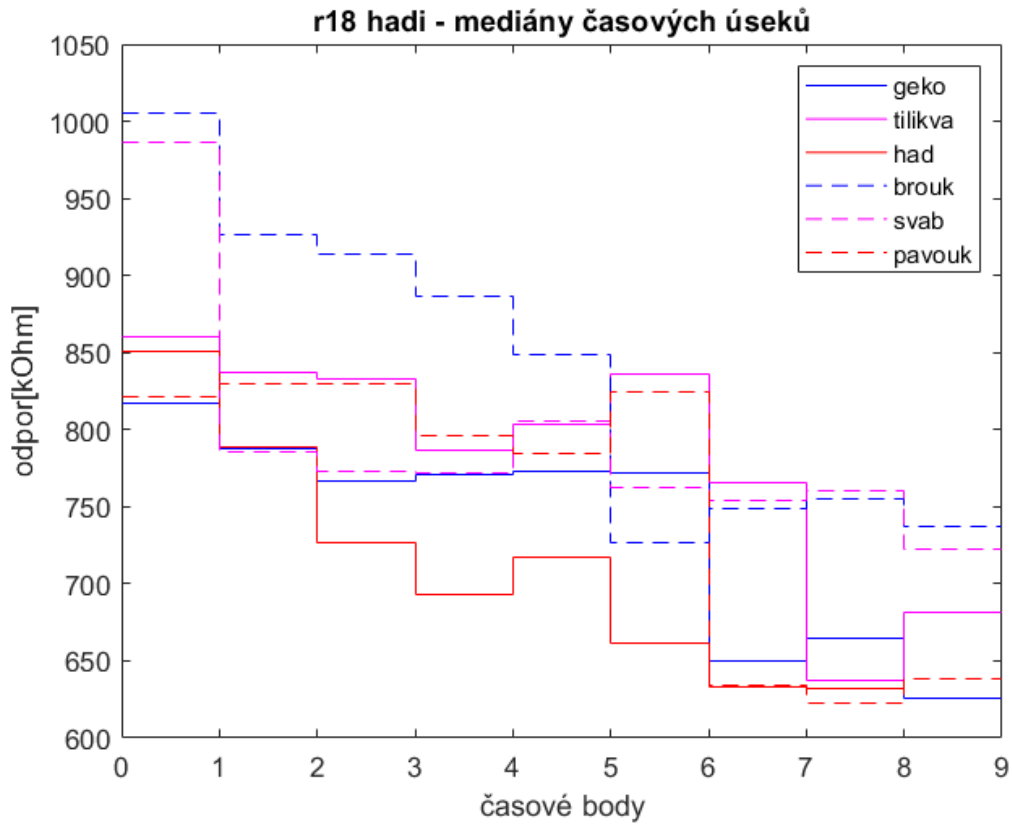


Obrázek 19: Interpolované signály respondenta s fobií z hadů

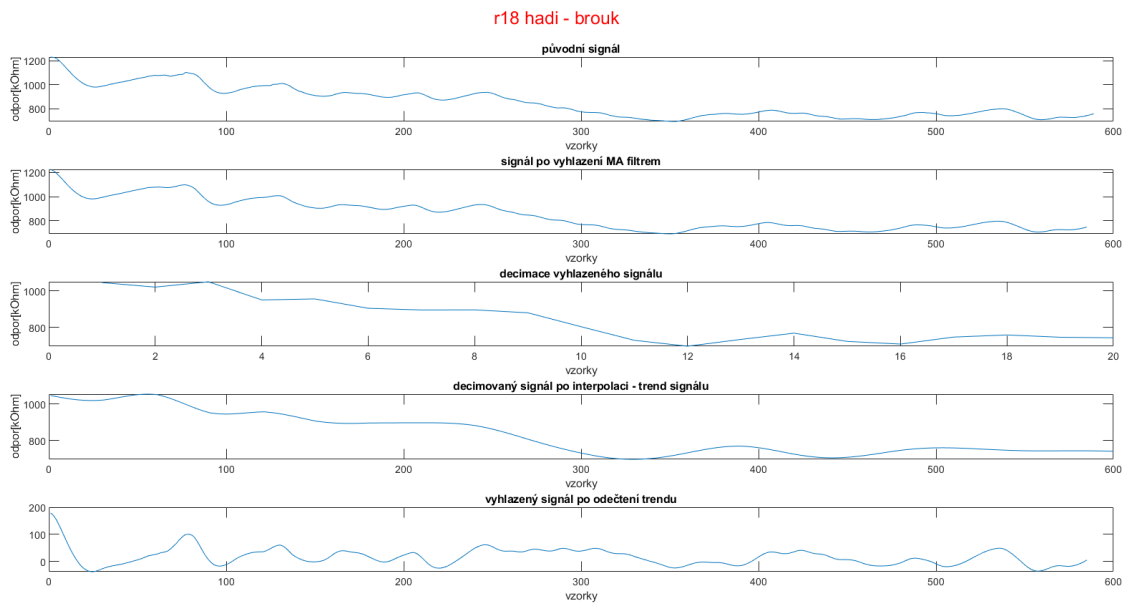
## r18 hadi - časové značky



Obrázek 20: Časové značky signálů respondenta s fobií z hadů

