

Západočeská univerzita v Plzni  
Fakulta aplikovaných věd  
Katedra informatiky a výpočetní techniky

## **Bakalářská práce**

# **Detekce emocí v biosignálech**

Místo této strany bude  
zadání práce.

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Plzni dne 23. června 2016

Šárka Klímková

## Abstract

This thesis deals with the detection of emotions in biosignals at people playing chess. Player's attention during game and subsequently even the result of the game is influenced by many factors. One of the factors are emotions which may influence the game in both positive and negative way.

Emotions are recognisable in biosignals which can be recorded and then evaluated. The performed experiment is focused on the brain activity evaluated using electroencephalogram (*EEG*) and the electrodermal activity recorded from the skin conductivity response (*SCR*).

The data analysis is focused on the differences of signals during specific parts of the game which could have a different impact on emotions. The evaluation is done using *Student paired t-test*.

## Abstrakt

Tato práce se zabývá detekcí emocí v biosignálech u lidí hrajících šachy. Při hře působí mnoho faktorů, které mohou odvádět hráčovu pozornost a tím ovlivnit výsledek partie. Jedním z faktorů jsou emoce, které mohou mít jak pozitivní, tak negativní vliv.

Emoce se projevují v biosignálech, které je možné zaznamenávat a následně vyhodnotit. Proběhlý experiment se zaměřuje na mozkovou aktivitu, která je vyhodnocována z elektroencefalogramu (*EEG*) a na elektrodermální aktivitu detekovanou z odezvy kožní vodivosti (*SCR*).

Analýza získaných dat se zaměřuje na rozdíly v signálech v různých částech šachových partií, které mohou mít různý vliv na emoce. Vyhodnocení získaných dat je provedeno pomocí *Studentova párového t-testu*.



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Problematika emocí</b>	<b>3</b>
2.1	Pojem "emoce" . . . . .	3
2.2	Emoce a fyzické projevy . . . . .	3
2.2.1	Projevy periferní nervové soustavy . . . . .	4
2.2.2	Činnost centrální nervové soustavy . . . . .	4
2.3	Možnosti měření emocí z biosignálů . . . . .	5
2.3.1	Elektrodermální aktivita . . . . .	5
2.3.2	EEG . . . . .	6
2.4	Vliv emocí na motivaci a pozornost . . . . .	9
2.4.1	Lidský mozek a emocionálně motivační vztahy . . . . .	10
2.5	Experimenty zabývající se emocemi . . . . .	10
2.5.1	Aplikace EEG asymetrie na poměrování reklam . . . . .	10
2.5.2	EEG asymetrie, srdeční tep a produkce kortisolu v reakci na virtuální realitu vyvolávající stres . . . . .	11
2.5.3	Závislost výkonnosti jednotlivců na fyziologických signálech . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Návrh experimentu</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Realizace experimentu</b>	<b>16</b>
4.1	Využívané přístroje a programy při měření . . . . .	16
4.2	Příprava subjektů . . . . .	18
4.3	Průběh experimentu . . . . .	19
4.3.1	Postup měření . . . . .	20
4.3.2	Zhodnocení průběhů měření . . . . .	21
<b>5</b>	<b>Zpracování dat</b>	<b>22</b>
5.1	Předzpracování signálu . . . . .	22
5.1.1	EEG signál . . . . .	22
5.1.2	EDA signál . . . . .	24
5.2	Analýza získaných dat . . . . .	24
5.2.1	EEG signál . . . . .	25
5.2.2	EDA signál . . . . .	32

<b>6 Závěr</b>	<b>34</b>
<b>Literatura</b>	<b>39</b>
<b>Přílohy</b>	<b>41</b>

# 1 Úvod

Emoce jsou důležitou součástí našeho života. Jejich prostřednictvím ohodnocujeme okolní svět a tím nás zásadně ovlivňují. Proto je také důležité jim porozumět – jak se definují, jakým způsobem vznikají a jaké jsou jejich projevy a důsledky. Na samotné definici emocí se však sami autoři vědeckých článků neshodují. Tímto fenoménem se zabývám v kapitole 2.1. S vědomím tohoto faktu je pokládání dalších otázek ohledně emocí poněkud problematické. Například – dá se do emocí zahrnout i prvotní selekce podnětů z okolí? Jelikož však na další procesy má i ona selekce podstatný vliv, zabývám se jí v textu též (kapitola 2.4).

Emocí se týkají procesy odehrávající se v našem těle. Ty mají vliv na naši momentální náladu a koncentraci. Emoce vyjadřuje, jaký vztah máme ke konkrétním objektům nebo událostem, zda v nás vyvolávají příjemné pocity nebo naopak nelibé. A emocemi se také dorozumíváme s okolím, protože se dají vyčíst z naší tváře nebo tónu hlasu. Týkají se jich ale také fyzické projevy, které nejsou tak snadno rozpoznatelné – změny tenze svalů, změny vodivosti kůže, krevního tlaku, rychlosti srdečního tepu, hloubky a rychlosti dýchání [8] a všechny tyto vnější projevy jsou vyvolané činností neuronů. [12]

Uvedené fyzické projevy emocí jsou měřitelné a jsou vodítkem k lepšímu porozumění toho, co se odehrává v našich myslích. Touto problematikou jsem se také rozhodla zabývat ve své bakalářské práci. Budu měřit šachisty při hře s omezeným časem a zjišťovat, zda emocionálně vyhocenější části partií budou mít vliv na naměřené biosignály. Snímat budu mozkovou a elektrodermální aktivitu pomocí dostupných přístrojů v univerzitní laboratoři. U mozkových vln se zaměřím na pásmo alfa ve frontální části mozku, u elektrodermální akvitivity budu analyzovat odezvy kožní vodivosti (*SCR*). *Studentovým párovým t-testem* budu vyhodnocovat významnost rozdílů v naměřených datech.

## 2 Problematika emocí

Tato kapitola se zabývá emocemi z několika úhlů pohledu. Nejprve jsou emoce definovány a následně je uvedeno kde a jakým způsobem mají vliv na tělo člověka. Na tyto úvodní informace navazuje kapitola popisující možnosti měření emocí z biosignálů. V dalších sekcích je popsáno, jaký vliv hrají emoce při ovlivňování pozornosti a motivace a nakonec je uvedeno několik experimentů, které se uvedenými problematikami zabývají.

### 2.1 Pojem "emoce"

Mnoho vědeckých studií uvádí, že emoce nejsou jednoduchý fenomén [16] [13] [10], ale přesto lze najít různé definice v řadě vědeckých článků a publikací.

Například P. R. Kleinginna a A. M. Kleinginna shromáždili a zanalyzovali na 92 definic pojmu emoce z literatury své doby. Došli k závěru, že mezi nimi existuje určitá konzistence a navrhli následující shrnující definici: [10]

Emoce jsou komplexní soubor interakcí mezi subjektivními a objektivními faktory zprostředkovanými nervovými a hormonálními systémy, které mohou:

- Vytvářet emocionální zkušenost jako pocity vzrušení, libosti/nelibosti.
- Generovat kognitivní procesy jako je emocionálně odpovídající vnímání situace, odhad a rozlišovací procesy.
- V širokém měřítku přizpůsobovat fyziologii podmínkám vyvolávajícím vzrušení.
- Vést k chování, které je často, ale ne vždy, expresivní, směřující k cíli a adaptivní.

Oproti tomu také existuje názor takový, že definovat přesně pojem emoce je nemožné, neboť výzkum emocí se sám zabývá jejich podstatou (zásadními vlastnostmi), která je pro správnou definici nezbytná. [16]

### 2.2 Emoce a fyzické projevy

Tělo člověka funguje jako stabilní systém, který se vyrovnává s vnějšími podmínkami. Některé emoce mohou narušit jeho rovnováhu a vedou k široké

škále fyzických změn. [8] Tyto tělesné projevy se dělí do dvou částí, podle toho, který nervový systém je jejich konečným původcem – periferní nervová soustava nebo centrální nervová soustava.

### 2.2.1 Projevy periferní nervové soustavy

Pro fyzické prožívání emocí jsou charakteristické reakce srdce, kůže a svalů. Tyto orgány jsou kontrolovány právě periferní nervovou soustavou. Za fyzické změny jsou zodpovědné dvě části této soustavy – parasymptetická a sympatetická. Obě se skládají z nervových vláken, které se větví a rozdělují podle cílových orgánů, ke kterým směřují. Jsou zodpovědná mimo jiné za změnu rychlosti srdečního tepu, krevního tlaku, rychlost dýchání nebo elektrodermální reakce. [4]

Četné vědecké výzkumy změn rychlosti srdečního tepu při vyvolávání emocí poskytly řadu zjištění. Například bylo pozorováno, že při promítání obrázků se více zpomalí tep u nelibých scén než u příjemných nebo neutrálních. Naopak zvýšení tepu subjektů je docíleno představováním si emočně zabarvených scén, nejpatrněji u těch, které jsou založené na osobní zkušenosti subjektů. Podle teorie P. J. Langa je zvýšení tepu znakem uzpůsobení organismu k nadcházející akci – díky asociativní síti je nejprve rozpoznán stimulus, poté souvislosti a nakonec informace o nadcházející akci. [4]

Elektrodermální aktivita je oproti srdečnímu tepu zvýšená při všech vzrušení vyvolávajících událostech. Je výraznější při promítání příjemných nebo nelibých obrázků než u neutrálních, stejně to platí i u představ. Zdrojem těchto tělesných projevů je sympatetický nervový systém, který se tedy očitvidně aktivuje až už při rozpoznávání, tak při představách nebo předvídání událostí a připravuje organismus k akci. [4]

Zjevnými vnějšími znaky emocionálního prožívání jsou obličejové grimasy. Ty jsou zprostředkovány svaly, které jsou připojeny ke kůži a spojeny s obličejovým nervem. Různé emoční stavy se dají vyčíst z různých grimas – například snižování a srašťování obočí je spojeno s distresem a vystavení se nelibému stimulu. [4]

### 2.2.2 Činnost centrální nervové soustavy

Základním přenašečem informací v těle člověka jsou nervové buňky (neurony), které přenášejí signál a tím vedou informaci uvnitř centrální nervové soustavy (*CNS*) a do zbytku těla nebo z něj. Neurony se dají rozdělit podle směru vedení signálu – na aferentní (přívodní), které vedou signál od senzoryových receptorů do *CNS* a eferentní (odvodní), které vedou signál z *CNS*

k efektorům. [6]

Děje odehrávající se v mozku, neboli činnosti těchto neuronů, jsou zaznamatelné na povrchu hlavy. Patří tedy mezi další fyzické projevy emocí, které můžeme měřit dostupnými technologiemi.

Oblasti v mozku, které jsou nejvýznamější z hlediska zpracování emocí, jsou: [4]

- **Amygdala** Jednou z jejích funkcí je rozpoznat emocionální váhu příchozího signálu. Pomáhá k učení souvislostí mezi příchozím stimulem a jeho možnou hrozbou.
- **Prefrontální kortex** Stejně jako amygdala hraje roli při zpracování podnětů týkajících se predikce odměny. Neurony v prefrontálním kortexu hrají roli při detekování váhy odměny, kterou by naučený stimul mohl přinášet. Dále se prefrontální kortex podílí na plánování a rozhodování na základě předchozích zkušeností.
- **Přední cingulární kortex** Dělí se na kognitivní a emocionální část. Emocionální část monitoruje nesoulad mezi funkčním stavem organismu a příchozí informací, která by tento stav mohla ovlivnit.
- **Hypotalamus** Kontroluje procesy v těle – teplotu, hlad, žízeň a produkování hormonů. Je zapojen ve zpracovávání emocí a sexuálního vzrušení.
- **Insulární kortex** Také zpracovává emoce a je zodpovědný za emocionální prožívání.

## 2.3 Možnosti měření emocí z biosignálů

Emoce se dají detekovat zjišťováním změn rychlosti tepu srdce nebo změn v elektrodermální aktivitě a jiných vnějších fyzických projevů. Dalším prostředkem je snímání elektrického potenciálu z povrchu hlavy pomocí elektrod. Díky tomu získáme záznam *EEG* signálu, který poslouží k další analýze. Z *EEG* záznamu se dají vyhodnotit evokované potenciály – elektrické odezvy mozku na rozdílné typy stimulací.

### 2.3.1 Elektrodermální aktivita

Vyšší elektrodermální aktivita (*EDA*) je způsobena vylučováním stresových hormonů zahrnujících adrenalin a kortisol, kvůli nimž dochází ke

změnám ve vodivost kůže (galvanická kožní reakce), které je možné zaznamenávat. [20]

Základní pojmy související s vyhodnocováním *EDA* jsou: [1]

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

Odezva kožního potenciálu (*SPR*) ukazuje na změny v potenciálu kůže (*SP*) a hladina kožního potenciálu (*SPL*) je úroveň *SP* v jakémkoliv bodě v čase. U *SPR* se rozlišují bifázické a unifázické vlny. Kvůli neustálenému *SPL* může být měření amplitudy *SPR* komplikované. [1]

Vzhledem ke snadnější manipulaci s hodnotami vodivosti – průměrováním a další statistickou manipulací, se jim dává přednost před hodnotami odporu. Výhodou vodivostních hodnot je fakt, že jsou, jak již bylo uvedeno výše, přímo úměrné aktivitě organismu. Tradiční jednotkou vodivosti je  $\mu\text{mho}$ , která bývá již nahrazována jednotkou  $\mu\text{S}$  (microsiemens). [1]

Odezva kožní vodivosti (*SCR*) vypovídá o momentálních změnách ve vodivosti kůže (*SC*) a hladina kožní vodivosti (*SCL*) o výchozích hodnotách *SC* v jakémkoli bodě v čase. Fázová změna *SC* se může měnit od  $0,05 \mu\text{S}$  (v poslední době se spodní hranice posouvá v literatuře čím dál častěji k hodnotě  $0,01 \mu\text{S}$  [2]) do  $5 \mu\text{S}$ . Tato změna nastává přibližně v rozmezí 1 až 3 s po objevení stimulu. [1]

Záznam je možné pořídit pomocí dvou elektrod umístěných na dlaních, prstech nebo předloktí subjektů. [9] [1] [17]

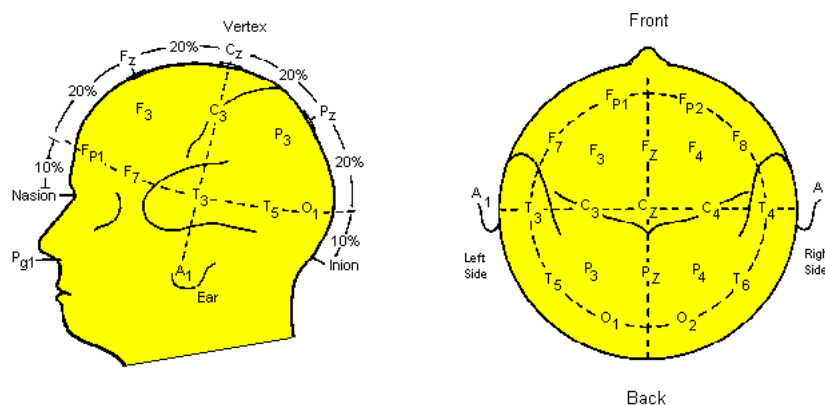
Při měření se zpravidla nepočítá s intervencí rušivých proměnných, tzv. arterfaktů. Jejich potlačení je závislé na použití vhodné elektrodové pasty s ekvivalentní elektrolytickou hodnotou ( $0,3 \%$  NaCl) vzhledem ke koncentraci NaCl v potu. [14]

