

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
**LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA**  
**ÚSTAV LESNICKÉ A DŘEVAŘSKÉ TECHNIKY**

**Analýza zátěže a zvuku na pracovišti**

Diplomová práce

Brno 2015

Bc. Monika Kořínková

*Prohlašuji, že jsem práci: **Analýza zátěže a zvuku na pracovišti** zpracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.*

*Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/200 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.*

*Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.*

*V Brně, dne 29. 3. 2015*

.....

*Bc. Monika Kořínková*

*Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce PhDr. Petru Fiřo, Ph.D. za cenné připomínky, konstruktivní kritiku a přátelský přístup. Dále děkuji všem svým kamarádům a probandům, bez jejichž ochoty a pochopení by realizace mého výzkumu nebyla možná. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své mamince a rodině za podporu a toleranci, jež mi projevovali po celou dobu mého studia. Děkuji.*

## ABSTRAKT

Jméno a příjmení autora: Monika Kořínková  
Název diplomové práce: **Analýza zátěže a zvuku na pracovišti**  
Název v angličtině: Analysis of load and sound at the workplace  
Studijní obor: Lesní inženýrství  
Vedoucí diplomové práce: PhDr. Petr Fil'o, Ph.D.  
Rok obhajoby: 2015

### **Anotace:**

Technologický pokrok postupně zasáhl všechny aspekty lidského života a nevyhnul se ani oblasti lesního hospodářství. Nově zaváděné postupy a technologie s sebou přinesli snížení namáhavosti, zvýšení produktivity práce a zcela nová rizika vyplývající z provozu inovativní lesní techniky. Tato práce se zabývá právě jedním z mnoha rizik vyplývajících z práce v lese a to hlukem, který je průvodním jevem používání techniky. Expozice hluku krátkodobá i dlouhodobá působí negativně na lidský organismus, může způsobit jeho nevratné poškození či dokonce smrt. Práce je zaměřena na vliv expozice hluku v kabině harvestoru na fyziologii i psychologii člověka se zřetelem na bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Dále se práce zabývá analýzou zátěže na pracovišti, vznikajícím stresem a možnými fyziologickými a duševními reakcemi na něj. Součástí práce jsou výsledky průběhu fyziologických funkcí osob, jež se zúčastnili měření pomocí aparatury Biofeedback 2000<sup>x-pert</sup> za expozice dvou odlišných akustických podnětů. V práci se mimo jiné uvádí výsledky testu pozornosti a sebehodnocení probandů získané pomocí subjektivních škál, jež zpřesňují zjištění o jejich momentálním duševním rozpoložení před a po expozici vybraných zvuků.

**Klíčová slova:** stres, zátěž, psychická zátěž, fyziologické funkce, hluk, expozice hluku, negativní vliv hluku, reakce na stres, biofeedback

**Annotatiton:**

Technological progress have gradually affected all aspects of human life, and it hit also the forestry sector. Newly introduced methods and technologies have brought a reduction of onerous, increasing productivity and entirely new risks arising from the operation of innovative forestry techniques. This work deals with just one of a number of risks arising from work in the forest and it's subject is a noise that is inherent in the use of technology. Short and also a long term noise exposure negative effects the human body and it can cause irreversible damage or even death. This work is focused on the effect of exposure to noise in the cabin of a harvester with emphasis on the physiology and human psychology with regard to occupational safety and health. The thesis also analyzes the stress in the workplace, stress, emerging and potential physiological and mental reactions to it. The work results during physiological functions of the persons who attended the measuring apparatus using Biofeedback 2000 x-pert for exposure to two different acoustic stimuli. In this work, inter alia the results of a test of attention and self probands obtained by subjective scales, which refine the findings of their current state of mind before and after exposure to the selected sounds.

**Keywords:** stress, load, psychological stress, physiological functions, noise, noise exposure, the negative effect of noise, response to stress, biofeedback

## Obsah

ÚVOD.....	1
CÍLE PRÁCE .....	3
TEORETICKÁ ČÁST .....	4
1 Harvestorové technologie.....	4
1.1 Stručná historie.....	4
1.2 Harvestory a práce s nimi obecně .....	5
1.3 Harvestory v ČR.....	8
2 Pracovní prostředí a jeho vliv na lidské zdraví .....	9
2.1 Faktory pracovního prostředí .....	9
2.2 Pracovní zátěž a stres .....	12
3 Hluk a akustický stres .....	19
3.1 Zvukový vjem .....	19
3.1 Intenzita zvuku .....	20
3.2 Zvuková frekvence a hlasitost.....	22
3.4 Hluk .....	26
3.5 Biologické účinky hluku .....	27
4 Fyziologické funkce .....	32
4.1 Elektrodermální aktivita (EDA).....	32
4.2 Teplota pokožky.....	33
4.3 Puls – změny v krevním průtoku těsně pod povrchem kůže .....	34
4.4 Motilita – hybnost .....	35
4.5 Respirace .....	36
4.6 Elektroencefalografie – mozková činnost .....	37
4.7 Elektromyografie – svalové napětí.....	41
EMPIRICKÁ ČÁST .....	44
1. Metodika .....	44

1.1 Design výzkumu.....	44
1.2 Výběr a charakteristika vzorku .....	46
1.3 Metody .....	46
2 Výsledky .....	51
DISKUSE.....	71
ZÁVĚR .....	78
POUŽITÁ LITERATURA .....	80
SEZNAM TABULEK .....	87
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	88
SEZNAM PŘÍLOH.....	89

## ÚVOD

První zmínky o hospodaření v lesích nacházíme v historii v roce 1754 ve spojení s vydáním Tereziánského patentu. Přístupy k hospodaření a používané technologie v lesích, prošly dlouhým vývojem, přes období, kdy byly lesy součástí šlechtických majetků, zestátnění lesů po 2. světové válce a vznik lesních závodů jako státních organizací, až po rok 1992, kdy došlo k transformaci lesů a vzniku akciových společností (Vyslyšel a kol., 2007).

V průběhu posledních sta let se plocha lesů stále zvětšuje a bez ohledu na jejich vlastnictví, je jedním ze stěžejních cílů lesníků diferencované obhospodařování lesů a uplatnění přírodě blízkých způsobů. Toto snažení směřuje k přestavbě lesů na ekologicky stabilní lesní ekosystémy, které optimálně plní všechny funkce společností vyžadované, nejen tedy produkční, ale i environmentální a sociální. Což je úzce spojeno s využíváním těžebně dopravních technologií šetrných k přírodě, jež mají zabezpečit co nejmenší cílené poškozování lesních ekosystémů při jejich obhospodařování (Vyslyšel a kol., 2007).

Technologický pokrok usnadňující lidem život, tím že snižuje namáhavost práce a zvyšuje výkonost, vede ke stále větší automatizaci robotizaci pracovní činnosti, což sebou nese i určitá úskalí plynoucí z provozování techniky a vztahu člověk-stroj. Tímto vztahem se zabývá i současná ergonomie, která řeší zlepšení zdravotních, pracovních a sociálních podmínek pracoviště s důrazem na bezpečnost práce. Při provozu harvesterů, jakožto těžebně dopravní technologie šetrné k přírodě, jsou zkoumány a zjišťovány míry vlivu pracovního prostředí na výkonost a nehodovost operátorů těchto strojů (Fil'o, 2010)

Tato práce využívá právě zvuku harvestoru nahraného v kabině stroje při pracovní směně a sleduje vývoj měřených fyziologických funkcí s cílem přispět ve výzkumu chování fyziologických funkcí po expozici zvuku (hluku). Záměrně se déle v textu zabýváme tímto faktorem, jeho působením na lidskou psychiku i fyziologii. Nejedná se o problémový ba až rizikový faktor pouze pracovního prostředí, ale jsme obklopeni akustickým smogem v podstatě všude. S rozvojem civilizace se v posledních desetiletích mnohonásobně zvýšilo akustické zatížení lidského organismu a tichých míst



v přírodě stále ubývá (Anonym, 1996). Hluková zátěž je celosvětovým problémem týkající se všech oblastí lidského života, každého jednoho člověka.

Jak uvádí Bernard a Doucha (2008) hluk je jedním z nejvýznamnějších zdrojů obtěžování lidského života, který představuje zásadní škodlivinu v životním prostředí. Podle odhadů trpí v ČR nadlimitním hlukem téměř půl milionu obyvatel. Na tento znepokojivý fakt upozorňují i hlukové mapy z roku 2008 zveřejněné Ministerstvem zdravotnictví, které potvrzují celodenní hlukovou zátěž nad 70 dB u 242 152 lidí a u 281 306 lidí potvrzují rušení spánku zvukovou expozicí nad 60 dB. Boj proti hluku v životním prostředí není však čistě vnitrostátní záležitostí, touto problematikou se neméně zabývá i Evropská unie, která v roce 2004 přijala směrnici o hodnocení a řízení hluku ve vnějším prostředí. Údaje zveřejněné EU mluví o 210 milionech lidí žijících v prostředí s hlučností nad 55 dB, a něco kolem 100 tisíc občanů vystavených expozici nad 65 dB.

## CÍLE PRÁCE

Cílem předkládané práce je zpracování přehledu východisek a nejdůležitějších poznatků o dané problematice, za využití tuzemské i zahraniční odborné literatury v teoretické části a dále detailní zkoumání auditivního stresu. Předpokladem pro vypracování práce je systémový a integrovaný přístup k dané problematice se zřetelem na interdisciplinární zpracování.

Předmětem zkoumání praktické části jsou naměřená data vlastního experimentu, zaměřeného na zkoumání vlivu vybraných zvukových podnětů na psychofyziologické funkce, pozornost a aktuální subjektivní prožívání probandů. Data byla získána použitím aparatury Biofeedback 2000<sup>x-pert</sup>, jíž byli měřeny biosignály fyziologických funkcí. Pro měření psychologických charakteristik probandů bylo využito dotazníkového šetření před a po zvukové expozici, zatímco dotazníkové měření pozornosti probíhalo kontinuálně s podrobením zkoumaných osob expozici zvuku.

Vyhodnocení naměřených dat spočívá v zpracování kvantitativních (popř. kvalitativních) rozdílů ve fyziologických funkcích, pozornosti a subjektivním posuzování zkoumaných osob v závislosti na expozici jednoho ze dvou akustických podnětů.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 Harvestorové technologie

Každý rok počty těžeb realizovaných touto technologií v ČR narůstá. Podle Bartoše (2009) představují harvestorové technologie v současné době vrchol moderních technologií v rámci těžby dříví a jsou neoddělitelnou součástí trvale udržitelného hospodaření v lesích. Následující odstavce se snaží stručně a srozumitelně pojednat o historii, vývoji, kladech a možných rizicích spojených s využíváním harvestorů v lesnictví.