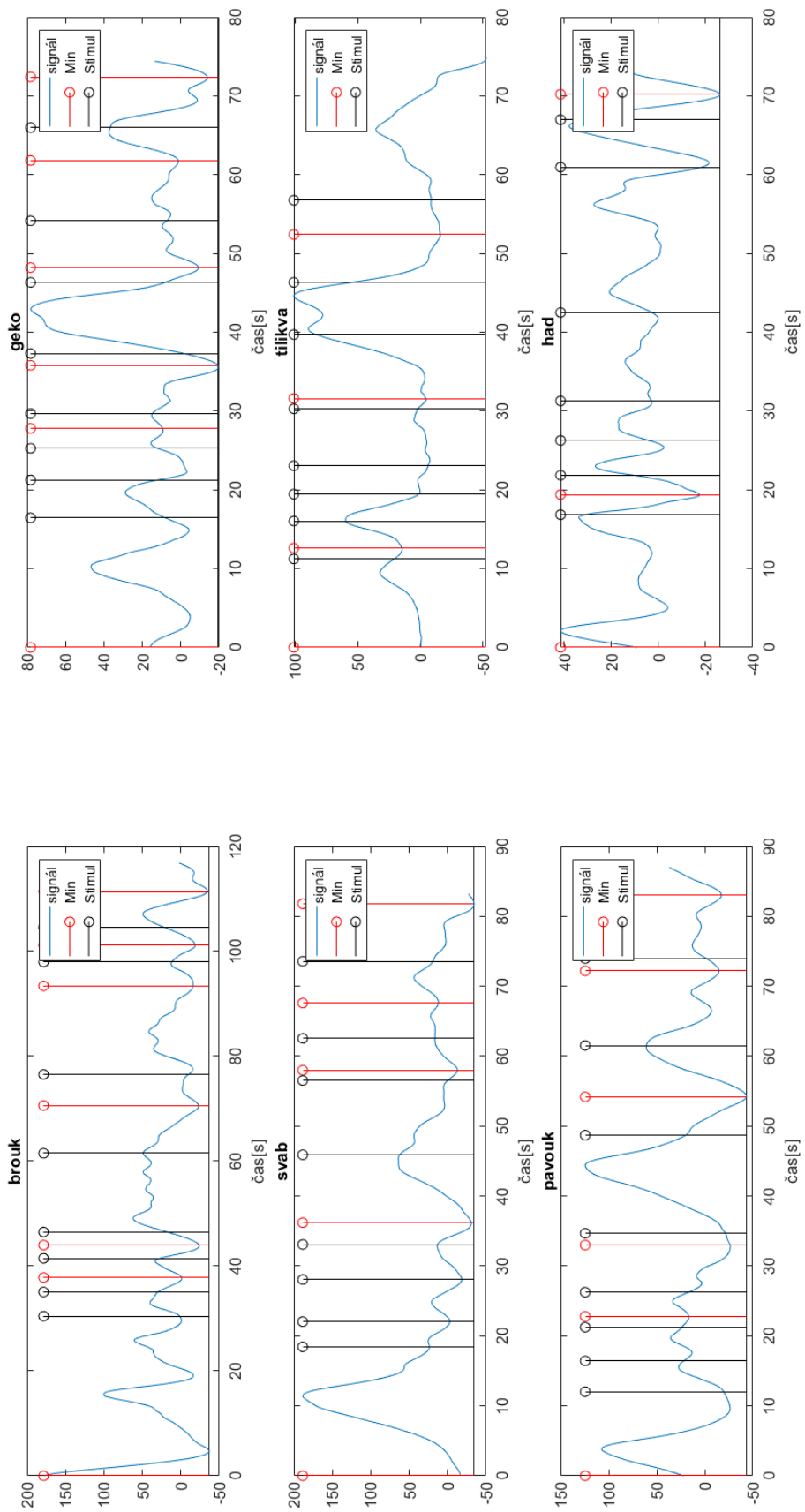


Obrázek 21: Mediány časových úseků signálů u respondenta s fobií z hadů



Obrázek 22: Úprava signálu před detekcí reakcí respondenta s fobií z hadů

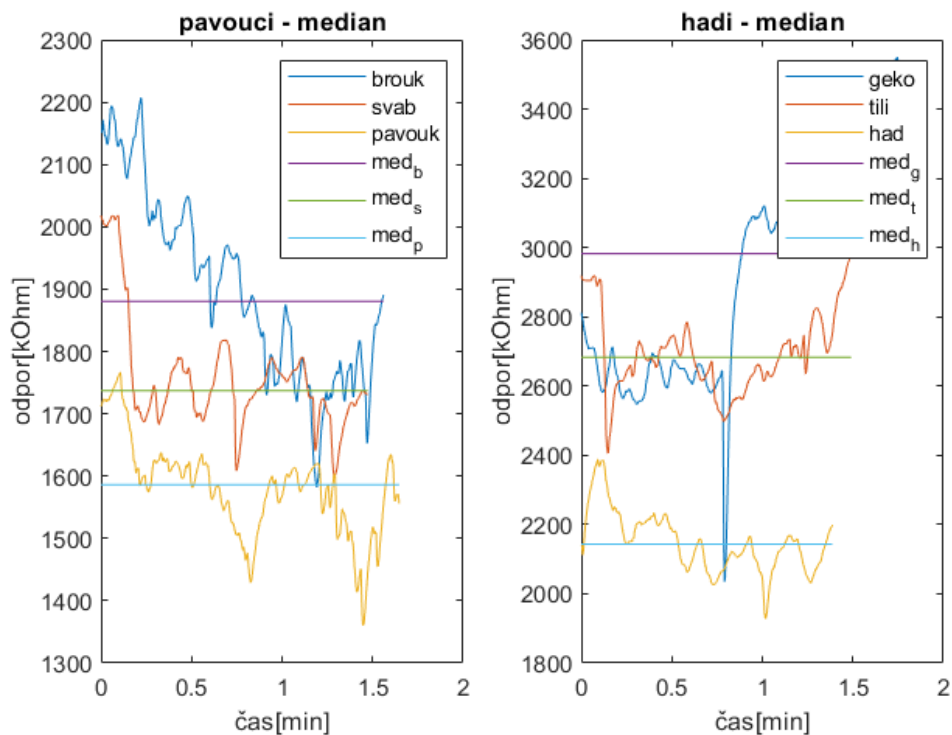