### 2.3.2 EEG

Díky elektrodám připevněným k povrchu hlavy subjektů je získán záznam signálu z probíhající elektrické aktivity na skalpu – elektroencefalogram. Obrázek 2.1 ukazuje možný systém připevňování elektrod na hlavu

subjektů, rozdělený do jednotlivých oblastí. Označení elektrod odkazuje na počáteční písmeno oblasti, nad kterou se nachází – „P“ se nachází nad parietálním lalokem, „F“ se nachází nad frontálním lalokem, „O“ nad okcipitálním a „C“ jsou centrální elektrody. Lichá čísla popisují levou hemisféru a sudá pravou. [21] Ze záznamu signálu se dají odlišit různé druhy rytmů podle své frekvence:

- **Alfa rytmus (8 – 14 Hz)** – je měřitelný převážně v zadní části hlavy. Je produkován mozkem, který je zdravý a bdělý. [12] Signál se objeví ve chvíli, kdy je mysl prostá jakéhokoli napětí a není rozptylována podněty z vnějšího prostředí, ani se nezabývá soustředěným myšlením. Signál mizí při otevření očí a zaměřené pozornosti. [21]
- **Beta rytmus (14 – 40 Hz)** – vyskytuje se nejčastěji frontálně, také centrálně a v týlní části. [12]. Charakterizuje vědomé smyslové soustředění na naše okolí, připravenost reagovat, akceschopnost, menší či větší míru napětí a stav náladových změn až podrážděnost. V pásmu od 22 Hz výš představuje vysokou energetickou zátěž a při hodnotách nad 30 Hz se již organismus nachází ve stavu stresu podráždění, trémě nebo úzkosti. [21]
- **Delta rytmus (<4 Hz)** – obvykle se dá naměřit v oblasti F3 a C3 (obr. 2.1) [12]. Toto pásmo je stavem velmi výrazného útlumu všech funkcí. [21]
- **Théta rytmus (2 – 7 Hz)** – vyskytuje se většinou v oblasti spánkových laloků, může být v levé hemisféře. [12] Je stavem výrazného útlumu všech funkcí. Mysl ani tělo nereagují samy o sobě na žádné smyslové podněty. [21]



Obrázek 2.1: Mezinárodní systém 10-20 pro rozmístění elektrod. (převzato z [12])



V praxi jsou tyto aktivity naměřeny pouze v případě, pokud je určitá hladina v celém mozku dominantní. Zdaleka ne vždy tato situace nastává, a pokud ano, tak trvá velmi krátce, třeba jen po dobu několika minut. [21]

## Artefakty

Kromě čistého záznamu signálu se ve výsledném grafu objevují také artefakty, které nesouvisí s činností mozku. Nejčastěji se rozdělují podle původu na [12]:

- Artefakty měřeného subjektu
  - artefakty z mrkání a jiných pohybů očí
  - svalové a pohybové artefakty
  - artefakty tepové, ze srdeční činnosti
  - artefakty z pocení
  - artefakty z pohybů jazyka a čelisti
- Interferenční artefakty
  - vliv elektromagnetického pole od okolních přístrojů, např. síťový kmitočet s frekvencí 50 Hz
  - zvonění mobilního telefonu
  - vypnutí/zapnutí osvětlení nebo klimatizace

## Evokované potenciály

Evokované potenciály (*ERP*) jsou nervové odezvy, které mohou být vyvolány vnějšími podněty nebo přímým drážděním mozkové kůry; např. impulzy magnetického pole. Jsou zaznamenávány stejným způsobem jako *EEG* – elektrodami umístěnými na pokožce hlavy. Na typu vnějšího podnětu, jinak řečeno stimulu, závisí charakteristiky *ERP*. Dalším důležitým faktorem je psychický stav subjektu (např. únava, pozornost atd.). Rozlišují se druhy *ERP* komponentů v závislosti na pořadí odezvy po stimulu (času odezvy) a jejich polarity (P – pozitivní, N – negativní). [11]

Toto jsou některé z rozlišovaných *ERP* komponentů:

- **P1** Nebývá snadno rozlišitelná. Je měřena postranními elektrodami vyskytujícími se v okcipitální části. Odráží úroveň rozrušení. [11] [7]
- **N1** Následuje po P1. Je to jedna z nejlépe identifikovatelných komponent bez ohledu na konkrétní analýzu a objevuje se při neočekávaném stimulu. [11] [7]

- **P2** Navazuje na vlnu P1. Je měřena na frontální a centrální části hlavy. Tato komponenta je větší pro méně časté (vzácné) podněty. [11] [7]
- **N2)** Objevuje se při jakékoliv změně v opakujícím se zvukovém stimulu. [11] [7]
- **P3** Její přítomnost je například způsobena nepředvídatelným výskytem daného stimulu (sluchového, vizuálního). [11] [7]
- **N400** Tato negativní vlna bývá obvykle spojována s porozuměním úkolu. [11] [7]
- **LPP** V angličtině Late Positive Potencial, neboli pozdní pozitivní potenciál. Jeho amplituda je výraznější při promítání emocionálně zabarvených obrázků v porovnání s neutrálními. [5]

## 2.4 Vliv emocí na motivaci a pozornost

Lidé prostřednictvím svých smyslů obdrží za sekundu na miliardu bitů informací, ale schopni jsou vstřebat pouze 10 až 100 bitů. [19]

O tom, které objekty nebo události budou upřednostněny a projdou selektivním mechanismem, rozhodují rozdílné formy kontroly pozornosti – aktivní a pasivní. U pasivní pozornosti jsou rozhodujícími faktory charakteristiky stimulu, jako je jeho intenzita, jak náhle se objevil nebo že je nový. U aktivní pozornosti odráží prioritní zpracování záměrnou snahu hledat konkrétní podnět založený na instrukcích, vlastní snaze nebo asociativním učení. [18]

Kromě toho určité stimuly přitahují selektivní pozornost na základě subjektivního významu – intenzity emoční a motivační. Z biologického hlediska je tento mechanismus propojen s dvěma základními tendencemi – nutností udržet sebe a ostatní členy společenství v bezpečí před predátory a nutností zajistit potravu, pářit se a starat se o potomstvo. Stimul představující nebezpečí je spojen s negativními pocity a nutí jemu vystaveného jedince vyhnout se riziku. Druhý stimul vyvolává příjemné stavy a motivuje k akci. Z tohoto hlediska jsou tedy emoce považovány za stavy přerušující probíhající chování a mentální procesy, ať už se snahou vyhnout se riziku, či vyvolávající motivaci k určité činnosti. [18]

S emocemi kromě výše uvedeného souvisí také předchozí efektivní selekce významných informací z okolí a jejich zpracování. Z tohoto hlediska je tedy role emocí také v usměrňování pozornosti. [18]

### 2.4.1 Lidský mozek a emocionálně motivační vztahy

Vědecká práce provedená Varšavskou univerzitou shrnuje vědecké poznatky provedené v tomto oboru do roku 2010: [15]

Teorií, jejíž pravdivost byla zkoumána, byla existence souvislosti mezi různými hodnotami alfa vln naměřenými v pravé a levé části prefrontálního kortexu. Původní názor, že tyto rozdíly souvisí s emocionálními stavy popisujícími na jedné straně radost a na druhé smutek (běžně využívaný anglický výraz "valence"), nebyl potvrzen. [15]

Nově zjištěným vodítkem jsou dvě tendence, které zmiňují výše – aktivní přístup, se kterým je spojena levá část prefrontálního kortexu a snaha vyhnout se riziku, se kterou je spojena pravá část (tudíž, čím větší množství energie v levé části, tím více je posílen aktivní přístup a naopak). Změny v pásmu alfa nastávají právě kvůli tomu, že emoce vyvolané stimuly obsahují tyto dvě komponenty a jejich působení má rozdílné vlivy na alfa vlny v pravé a levé hemisféře prefrontálního kortexu. Tento efekt se nazývá frontální asymetrie. [15]

Další teorie, která by se dala spojit s výše uvedenou, tvrdí, že naměřené výsledky také silně souvisejí se snahou dosáhnout nějakého cíle. Například tendence s aktivním přístupem by byla spojená s nadšením a entuziasmem, ale ne s radostí, která by se dala považovat za emoci objevující se až po dosažení cíle. [15]

## 2.5 Experimenty zabývající se emocemi

V následujících kapitolách jsou uvedeny tři experimenty, které se zaměřují na problematiku emocí a jejich detekce při různých podnětech z mozkových vln a elektrodermální aktivity.

### 2.5.1 Aplikace EEG asymetrie na poměrování reklam

Studie z Varšavské univerzity se zaměřila na efekt tří reklam na levou část frontálního kortexu. Všechny reklamní spoty byly od stejné značky a obsahovaly emocionální a informativní část. K měření bylo využito 45 subjektů (24 mužů, 21 žen) s věkem od 26 do 45 let. Každému účastníkovi experimentu bylo promítáno na monitoru 30 reklam sloužících jako distraktory a tři cílové reklamy. Pouštěny byly v náhodném pořadí s 20 s přestávkou mezi každou z nich. Reklamy byly rozděleny do tří bloků a před každým blokem měl měřený subjekt vykonat nějaký úkol aktivující kognitivní schopnosti (jako příklad je uveden Stroopův test, během kterého jsou promítány slova

a subjekt musí říct, v jaké jsou vyobrazeny barvě). Prvních 15 s před každou reklamou bylo použito k získání hodnot v klidovém stavu. [15]

*EEG* měření bylo provedeno 16 kanálovým zesilovačem s elektrodami rozmístěnými podle 10-20 systému a k měření bylo využito všech elektrod ve frontální části kromě Fz. Zpracováno bylo pásmo alfa (8 – 12 Hz) s využitím fourierovy transformace. Byly zprůměrovány hodnoty z ipsilaterálních elektrod (ze stejné strany) a porovnány s kontralaterálními (opačné strany). První hypotéza předpokládala, že mezi jednotlivými reklamami budou významné rozdíly v alfa hodnotách v levé frontální části mozku u emocionální části reklamy, další předpokládala to samé u informativní části. Další hypotézy se týkaly konkrétnějších částí reklam. [15]

Analýza dat byla zpracována dvěma způsoby – jedna porovnávala relativní rozdíly mezi jednotlivými reklamami, ta druhá zkoumala absolutní rozdíly, což znamenalo porovnání jednotlivých výsledků s hodnotami v klidovém stavu. Vyhodnocení bylo provedeno analýzou rozptylu (*ANOVA*) a post hoc testem Bonferoniho korekcí. [15]

První hypotéza se potvrdila, vzhledem k tomu, že první testovací reklama vyvolávala významně vyšší hodnoty v levé frontální hemisféře v porovnání s hodnotami vyvolanými třetí reklamou. Po porovnání informativní části se po post hoc analýze ukázaly obdobné výsledky u první reklamy v porovnání s oběma dalšími. U všech ostatních hypotéz vycházely obdobné výsledky. V porovnání s klidovým stavem byla viditelná větší aktivace v levé frontální části u všech hypotéz pouze u první reklamy. [15]

### **2.5.2 EEG asymetrie, srdeční tep a produkce kortisolu v reakci na virtuální realitu vyvolávající stres**

Studie zveřejněná ve vědeckém časopise *International Journal of Psychophysiology* z roku 2014 se zabývala projevem stresové situace na *EEG* asymetrii a další biologické signály. Experimentu se zúčastnilo devět dobrovolníků (šest mužů a tři ženy) ve věkovém rozmezí 21 – 37 let. Vizualní a zvukový stimul byl vyvolán hrou *Virtual Battle Space 2*, kde účastníci experimentu projížděli nebo procházeli městem a měli za úkol mačkat čísla 1, 2 a 3 na klávesnici podle toho, v jakém směru se objevil rizikový jev. Jedním z rizikových jevů byla utíkající žena pronásledovaná třemi muži. [3]

Průběh experimentu se rozděloval na pět částí. V prvním bloku měli dobrovolníci za úkol pouze sledovat promítanou oblast. Blok sestával z jedné části trvající osm minut. Další, experimentální, blok se skládal ze čtyř částí, ve kterých již museli účastníci experimentu mačkat tlačítka a které se dělily podle toho, zda byly stresové nebo ne. Dobrovolníkům bylo řečeno, že první

a třetí část byla předchozími účastníky ohodnocena jako náročnější a druhá a čtvrtá jako méně náročná. Byli přesvědčováni o tom, že je nutné, aby jejich úspěšnost zaznamenávání podezřelých jevů byla nad určitou mezí, jinak by byl experiment neúspěšný. Po každé části měly subjekty zavřené oči přibližně po dobu dvou sekund. [3]

První část experimentálního bloku organizátoři předčasně ukončili a řekli měřeným dobrovolníkům, že to bylo z důvodu jejich nízké úspěšnosti. V ostatních částech dostaly subjekty již pozitivní zpětnou vazbu. Po každém měření měly za úkol vyplnit dotazníky, týkající se jejich fyzického a psychického stavu, míru pocitů úzkosti a způsob reakce na odměnu a naopak kritiku svých výkonů. [3]

Následně byly zpracovány hodnoty pásma alfa (8 – 13 Hz) pro každého účastníka, blok, elektrodu a část se zavřenými a otevřenými očima. Hodnoty byly získány ze spektrální analýzy provedené fourierovou transformací. Rozdíly mezi dvěma hemisférami byly odůvodněny rozdílným způsobem, jakým se účastníci vyrovnávají se stresem, zda strategií aktivního přístupu nebo snahou o vyhnutí se riziku. Bylo očekáváno, že první část experimentálního bloku bude ukazovat na vyšší úroveň stresu než ostatní tři části a že hodnoty asociativního stresu budou vyšší ve třetí části než ve čtvrté. K vyhodnocení *EEG* asymetrie byly zpracovány výsledky z mediální frontální části (F3, F4) a laterální frontální části (F7, F8). Byla provedena analýza rozptylu (*ANOVA*) s opakovaným měřením spolu s Fisherovým t-testem a také párovým t-testem. [3]

Analýza vyplněných dotazníků neukázala na rozdíly v hodnocení mezi jednotlivými částmi. Pouze u první části experimentálního bloku byly subjekty nespokojenější se svými výsledky. Analýzou rozptylu části se zavřenými očima bylo zjištěno, že k významnému rozdílu se blíží asymetrie ve střední frontální části. V laterální frontální části nebyl zjištěn žádný efekt. Párovým t-testem byla zjištěna asymetrie vyšší u druhé stresové části než u poslední, nestresové části. Významně u mediální frontální části mozku a blíží se významnosti u laterální části. Při otevřených očích nebyl zjištěn významnější efekt. [3]

### **2.5.3 Závislost výkonnosti jednotlivců na fyziologických signálech**

Studie madridské univerzity se zabývá simulací vzrušení u Yerkes-Dodsonova zákona (při zvyšujícím se vzrušení stoupá výkon jednotlivce, ale pouze do určitého bodu, poté nastává pokles výkonu). Experiment testuje vizuální pozornost a logické myšlení subjektů. Data jsou pořizena

bezdrátovým zařízením na monitoring pohybu, srdečního pulsu a vodivosti kůže. Celkem bylo změřeno 15 subjektů. [9]

Každý testovaný subjekt procházel třemi stádii – komfortní situací, bdělostí a ostražitostí, což je optimálním výkonnostní stav a úzkostnými stavy. Scénář měření se dělil na pět částí. Nejprve musel každý subjekt 4 minuty zhluboka dýchat (4 s nádech, 6 s výdech), následoval 4 min dlouhý Stroopův test, opět hluboké dýchání, matematické operace (sčítání, odčítání, násobení a dělení) na 5 minut a nakonec opět hluboké dýchání trvající 3 minuty. Oba testy – matematické operace a Stroopův test, postupovaly v sedmi částech od nízké obtížnosti k nejvyšší. [9]

Důvodem provedení experimentu byla snaha zjistit, zda bude možné z biologických signálů rozpoznat měnící se vzrušení (během 7 částí u testových úkolů) jednotlivých subjektů. [9]

Z naměřených dat bylo získáno 8 charakteristik, mezi nimi 2 týkající se *SCR* – počet reakcí a amplituda reakcí. Vzhledem k podobnosti výsledků mezi jednotlivými charakteristikami a také nevyužitelnosti některých z nich bylo nakonec zanalyzováno pouze *SCR* a elektrokardiogram. [9]

Z analýzy dat vyplývá, že existuje pozitivní korelace mezi složitostí úrovně testu a analyzovanými signály (u *SCR* se to týká jak počtu vrcholů, tak jejich amplitudy). Oblast těsně před poklesem počtu pozitivních odpovědí odpovídá nejvyšší úrovni výkonu Yerkes-Dodsonova zákona. Stejně tak se dají porovnáním rozdílů v signálu rozlišit relaxační části experimentu a části stresové. [9]

## 3 Návrh experimentu

Před začátkem realizace praktické části mi bylo navrženo vedoucím bakalářské práce téma měření šachistů. Vzhledem k tomu, že toto téma je prozkoumáno minimálně, rozhodla jsem se ho přijmout.