### 1.1 Stručná historie

Kolébku zrodu dnes již docela běžných harvestorových technologií, bychom našli koncem čtyřicátých let ve Švédsku a Finsku. Přesněji u firem OSA, Lokomo, Makeri, Kockum jejichž vývojové práce přispěly k technickému pokroku a rozvoji harvestorů. V Kanadě pak v roce 1973 představila svůj první harvestor firma Timberjack. Rozšíření těchto strojů přišlo po zavedení jeřábu s harvestorovou hlavicí, tedy s náhradou kácecího ústrojí nůžek, jež se příliš neosvědčilo, za efektivnější kácecí ústrojí podobnému řezacímu ústrojí JMP. Zvýšený zájem o tuto technologie je možné pozorovat po roce 1990, kdy v podstatě celá Evropa řešila problém probírek v jehličnatých porostech. Bylo nezbytné reagovat na vzniklou situaci tak aby nutné pěstební zásahy směřovali k zajištění kvality budoucích porostů a zároveň byly hospodárné. Bylo zapotřebí změnit dosavadní způsoby těžby nasazením nové těžební techniky, která si vyžádala nové způsoby organizace práce (Ulrich a kol, 2002).

U nás se první harvestory objevily počátkem sedmdesátých let 20. století, kdy bylo třeba čelit zpracování kalamity vzniklých v imisních oblastech (Lasák, Němec, 1996; Ulrich a kol., 2002). Podle Dvořáka (2002) však skutečný průlom v nasazení harvestorových technologií v lesním hospodářství ČR přišel až na počátku 90. let a od té doby dochází k pozvolnému návratu k sortimentní těžební metodě. V průběhu posledních let se tato metoda stala běžnou součástí používané lesnické mechanizace v ČR, přesto že zpočátku byla provozním personálem odmítána z důvodů domněnky nevhodnosti využití v českých lesích a obav z možnosti jejich poškození (Ulrich a kol., 2002).

## 1.2 Harvestory a práce s nimi obecně

„Harvestor je samopojízdný víceoperační stroj, který kácí, odvětvuje, rozřezává a ukládá strom v jednom cyklu (Ulrich a kol., 2002).“ Jak uvádí Neruda a kol. (2013) harvestor vyrobené výřezy před uložením ještě měří, registruje, a přemísťuje. Harvestorem vyrobené výřezy zůstávají v porostu v neurovnaných nebo urovnaných hraních, zpravidla jsou ukládány do svazků k okrajům vyvážecích linek. Odkud jsou výřezy nakládány pomocí hydraulického jeřábu s drapákem na ložnou plochu forwarderu. Jde o plně mechanizovaný a částečně automatizovaný výrobní cyklus. Součinnost těchto mechanizačních prostředků je většinou nasazována v proudovém systému výroby tzv. harvestorové uzly.

### Dělení harvestorů

Harvestory můžeme rozdělit do skupin hned podle několika hledisek, a to na základě koncepce podvozku, technologie zpracování stromu a v neposlední řadě dle zařazení do výkonových tříd.

Na základě koncepce podvozku členíme harvestory na:

Kolové

Pásové

Kráčivé

Nejuniverzálnější jsou kolové podvozky, které dle stavu povrchu terénu zvládají pohyb v terénech o podélném sklonu 25-50%, nad 50% je nutné použít podvozek kolopásový, pásový nebo kombinovanou variantu podvozku (Ulrich a kol., 2006).

V terénech kde je zapotřebí nízkého měrného tlaku, tedy na méně únosných půdách a v podmínkách bažinatých terénů zabezpečuje vynikající trakci pásový podvozek, který se vyznačuje vysokou schopností adheze, velkou stabilitou a velkou svahovou dostupností. Mezi nedostatky pak patří snižující se mobilita přepravy na nové pracoviště, poškození povrchu zatačení apod.

Kráčivý podvozek vychází většinou z konstrukce tzv. kráčivých rypadel. Harvestory s tímto typem podvozku je vybaven čtyřmi hydraulicky ovládanými rameny,

každé z nich může být nezávisle horizontálně i vertikálně nastavitelné, což zajišťuje stroji dobrou stabilitu i na prudkých svazích (Neruda a kol., 2013).

Dělení dle technologie zpracování stromu:

Jednoúchopové – celý strom zpracován těžební hlavicí umístěnou na konci hydraulického jeřábu v jednom cyklu.

Dvouúchopové – na hydraulickém jeřábu umístěna pouze kácecí hlavice, odvětvování, druhotování a kubírování se děje procesorovou hlavicí umístěnou na zadní části podvozku. V dnešní době se nepoužívá, je to konstrukce historicky prvních harvesterů (Neruda a kol., 2013).

**Tabulka 1 Orientační členění kolových harvesterů do výkonových tříd**

<b>Orientační technická data</b>	<b>Jednotka</b>	<b>I. Malý harvester</b>	<b>II. Střední harvester</b>	<b>III. Velký harvester</b>
Optimální hmotnost zprac. stromů	m <sup>3</sup>	0,10-0,50	0,40-0,80	0,70-2,00
Prům. hodinová výkonost	m <sup>3</sup> /h	4	10	16
Výkon motoru	kW	40-110	110-170	170-250
Šířka	cm	180-230	230-280	280-320
Dosah hydraul. jeřábu	m	4,5-8	8-12	8-12
Maximální průměr úřezu	mm	300-450	450-600	600-750

Hmotnatost	t	4-10	10-18	18-26
------------	---	------	-------	-------

Zdroj: Neruda a kol., 2013

Dvořák (2004) spatřuje ve využití harvestorů následující **výhody**:

- *„Úspora pracovních sil*
- *Přesná registrace odvedené výkonosti operátorem v palubním počítači usnadňující kontrolu práce a její odměňování*
- *Vysoká hygiena práce a její bezpečnost při nasazení v nepříznivých podmínkách počasí nebo v kalamitách,*
- *Rychlá reakce na požadavky odběratele při sortimentaci*
- *Zachování čistoty dřevní suroviny pro další zpracování v dřevozpracujícím průmyslu*
- *Omezení škod na lesních dřevinách a půdním povrchu*

Na druhé straně s nasazením technologie vznikají i určité **nevýhody**:

- *Náročná organizace práce pro nepřetržitý provoz stroje a zajištění návratnosti vložených investic*
- *Vysoká pořizovací cena stroje, nákladné opravy poruch spojené s čekacími lhůtami na náhradní díly – prostroje stroje*
- *Dlouhodobou a nákladné zaškolování operátorů*
- *Náročnost na technické obory na operátory a případně i technickohospodářské pracovníky“*

Jak uvádí Dvořák (2004) strojní uzly jsou nasazovány hlavně do jehličnatých porostů s převažujícím zastoupením SM a BO s případnou příměsí MD nebo dalších listnatých dřevin (nejčastěji bříza). Z listnatých porostů je jejich nasazení možné doporučit v bukových porostech nižší věkové třídy, kde je zpravidla záruka menší křivosti a nižší větevnatosti. Použití harvestorových technologií je přípustné v terénech s příčným sklonem svahu max. 40%, a na nepodmáčených stanovištích. V případě

lokálního podmáčení se zajišťuje průjezd po vytyčené přibližovací linii na pevném půdním povrchu nebo je počet průjezdů omezen na nezbytně nutné minimum.

Význam harvestorových technologií v těžbě předmýtní úmyslné a mýtní úmyslné je zřetelný i z dat z roku 2013, kdy bylo v České Republice vytěženo celkem 15,33 mil. m<sup>3</sup> surového dříví, z toho 13,23 mil. m<sup>3</sup> připadalo na jehličnaté surové dříví a podíl nahodilé těžby činil 27,7% (4,25 mil. m<sup>3</sup>). Z celkového objemu těžby bylo vytěženo 4 717 tis. m<sup>3</sup> sortimentovou technologií realizovanou harvestorovými technologiemi a 10 614 tis. m<sup>3</sup> kmenovou technologií. Tedy celých 31% z celkové těžby bylo zpracováno harvestorovou technologií (MZe, 2014).

### 1.3 Harvestory v ČR

V České republice je v současnosti používáno celkem 432 harvestorů, z nichž 408 jsou kolové harvestory střední třídy a 24 jsou harvestory pásové. Nejpoužívanější jsou stroje s rokem výroby 2000 – 2009, jedná se přesněji o 303 harvestorů vyrobených v těchto letech (MZe, 2014).

Následující tabulka uvádí významné výrobce harvestorů a jejich účast na českém trhu.

**Tabulka 2: Zastoupení harvestorů na českém trhu**

Výrobce	Celkem Ks v ČR	Podíl na českém trhu
John Deere	185	45,3 %
Rottne	88	21,6 %
Komatsu	45	11 %
Ponse	40	9,8 %
Sampo	20	4,9 %

Zdroj: MZe, 2014

Z hlediska vztahu člověk-stroj se nejrůznější studie zabývají ergonomickými, ekologickými vlastnostmi harvestorů, bezpečností práce a vlivem na zdraví operátora. Nás zajímá především hlučnost harvestorů, protože právě hlukem a jeho působením na lidský organismus se dále v práci zabýváme.

Přestože jsou kabiny harvestorů zvukotěsné, hladina hluku uvnitř dosahuje 65-70 dB. Což jak se dozvíme v kapitole číslo 3 (Hluk a akustický stres) je poměrně hodně, vezme-li v úvahu osmi hodinovou směnu a náročnost na práci operátora.

Například u výložníkového harvestoru TIMBERJACK 870 B dosahuje hlučnost 63 dB, u výložníkového harvestoru VALMET 911 je hlučnost 67,7 dB (Tomášková, 2001), harvestor H21<sup>D</sup> od firmy Rottne dosahuje v kabině hlučnosti 65 dB (Rottne, 2015). Meassingerová a kol. (2005) prováděli měření hlučnosti FMG 990 Lokomo a zjistili, že konečná hladina hluku v kabině je závislá na ventilaci. Pokud byla ventilace vypnutá, ekvivalentní hladina hluku v kabině odpovídala 69,0 dB, zatímco při zapnuté ventilaci dosahovala hlučnost 72,7 dB.