r18 hadi - reakce na stimuly



Obrázek 23: Detekované reakce na stimuly respondenta s fobií z hadů

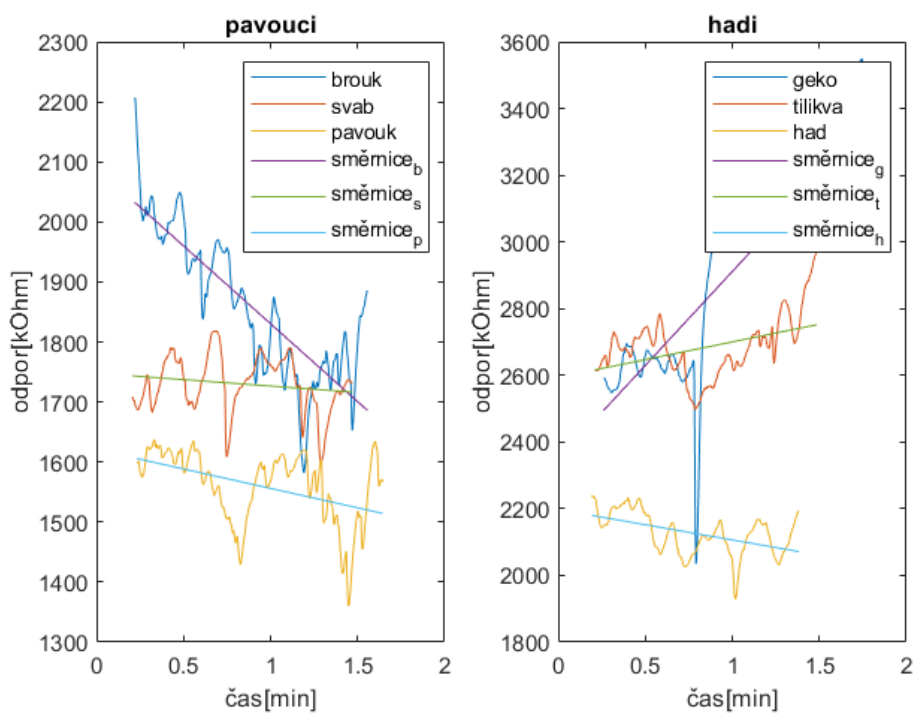
# PŘÍLOHA C – PRŮBĚHY A DETEKOVANÉ HODNOTY U RESPONDENTA Z KONTROLNÍ SKUPINY