Během experimentu budou ve vědecké laboratoři hrát dva šachisté prostřednictvím šachového softwaru a jednomu z nich budou snímány biologické signály. Program musí vyhovovat požadovaným parametrům – musí být přehledný, musí umět propojit dva počítače, případně dva přihlášené hráče a musí nabízet možnost nastavení omezení času. Šachisté budou hrát několik bleskových partií (3 minuty + 2 sekundy za každý odehraný tah).

Oba hráči budou mít k dispozici tlačítka, která jsou dostupná v laboratoři a která budou mít za úkol mačkat po každém odehraném tahu. Díky tomu se budou do záznamu zaznamenávat značky, neboli markery, které mi budou později k dispozici při vyhodnocování.

Šachistům bude měřena mozková a elektrodermální aktivita. Ke snímání biosignálů budu využívat dostupných prostředků v laboratoři.

Vzhledem k získaným znalostem jsem se rozhodla zaměřit pozornost u mozkové aktivity na průběh alfa vln (8 – 14 Hz), konkrétně na oblasti Fp1, Fp2, F3, F4, F6 a F7. Budu zkoumat rozdíly mezi časovými úseky partií, které by se mohly lišit vzhledem k prožívání emocí.

Šachisté budou používat tlačítka, které zaznamenává časy jejich tahů stejným způsobem jako při klasické hře, ovšem bez motivace stisknout ho co nejdříve, protože odpočítávání zbývajících času se zastaví ihned po posunutí figurky. Z toho důvodu bude mít každý hráč pravděpodobně svůj vlastní rytmus mačkání tlačítka, více či méně opožděný od momentu zahrání tahu. I v případě, že by byly využívány klasické hodiny a čas se zastavoval až po jejich zmáčknutí, nemohla bych se plně spolehnout na jejich přesnost. Měřený hráč totiž i v tomto případě může s velkou pravděpodobností vidět tah s předstihem oproti zaznamenanému času příchozího stimulu. Protože analýza evokovaných potenciálů spočívá také v době jejich objevení po stimulu, nemělo by smysl zabývat se jejich vyhodnocováním.

Přestože nebudu moci využít analýzu evokovaných potenciálů, budou mi záznamy tahů užitečné. Při vyhodnocování frekvenčního spektra budu porovnávat záznamy mozkových vln po odehrání a před odehráním tahu měřeného hráče. Vzhledem k tomu, že intervaly mezi tahy se mohou pohybovat přibližně od 1 sekundy až do desítek sekund, mohu případné odchylky v rádech desítek až stovek milisekund zanedbat. Předpokládám, že se budou

významěji lišit mozkové reakce v částech hry po a před odehráním tahu. Vzhledem k tomu, že hráči, který je na řadě, ubíhá čas a zároveň se musí soustředit na odehrání vlastního tahu, měla by tato fáze hry pro něj být více stresující.

Dalším předpokladem je, že se budou lišit signály v prvních a posledních 50 sekundách partie. Při končící partii je soustředěnost hráče narušována končícím časem a možnou prohrou, což by opět mohlo vyvolávat negativní pocity a nějakým způsobem ovlivnit amplitudu alfa frekvencí.

U obou analýz budu vyhodnocovat rozdíly mezi levou a pravou hemisférou u stresovější části hry a porovnávat signály z frontální části mozku mezi rozdílnými úseky.

Při vyhodnocování elektrodermální aktivity se zaměřím na *SCR* a počet vrcholů převyšujících 0,01 Hz v prvních a poslední 50 sekundách partie.

K analýze dat plánuji využít *Studentův párový t-test*.

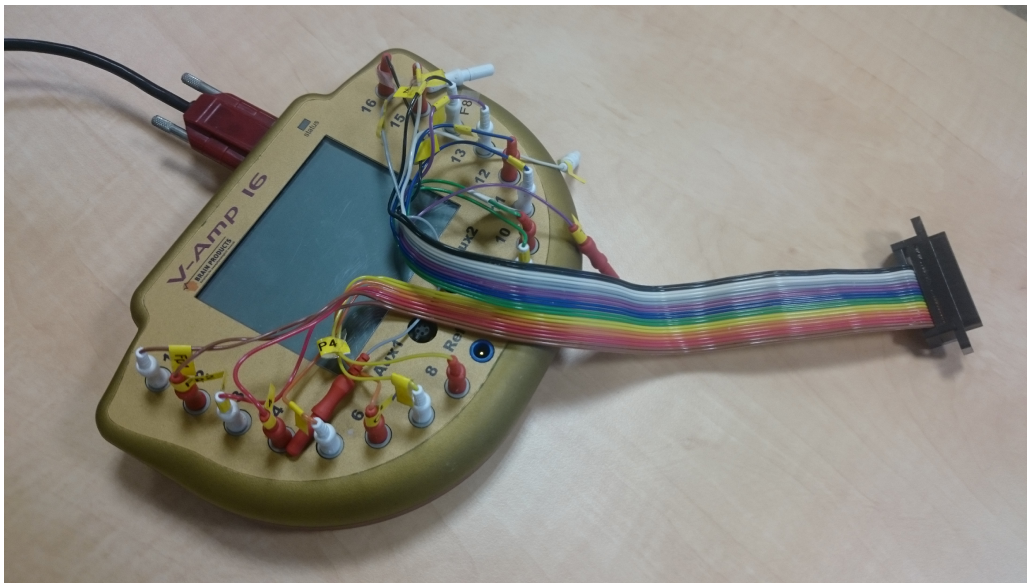


## 4 Realizace experimentu

V této kapitole je popsán provedený experiment – jaké nástroje byly využívány, jak probíhala příprava subjektů a samotné měření a také je uvedeno celkové zhodnocení průběhu experimentu.

### 4.1 Využívané přístroje a programy při měření

- **Zesilovač V-Amp** Tento přístroj slouží k měření *EEG* signálu. Umožňuje nahrát záznam 16 *EEG* kanálů a obsahuje také 2 porty sloužící k připojení dalších externích přístrojů – například na měření vodivosti kůže. Byl připojen k notebooku přes USB kabel. Viz obr. 4.1.
- **Online šachový program na webových stránkách lichess.org** Byl vybrán z důvodu jednoduchého designu, možnosti nastavení typu hry (blesková/rychlá) a možnosti přizvat k partii konkrétního protihráče. Ukázka partie je zobrazena na obrázku 4.2.
- **Program Open Broadcaster Software** Program sloužící k nahrávání šachové partie.
- **Program BrainVision Recorder** Program nahrávající záznam partie.
- **2 počítače a notebook** Na notebooku jsem měla spuštěný *BrainVision Recorder*. Na dvou počítačích jsem měla spuštěný počítačový program a na tom, u kterého seděl měřený hráč, navíc *Open Broadcaster Software*.

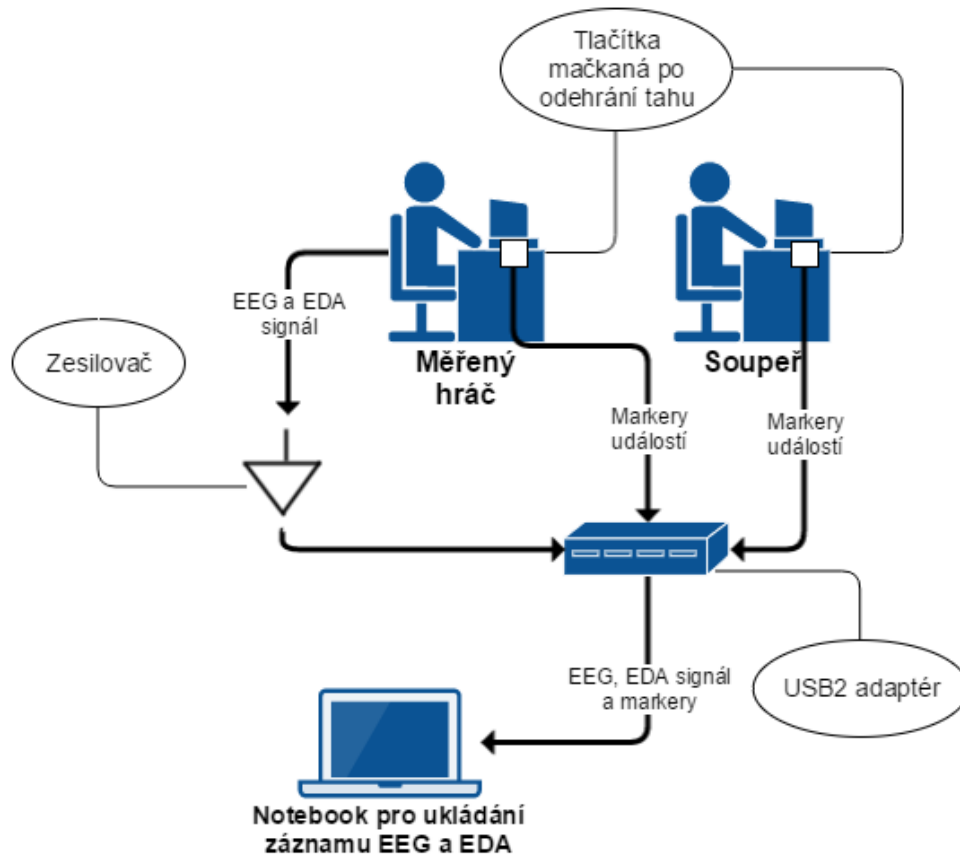


Obrázek 4.1: Zesilovač V-amp.



Obrázek 4.2: Ukázka rozehrané partie.

Propojení jednotlivých přístrojů využívaných v univerzitní laboratoři k zaznamenávání biosignálů je ukázáno na obrázku 4.3.



Obrázek 4.3: Schéma propojení přístrojů v laboratoři.

## 4.2 Příprava subjektů

Před samotným měřením jsem vždy oba příchozí hráče (měřeného a jeho protivníka) poučila o průběhu měření. Představila jsem jim počítačový program a jeho funkcionality, aby byli dostatečně připravení po odstartování samotné hry. Řekla jsem jim jakým způsobem a kdy mají mačkat tlačítko, které bude položeno před monitorem blízko jejich ruky.

Ke snímání *EEG* signálu z povrchu skalpu, jsem využila *EEG* čepice (viz obr. 4.4) spolu se zemnicí a referenční elektrodou. V laboratoři jsou k dispozici 3 druhy velikostí čepic na snímání *EEG* a je nutné vybrat tu vyhovující, aby netlačila a neovlivňovala tak soustředění hráče a zároveň, aby dobře přiléhala k pokožce hlavy. Aplikací elektrogelů jsem snížila hodnoty

odporu na elektrodách.



Obrázek 4.4: EEG čepice dostupná v laboratoři.

Tato příprava trvala proměnlivou dobu. Především z počátku, kdy jsem ještě neměla moc zkušeností s přípravou EEG čepice, mi trvalo dostatečně snížit odpor pokožky hlavy okolo 40 minut. U posledních hráčů jsem již přípravu stihla do 25 minut.

Na předloktí ruky, kterou hráč nepoužíval k tažení figurek, jsem mu připevnila elektrody od GSR modulu sloužícího k měření vodivosti kůže. Vybrala jsem předloktí, protože většina hráčů mačkala tlačítko rukou, kterou netáhla figurky a na prstech nebo dlani by elektroda mohla překážet.

### 4.3 Průběh experimentu

Celkem jsem provedla 17 měření. Počet partií na jedno měření se lišil podle psychického a fyzického stavu hráčů. Pokud si hráč začal po odehrané partii stěžovat na nepohodlí, které ho rozptylovalo, nemělo smysl v měření dále pokračovat. Měření druhé, třetí, sedmé, osmé a čtrnácté sestávalo ze tří partií, měření šestnácté ze dvou a zbylá po čtyřech.

Průběh experimentu se lišil u prvních tří subjektů a těch zbývajících. První tři šachisté byli měřeni v komoře, která izoluje od negativních vlivů – narušování signálu elektronickými přístroji, hluku z místnosti a vizuálních podnětů. Hráč číslo 3 odehrál tři F partie a poté si stěžoval na podmínky, které byly nezvyklé oproti klasickému hraní. Nevyhovoval mu stísněný pro-

stor, monitor vzdálený přibližně 2 metry od obličeje a nepohodlí. Po zpracování všech prozatím naměřených dat se ukázalo, že je signál v průměru zatížen z 29 % artefakty a protože byla důležitá fyzická a psychická pohoda měřených subjektů, rozhodla jsem se přesunout měření ven z komory. Dalšíh 14 měření tedy probíhalo u stolu před monitorem v laboratoři. Prvního a třetího hráče se mi podařilo přeměřit znovu při nových podmínkách.

Další věcí, která nebyla prováděna stejným způsobem po celou dobu probíhání experimentu, bylo měření rapid hry, která je delší než blesková – v rozmezí 10 až 60 minut. Původně jsem plánovala měřit pouze bleskovou hru, ale hráč č. 7 po dvou partiích poznamenal, že nedokáže hrát dostatečně dobře, protože na ni není zvyklý a nedokáže se soustředit. Krátký časový úsek mu nedovolí příliš zaměřit pozornost. Proto, aby byly i u hráčů s menšími zkušenostmi s bleskovou hrou rozpoznatelné rozdíly v následné analýze, rozhodla jsem se od měření č. 7 měřit u každého subjektu také jednu rapid hru, kterou jsem nastavila na 10 minut.

První a třetí hráč přišli opětovně na v pořadí 14. a 17. měření. První šachista byl změřen 29.3. a poslední 18.5. Doba přípravy subjektů i se všemi odehranými partiiemi trvala od 75 do 105 minut.

### 4.3.1 Postup měření

Nejprve jsem musela přemístit vybavení laboratoře, následně propojit přihlášené hráče v šachové hře na dvou počítačích, nastavit požadovaný typ hry (rapid šach/bleskový šach), nastavit nové prostředí na *Brain Vision Recorder* a nastavit nové nahrávání v programu *Open Broadcaster Software*.