## 2 Pracovní prostředí a jeho vliv na lidské zdraví

V této kapitole je pojednáno o vybraných negativních faktorech působících na jednotlivce i skupiny v pracovním prostředí, o pracovní zátěži, o vznikajícím stresu a o reakcích na něj.

### 2.1 Faktory pracovního prostředí

Materiální podmínky, jako prostor, urbanistické řešení komplexu provozních budov, stav technického rozvoje, přístupové komunikace, čistota prostorů, osvětlení, hluk, mikroklimatické podmínky, spolu se sociálními pracovními podmínkami (motivace, uspokojení z práce, psychosociální klima, typ řízení apod.) mají vliv na zdraví člověka, působí na jeho psychiku, na duševní pohodu a pracovní výkon (Kohoutek, 2009 cit. dle Čech, 2014)

Faktory pracovního prostředí se zabývá nařízení vlády č. 523/2002 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci a vyhláška č. 423/2003 Sb.

Faktory pracovního prostředí si můžeme rozdělit na fyzikální, chemické, biologické, psychické a sociální faktory pracovního prostředí.



## **Fyzikální faktory prostředí**

Fyzikální faktory ovlivňující pracovní prostředí jsou zejména:

- Tepelně vlhkostní makroklima
- Prach a prašnost na pracovišti
- **Hluk**
- Vibrace
- Osvětlení (Čech, 2014)

V dalších podkapitolách se budeme podrobněji věnovat problematice Hluku a jeho působení na lidský organismus.

## **Chemické faktory prostředí**

V podstatě každý z nás jsme denně vystaveni působení chemických látek vypouštěných do prostředí jako dopad chemizace nejrůznějších odvětví průmyslu. Prostředí je kontaminováno cizorodými látkami různé povahy, které mohou mít negativní dopad na lidské zdraví, kupříkladu výskyt nádorových onemocnění, množství vrozených vad, počet alergických onemocnění.

Dle účinku na lidský organismus jsou chemické látky lékaři děleny na toxické a pozdní. Projev toxických chemických látek závisí na dávce dané látky, zatímco pozdní chemické látky na dávce nezávisí, teoreticky by již jedna molekula mohla vyvolat onemocnění. Toxické látky mohou vniknout do organismu hlavně dýchacími cestami v plynném skupenství, trávicím ústrojím prostřednictvím pití, jídla, kouření a také kůží (Čech, 2014).

## **Biologické faktory prostředí**

Téměř na každém pracovišti přijde člověk do kontaktu s nejrůznějšími živými mikroorganismy a jejich produkty. Pod pojem mikroorganismy zahrnujeme:

- Biologické látky v pracovním prostředí – bakterie, plísně, viry, řasy, prvoci, endoparaziti
- Mikroorganismy – buněčné či nebuněčné mikrobiologické jednotky schopné reprodukce nebo přenosu genetického materiálu
- Buňkové kultury

Hlavním zdrojem mikroorganismů, od kterého se dostávají původci infekcí do vnitřního i vnějšího ovzduší a s ním k člověku, je jiný člověk. Kontakt s mikroorganismy může mít za následek různá zdravotní rizika jako nebezpečí infekce, tyfus, hepatitida, toxické efekty (př. otrava houbami) či vyvolání alergické reakce (Čech, 2014).

## **Psychologické a sociální faktory pracovního prostředí**

V dnešní době se jedná o jedno z největších pracovních rizik, kterému se dnes jen těžko nějaká oblast lidské činnosti vyhne, vlivem technického pokroku, konkurence, poměru nabídky práce a poptávky po práci. Řadí se sem práce s psychickou zátěží, psychosociální stres, patologické vztahy, jako mobbing, bossing, šikana. Zmíněné faktory se mohou projevit na člověku stresem, zdravotními problémy, bolestí hlavy, poruchou soustředěnosti nebo únavou (Čech, 20014).

## 2.2 Pracovní zátěž a stres

Zátěž představuje v podstatě každá pracovní činnost. Podle připravenosti a způsobilosti jedince pro daný úkol rozeznáváme zátěž přiměřenou či nepřiměřenou. Přiměřená pracovní zátěž je dána vyvážeností mezi výkonovou kapacitou člověka a kladenými požadavky a podmínkami, za nichž je daný úkol vykonáván. Za nerovnovážného stavu mezi těmito složkami dochází ke vzniku nežádoucí nepřiměřené zátěže resp. zátěže nadlimitní (přetížení - požadavky překračují výkonovou kapacitu člověka) a zátěže sublimitní (nevytížení - kdy člověk nevyužívá svůj pracovní potenciál) (Gilbertová, Matoušek, 2002). Podle Bobysudové (1983) je zátěž vnější silou působící na člověka, na kterou organismus reaguje námahou. Také uvádí, že přiměřená zátěž, kompenzovaná vhodným odpočinkem, je předpokladem aktivního života, neboť posiluje schopnost překonávání překážek, pracovní iniciativu a pozitivně ovlivňuje všestranný rozvoj osobnosti. Naopak nepřiměřená zátěž, spotřebuje tolik energie, až představuje riziko zhroucení celého systému lidského organismu. Podle Koslowskeho (2001) vzniká zátěž jako přímý důsledek prožívaného stresu nebo nepřímý důsledek objektivních stresorů.

Gilbertová a Matoušek (2002) rozlišují mezi vnějšími zdroji pracovní zátěže, které souvisejí s pracovním předmětem a prostředkem (fyzická práce) a subjektivními příčinami zátěže, které jsou dány připraveností a způsobilostí člověka pro daný úkol či činnost. S tímto souhlasí v podstatě i Paulík (2010), který rozlišuje na základě zátěžových podnětů zátěž biologickou, kladoucí požadavky na svalovou činnost a psychickou zátěž, kterou dále dělí na zátěž senzorickou, emocionální a mentální.

Bobysudová (1983) uvádí, že pochopení a porozumění podstatě zátěže a změnám jí působených, ke kterým dochází v průběhu celého trvání zátěže v celém organismu, až do návratu k výchozímu stavu organismu, jsou nezbytné pro vlastní překonávání negativních důsledků psychické zátěže.

## Stres

Velice dobře známý pojem, diskutovaný odborníky a denní chleba nás všech, naší moderní uspěchané doby. Řada významných vědců, psychologů a dalších odborníků z různých oborů se zabývá příčinami vzniku stresu a důsledky jeho působení na lidský organismus a psychiku daného jedince. Není však snadné vystihnout jednou definicí všechny charakteristické atributy jevu, který překračuje hranice všech disciplín. V současnosti je stres vnímán jako propojený soubor buněčných, tkáňových, orgánových a psychických změn, jimiž se organismus snaží o dosažení rovnováhy při působení stresů nebo mikro-stresů zabraňující dezintegraci jedince (Gilbertová, Matoušek, 2002).

Jako první začal problematiku stresu systematicky zkoumat americký fyziolog Walter B. Cannon, který na základě teorie homeostázy, tedy cílené snahy organismu o navrácení vnitřního prostředí do fyziologické rovnováhy, v roce 1915 popsal reakci na ohrožení nazvanou „útok nebo útěk“. Do lékařského slovníku z technické literatury převedl pojem stres kanadský fyziolog Hans Selye, který ve svých pokusech na myších zjistil, že je-li organismus závažně poškozen akutní nespecifickou noxou (= škodlivina, látka vyvolávající poškození), jako například vystavení chladu, spinální (páteřní) šok, nadměrná fyzická námaha či intoxikace subletální dávkou nějaké toxické látky (adrenalin, atropin, morfin, formaldehyd atd.) objeví se symptomy typického syndromu, jež nejsou závislé na charakteru noxy a jsou tedy spíše odpovědí na samotné poškození. Tento syndrom Selye nazval General Adaptation Syndrom zkráceně GAS – všeobecný adaptační syndrom, v němž se dle jeho pozorování jedná o celkovou snahu organismu adaptovat se na nově vzniklou situaci a to ve 3 stádiích:

- Poplachová reakce
- Stádium rezistence
- Stádium vyčerpání (Večeřová-Procházková, Honzák, 2009)

Níže uvádíme vybrané definice stresu:

*„Stresem označujeme takovou změnu organismu, která v určitém stavu ohrožení může vyvolat vysoký stupeň napětí, rozvrátit zaběhaná schémata každodenního způsobu jednání, která oslabuje mentální výkonnost a vyvolává subjektivně nepříjemné stavy afektivního vyčerpání“ (I. L. Janis cit. dle Rymešová, Chamoutová, 2012).*

Čech (2014) popisuje stres jako proces vznikající v reakci na nadměrné požadavky, kdy vzniká nesoulad mezi doléhajícími požadavky a schopností na ně odpovědět, což způsobuje ohrožení rovnováhy organismu.

*„Lidé se ocitají ve stresu, když si uvědomí, že požadavky, které jsou na ně kladeny, nejsou úměrné prostředkům, jež mají pro jejich splnění k dispozici. Ačkoli je stres otázkou psychiky, promítá se také do fyzického zdraví“ (EAOBOZP, 2014).*

### **2.2.1 Rozdělení stresu**

Stresové mechanismy k životu neoddelitelně patří, v mírných dávkách stimulují a v ohrožení člověka zachraňují, na druhou stranu se mnohdy spouští v situacích, kdy je to zbytečné či dokonce škodlivé (Večeřová-Procházková, Honzák, 2009).

#### **Dle délky trvání**

Stres dle délky jeho trvání můžeme rozdělit na akutní, chronický, posttraumatický a anticipační.

Akutní stres vzniká při událostech, kdy je ohrožen život. Stresová situace trvá jen krátkou dobu nebo dokonce okamžik např. závažné dopravní nehody, průmyslové havárie, atd.

Chronický stres je dlouhodobý, vzniká působením sociálních, fyzikálních a jiných stresorů, jejichž intenzita může v průběhu času kolísat či se vyskytovat v nepravidelných intervalech, např. narušené vztahy na pracovišti, špatná organizace práce, noční směny, atd.

Posttraumatický stres, označovaný také jako stres následný, je opožděnou reakcí na stresový podnět trvajícím obvykle krátkou dobu, ale s katastrofického rázu se závažnými dopady.

Anticipační stres vzniká na základě určité představy, předjímání a předvídání dějů a událostí, které mají teprve nastat (Matoušek, 2005).