r69 - kontrola



Obrázek 24: Načtené signály s jejich mediány respondenta z kontrolní skupiny

r69 kontrola - směrnice



Obrázek 25: Směrnice oříznutých signálů respondenta z kontrolní skupiny

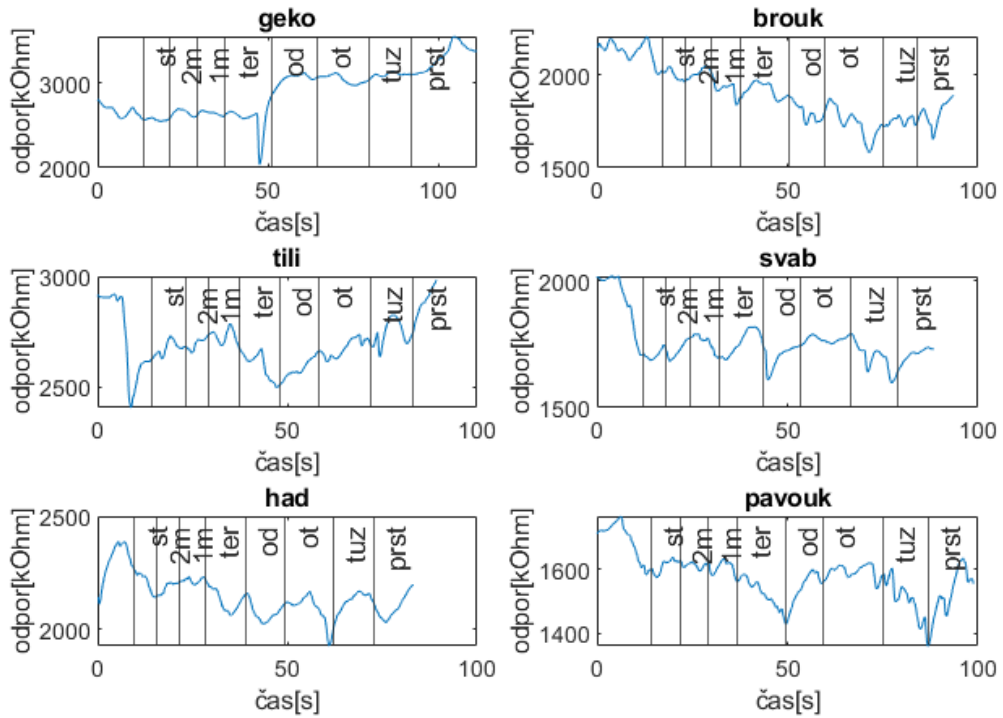