Po příchodu hráče bylo nutné získat jeho podpis na dokumentu potvrzujícím souhlas s měřením a zpracováním osobních údajů a několik informací: jméno, příjmení, pohlaví, datum narození, zdravotní stav, dosažené vzdělání, dominantní ruka, zkušenosti s hraním šachů – začátek hraní a celková doba hraní šachů v letech a Elo k 1.1.2016. Jejich osobní údaje nejsou nikde zveřejněny.

Když byl hráč připraven k měření, požádala jsem ho, aby mi dovolil odložit svůj mobilní telefon kvůli možnému vlivu na průběh naměřeného signálu a následně již mohla být rozehrána šachová partie.

Ukončení probíhajícího stádia měření nastalo po vítězném tahu nebo po uběhnutí vyměřeného času u jednoho z hráčů. Po zjištění psychické a fyzické pohody obou šachistů, především toho, který byl připojen k přístrojům, jsem se rozhodla zda odstartovat další partii.

Po každém měření jsem odpojila hráče od přístrojů a laboratoř uvedla do původního stavu, aby byla připravená k dalšímu využití.

### 4.3.2 Zhodnocení průběhů měření

Měření hráčů šachu při hře je velmi náchylné na mnoho okolností, které by mohly ovlivnit výsledek. Jeden hráč například, přestože byl upozorněn na mačkání tlačítka, na něj při první partii zapomněl. To samé se stalo u dvou dalších hráčů, ale naštěstí pouze u prvních několika tahů partií. Důvodem bude pravděpodobně to, že jsou šachisté zvyklí mačkat hodiny pouze u stolní hry a někdo může mít problém se zvyknutím si na nové podmínky.

Další problematickou věcí, kterou jsem již uvedla výše, bylo, že ne každý hráč byl zvyklý na bleskové hry. Při takové partii musí šachista jednat mnohem rychleji a je pod větším tlakem než při déletrvající hře, a to bude otázka tréningu. Při dalším měření v budoucnu by bylo nejspíš vhodnější realizovat pouze rapid šach.

Jednou z nepříjemností, které se nejspíše úplně vyhnout nedá, jsou projevy emocí hráčů. Pokud se člověk soustředí tak hluboce, jako šachisté při hře, tak nebude úplně schopný vyvarovat reakcím, na které je zvyklý. I přes upozornění na důležitost nehýbání s měřícími přístroji a nutný klid, aby bylo měření co nejpřesnější, se nemohlo mnoho hráčů ubránit hlasitějším projevům zklamání při odehrání špatného tahu a kroucení hlavy. Na druhou stranu není vhodné se snažit při snímání emocí jejich reakce potlačovat, přestože se pak objeví vyšší množství artefaktů. Při několika měřeních probíhala interakce mezi hráči, kteří sice seděli každý naproti svému počítači, ale aby mohli oba mačkat tlačítka, byli vzdáleni maximálně 2 metry od sebe. Zabránit by se tomu dalo přepážkou mezi nimi.

Další nevyhovující záležitostí byl volný vstup do laboratoře během měření. Dveře vydávají při otevření hlasitý zvuk a to mohlo hrající šachisty vyrušit. Stávalo se to i několikrát během měření. Vzhledem k tomu, že experiment nakonec neprobíhal v komoře, ale v místnosti u stolu, mělo toto rušení významější vliv.

Z nezjištěných příčin se mi při nastavení dalšího nahrávání obrazovky v programu *Open Broadcaster Software* objevovala pouze černá plocha. Kvůli tomu jsem nenahrála několik partií.

# 5 Zpracování dat

Experimentu se zúčastnilo 12 mužů a 3 ženy ve věkovém rozmezí 12 – 54 let. Průměrný věk hráčů byl 28 let. Všichni šachisté měli dominantní pravou ruku a každý z nich hrál aktivně šachy minimálně 7 let (nejnižší uvedené číslo). Hodnota Ela nezávisela na zkušenostech s hraním šachů. V tabulce 5.1 jsou zobrazena kompletní získaná data.

Tabulka 5.1: Souhrn získaných dat od měřených subjektů.

Subjekt č.	Pohlaví	Věk	Zdravotní stav	Nejvyšší dosažené vzdělání	Dominantní ruka	Věk začátku hraní šachů	Celková doba hraní v letech	Elo k 1.1.2016
1	M	23	Dobrý	VŠ	P	12	11	1647
2	M	23	Dobrý	SŠ s M.	P	9	14	1939
3	M	54	Brýle	VŠ	P	17	37	2210
4	Ž	26	Dobrý	VŠ	P	6	19	2010
5	M	22	Dobrý	VŠ	P	4	9	1557
6	M	23	Dobrý	SŠ s M.	P	7	16	1960
7	M	37	Dobrý	VŠ	P	10	27	1917
8	M	21	Dobrý	SŠ s M.	P	6	9	1000
9	Ž	22	Dobrý	VŠ	P	5	9	1250
10	M	21	Brýle	SŠ s M.	P	4	10	1800
11	M	54	Dobrý	VŠ	P	10	45	1000
12	M	37	Dobrý	VŠ	P	18	18	2230
13	M	12	Dobrý	Žádné	P	5	8	1723
14	M	23	Dobrý	VŠ	P	13	7	1700
15	Ž	23	Dobrý	VŠ	P	6	17	1811

## 5.1 Předzpracování signálu

V této kapitole je uveden postup předzpracování *EEG* a *EDA* signálů a nástroje, které k tomu účelu byly využity.

### 5.1.1 *EEG* signál

Z důvodu využitelnosti dat pro následné zpracování jsem nejprve musela signál u jednotlivých měření frekvenčně upravit. Následně bylo nutné získat z dat považované úseky (prvních a posledních 50 s a části po a před odehráním tahu) a odstranit z nich části s artefakty.

K tomuto účelu jsem se rozhodla využít nástrojů, které jsou spouštěné v programu *Matlab – EEGLAB* a jeho rozšíření *ERPLAB*.

Po importování dat, vytvořených v programu *BrainVision Recorder*, jsem provedla filtraci. Využila jsem v *EEGLABu* dostupnou *IIR Butterworth* fil-

traci. Spodní hranici frekvenčního pásma jsem nastavila na 0,1 Hz a horní na 40 Hz.

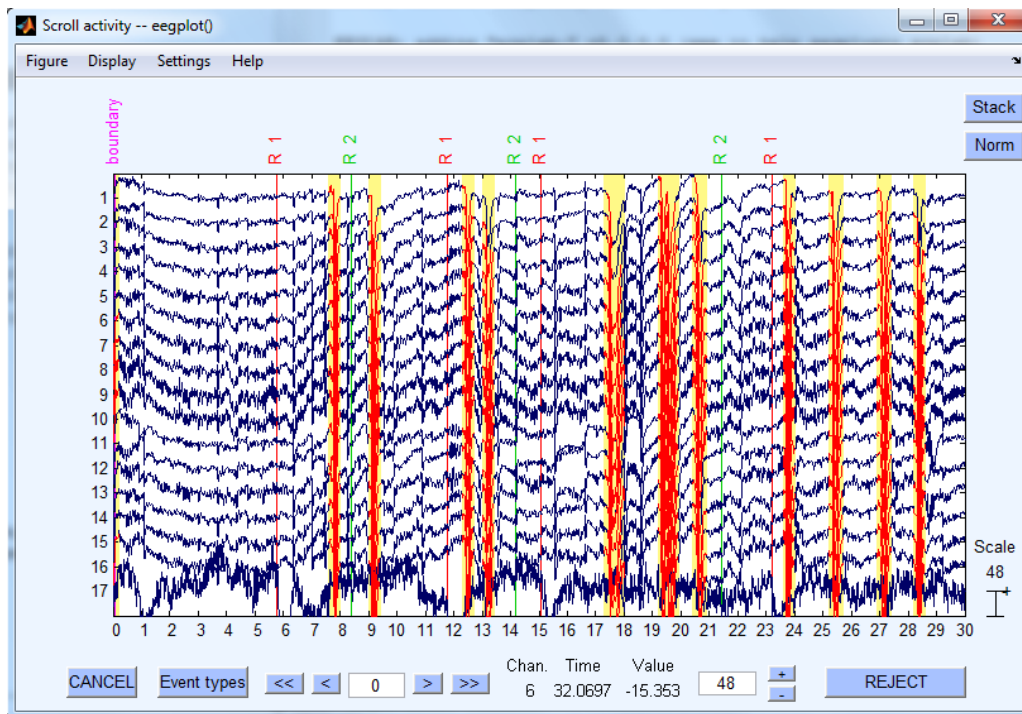
Po vyfiltrování dat jsem pomocí funkce *EEGLABu* `pop_select()` vybrala úseky, které mě zajímaly kvůli následné analýze. Jako parametry funkce stačilo zadat časové úseky v milisekundách ohrazené středníky. Pro porovnání dat po a před odehráním tahu hráče jsem musela nejprve získat časy značek ze souborů s příponou `.vmrk`.

Následně jsem odstranila artefakty s výškou amplitudy nad 100  $\mu\text{V}$ . Tuto funkcionalitu nabízel *ERPLAB*. Ukázka signálu s označenými artefakty viz obr. 5.1. Data jsem následně ještě prohlédla, abych případně odstranila další artefakty, které nebyly automatickou funkcí zachyceny. Všechny kroky bylo možné provést přes grafické rozhraní nebo pomocí skriptů spouštěných v matlabském editoru. Kvůli zvýšení rychlosti přípravy dat jsem využila skripty. Takto vypadá skript pro jednu z partií (5.1):

Výpis 5.1: *Předzpracování EEG signálu.*

```
EEG = pop_loadbv('C:\BrainVisionData\sachy_emoce\Měření no.15\
Partie 3\', 'chess_emotion_M_3_V_28.04.20160058.vhdr',
[1 763500], [1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17]);
EEG.setname = 'mer15par4_new';
EEG = pop_chanedit(EEG, 'lookup', 'C:\\Program Files\\MATLAB\\
R2010a\\toolbox\\eeglab12_0_2_6b\\eeglab12_0_2_6b\\plugins\\
dipfit2.2\\standard_BESA\\standard-10-5-cap385.elp');
EEG = pop_basicfilter( EEG, 1:17, 'Boundary', 'boundary',
'Cuttoff', [ 0.1 40], 'Design', 'butter', 'Filter', 'bandpass',
'Order', 2, 'RemoveDC', 'on' ); % GUI: 03-Jun-2016 17:51:31
EEG = pop_select( EEG, 'time', [0 50] );
EEG = pop_continuousartdet( EEG, 'ampth', 100, 'chanArray',
1:16, 'colorseg', [ 1 0.9765 0.5294], 'forder', 100, 'stepsms',
100, 'winms', 300 ); % GUI: 03-Jun-2016 17:52:50
EEG = pop_saveset( EEG, 'filename', 'mer15par3_bezAr_50.set',
'filepath', 'C:\\BrainVisionData\\sachy_emoce\\Měření no.15\\
Partie 3\\EEGLAB\\'); EEG = eeg_checkset( EEG );
```





Obrázek 5.1: EEG signál s označenými artefakty. 17. kanál je záznam EDA, který byl z procesu vynechán.

### 5.1.2 EDA signál

K vyhodnocení EDA signálu jsem se rozhodla využívat program zaměřený přímo na elektrodermální aktivitu – *Ledalab*. Je to další nástroj dostupný v *Matlabu*.

Protože nástroj nepodporuje data s příponou *.vhdr* získaná z programu *BrainVision Recorder*, musela jsem je nejprve nahrát do programu *BrainVision Analyzer*, kde jsem je exportovala do formátu *Mat-file*. Takto vygenerovaná data jsem poté mohla importovat do *Ledalabu*.

Data jsem následně dala vzorkovat na 100 Hz a provedla jsem korekci baseline, neboť signál dosahoval negativních hodnot. Tyto funkce byly dostupné v GUI *Ledalabu*.

## 5.2 Analýza získaných dat

Pro všechny hypotézy jsem se rozhodla použít *Studentův t-test*, který testuje rozdíly 2 středních hodnot. Podle statistické významnosti u jednotlivých dvojic souborů budu moci určit, zda jsou mé předpoklady potvrzeny, či vyvráceny.

*Studentův t-test* nabízí více způsobů testování. Pro můj experiment je vhodný dvojvýběrový párový test, který porovnává data, jež tvoří "spárované variační řady", tzn. pochází od subjektů, u kterých jsou analyzovány informace za dvou různých podmínek.

Nejprve jsem určila hladinu významnosti testu  $\alpha = 0,05$ , která určuje pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy. Následně jsem ze vztahu:

$$t = \frac{|\bar{x}|}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}} \quad (5.1)$$

vypočítala testovací kritérium (statistiku)  $t$ . Symbol  $\bar{x}$  představuje aritmetický průměr rozdílů mezi soubory dat,  $s^2$  značí rozptyl a  $n$  je počet dvojic dat.

Získanou statistiku jsem nakonec porovnála s tabulkovou kritickou hodnotou pro zvolenou hladinu významnosti a vyhodnocovaný počet subjektů. Pokud je vypočtená hodnota menší než tabulková kritická hodnota, znamená to, že není zamítnuta nulová hypotéza, tedy, že střední hodnota prvního souboru dat se neliší od střední hodnoty druhého souboru. V opačném případě je nulová hypotéza zamítnuta a rozdíl mezi daty se dá považovat za statisticky významný.

### 5.2.1 EEG signál

Ze zpracovaných 14 měření se u pěti z nich pro každou partii objevilo přílišné množství artefaktů přesahujících 50 procent délky signálu. Konkrétně šlo o měření č. 7, 8, 12, 13 a 16, která z tohoto důvodu nebyla do následné analýzy započítána.

K analýze *EEG* signálu jsem využila fourierovu transformaci dostupnou v nástroji *EEGLAB*. Zpracovat jsem nechala frekvenční spektrum v rozmezí od 0 do 40 Hz u jednotlivých měření, nejprve pro elektrody ve frontální části mozku u všech částí hry a následně zvláště v levé a pravé frontální části pro stresovější úseky.

Nástroj *EEGLAB* umožňuje vytvořit společné grafy spektrální analýzy pro více subjektů nebo podmínek, čehož jsem využila a získala jsem tím pro každého šachistu celkem šest grafů: jeden pro rozdíly ve frontální části mozku po odehrání a před odehráním tahu, dále opět z frontální části pro prvních a posledních 50 s hry a konečně jeden graf z levé frontální části a jeden z pravé pro obě stresovější části hry.