Obdobné rozdělení uvádí i Davidson (1998):

- Anticipující stres – obavy z budoucnosti
- Situační stres – vyvolaný určitým okamžikem
- Chronický stres – stále přetrvávající stres
- Reziduální stres – vázaný na události z minulosti, na které nejsme schopni zapomenout

### **Dle intenzity**

Hyperstres – stres který překročil hranice adaptability, tedy je za hranicí danou situací zvládnout.

Hypostres - je stres, který zatím nepřekročil hranici zvládnutelnosti, ale za předpokladu dlouhodobého působení a kulminace více menších stresorů, může tyto hranice překročit (Křivohlavý, 2001)

### **Dle škodlivosti**

Dle způsobu působení stresu na lidský organismus rozlišujeme eustres a distres.

Eustres má kladný vliv na výkon a cíle, je to optimální hladina stresu a působí jako tvůrčí a motivační síla (Večeřová-Procházková, Honzák, 2009). Jde tedy o stres bez negativního emociálního prožitku (Křivohlavý, 2001). Naproti tomu distres je chronický traumatický stres působící destruktivně, poškozující psychické a tělesné zdraví člověka (Večeřová-Procházková, Honzák, 2009). Tímto termínem většinou vyjadřujeme situace subjektivně prožívaného ohrožení s negativními emociálními prožitky (Křivohlavý, 2001).

### 2.2.2 Reakce na stres

Člověk ve vztahu ke stresu vystupuje jako celek, reaguje na něj jako biologický systém, v němž vyvolané změny v jednom nebo více subsystémech mají za následek změny v celém systému. Projevuje se psychickými stavy s negativním emociálním zabarvením (strach, obava, ohrožení), motorickými projevy jako je třes, poruchy pohybové koordinace atd. a také v kognitivních funkcích např. chyby v percepci (vnímání), diskriminaci, v myšlení, v rozhodování, zhoršení sociální adaptace apod. Druhotně může stres zapříčinit zhoršení pracovního potenciálu, pracovní úraz, fluktuaci atd. (Gilbertová, Matoušek, 2002).

*„Přímým účinkem stresu na onemocnění se rozumí obvykle jeho vliv na imunitní, endokrinní nebo nervový systém. Nepřímým vlivem stresu na zdravotní stav se rozumí vliv stresu na chování člověka – např. na změnu životního stylu, tj. na jeho zdravotně důležité formy a způsoby života (Křivohlavý, 2001).“*

Umlauf, Valanská (1991) dělí projevy stresu na fyzické, psychické a emociální. Mezi základní symptomy řadí:

- Fyzické
  - ✓ Pocit slabosti, závratě
  - ✓ Bolesti hlavy, migrény
  - ✓ Bušení srdce
  - ✓ Bolesti žaludku
  - ✓ Dvojité vidění
- Psychické
  - ✓ Pocit podrážděnosti, vzteku
  - ✓ Pocit napětí, tlaku úzkosti
  - ✓ Pocit pronásledování
  - ✓ Pocit smutku a deprese
  - ✓ Nespavost
- Emociální

- ✓ Změny nálad
- ✓ Nadměrné starosti o tělesný stav a zdraví
- ✓ Pocity únavy

*„Každý člověk je osobností zvláštní, jedinečnou a neopakovatelnou. Proto je oprávněný předpoklad, že intenzita působení stresorů a vlastní stres jako reakce bude u každého jedince jiná. Kritériem přitom mohou být jisté vlastnosti, označované nejčastěji jako osobnostní odolnost či nezdolnost, zátěžová tolerance, úroveň sebedůvěry a sebepojetí, kdy člověk považuje většinu životních událostí za zvládnutelné a nejsou pro něj tudíž příčinou stresu“ (Matoušek, 2005). S Matouškem souhlasí i Praško (2003), který uvádí, že reakce na stres jsou vysoce individuální v závislosti na osobních dispozicích a dřívějších zkušenostech se stresem.*

Snaha organismu přizpůsobit se trvalé přítomnosti stresoru, může být tak vyčerpávající, že zapříčiní snížení jeho odolnosti vůči nemoci, což může mít na tělesné zdraví jedince přímý negativní vliv. Důležitou roli u více než poloviny všech onemocnění hraje hlavní roli emoční stres, kdy na prožité emoce reaguje lidský organismus vznikem tzv. psychosomatické poruchy (Atkinson, 2003).

*„Psychosomatické potíže jsou funkční poruchou, kdy se psychické problémy (třeba i nenápadné či zdánlivě zcela skryté) projeví navenek jako tělesné nemoci. Jinak řečeno to znamená, že duševní neklid a napětí mozku se intenzivně promítá do orgánů, které s naší duší zdánlivě nemají žádnou souvislost“ (Šafránek, 2011). Projevy psychosomatické poruchy, často chronické, jsou typické pro konkrétní onemocnění, např. astma, vředové choroby žaludku. Příznaky mohou být taktéž daleko širší a projevovat se jako jednotlivé symptomy, jež spolu zdánlivě nesouvisí. Mezi typické příznaky patří chronické bolesti hlavy, břicha či zad, chronická únava, poruchy menstruace, bušení srdce, píchání na hrudi, dušnost, brnění končetin či v obličeji, nechutenství nebo naopak nadměrná chuť k jídlu, nespavost, ekzémy, různé zažívací obtíže atd. Jednou z domnělých příčin vzniku potíží je nadměrné působení stresu, druhá teorie je založena na neschopnosti prožívat emoce a potlačování neúnosných životních situací (Klinika GHC, 2014)*



Modely psychosomatických onemocnění:

1. „Zablokování agresivních impulzů vede k aktivaci sympatiku s následky:

- ✓ *Hypertenze (vysoký tlak)*
- ✓ *Migréna*
- ✓ *Tyreotoxikóza*
- ✓ *Reumatoidní aritida (zánětlivé onemocnění kloubů)*

2. *Zablokování pasivních závislých potřeb vede k vagotonii s následnou dysfunkcí:*

- ✓ *Peptický vřed*
- ✓ *Ulcerózní kolitida (zánět tlustého střeva provázený tvorbou vředů)*
- ✓ *Astma bronchiale (průduškové astma)“ (Nováková, 2012)*

Dle Novákové (2012) musí psychosomatické onemocnění splňovat alespoň jednu z podmínek:

- ✓ *„příčina nemoci musí souviset s předcházejícími významnými událostmi*
- ✓ *průběh nemoci je závislý na psychologických faktorech*
- ✓ *příznaky jsou neúměrně intenzivní nebo nepřiměřené v délce trvání.“*

Atkinson (2003) uvádí, že díky lymfocytům imunitního systému je naše tělo chráněno před mikroorganismy vyvolávajícími rakovinu, alergie, infekční choroby a autonomní poruchy. Činnost imunitního systému je ovlivněna stresem, jelikož chování jeho buněk může být řízeno nervovým systémem.

## 3 Hluk a akustický stres

### 3.1 Zvukový vjem

Ačkoliv se řada badatelů snažila objasnit činnost lidského ucha, je stále mnoho nejasných podrobností týkajících se mechanismu slyšení. Ve sluchovém vjemu člověka se objevují jevy, které nemají fyzikální obdoby. Během času bylo vyvinuto mnoho metod, které se snažily propojit objektivní fyzikální měření s procesem subjektivního vnímání zvuku lidským uchem, mezi jejichž veličinami neexistují jednoduché závislosti ani přímá úměrnost (Nový, 2009).

Lidské ucho je orgán, kterým vnímáme zvuk, skládá se z vnějšího, středního a vnitřního ucha (Nový, 2009). Akustickým zdrojem vyslaný zvuk procházející pružným prostředím (vzduch i voda) je ve vnějším uchu přijat boltcem zachycujícím svým povrchem značné množství akustické energie, kterou soustřeďuje po průchodu zužujícím se zvukovodem na blánu bubínku (Beran, 2010). Na bubínek, tvořící překážku ve zvukovodu, navazují kladívko, kovadlinka, třmínek- kůstky středního ucha spolu se Silviovou kůstkou. Prostřednictvím středního ucha se chvění bubínku mechanicky přenáší do vnitřního ucha, které představuje pro zvukovou vlnu další odpor v jejím šíření. Eustachova trubice vedoucí ze středního ucha do dutiny ústní slouží k vnitřnímu vyrovnávání vnějších tlaků působících na bubínek. Přes kůstky středního ucha se transformují amplitudy bubínku do menších vibrací při vyšším tlaku (s mohutnějším silovým působením). Vlastní sluchový orgán je uložen v dutině hlemýždě, který slouží nejen k vnímání zvuku, ale probíhá v něm i frekvenční analýza (Nový, 2009; Beran, 2010).

Ucho přijímaný zvuk rozkládá v jeho složky ve velmi krátkém čase a s velkou rozlišovací ostrotí, je to velmi citlivý tlakový přijímač reagující i na nepatrné změny akustického tlaku (Beran, 2010).

### 3.1 Intenzita zvuku

*„Intenzita zvuku  $I$  je definována podílem výkonu  $P$  zvukového vlnění a plochy  $S$ , kterou vlnění prochází:  $I = P/S$  ( $W.m^{-2}$ )“ (Reichl, Všetická, 2015a).*

Zvuková vlna je vytvořena energií kmitání v daném bodě, která je závislá na druhé mocnině amplitudy výchylky a na druhé mocnině frekvence, jež je přímo úměrná intenzitě zvuku. Intenzita zvuku je tedy určena stejně tak změnou tlaku vzduchu v daném místě jako i výškou tónu (Reichl, Všetická, 2015a).