## r69 kontrola - interpolovaný

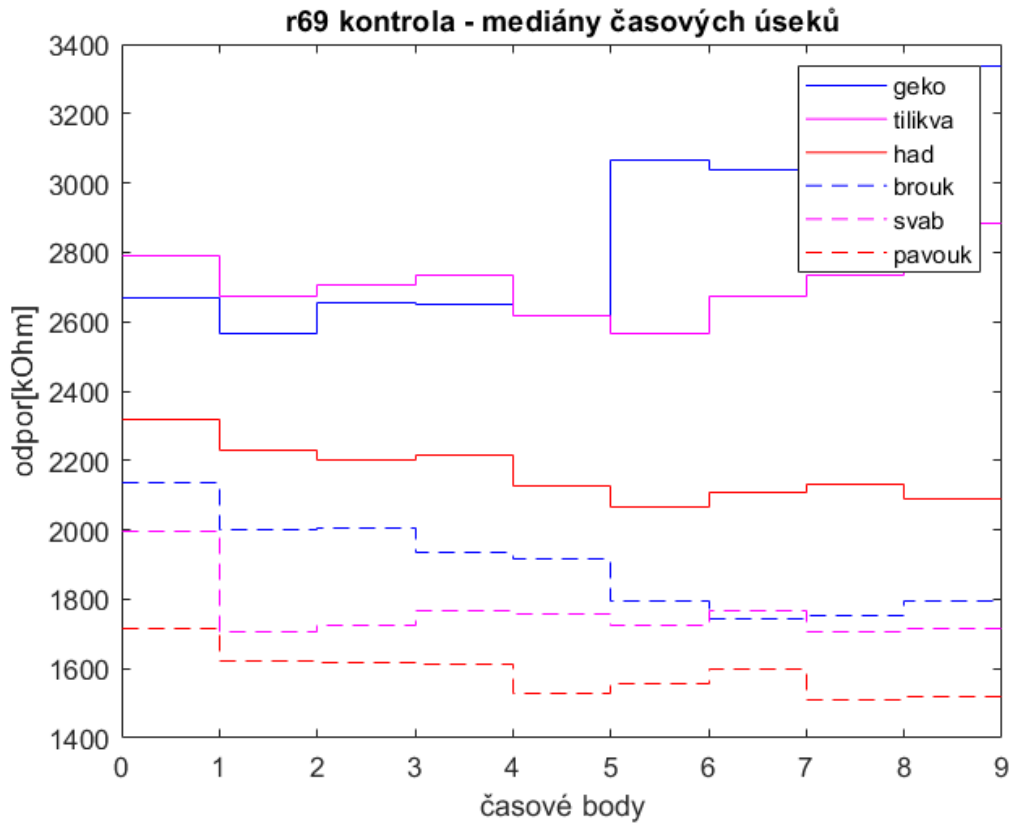


Obrázek 26: Interpolované signály respondenta z kontrolní skupiny

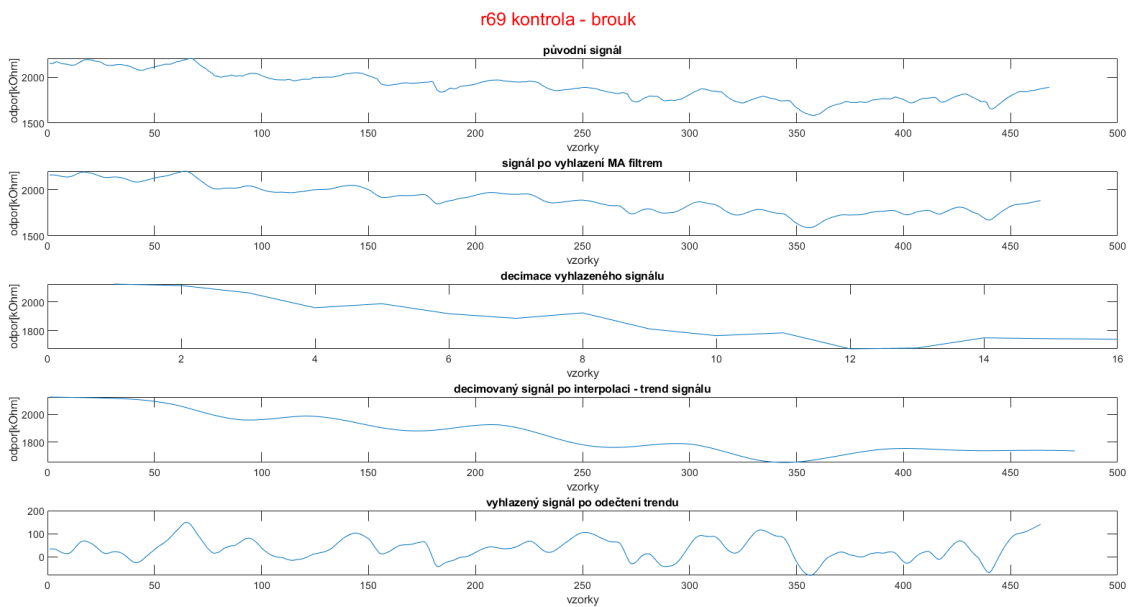
## r69 kontrola - časové značky



Obrázek 27: Časové značky signálů respondenta z kontrolní skupiny

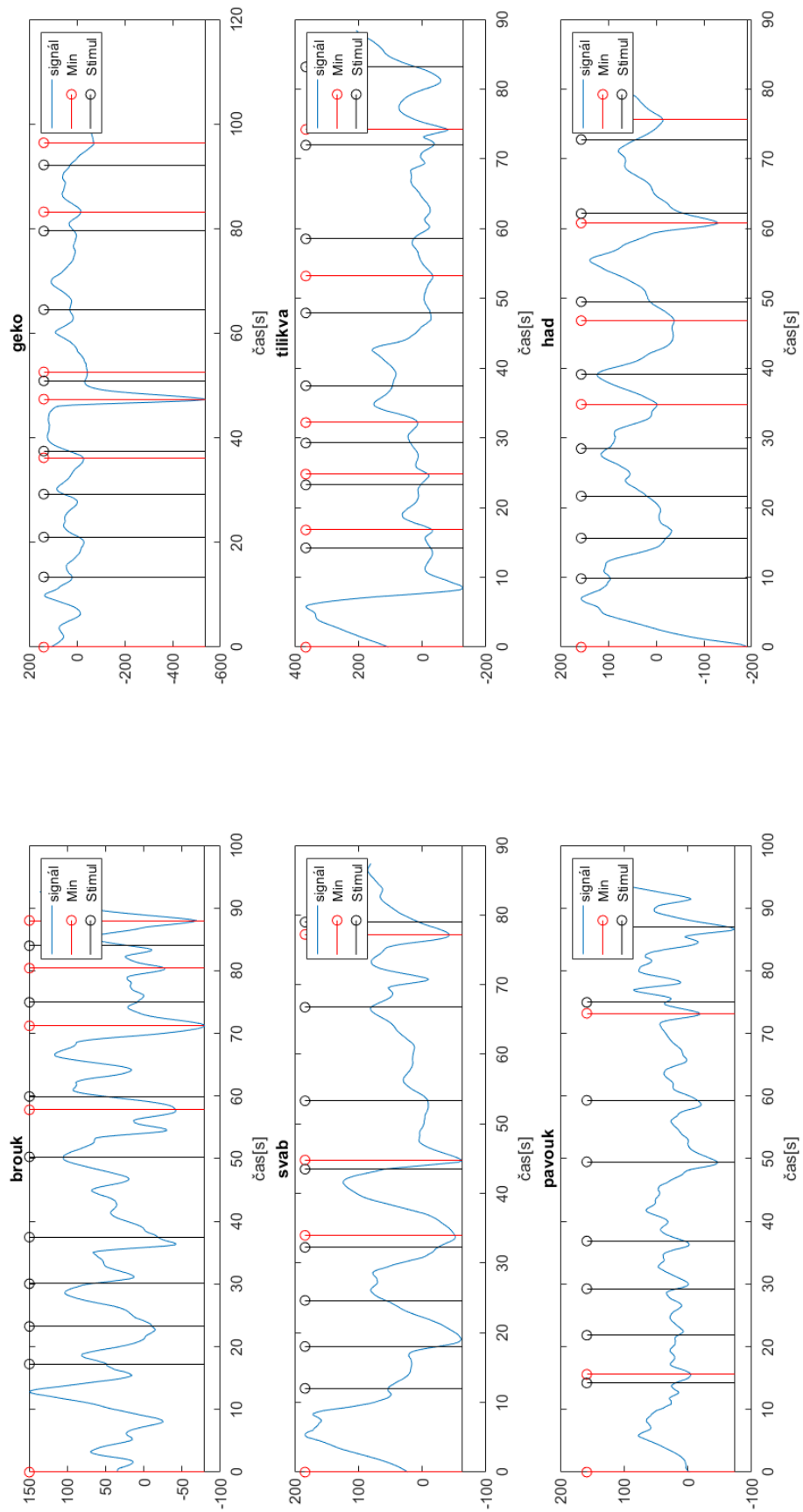


Obrázek 28: Mediány časových úseků signálů respondenta z kontrolní skupiny



Obrázek 29: Úprava signálu před detekcí reakcí respondenta z kontrolní skupiny

r69 hadi - reakce na stimuly



Obrázek 30: Detekované reakce na stimuly respondenta z kontrolní skupiny