Z vygenerovaných grafů jsem poté následujícím skriptem spouštěným v programu *Matlab* získala hodnoty křivek:

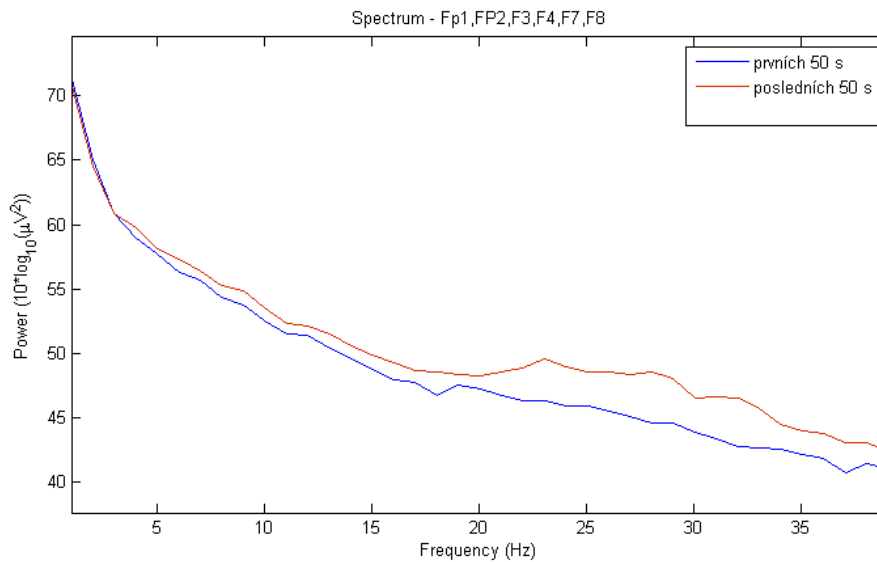
Výpis 5.2: Skript v jazyce Matlabu na generování hodnot na křivce.

```
h = findobj(gca,'Type','line')
x=get(h,'Xdata')
y=get(h,'Ydata')
y{1}
```

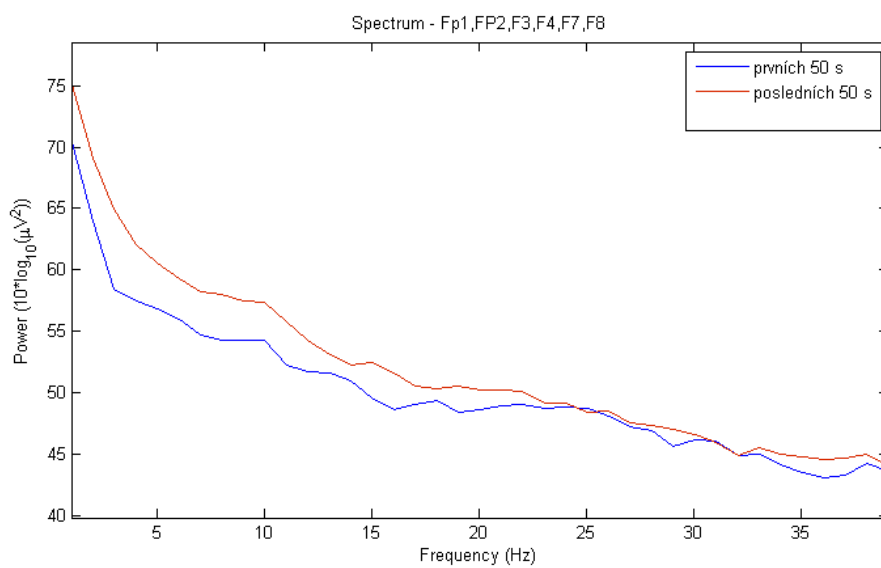
A konečně z hodnot fourierovy funkce jsem mohla vypočítat obsah plochy pod křivkou, která mi posloužila ke konečnému zpracování.

### Prvních a posledních 50 sekund hry

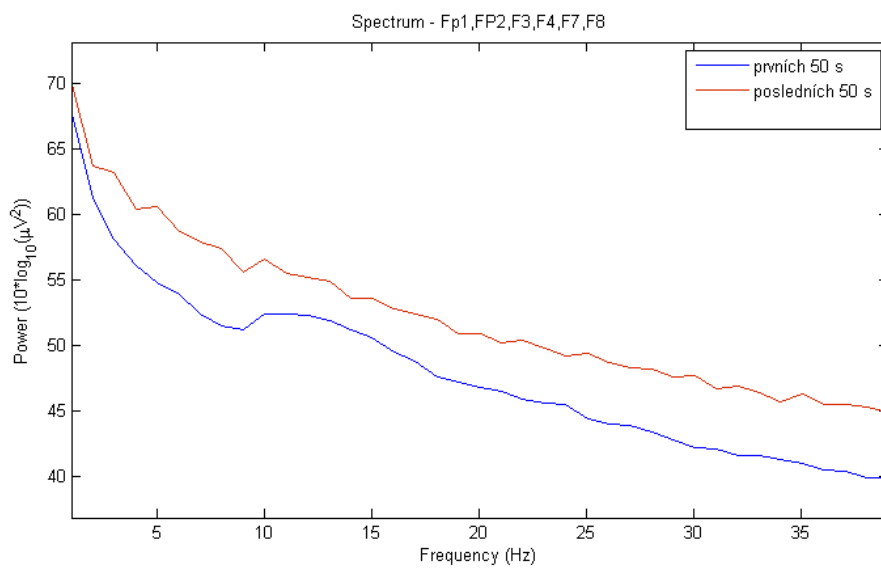
Získané grafy ukazovaly podle předpokladu rozdíly mezi křivkami rozdílných částí partií (viz obr. 5.2, 5.3 a 5.4).



Obrázek 5.2: Měření 6. – prvních a posledních 50 s.



Obrázek 5.3: Měření 14. – prvních a posledních 50 s.



Obrázek 5.4: Měření 17. – prvních a posledních 50 s.

Naměřené hodnoty pásma alfa pro prvních a posledních 50 s ve frontální části mozku jsou uvedeny v tabulce 5.2

Tabulka 5.2: *Hodnoty pásma alfa pro prvních a posledních 50 s ve frontální části mozku.*

Měření č.	Prvních 50 s	Posledních 50 s
4	324,76	328,06
5	308,34	309,74
6	313,96	316,83
9	294,92	299,91
10	323,16	326,35
11	303,23	304,27
14	318,30	327,16
15	296,42	301,53
17	311,65	323,39

Z uvedené tabulky je zřejmé, že se u všech subjektů potvrdil předpoklad o vyšších hodnotách pásma alfa v poslední části hry. Jako další krok jsem provedla *Studentův párový t-test*.

Testovací kritérium vyšlo 4,03, což vzhledem k tomu, že tabulková kritická hodnota pro hladinu významnosti 0,05 u devíti subjektů je 1,86, mohu říct, že hypotéza se potvrdila a že rozdíl mezi dvojicemi dat je statisticky významný.

V tabulce 5.3 jsou uvedeny hodnoty pro levou a pravou část frontální sféry u posledních 50 s hry.

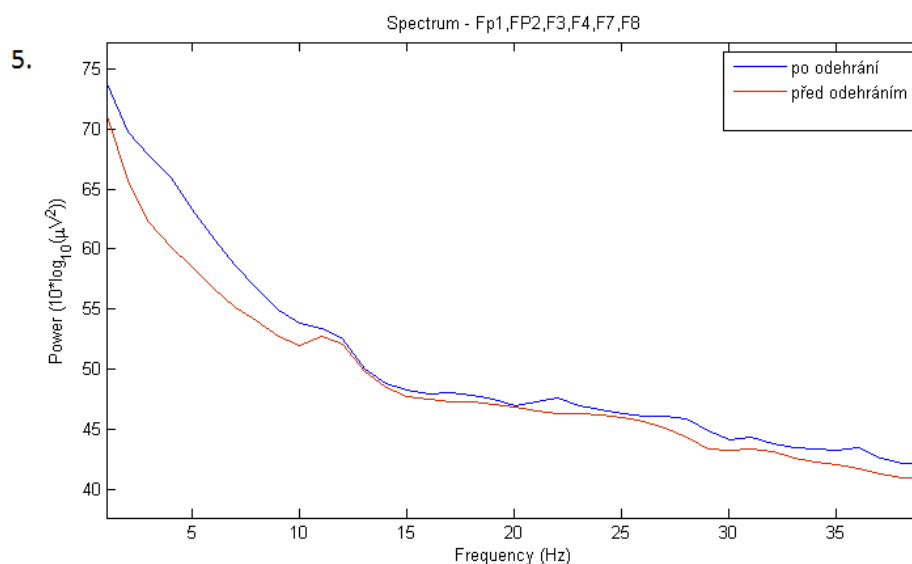
Tabulka 5.3: Hodnoty pásma alfa pro levou a pravou část hemisféry frontální části mozku u posledních 50 s hry.

Měření č.	L	P
4	329,99	332,71
5	310,46	311,81
6	318,37	321,04
9	307,68	308,37
10	334,71	324,35
11	302,27	308,34
14	340,28	331,76
15	303,82	309,48
17	339,93	330,35

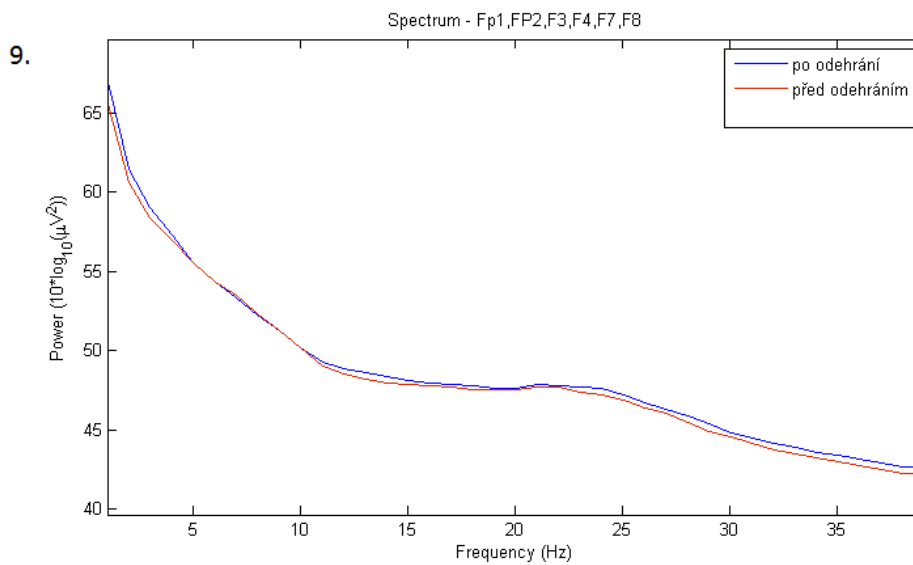
Data pro pravou a levou hemisféru jsou mnohem méně jednoznačná než u předchozí analýzy. Testovací kritérium  $t = 0,47$ , což znamená, že nemohu zamítnout nulovou hypotézu.

### Po a před odehráním tahu

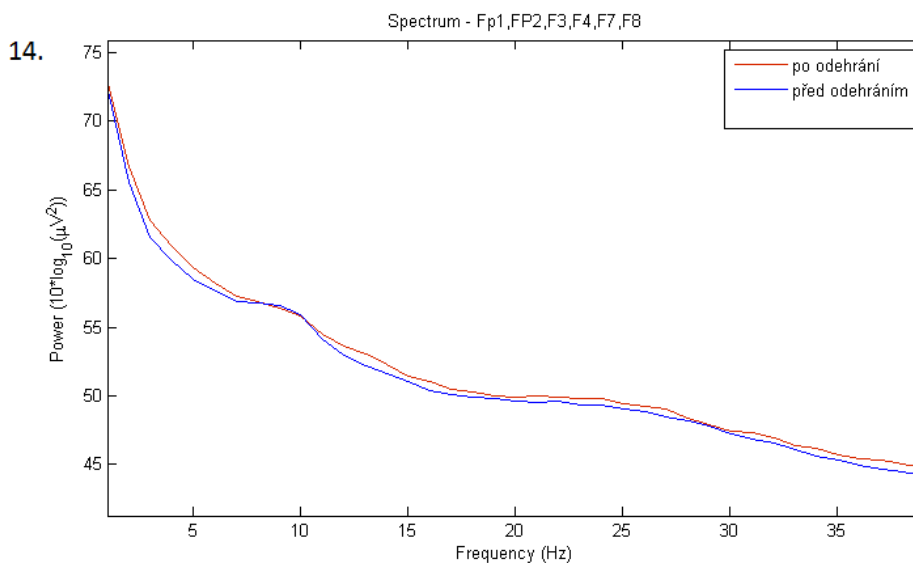
Ze získaných grafů s křivkami porovnávajícími dobu po a před odehráním tahu jsem mohla poznat, že rozdíly mezi oběma částmi hry jsou minimální, případně se liší napříč šachisty. Na obrázku 5.5, 5.6 a 5.7 jsou ukázky získaných frekvenčních spekter.



Obrázek 5.5: Měření 5. – po a před odehráním.



Obrázek 5.6: Měření 9. – po a před odehráním.



Obrázek 5.7: Měření 14. – po a před odehráním

Následující tabulky 5.4 a 5.5 ukazují hodnoty pásma alfa pro jednotlivé analýzy.

Provedený *Studentův t-test* potvrdil nulové hypotézy u obou analýz (hodnoty 1,54 pro frontální část před odehráním tahů a 1,23 pro porovnání levé a pravé hemisféry).

Tabulka 5.4: *Hodnoty pásma alfa pro části hry po a před odehráním tahů.*

Měření č.	Po odehrání	Před odehráním
4	331,35	343,48
5	313,49	321,39
6	319,73	329,36
9	300,53	299,50
10	322,90	324,34
11	308,79	307,27
14	330,18	328,38
15	299,93	300,91
17	325,00	322,78

Tabulka 5.5: *Hodnoty pásma alfa pro levou a pravou část hemisféry frontální části mozku u části před odehráním tahů.*

Měření č.	L	P
4	317,06	342,29
5	312,19	314,78
6	317,72	321,73
9	303,01	295,99
10	325,68	323,01
11	304,57	309,97
14	329,90	326,86
15	298,81	303,00
17	317,06	324,04



## Další pozorování

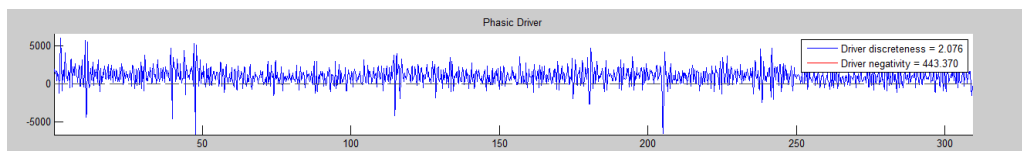
Vzhledem k tomu, že fourierova transformace byla provedena pro hodnoty 0 Hz – 40 Hz, mohla jsem pozorovat také změny v jiných frekvenčních pásmech. Na grafech uvedených v předchozích kapitolách je zřetelně poznat, že pro frekvence nad 14 Hz se jednotlivé křivky také liší, u některých subjektů dokonce více než alfa hodnoty. Do budoucna by bylo zajímavé provést výzkum i pro vyšší frekvenční pásma.

### 5.2.2 EDA signál

Kvůli špatně nastavené citlivosti se v programu *Ledalab* objevovalo měřítko vodivosti v tisících mikrosiemens místo jednotek. Jednotky vodivosti jsou transponovanými jednotkami odporu, proto jsem u každého signálu počítala se vztahem  $25 \text{ mV} = 1 \text{ }\mu\text{S}$ .

Pravděpodobně z důvodu špatné přilnavosti elektrod k povrchu kůže, se u subjektů č. 7, 14 a 16 vyskytly oblasti s enormně vysokými hodnotami vodivosti kůže nebo naopak minimálními po celou dobu měření. Jejich data jsem proto nezapočítala do analýzy.

Využila jsem nabídku kontinuální analýzy, kterou nabízel program *Ledalab*. Tato funkce poskytovala typ zpracování signálu, který jsem potřebovala – vygenerování fázické složky (viz obr. 5.8).



Obrázek 5.8: Fázická složka EDA signálu.

Po získání grafů s fázickou složkou jsem již mohla vypočítat počty vrcholů v prvních a posledních 50 s partii. Jako hranici pro započítání vrcholů jsem zvolila minimální výšku amplitudy  $0,01 \text{ }\mu\text{S}$ . Souhrn všech měření s průměrnými počty vrcholů je ukázán v tabulce 5.6.