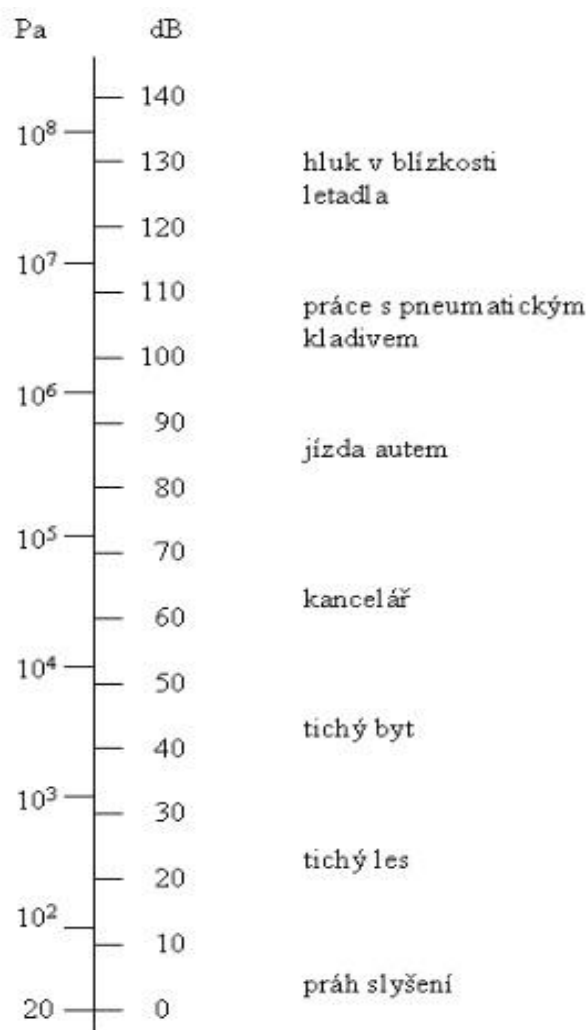
Z důvodu lepší názornosti pro člověka a přehlednosti bývá intenzita zvuku na základě referenčních hodnot přepočítávána na decibelové hladiny, jelikož rozsah hladin v decibelové stupnici je podstatně menší, což dává názornější představu o dané akustické veličině, než tomu je v jejich základních jednotkách (UTB, 2013). Jak uvádí Reichl a Všetická (2015a) pokud bychom chtěli rozsah prahových intenzit zvuku zobrazit v grafu, museli bychom stupnici rozdělit na  $10^{12}$  dílků, zatím co při využití funkce logaritmus nám stačí 12 dílků respektive 120 při vyjádření v decibelech.

*„Má-li zvuk Intenzitu  $I$ , pak v logaritmické stupnici lze vyjádřit hladinu intenzity zvuku  $L$  vztahem  $L = 10 \log ( I/I_0 )^2 = 20 \log P/P_0$ , kde  $I$  je intenzita prahu slyšení,  $P$  je akustický tlak daného zvuku a  $P_0$  je akustický tlak odpovídající prahu slyšení“ (Reichl, Všetická, 2015a).*

Dále v textu se tedy budeme bavit o Hladině akustického tlaku (dB), jejíž referenční hodnota pro vzduch je  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa, jedná se o minimální hodnotu akustického tlaku, kterou je zdravé lidské ucho schopné zaznamenat (UTB, 2013).

Dle Rejchla a Všetický (2015a) je lidské ucho nejcitlivější při frekvencích zvuku 700 - 6000 Hz. V této souvislosti jsou zavedeny dvě hranice intenzity zvuku:

- práh slyšení – nejmenší intenzita zvuku, kterou jsme schopni reflektovat ( $I_0 = 10^{-12}$  W.m<sup>-2</sup> respektive  $P_0 = 20$  μPa)
- práh bolesti – zvuk o intenzitě způsobující bolest ( $I = 1$  W.m<sup>-2</sup> respektive  $P = 130$  Pa)



**Obr. 1: Akustický tlak a jeho přepočítaná hladina**

Zdroj: Nový, 2009

Běžně se pohybujeme v prostředí s hladinou akustického tlaku kolísající mezi 25 – 105 dB. Pro představu hladiny při dolní hranici zmíněného rozpětí se vyskytují v zasněženém lese či v tiché místnosti. Okolo hladiny akustického tlaku 40 dB vydává hluk lednička, 50 dB je hodnota deště, 60dB vytváří hlasitý rozhovor, na koncertě symfonického orchestru je hladina okolo 90 dB, na rockovém koncertě dokonce přesahuje 100 dB. Naštěstí zvuky, doprovázené bolestivým pocitem, tedy o hladině akustického tlaku nad 125 dB se vyskytují zřídka (např. start letadla).

Různé zvuky mají na člověka různý vliv, mohou působit na lidskou psychiku pozitivně a vyvolávat pocit radosti, štěstí (např. hudba), stejně tak mohou působit svou intenzitou negativně – obtěžovat a poškozovat naše zdraví (Bernard, Doucha, 2008).

Skupina	Druh činnosti	$L_{Aeq}$ [dB]
I.	Práce koncepční a s převahou tvořivého myšlení a práce vyžadující mimořádně tiché pracovní prostředí	45
II.	Duševní práce velmi náročná a složitá, spojená s velkou zodpovědností, soustředěním, ale více reprodukčního typu – mimořádné nároky – běžné nároky	50 55
III.	Duševní práce vyžadující značnou pozornost, soustředěnost s možností snadného dorozumění řeči: – mimořádné nároky – běžné nároky	60 65
IV.	Duševní práce rutinní povahy s trvalým sledováním a kontrolou sluchem: – mimořádné nároky – běžné nároky	70 75
V.	Fyzická práce náročná na přesnost a soustředění nebo vyžadující občasné sledování a kontrolu sluchem	80
VI.	Fyzická práce bez nároků na duševní soustředění, sledování a kontrolu sluchem a dorozumívání řeči	85
VII.	Fyzická práce bez zvláštních nároků na duševní a smyslovou činnost – ve zvlášť odůvodněných případech	90

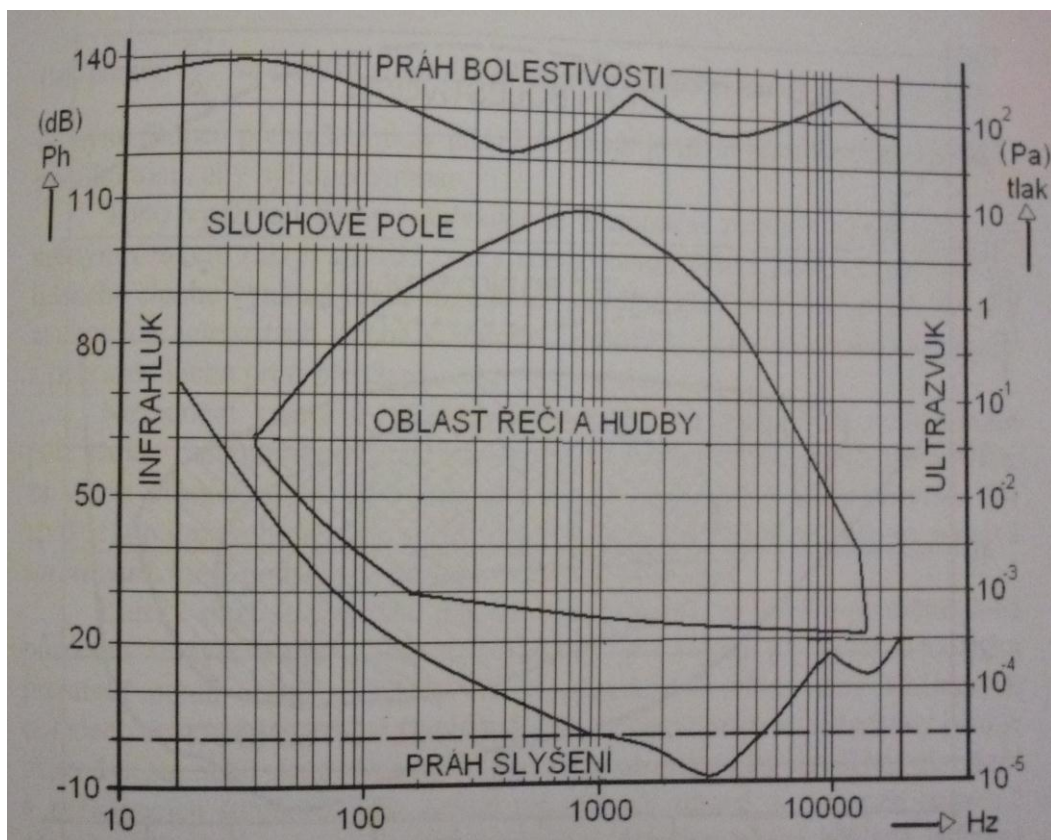
Tab. 5.3: Nejvyšší přípustné ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $L_{Aeq}$  pro ustálený hluk na pracovišti bez uvažování korekcí na impulsní hluk

## Obr. 2: Nejvyšší přípustné hladiny akustického tlaku

Zdroj: UTB, 2013a

### 3.2 Zvuková frekvence a hlasitost

Frekvence (kmitočet) zvuku určuje počet kmitů za sekundu, který vykonává kmitající hmotný bod (Novák, 2009). Lidský sluch reaguje na zvuky o frekvenci 16 – 20 000 Hz, tyto zvuky označujeme jako slyšitelné pásmo. Nejvýznamnější oblast slyšitelného pásma zvuku je mezi frekvencemi 30 – 4 000 Hz. Pod hranicí slyšitelnosti 16 Hz se vyskytují tzv. infrazvuky, které mohou mít na fyziologii člověka destruktivní účinky. Nad horní hranicí slyšitelnosti (20 000 Hz) se nachází zvuky, které mají průmyslové využití a mohou negativně působit na lidskou psychiku nazvané ultrazvuky (Geist, 2005).



**Obr. 3: Sluchová pole**

Zdroj: Beran, 2010

S ultrazvuky, tedy zvuky od 20 kHz do 20 MHz a více, se setkáváme v medicíně, při jejich aplikaci v terapii a diagnostice, při zkouškách materiálu nedestruktivními metodami, defektoskopií, při čištění, broušení. Vliv ultrazvuků je převážně doprovázen dalšími nesnadno oddělitelnými vlivy, jako jsou vibrace a hluk ve slyšitelném pásmu, což stěžuje přesné definování jejich biologického účinku (Beran, 2010).

Pod slyšitelným pásmem od 0,1 Hz do 16 Hz mluvíme o infrazvucích, které v přírodě vznikají s pohybem rozměrných objektů při zemětřesení, erupci sopek, vichřici nebo i hluk motorů letadel může způsobit v prostorách mezi bloky domů rezonance v této oblasti. Dále infrazvuky vznikají průchodem lopatek větrných elektráren kolem nosných konstrukcí, v dopravních prostředcích se pootevřeným okénkem vytvoří zdroj o tomto kmitočtu, atd.

Pro stanovení síly subjektivního vjemu zvuku nestačí vyjádření pouze pomocí hladiny intenzity zvuku, vytvořené na základě Weberova - Fechnerova zákona, nýbrž je zapotřebí vzít v potaz i danou frekvenci zvuku. Tento problém se snažili vědci přijatelně vyřešit od počátku vzniku akustiky jako odvětví fyziky. Došli ke shodě, že prahovou hodnotou pro tón o frekvenci 1000 Hz je referenční hodnota  $I_0$  použitá v definici hladiny intenzity zvuku. Jinými slovy, že hladiny intenzity tohoto tónu je současně i jeho hladinou hlasitosti (hladinou zvuku). Pro určení hladiny ostatních frekvencí se ujalo Barkhausenovo řešení, založené na srovnávání subjektivního vjemu hlasitosti tónu o frekvenci 1000 Hz reprodukováného ze sluchátka na jednom uchu, s vjemem tónu jiné frekvence reprodukováným na druhém uchu. Na základě statistického vyhodnocení tohoto výzkumu Barkhausen obdržel křivky stejné hladiny zvuku, které jsou znázorněny na obrázku 4. Z obrázku je patrná závislost vnímání zvuku lidským uchem na frekvenci daného zvuku - jsou zde vyobrazeny nejen hladiny intenzity zvuku měřené příslušnými přístroji (svislá osa), ale také to jak jsou tyto hladiny intenzity zvuku vnímané lidským uchem (čísla uvedená u každé křivky). Nejcitlivěji člověk vnímá zvuk při frekvenci blízké 5000 Hz (Reichl, Všetická, 2015). Dle Berana (2010) je lidský sluch nejcitlivější v oblasti 2-4 kHz a je schopný pracovat v dynamickém rozsahu 0 - 130 dB. A jeho citlivost se snižuje směrem k dolní a horní hranici slyšení.





### 3.4 Hluk

Nový (2009) uvádí, že podstatou slyšitelnosti zvuku je mechanické kmitání pružného prostředí ve frekvenčním rozsahu 20 až 20 000 kmitů za sekundu šířících se konečnou rychlostí daným prostředím. Přičemž rychlost pohybu akustické vlny závisí na prostředí, v kterém se šíří, ve vzduchu je její rychlost cca 340 m/s, zatím co ve vodě je její rychlost podstatně vyšší cca 1440 m/s. Zvuk má tři frekvenční pásma: infrazvuky, slyšitelné pásmo odpovídající kmitočtovému rozsahu lidského ucha a ultrazvuky.

*„Hlukem můžeme označit každý nežádoucí zvuk. Jinak nelze hluk přesněji fyzikálně definovat, neboť velmi záleží na vztahu člověka k danému zvuku. Pro někoho může být tento zvuk hlukem, ale pro jiného občana bude důležitým zdrojem informací“* (Nový, 2009).

S rozvojem průmyslu a dopravy se hluk stává vážným problémem a patří k nerozšířenějším škodlivinám pracovního i životního prostředí. Jako každý jiný zvuk je charakterizovaný akustickým tlakem v pascálech Pa ( $\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$ ) a frekvencí v Hz ( $\text{s}^{-1}$ ). Lidské ucho je velice citlivý analyzátor a tak i když intenzita zvuku je úměrná kvadrátu akustického tlaku  $p^2$  (jehož změny hodnot dokážeme rozlišit v rozsahu asi 13 řádů) a bylo by tedy správné vyjadřovat, měřit a hodnotit zvukovou zátěž v těchto jednotkách, ale vzhledem k přehlednosti se používá veličina hladina L (dána logaritmickým poměrem veličiny měřené a referenční) jejíž jednotkou je decibel dB (Bencko a kol., 1998).

#### **Typy hluku**

Dne 1. 11. 2011 vešlo v účinnost nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinku hluku a vibrací, které vymezuje pojmy hluk s tónovými složkami, hluk s výrazně informačním charakterem, vysokoenergetický impulsní hluk, vysoce impulsivní hluk, proměnný hluk, ustálený hluk a některé další pojmy (Hrnčíř, 2013).

Bencko a kol. (1998) dělí hluk na základě časového průběhu a kmitočtového složení na:

- ustálený – hladina hluku se ve sledovaném místě a v daném místě mění max. o 5 dB
- proměnný – hladina hluku se mění o více než 5 dB
- vysokofrekvenční – hluk s výraznými složkami v oblasti kmitočtů vyšších než 8kHz
- s tónovými složkami – spektrum daného hluku obsahuje tónové složky, jejichž hladiny akustického tlaku jsou o více než 5dB vyšší než v sousedících kmitočtových oblastech
- impulzní – je vytvářený jednotlivými zvukovými impulzy trvajících do 200ms, nebo se jedná o sled impulzů následujících po sobě v intervalech delších 10ms

### 3.5 Biologické účinky hluku

Hluk ovlivňuje lidskou psychiku i zdraví, jeho negativní účinky jsou zákeřné a projevují se až po delší době expozice. Na rozdíl od jiných škodlivin vyskytujícím se v našem pracovním a životním prostředí, se působení hluku neprojevuje bezprostředně ani bolestí, ani zřetelnou ztrátou sluchu (ze začátku se sluchová ztráta týká hlavně vyšších tónů, které v běžném slyšení nutně nepotřebujeme). Za dostatečně prokázané se považují specifické účinky hluku, tedy poškození sluchového aparátu. Častěji jsou však lidé vystaveni nespécifickým (mimosluchovým) účinkům hluku ovlivňujícím celou řadu funkcí a reakcí, které se mohou projevovat v poruchách emociální rovnováhy, sociálních interakcí či mohou vést ke vzniku nemocí. Snad největší nebezpečí představuje vliv hluku na kardiovaskulární a imunitní systém (Bernard, Doucha, 2008).

Nejobecnější reakcí na zátěž způsobenou hlukem je dáno jeho psychologickým působením, kdy jej lidé vnímají jako pocit obtěžování. V této rovině je pojem hluku relativní, záleží na vztahu konkrétního člověka ke konkrétnímu zvuku a konkrétní situaci, záleží tedy kromě fyzikálních vlastností zvuku na řadě dalších neakustických faktorů sociální, psychologické nebo ekonomické povahy (Pavlorková, 2010).

Expozice hluku působí stresy a neurózy, které vyvolávají či prohlubují další onemocnění, která s touto škodlivinou na první pohled nemají nic společného. Při spolupůsobení více druhů zátěže najednou (např. hluk + nadměrná pracovní zátěž) lidský organismus vylučuje do krevního oběhu ve zvýšeném množství tzv. stresové hormony adrenalin a noradrenalin. Tato změna má v konečné fázi mimo jiné za následek zvýšení krevního tlaku a tím zvýšení rizika infarktu (Bernard, Doucha, 2008).

## **A - Příznivé ovlivnění lidského organismu**

### **A<sub>1</sub> Médium přenosu informací**

Zvuk hraje v životě každého jedince důležitou roli. Právě zvukem je přenášeno asi 5-10% informací, které člověk denně přijímá. Jedná se zpravidla o ty nejvýznamnější a nejdůležitější informace jako jsou výstražné signály, učivo, hudba, nebo údaje charakterizující nějaký děj. Velmi důležité jsou zvuky pro děti pro rozvoj druhé signální soustavy. Podmětem pro ni je řeč, jejíž učení a tvorba je v mozku vázáné na sluchový analyzátor a která představuje substrát pro myšlení (Hrnčíř, 2013).

### **A<sub>2</sub> Nespecifický stimulační faktor**

Hrnčíř (2013) uvádí, že určitá zátěž mírným hlukem má nespecifický stimulační vliv na organismus, který může v různých oblastech zlepšovat či zvyšovat jeho výkon. Nejdříve s nárůstem zvukové zátěže narůstá i výkon, který potom klesá až k nulovým hodnotám. Hodnotu akustického tlaku v pozadí působící stimulačně, nelze jednoznačně určit, jelikož do značné míry závisí na charakteru vykonávané práce. Tento jev je dobře patrný i z nejvyšších přípustných ekvivalentních hladin akustického tlaku na obrázku 2. Čím je práce náročnější na myšlení, u prací tvůrčích a koncepčních, tím je hladina akustického tlaku stimulující maximální výkon nižší. Naopak u fyzicky náročných prací, zvláště těch spočívajících ve vykonání stále se opakujících úkonů, bývá dosahováno maximálního výkonu při nemalé stimulaci zvukovým podnětem. Dobrým příkladem můžou být například dělníci v manufakturách, kde se s výpadkem hudby z ampliónů jejich pracovní výkon snižuje.

### **A<sub>3</sub> Maskovací efekt zvuku**

Nepříznivý rušivý efekt hluku není závislý na jeho kvantitě, z čehož vyplývá, že jeden zvuk (nepříznivý) můžeme maskovat jiným zvukem (Hrnčíř, 2013). Tedy že při současném působení dvou zvuků různé intenzity, potlačí silnější zvuk vnímání slabšího. U značně frekvenčně odlišných tónů maskování funguje pouze, jsou-li zvuky velmi silné (Benecko a kol., 1998). Do jisté míry může maskovací efekt zvuku eliminovat nežádoucí komunikaci na pracovišti a tím přispívat k většímu soustředění se vykonávanou prací, čímž se zvýší i jejich pracovní výkon (Hrnčíř, 2013).

### **B – Nepříznivé ovlivnění lidského organismu**

Nepříznivé účinky expozice nadměrného hluku jsou komplexní a působí na celý lidský organismus. Neprojevují se pouze na sluchu, ale způsobují také rozvoj kardiovaskulárních onemocnění a onemocnění trávicího traktu (Kaňák, 2008).

Schenk a kol. (2010) uvádí, že dle údajů WHO (Světová zdravotnická organizace) může dlouhodobá expozice hlukem nad 55 dB nastartovat vznik řady onemocnění. Za dlouhodobě nesnesitelný je dle odborníků považován hluk nad 65 dB, který poškozuje zdraví exponovaných jedinců.

Každý člověk disponuje určitým stupněm tolerance k rušivým účinkům hluku. Normální populace se z 10-20 % vysoce senzitivních osob, 10-20 % velmi tolerantních osob a 60-80 % z osob, u kterých platí závislost míry obtěžování na velikosti hlukové zátěže (Bernard, Doucha, 2008).

### **B<sub>1</sub> Ovlivnění vyšší nervové činnosti**

Zatím se nepodařilo vysvětlit extrémní rozdíly mezi jedinci v působení hluku na jejich vyšší nervovou soustavu. Zvuk, který jednomu jedinci vadí a vnímá ho jako obtěžující, může být pro druhého neutrální či dokonce příjemný a žádoucí.