Tabulka 5.6: Průměrný počet vrcholů EDA signálu v prvních a posledních 50 s hry.

Měření č.	Prvních 50 s	Posledních 50 s
4	8,5	7,5
5	6	5,5
6	11,25	13,75
8	25,67	20,67
9	27,25	30,75
10	7,5	7,25
11	3,5	2,75
12	14,25	9,5
13	3,5	4,5
15	5,75	3,75
17	5,75	5,5

Vypočtená hodnota testovacího kritéria se rovná 0,61, což zdaleka nepřevyšuje tabulkovou kritickou hodnotu  $t$  Studentova  $t$ -testu pro 11 subjektů – 1,812. Hypotéza, že v poslední části hry bude počet vrcholů vyšší se nepotvrdila.

## 6 Závěr

Problematika, kterou jsem se zabývala v rámci bakalářské práce, se týkala detekování emocí z mozkových vln a elektrodermální aktivity (*EDA*) u hrajících šachistů. Ke splnění cíle jsem u naměřených dat porovnávala různé části partie, které se lišily v emočním prožívání a zkoumala jsem rozdíly ve frekvenčním spektru v pásmu alfa ve frontální části mozku a také rozdíly v počtu odezev kožní vodivosti (*SCR*).

Mým předpokladem bylo, že se budou lišit naměřené hodnoty signálu mozkové činnosti v prvních a posledních 50 sekundách partie, v částech hry po a před odehráním a zároveň, že bude rozpoznatelný rozdíl v pravé a levé hemisféře frontální části mozku pro náročnější části hry (posledních 50 sekund a část před odehráním). Dále jsem předpokládala, že počet *SCR* bude rozdílný v prvních a posledních 50 sekundách partie.

Jako nejvhodnější typ statistické analýzy jsem vybrala *Studentův párový t-test*. Hypotéza byla potvrzena pro rozdíl ve frekvenčním spektru u začátku a konce partií. Hodnoty t-testu u dalších hypotéz, týkajících se frekvenčního spektra, byly příliš nízké, aby se rozdíly daly považovat za významné. U analýzy počtu *SCR* a rozdílů v pravé a levé hemisféře v posledních 50 s hry jsem získala dokonce číslo menší než 1, což ukazuje na příliš velký rozptyl hodnot.

Měření šachistů se ukázalo být poměrně komplikované z hlediska dosažení optimálních podmínek, aby nebyli hráči rozptylováni během hry. Do budoucna by bylo ideální důkladněji zajistit soukromí v laboratoři a oddělit oba hrající šachisty přepážkou. Pro další měření za podobných podmínek bych doporučila zajistit propojení hardwarových signálů mačkané myši při odehrání tahu s programem, který zaznamenává stimuly, aby bylo možné realizovat vyhodnocování *ERP*. Také bude vhodnější měřit delší partie než jsou u bleskového šachu, protože ne každý šachista má s tak rychlou hrou zkušenosti. Pro nahrávání partií bych volila kvalitnější software.

# Seznam tabulek

5.1	<i>Souhrn získaných dat od měřených subjektů. . . . .</i>	22
5.2	<i>Hodnoty pásma alfa pro prvních a posledních 50 s ve frontální části mozku. . . . .</i>	28
5.3	<i>Hodnoty pásma alfa pro levou a pravou část hemisféry frontální části mozku u posledních 50 s hry. . . . .</i>	29
5.4	<i>Hodnoty pásma alfa pro části hry po a před odehráním tahů.</i>	31
5.5	<i>Hodnoty pásma alfa pro levou a pravou část hemisféry frontální části mozku u části před odehráním tahů. . . . .</i>	31
5.6	<i>Průměrný počet vrcholů EDA signálu v prvních a posledních 50 s hry. . . . .</i>	33

# Seznam výpisů

5.1	<i>Předzpracování EEG signálu. . . . .</i>	23
5.2	<i>Skript v jazyce Matlabu na generování hodnot na křivce. . . .</i>	26

# Seznam obrázků

2.1	<i>Mezinárodní systém 10-20 pro rozmístění elektrod. (převzato z [12]) . . . . .</i>	7
4.1	<i>Zesilovač V-amp. . . . .</i>	17
4.2	<i>Ukázka rozehrané partie. . . . .</i>	17
4.3	<i>Schéma propojení přístrojů v laboratoři. . . . .</i>	18
4.4	<i>EEG čepice dostupná v laboratoři. . . . .</i>	19
5.1	<i>EEG signál s označenými artefakty. 17. kanál je záznam EDA, který byl z procesu vynechán. . . . .</i>	24
5.2	<i>Měření 6. – prvních a posledních 50 s. . . . .</i>	26
5.3	<i>Měření 14. – prvních a posledních 50 s. . . . .</i>	27
5.4	<i>Měření 17. – prvních a posledních 50 s. . . . .</i>	27
5.5	<i>Měření 5. – po a před odehráním. . . . .</i>	29
5.6	<i>Měření 9. – po a před odehráním. . . . .</i>	30
5.7	<i>Měření 14. – po a před odehráním . . . . .</i>	30
5.8	<i>Fázická složka EDA signálu. . . . .</i>	32

# Seznam zkratek

ANOVA	Analýza rozptylu
CNS	Centrální nervová soustava
EDA	Elektrodermální aktivita
EEG	Elektroencefalogram
ERP	Evokované potenciály
GSR	Galvanická kožní reakce
SC	Skin conductance
SCL	Skin conductance level
SCR	Skin conductance response
SP	Skin potential
SPL	Skin potential response
SPR	Skin potential response
SRL	Skin resistance level
SRR	Skin resistance response

# Literatura

- [1] ANDREASSO, J. L. *Human Behaviour & Psychological Response*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 2000. ISBN 0-8058-2832-8.
- [2] BRAITHWAITE, J. J. et al. A Guide for Analysing Electrodermal Activity (EDA) & Skin Conductance Responses (SCRs) for Psychological Experiments. 2015.
- [3] BROUWER, A.-M. et al. EEG alpha asymetry, heart rate variability and cortisol in response to virtual reality induced stress. *International Journal of Psychophysiology*. 2014, 4.
- [4] CACIOPPO, J. T. – TASSINARY, L. G. – BERNTSON, G. G. *Handbook of Psychophysiology*. New York: Cambridge University Press, 2007. ISBN 13978-0-511-27907-2.
- [5] DENNIS, T. A. – HAJČAK, G. The late positive potential: a neurophysiological marker for emotion regulation in children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2009, 50.
- [6] FÍŠAŘ, Z. *Vybrané kapitoly z biologické psychiatrie*. Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-6759-8.
- [7] FONARYOVA KEY, A. P. – DOVE, G. O. – MAGUIRE, M. J. Linking Brainwaves to the Brain: An ERP Primer. *Developmental Neuropsychology*. 2007, 27.
- [8] HAAG, A. et al. Emotion Recognition Using Bio-Sensors: First Steps Towards an Automatic System. *Affective Dialogue Systems: Tutorial and Research Workshop*. 2004, 3068.
- [9] HERNANDO-GALLEGO, F. – ARTÉS-RODRÍGUEZ, A. Individual performance calibration using physiological stress signals. 2015.
- [10] HORLINGS, R. – DATSU, D. – ROTHKRANTZ, L. J. M. Emotion recognition using brain activity. *International Conference on Computer Systems and Technologies – CompSysTech'08n*. 2008, , 6.
- [11] LUCK, S. J. *An introduction to the event-related potential technique*. MIT Press, 2005. ISBN 0-262-12277-4.
- [12] MOUČEK, R. – MAUTNER, P. *Neuroinformatika – metoda evokovaných potenciálů* [online]. Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v



- Plzeň, 2007. [cit. 1.3.2016]. Dostupné z: <http://www.kiv.zcu.cz/studies/predmety/uir/predn/P6/Neuroinformatika.pps>.
- [13] NAKONEČNÝ, M. *Lidské emoce*. Academia, 2000. ISBN 80-200-0763-6.
- [14] NAVRÁTIL, M. Emocionální reakce při sledování filmového násilí, 2006.
- [15] OHME, R. et al. Application of frontal EEG asymmetry to advertising research. *Journal of Economic Psychology*. 2010, 31.
- [16] REISENZEIN, R. What is a definition of emotion? And are emotions mental-behavioral processes? *Social Science Information*. 2007, 46, 3.
- [17] SANO, A. – PICARD, R. W. – STICKGOL, R. Quantitative analysis of wrist electrodermal activity during sleep. *International Journal of Psychophysiology*. 2014, 94.
- [18] SCHUPPL, H. T. et al. Emotion and attention: event-related brain potential studies. *Understanding Emotions*. 2006, 156.
- [19] SILBERNAGL, A. S. a. D. *Color Atlas of Physiology*. Georg Thieme Verlag KG, 2009. ISBN 978-3-13-545006-3.
- [20] VILLAJERO, M. V. – ZAPIRAIN, B. G. – ZORRILL, A. M. A. Stress Sensor Based on Galvanic Skin Response (GSR) Controlled by ZigBee. *Sensors*. 2012, 12.
- [21] ŽALUD, V. *Elektroencefalografická vyšetření* [online]. UK Plzeň, 2007. [cit. 1.3.2016]. Dostupné z: <https://www.lfp.cuni.cz/patofyziologie/materialy/eeg.ppt>.

# Přílohy

Dokument vyplněný a podepsaný dospělými  
účastníky experimentu

# I. Podmínky účasti v projektu s názvem „Měření mozkové aktivity“

## A. Popis projektu

Cílem projektu „MĚŘENÍ MOZKOVÉ AKTIVITY“ (dále jen „projekt“) je zjištění změn mozkové aktivity člověka zejména v situacích, které vyžadují soustředění (řešení logických problémů, počítání, hraní her), kreativní činnost (sestavování staveb, kreslení obrázků), činnost vyžadující využití paměti (zapamatování si určitých věcí a následné odpovědi na otázky) nebo zjištění změn mozkové aktivity v případech, kdy je člověk blízko spánku (polospánku).

Dalším cílem projektu je srovnání vlivu některých faktorů, jako je např. alkohol, únava nebo stres na výkon výše uvedených činností. Zároveň s EEG měřením je možné provádět i další měření biosenzory (měření EKG, měření tělesné teploty, měření vodivosti kůže, akcelerace, měření okysličení krve, měření krevního tlaku, EMG a měření dechové frekvence) a vyhodnocovat naměřená data v závislosti na uvedených faktorech. Měření EKG, měření tělesné teploty, měření vodivosti kůže, akcelerace, měření okysličení krve, měření krevního tlaku, EMG a měření dechové frekvence jsou dobrovolná a mohou být měřena osobou odmítnuta. V případě zamítnutí se bude provádět pouze měření EEG aktivity.

Předmětná měření budou prováděna na osobě, která po splnění těchto podmínek účasti v projektu podstoupí samotné měření mozkové aktivity.

Veškeré přístroje, vybavení, včetně příslušenství a materiál jsou běžně používány ve zdravotnictví.

## B. Průběh měření

Měření mozkové aktivity proběhne podle následujícího postupu:

- a. Osoba je detailně seznámena s průběhem měření a je jí vysvětleno to, co se od ní očekává
- b. Osobě se nasadí EEG čepice a namaže se vodivým gelem
- c. Zároveň s měřením EEG je možné měřit EKG, tělesnou teplotu, vodivost kůže, akceleraci, okysličení krve, krevní tlak, EMG a dechovou frekvenci. Pokud osoba s měřením EKG, tělesné teploty, měření vodivosti kůže, akcelerace, měření okysličení krve, měření krevního tlaku, EMG a dechové frekvence souhlasí, provede se umístění biosenzorů na tělo testovaného subjektu.
- d. Zkontroluje se vodivost elektrod a správné umístění biosenzorů
- e. Proběhne připojení EEG čepice, biosenzorů, referenční a zemnicí elektrody na EEG přístroj (přístroj je napájen baterií o napětí 3 V)
- f. Spustí se program na počítači a osoba je vyzvána, aby odpověděla na otázky týkající se zdravotního stavu, psychického stavu a návyků. Rozsah otázek je uveden v příloze, která je nedílnou součástí tohoto poučení

- g. Poté se spustí program, který zobrazuje pokyny, které má osoba vykonávat (otevírání/zavírání očí, hluboké dýchání) a další pokyny související se zjištěním mozkové aktivity (početní příklad, otázky, hraní her, řešení úloh)
- h. Získané údaje budou uloženy do lokální databáze nebo uloženy na internetové stránky; k uvedeným databázím budou mít přístup pouze oprávněné osoby podílející se na řešení projektu, přičemž údaje budou v databázích standardně zabezpečeny heslem, krytváním a/nebo anonymizací
- i. Osoba je v průběhu měření zaznamenávána videokamerou, přičemž záznam je spolu s naměřenými údaji ukládán; se souhlasem je osoba též vyfocena
- j. Po skončení měření jsou osobě poskytnuty základní hygienické pomůcky

### **C. Podmínky účasti v projektu**

- a. Účast osoby v projektu je dobrovolná
- b. Projektu se může zúčastnit výhradně osoba, která je starší 18 let
- c. Osoba prohlásí, že jí není známa žádná skutečnost, která by mohla mít vliv na změnu jejího zdravotního stavu
- d. Osoba podepíše tyto podmínky účasti v projektu

## **D. Prohlášení**

Podpisem těchto podmínek účasti v projektu prohlašuji, že jsem se detailně seznámil s těmito podmínkami účasti v projektu, a že jim rozumím. Podpisem těchto podmínek účasti v projektu prohlašuji, že mi nejsou známy žádné skutečnosti, které by moji účast v projektu znemožňovaly nebo omezovaly, zejména si pak nejsem vědom žádných omezení souvisejících s mým celkovým zdravotním nebo psychickým stavem. Podpisem těchto podmínek účasti v projektu prohlašuji, že jsem si vědom skutečnosti, že účast v projektu úzce souvisí s mým aktuálním zdravotním a psychickým stavem a jsem si vědom též toho, že uvedení nepravdivých, neúplných nebo nesprávných informací, týkajících se zejména mého zdravotního nebo psychického stavu může mít na tento zdravotní nebo psychický stav vliv. Podpisem těchto podmínek účasti v projektu prohlašuji, že jsem před započítím měření nepožil alkohol ani nejsem pod vlivem návykových nebo psychotropních látek, zejména drog.

## **E. Souhlas se zpracováním osobních údajů**

Podpisem těchto podmínek účasti v projektu uděluji ve smyslu zákona č. 101/2000Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů Západočeské univerzity v Plzni a Fakultní nemocnici Plzeň po poučení o svých právech výslovný souhlas se zpracováním osobních a citlivých údajů v rozsahu těchto podmínek účasti v projektu, včetně přílohy, která je nedílnou součástí tohoto poučení, za účelem realizace a následného vyhodnocení projektu. Tento souhlas uděluji na dobu realizace projektu a následně po dobu ...5... let po jeho skončení. Jsem si vědom(a) toho, že poskytnutí osobních a citlivých údajů je dobrovolné, a že souhlas se zpracováním osobních nebo citlivých údajů mohu kdykoli odvolat.