Působení zvuku je do jisté míry neměřitelné a nevypočitatelné, může na člověka působit rušivě, obtěžovat ho či neurotizovat. Míra obtěžování závisí ani ne tak na kvantitě, jako na významovém obsahu hluku. Některé zvuky okolo hladiny akustického tlaku až 60 dB, jako je šumění lesa, zurčení potůčku, zpěv ptáků a podobně, jen málokdy někoho neurotizují. Naopak zvuky o daleko nižší intenzitě zvuku jako hučení

ventilátoru (25 - 30 dB), tikot hodin, zvuk kapající vody dokáží některé jedince výrazně neurotizovat. Ačkoliv je schopnost adaptace pro lidský organismus typická, nedá se očekávat u zvuku, na který má jedince neurotickou reakci, spíš se setkáme s tím, že ho ten to zvuk bude neurotizovat čím dál tím víc (Hrnčíř, 2013).

Dle Benecko a kol. (1998) jsou pro nervový systém nebezpečné zvuky nad 30 dB.

### **B<sub>2</sub> Ovlivnění vegetativní nervové činnosti**

Problematika působení zvuku (hluku) na vegetativní nervovou činnost člověka není zatím důkladněji prozkoumána, neboť je téměř nemožné najít dvě skupiny populace lišící se jenom v míře expozice hlukové zátěže (Hrnčíř, 2013). Dle Benecko a kol. (1998) jsou pro vegetativní systém nebezpečné zvuky nad 60 - 65 dB.

Většina doposud popsaných efektů působení hluku např. na změnu krevního tlaku, tepové frekvence, vylučování kortikoidů, hladiny glukózy v krvi, změny hladiny některých minerálů v séru atd. se nezdají být vyvolány přímým působením hluku, ale spíš se jeví jako dopad jeho nespecifického stresujícího efektu (Hrnčíř, 2013). Benecko a kol. (1998) přisuzují vzestupu sekrece látek adrenalinového typu z nadledvin stresovému účinku hluku a dále uvádí, že se mnohdy pozitivní výsledky připisují kombinaci hluku a např. psychické zátěže, apod.

Jediný spánek je nesporně přímo ovlivněný expozicí hluku, která může ztěžovat usínání, způsobovat probouzení a která ovlivňuje charakter a dobu trvání jednotlivých fází spánkového cyklu – zkrácení trvání hlubších stupňů non-REM fáze a trvání REM fáze (Hrnčíř, 2013). Většinou se v závislosti na hluku sleduje doba usínání, doba klidného spánku, frekvence pohybů během spánku (Benecko a kol., 1998).

### **B<sub>3</sub> Ovlivnění sluchu**

Po vystavení expozici impulsních zvuků jako jsou například výstřel, třesk může dojít k akutnímu akustickému traumatu, vnímaného člověkem jako pocit zahlušení (doba trvání i stupeň zahlušení závisí na intenzitě zvuku, věku a zdravotním stavu exponovaného jedince) (Hrnčíř, 2013). Dle Benecko a kol. (1998) způsobuje akutní poškození sluchu výbuch, který poškozuje bubínek, sluchové kůstky a vnitřní ucho nebo

třesk (doba trvání 2 ms), který postihuje vláskové buňky Cortiho orgánu. Jak uvádí Hrnčír (2013) lékaři se s touto poruchou setkávají spíš vzácně, jelikož většinou i bez léčby odezní sama.

Pokud je lidský sluchový aparát podroben dlouhodobé, opakované expozici nadlimitního hluku dochází dočasnému zhoršení sluchového prahu, kdy hluková zátěž způsobí zmnožení kyseliny mléčné v oblasti Cortiho ústrojí. Tato dočasná indispozice se postupně zmírňuje a trvá maximálně 16 hodin (Hrnčír, 2013).

K chronické ztrátě sluchu, tedy k trvalému posunu sluchového prahu dochází při trvalém pobytu v prostředí s hladinou akustického tlaku přesahující 85dB (Kaňák, 2008). Tehdy dochází k nevratnému úbytku vláskových buněk Cortiho ústrojí, které ztrácejí svou vzrušivost a zanikají. Toto poškození řadíme k percepčním poruchám sluchu (Benecko a kol., 1998). Vzhledem k tomu, že se zde nemalou měrou uplatňuje i kostní vedení zvuku, projeví se porucha přibližně stejnou sluchovou ztrátou na obou uších, i pokud hluk přicházel jen z jedné strany hlavy. Největší ztráty se dostávají na frekvenci 4000 Hz, která není důležitá pro komunikaci člověka, takže si často jedinec své postižení uvědomuje až v pokročilejších stádiích nemoci, kdy jsou postihnuty delší expozicí nižší a vyšší sluchové frekvence. Porucha v tomto stádiu je definitivní a nelze ji vyléčit ani zlepšit (Hrnčír, 2013).

#### **B<sub>4</sub> Mechanické působení zvuku**

Hluk o hladině akustického tlaku nad 120 dB může poškozovat buňky a tkáně (Benecko a kol., 1998). V praxi jsou tato postižení velmi vzácná a jejich vznik je vázaný např. na výbuch bomby doprovázený velmi vysokou intenzitou hluku, která může vyvolat protržení ušního bubínku, prasknutí plic, odhození jedince apod. (Hrnčír, 2013).

## 4 Fyziologické funkce

Tato kapitola je věnovaná stručnému popisu fyziologických funkcí, které byly v rámci našeho výzkumu měřeny a jejichž vyhodnocením se budeme dále zabývat.

### 4.1 Elektrodermální aktivita (EDA)

V odborné literatuře je možné se setkat i se starším termínem pro EDA a to kožně galvanická reakce. Oba termíny vyjadřují měrnou vodivost kůže závislou na otevřenosti pórů na dlaních a chodidlech. Tyto póry citlivě reagují na podněty psychogenní povahy a díky tomu se stala EDA klíčovou veličinou tzv. detektoru lži (UP, 2015). „*Změny v EDA odpovídají indexu emoční aktivace a diurnálním výkyvům v emoční aktivitě*“ (Kittnar a kol., 2011).

S pojmem elektordermální aktivita jsou spojeny tyto termíny (veličiny):

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

Zatím co první čtyři veličiny jsou exosomatické, jejich pozorování závisí na vnějším zdroji proudu, poslední dvě veličiny (SPR, SPL) jsou endosomatické a ty aplikaci proudu nevyžadují.

Pro měření vodivosti kůže jsou přednostní hodnoty vodivosti (SCR, SCL) před hodnotami odporovými (SRR, SRL), neboť vodivost stoupá s vyšší úrovní vzrušení či aktivitou organismu a se snížením úrovně klesá. Navíc jsou tyto hodnoty více pohodlné z hlediska dalšího zpracování a to pro průměrování i další statistické manipulace (Andreassi, 2000). I Filo (2013) se zmiňuje o spojitosti kolísání míry pocení lidského organismu s mnoha faktory psychické a fyzické povahy.

## 4.2 Teplota pokožky

Normální tělesná teplota zdravého organismu se v podpažní jamce pohybuje kolem 36,5 C, v konečniku kolem 37 C a ve zvukovodu v rozmezí 36 – 37,5 C. Jako horečku popisujeme stav, kdy tělesná teplota přesahuje hodnotu 38,5 C (Trna, Trnová, 2005). Bernaciková a kol. (2014) uvádí, že pro život buněk je příznivá teplota kolem 37 C a příliš vysoké nebo naopak příliš nízké tělesné teploty mají důsledky na poruchy transportu a metabolismu vody a dalších látek, neboť v organismu nastávají koloidně-osmotické a hydrodynamické změny, změny struktury a vlastností organických látek a vody. Podle Trnové (2005) jsou horní kritickou hranicí tělesné teploty 42-43 C a dolní kritickou hranicí tělesné teploty 27 C a méně, tyto teploty vyvolávají selhání srdečního oběhu a smrt.

Lidský organismus má schopnost udržet si stálou tělesnou teplotu, tento proces označujeme jako Termoregulační mechanismus. Stálá tělesná teplota je udržována bez ohledu na neustálé kolísání příjmu a ztrát tepla. Zcela konstantní teplota je však pouze v nitru těla, kde je rovna 37 C, na povrchu těla tělesná teplota kolísá v závislosti na typu termoregulačních mechanismů a je také nemalou měrou ovlivňována teplotou okolí (Trojan, 2003; Silbernagl, 2004).

Termoregulační mechanismus lidského těla je nervově-endokrinní systém, jehož řídicím centrem je hypotalamus s hypofýzou, která řídí většinu žláz s vnitřní sekrecí. Fungování tohoto mechanismu je založeno na systému periferních termoreceptorů v kůži a vnitřních termoreceptorů (hluboko v tělních strukturách), které zaznamenávají výkyvy tělesné teploty. Úkolem řídicího centra je vyhodnocení obrazu o teplotní situaci a v případě nutnosti (mezní hodnotou je 37,1 C) aktivace mechanismů, které vedou ke snížení nebo zvýšení produkce tepla (Trojan, 2003; Bernaciková a kol., 2014).

Teplota lidského těla za normálních podmínek okolního prostředí a při ustálené dynamické rovnováze pochodu sdílení a vytváření tepla kolísá v rozmezí +/- 0,1 C. V určitých mezích její hodnoty kolísají i v návaznosti na konstituci jedince. Otlí lidé tak oproti hubeným mají asi o 0,2-0,3 C vyšší vnitřní teplotu těla, což je způsobeno jejich tukovou vrstvou, která teplo zadržuje. Dále má na teplotu vliv část dne, např. nejnižší teplotu je možné naměřit ve spánku, v průběhu dne pak teplota adekvátně stoupá v reakci na činnost organismu. U žen je možné pozorovat teplotní změny při ovulaci, kdy dochází ke zvýšení jejich bazální teploty o 0,5 C (Hübschmann, 1972).



### 4.3 Puls – změny v krevním průtoku těsně pod povrchem kůže

Vypuzení krve z levé srdeční komory od aorty vyvolává tlakovou vlnu označovanou jako puls (tep). Série těchto vln tvoří srdeční frekvenci udávající počet srdečních stahů za minutu (Fiřo, 2013). Četnost výskytu stahů srdečních komor je řízena v centrech srdeční automacie a je určena frekvencí vzruchů zde vznikajících v sinusovém uzlu (sinoatriální uzel). Činnost srdce je bezprostředně řízena autonomním nervovým systémem, přesněji sympatikem a parasympatikem. Aktivitou sympatiku dochází ke zvýšení srdeční frekvence a zesílení jeho stahů, opačný účinek má aktivita parasympatiku (Bernaciková a kol., 2014).