V Plzni dne:

Souhlasím/nesouhlasím s měřením vodivosti kůže

---

podpis účastníka v projektu

## II. Metadata

### A. Informace o měřené osobě

- Jméno
- Příjmení
- Pohlaví
- Datum narození
- Zdravotní stav
- Dosažené vzdělání
- Právák/levák
- Zkušenosti s hrou šachů o Věk začátku hraní o Celková doba hraní v letech
- Elok 1.1.2016

### B. Informace o měření

- Začátek
- Konec
- Datum
- Komentář

**Dokument vyplněný a podepsaný nezletilým  
účastníkem experimentu**

# Informovaný souhlas

Pro výzkumný projekt: Měření emocí z biosignálů

Období realizace: 2016

Řešitel projektu: Šárka Klímková

## Popis projektu

Cílem projektu „Měření emocí z biosignálů“ (dále jen „projekt“) je zjištění změn mozkové aktivity člověka při šachové hře. Kromě mozkové aktivity je zjišťována také elektrodermální aktivita. Získaná data budou následně vyhodnocována. Veškeré přístroje, vybavení, včetně příslušenství a materiál jsou běžně používány ve zdravotnictví.

## Prohlášení

Podpisem těchto podmínek účasti v projektu prohlašuji, že souhlasím s účastí svého dítěte na výše uvedeném projektu. Řešitel projektu mne informoval o podstatě výzkumu a seznámil mne s metodami, které budou při výzkumu používány. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou použity jen pro účely výzkumu, a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měla jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně dlouhém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za důležité. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost se svým dítětem kdykoliv od spolupráce na projektu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží zákonný zástupce a druhý řešitel projektu.

Souhlasím/nesouhlasím s měřením vodivosti kůže

Jméno a příjmení dítěte - účastníka projektu: \_\_\_\_\_

V Plzni dne:

Jméno, příjmení a podpis zákonného zástupce: \_\_\_\_\_

V Plzni dne:



# Metadata

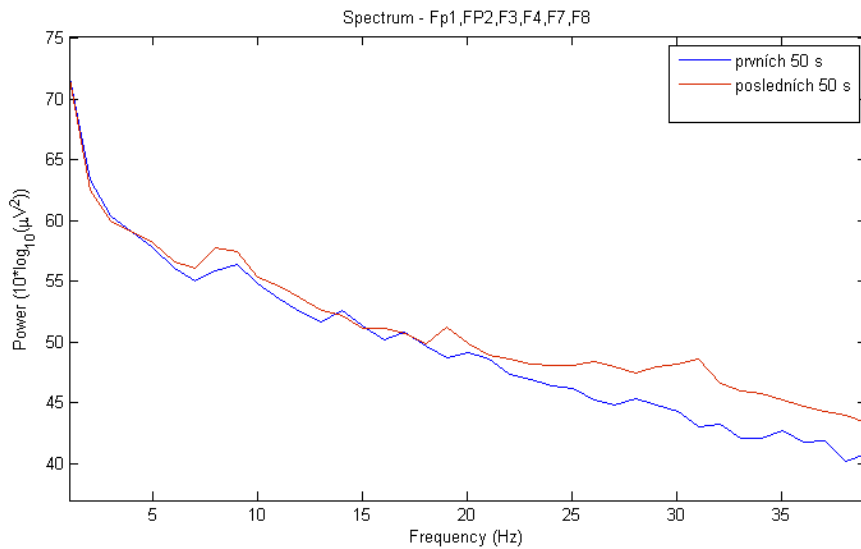
## Informace o měřené osobě

- Jméno
- Příjmení
- Pohlaví
- Datum narození
- Zdravotní stav
- Dosažené vzdělání
- Pravák/levák
- Zkušenosti s hrou šachů
  - Věk začátku hraní
  - Celková doba hraní v letech
- Elo k 1.1. 2016

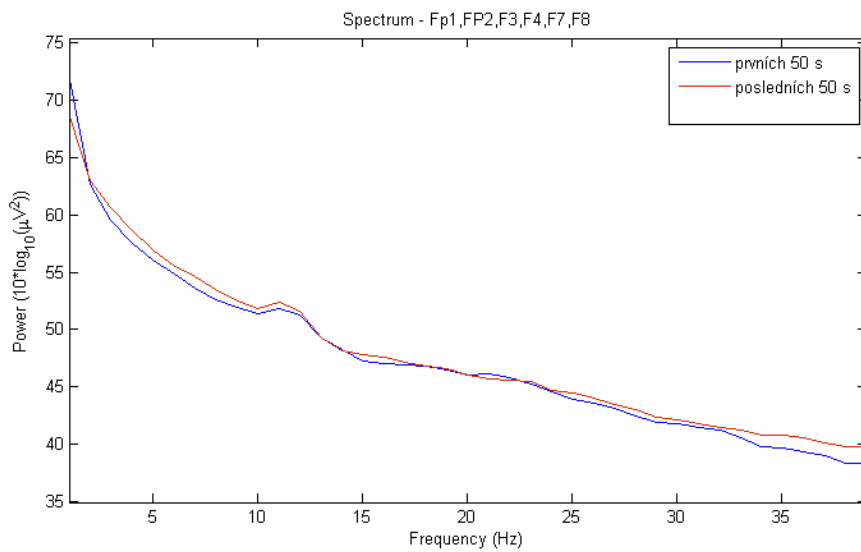
## Informace o měření

- Začátek
- Konec
- Datum
- Komentář

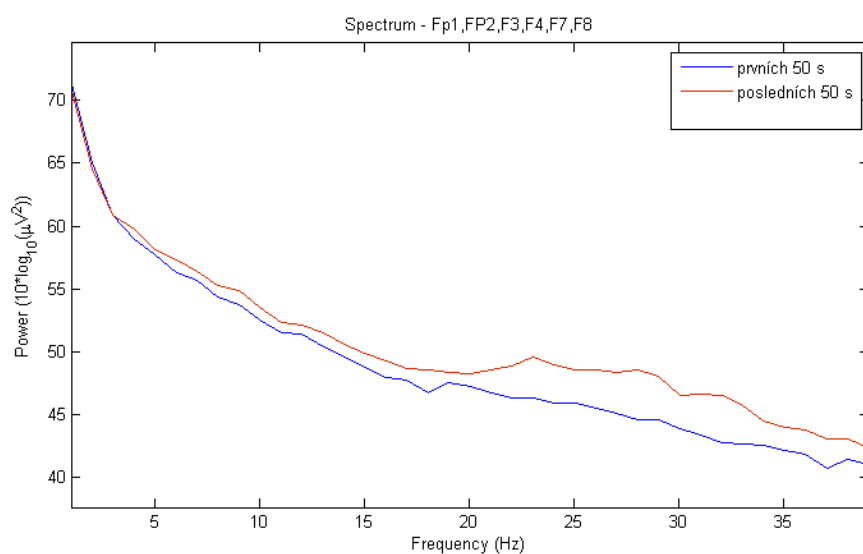
## Grafy pro prvních a posledních 50 sekund hry



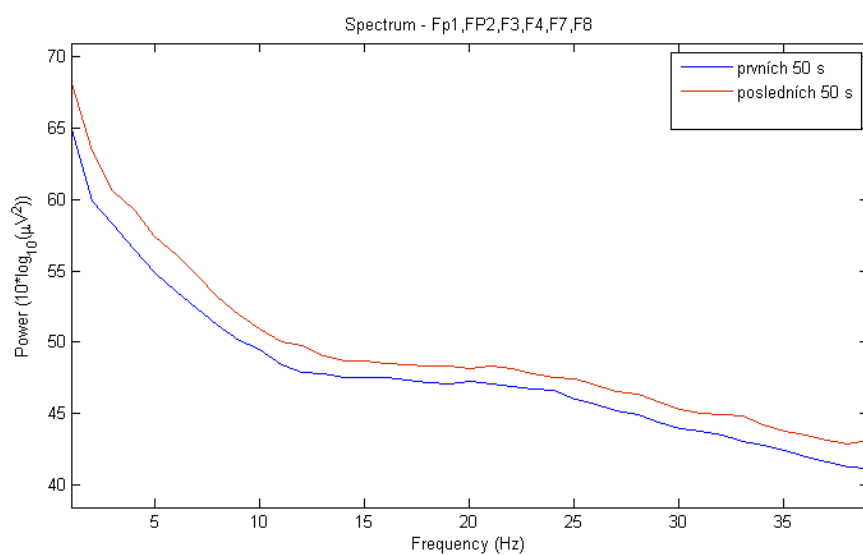
Obrázek 1: Měření 4. – prvních a posledních 50 s.



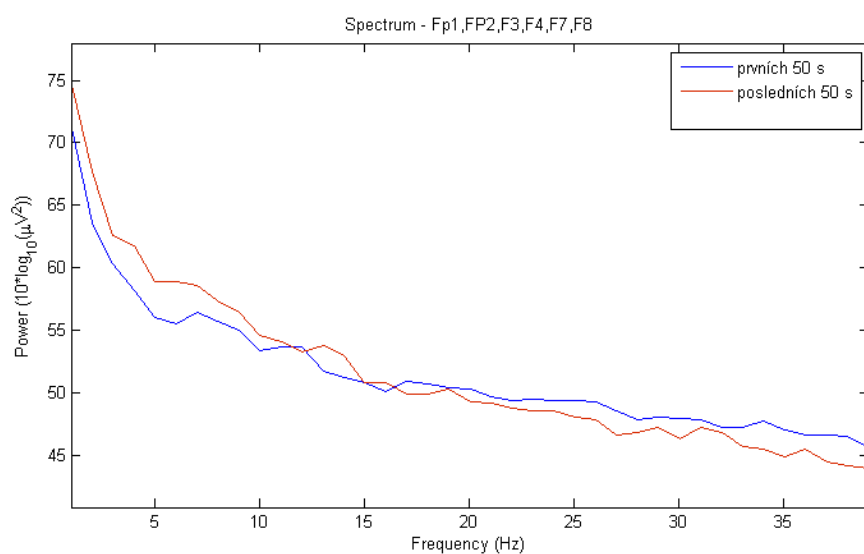
Obrázek 2: Měření 5. – prvních a posledních 50 s.



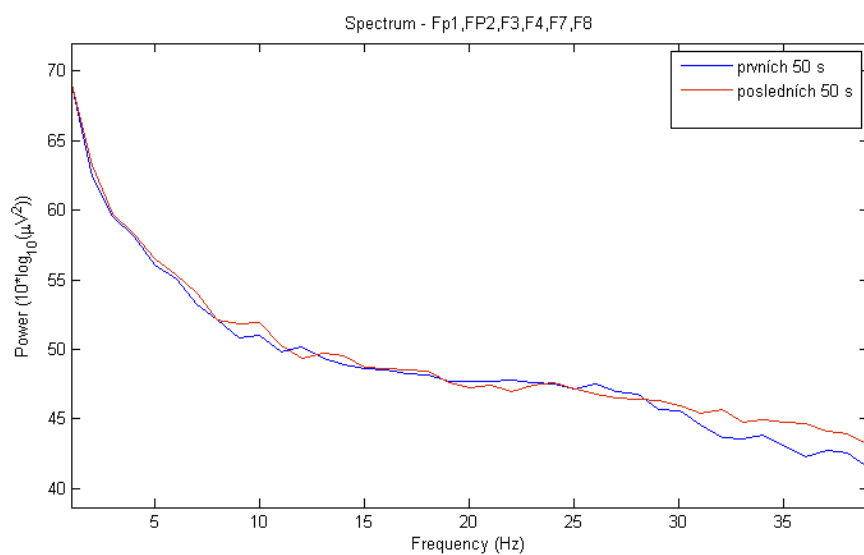
Obrázek 3: Měření 6. – prvních a posledních 50 s.



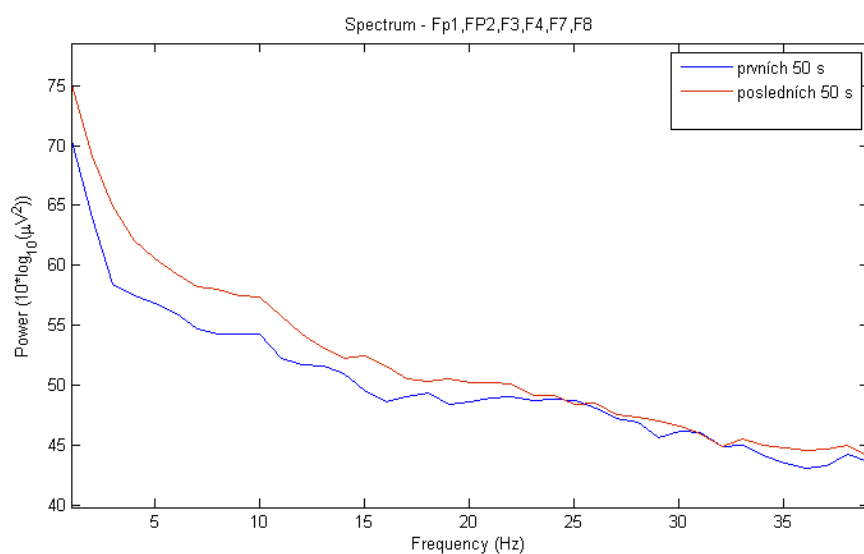
Obrázek 4: Měření 9. – prvních a posledních 50 s.



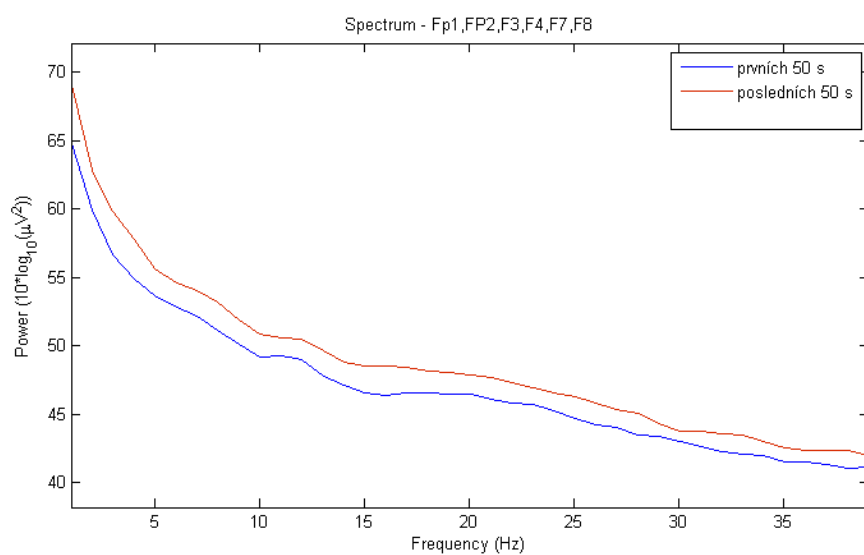
Obrázek 5: Měření 10. – prvních a posledních 50 s.



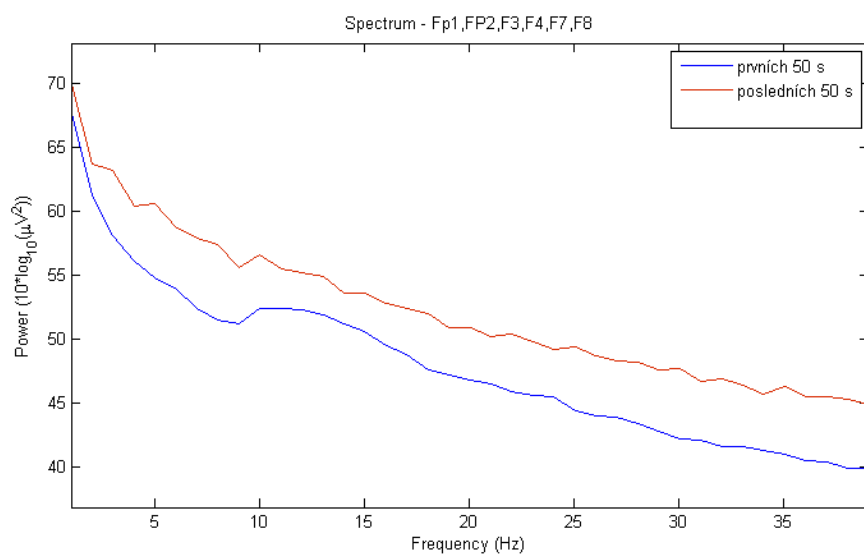
Obrázek 6: Měření 11. – prvních a posledních 50 s.



Obrázek 7: Měření 14. – prvních a posledních 50 s.

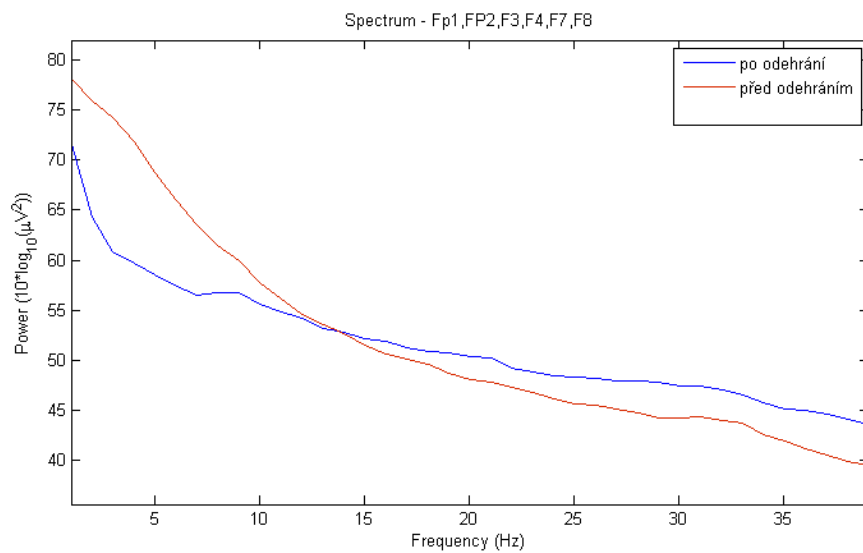


Obrázek 8: Měření 15. – prvních a posledních 50 s.

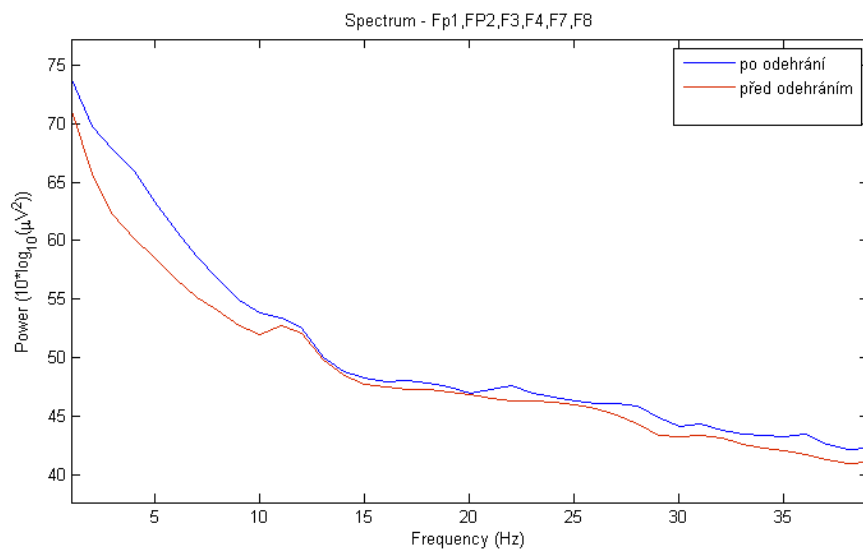


Obrázek 9: Měření 17. – prvních a posledních 50 s.

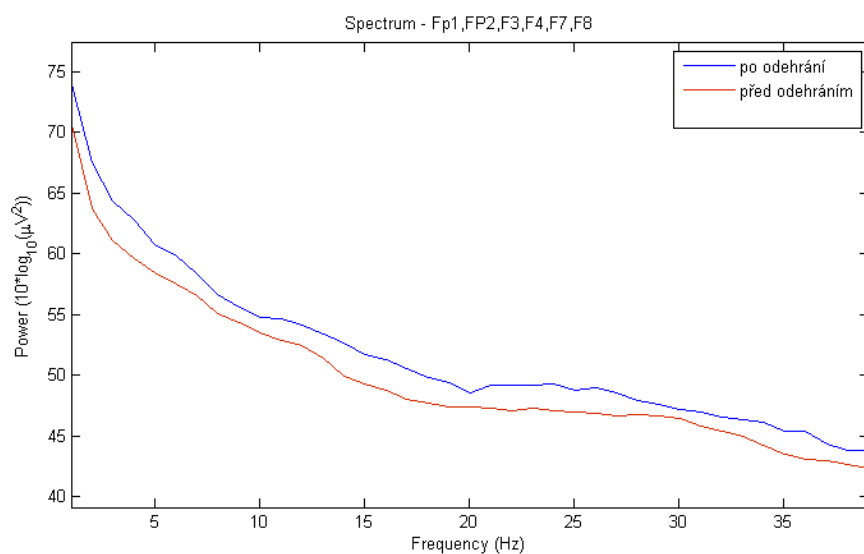
## Grafy z části před odehráním a po odehrání tahů



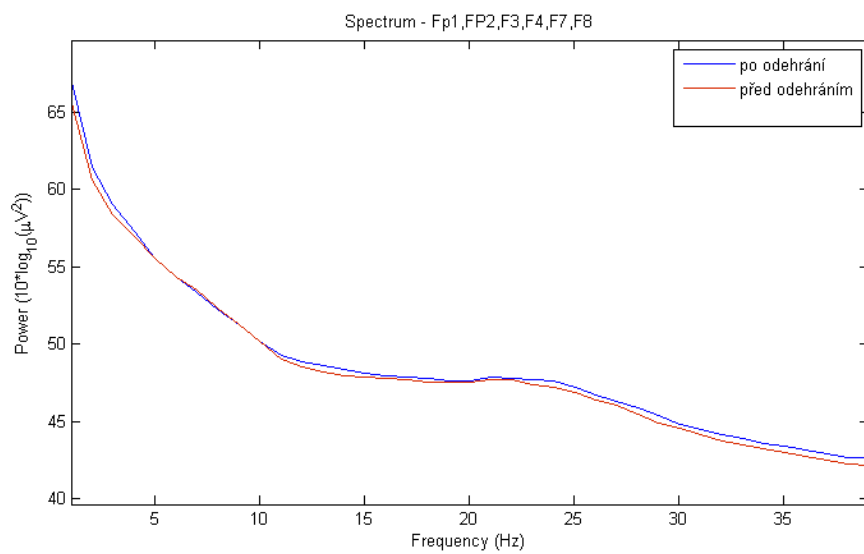
Obrázek 10: Měření 4. – po a před odehráním.



Obrázek 11: Měření 5. – po a před odehráním.

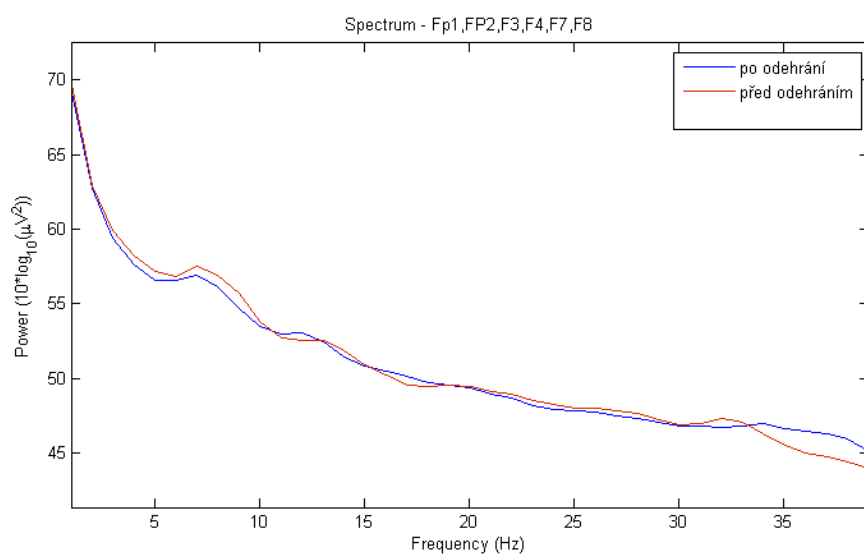


Obrázek 12: Měření 6. – po a před odehráním.

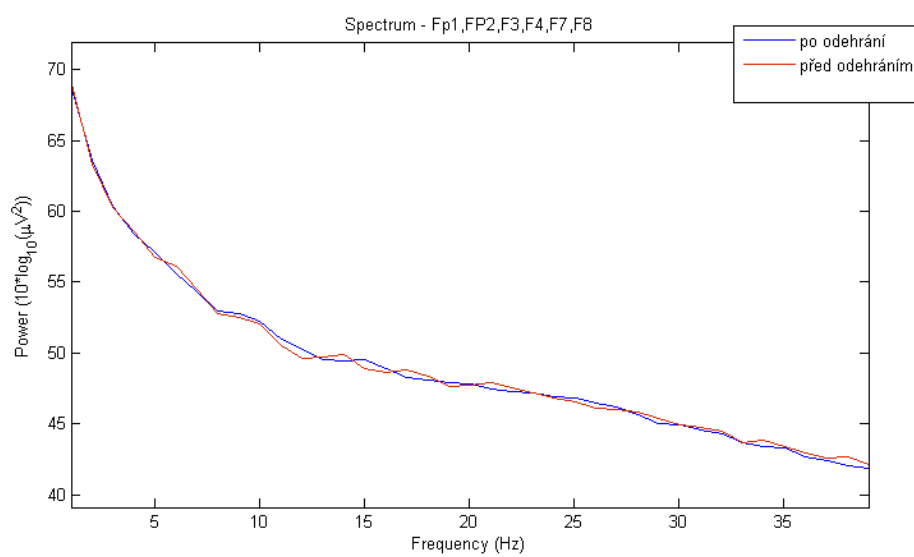


Obrázek 13: Měření 9. – po a před odehráním.

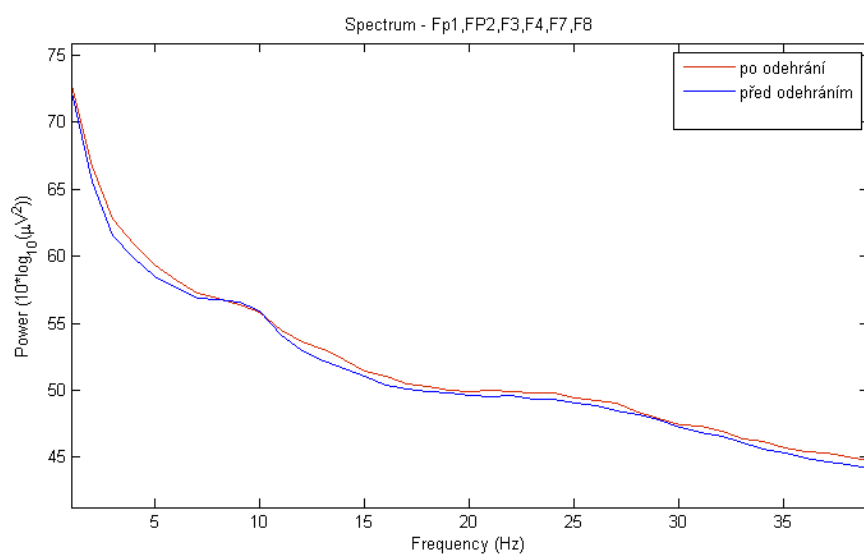




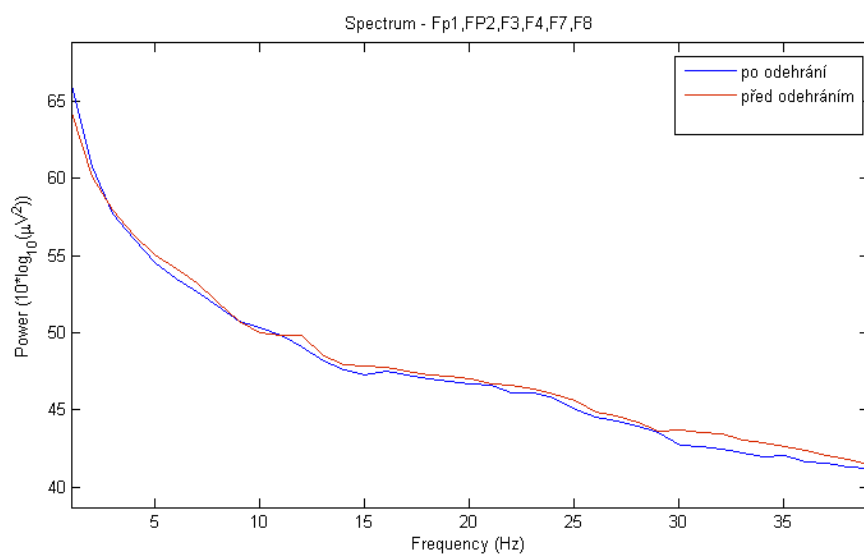
Obrázek 14: Měření 10. – po a před odehráním.



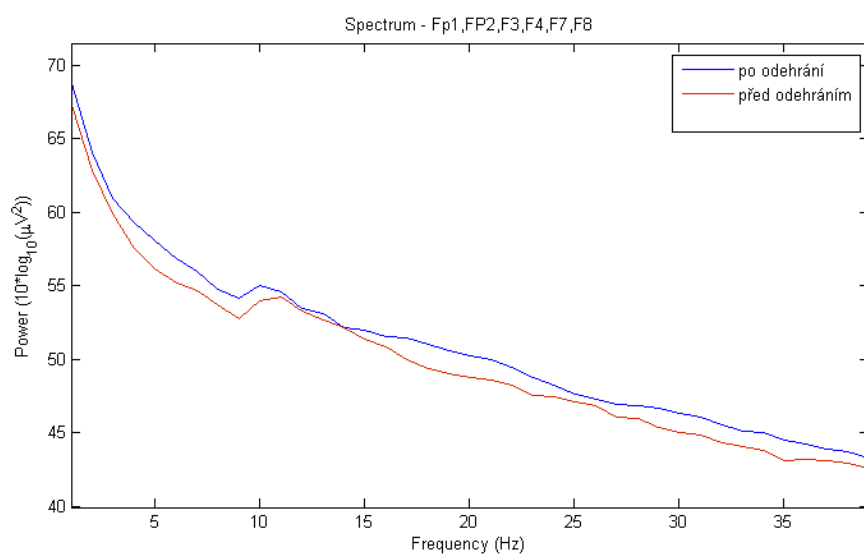
Obrázek 15: Měření 11. – po a před odehráním.



Obrázek 16: Měření 14. – po a před odehráním.



Obrázek 17: Měření 15. – po a před odehráním.



Obrázek 18: Měření 17. – po a před odehráním.

## Obsah DVD

- Zdrojové soubory – pracovní prostředí vytvořené v programu *Brain-Vision Recorder* a neupravené signály
- Obrázky ve formátu png
- Grafy ve formátu png a fig
- Dokument bakalářské práce ve formátu pdf a tex