Obecné působení parasympatiku a sympatiku na srdeční činnost uvádí Kittnar a kol. (2011):

Parasympatikus – zpomaluje srdeční frekvenci, snižuje sílu srdeční kontrakce, zpomaluje síňokomorový převod a snižuje vzrušivost myokardu

Sympatikus – zrychluje srdeční frekvenci, zvyšuje sílu srdeční kontrakce, zrychluje síňokomorový převod a zvyšuje vzrušivost myokardu

Puls je velmi důležitým ukazatelem stavu cévní soustavy a měříme ho na místech, kde tepny vystupují blízko k povrchu těla, obvykle na vřetenní tepně u zápěstí. Srdeční frekvence je ovlivňována aktuálními potřebami lidského organismu na dodávky kyslíku a živin do tkání. Klidová hodnota tepu je u dospělého člověka 60-90 tepů za minutu. Vysoká hodnota tepu (např. bušení srdce 250-300 tepů za minutu, fibrilace 300-400 tepů za minutu) může naznačovat vážné srdeční problémy a při neřešení těchto problémů může nastat srdeční selhání a smrt (Trna, Trnová, 2005). „*Maximální tepová frekvence, při které má srdce dostatek času k naplnění komor krví a plíce k výměně plynů je přibližně 200 tepů za minutu*“ (Trna, Trnová, 2005), závisí na věku, pohlaví, teplotě, denní době a aktuálním psychickém a fyzickém stavu jedince. Lze ji odhadnout ze vzorce  $S_{fmax} = 220 - \text{věk}$  (Bernaciková a kol., 2014).

Srdeční frekvence je tedy odrazem čerpací činnosti srdce, která se skládá z rytmického střídání diastoly, při níž se uvolňuje myokard a dochází ke zvětšení objemu srdeční dutiny a komory se plní krví a systoly, při níž dochází ke kontrakci

myokardu za prudkého zmenšení objemu srdeční dutiny a krev je vypuzována do aorty a plicnice. Dokonalému plnění komor napomáhají síně, jejichž systola předchází systolu komor (Kittner, 2011; Bernaciková a kol., 2014).

Zdravé srdce při tělesném klidu jednou systolou levé komory vypudí do aorty a velkého oběhu kolem 80ml krve (systolický objem). Proběhne-li takovýchto systol 60 za 1 minutu, představuje to 4800 ml krve, které srdce napumpuje do velkého oběhu, což je 288 l za hodinu, 6912 l za den, 207, 3 tisíc l za měsíc, 2, 488 miliónů litrů za rok a 1866 miliónů litrů za 75 let (Bernaciková a kol., 2014). Při zátěži se může minutový výdej srdeční (množství krve přečerpané jednou komorou za 1 minutu) zvýšit více než 5x oproti klidové hodnotě (cca 5 l), zvyšuje se nejen tepový objem ale i tepová frekvence, což má vliv na změnu poměru trvání systoly a diastoly. Systola se s rostoucí tepovou frekvencí zkracuje málo, zato zkrácení diastoly je podstatně výraznější. Překročí-li tepová frekvence kritickou mez, dochází k vážnutí diastolického plnění komor a s jejím dalším zvýšením již minutový výdej (= tepová objem \* srdeční frekvence) neroste (Kittnar a kol., 2011).

#### **4.4 Motilita – hybnost**

Lidská motorika je řízena centrální nervovou soustavou a je spojena i s činností psychickou. Motorickou aktivitu můžeme rozlišit na volní a mimovolní, ale při pohybu, řízeném spinální míchou, mozkovým kmenem, mozečkem, bazálními ganglii a kůrou mozkovou, jsou kombinovány oba druhy aktivity (Bernaciková a kol., 2014).

Mimovolní motorika, je realizována spolupůsobením páteřní míchy, mozkového kmenu, spinálního a vestibulárního mozečku. Bývá označována také jako systém polohy, neboť zajišťuje polohovací a vzpřimovací reflexy, ve své činnosti je řízena volní motorikou. Volní motorika označována jako systém pohybu umožňuje člověku komunikaci a pracovní činnosti, její nejdůležitější složkou jsou cílené pohyby umožňující programování pohybů. Systém pohybu je realizován souhrou spolupůsobení mozečkové kůry, bazálních ganglií a mozkové kůry (Martinik, 2015).

Dvořák (2001) rozlišuje motoriku na jemnou, která zahrnuje pohyby jemných svalů a hrubou zahrnující pohyby velkých svalových skupin. Jemná motorika dle Opatřilové (2015) zahrnuje hybnost prstů a artikulačních orgánů a skládá se z pohybů

spontánních (prováděné z vlastního popudu), reflexních (vázané na nějaký podnět), záměrných (volní, k určitému účelu) a expresivních (projev psychického stavu).

#### **4.5 Respirace**

Respirace se skládá z plicní ventilace (výměna dýchacích plynů člověka se zevním prostředím) a z tkáňového dýchání (výměna dýchacích plynů uvnitř organismu) (Brnaciková, 2014)

Základní funkcí dýchacího systému je obohacení krve o kyslík a odvedení oxidu uhličitého. Jako jediný pro život nezbytný systém je ovlivnitelný vůli jedince. Pro správnou funkci dýchání je nutná souhra 4 dějů: ventilace, distribuce, difúze a perfúze (Rokyta, 2008).

Ventilace plic probíhá díky opakovanému střídání inspirace (nádech – aktivní děj) a expirace (výdech – pasivní děj). Při inspiraci se rozpínají plíce a hlavními dýchacími svaly je zvětšován objem hrudního koše, v němž jsou uloženy. Dochází ke zploštění bránice směrem k břichu a zvedání žeber zevní mezižeberní svaly. Za pomoci volního úsilí a zapojením pomocných dýchacích svalů může být ovlivněna síla nádechu. Při expiraci dochází k uvolnění nádechových svalů a spontánnímu smrštění plic při vytlačení vzduchu ze sklípků. Aktivní prací výdechových svalů je možnost výdech zesílit (Brnaciková, 2014).

Dechová frekvence dospělého člověka je 16-20 dechů za minutu (Chrobák a kol., 2003). Dechový objem dospělého muže při klidovém dýchání může dosahovat při každém nádechu 500 ml (Rokyta, 2008).

Možnosti regulace respirace dle Rokyty (2008):

- Chemická regulace – uplatňují se centrální a periferní chemoreceptory, podnětem jsou změny parciálního tlaku  $O_2$ , parciálního tlaku  $CO_2$  a pH mozkomíšního moku a intersticiální tekutiny
- Nervová regulace- dýchací centra zpracovávají impulsy z periferie a z vyšších center CNS, na jejichž základě přizpůsobují ventilaci momentálním

požadavkům lidského organismu, najdeme je v oblasti prodloužené míchy a ve Varolově mostu

- Volní regulace - Zatloukal, Anděl (2001) uvádí, že např. při bolesti, vzrušení či fyzické zátěži se uplatňují impulsy mozkové kůry, hypotalamu a mezimozku vedené drahami dechových center

Dle Zatloukala a Anděla (2001) je dýchání činnost prováděná automaticky, ovlivnitelná vůlí (impulsy z mozkové kůry jsou vedeny mimo dráhy dechových center k výkonným svalům), primárně řízená a regulovaná nervovou soustavou na základě metabolických požadavků tkání při současném udržení homeostázy.

Způsoby dýchání dle Fitcoach (2013) :

- *„Spodní brániční dýchání – bránice se při nádechu prohýbá směrem dolů, břišní stěna se zvedá, jako bychom dýchali břichem. Rozšiřuje a naplňuje se vzduchem i dolní část plic a pohyb bránice působí na vnitřní orgány – masíruje je a stimuluje k činnosti.*
- *Střední hrudní dýchání – hrudník se rozpíná působením mezižeberních svalů především do stran.*
- *Horní podklíčkové dýchání – dýcháme horní částí plic pod klíční kosti, do plicních hrotů.“*

#### **4.6 Elektroencefalografie – mozková činnost**

Nejdůležitějším a zároveň nejkomplicovanějším orgánem v lidském těle je mozek obsahující řádově 100 miliard neuronů navzájem spojených synapsemi, jejichž počet je o 2-3 řády vyšší (Žalud, 2007). Mozek vykazuje rytmickou elektrickou aktivitu, jejímž je generátorem i regenerátorem, u zdravého dospělého jedince o frekvenci od 0,5 Hz do 40 Hz a v rozmezí 5 – 210  $\mu$ V. Tuto aktivitu je možné zaznamenávat s velkou časovou přesností pomocí diagnostické metody nazvané elektroencefalografie (EEG) (Žalud, 2007; Fiřo, 2013).

Vzruchy vytvářené v neuronech se šíří axony (dlouhé vlákno vycházející z těla neuronu) k dendritům či k tělům dalších neuronů, nebo jsou odváděny přímo k periferním zakončením ve výkonném orgánu, a to různou rychlostí. Nejrychleji se šíří v tlustých myelinových vláknech. Synapse, tedy místo kde se výběžky rozvětveného axonu napojují na krátké výběžky dendritů, zprostředkovávají prostřednictvím synaptické štěrbin (izolant mezi neurony) přenos signálu. Elektrický signál je přenášen chemickými substancemi (mediátory, neurotransmitery) uvolňovaných ze synaptických váček v presynaptické části, které se následně vážou na receptory postsynaptické části. Jinak řečeno je vzruch v presynaptické buňce převeden na chemickou informaci, která postupuje do postsynaptické buňky, kde je přeměněna opět na elektrický signál (Fiřo, 2013; Bernaciková a kol., 2014).

K tomu aby mohl být elektrický signál registrován EEG, je nutné, aby byl dostatečně silný a měřitelný, tedy aby došlo k sumaci elektrických dějů odehrávajících se synchronně v celé skupině paralelně orientovaných neuronů (elektroencefalograficky, je možné vyšetřit pouze neurony orientované paralelně a rovnoběžně s registrační elektrodou na vrcholu závitů mozkové kůry) (Fiřo, 2013).

Ze záznamů EEG, ač jsou individuálně variabilní, lze určit některé charakteristiky typické pro jedince i pro lidský druh. Jde o převládající frekvence vln, jejich amplitudu i grafoelementy specifické pro určité fyziologické i patologické projevy CNS (Trojan, 2003).

U člověka rozeznáváme tyto základní rytmy spontánního EEG:

- Delta vlny – frekvenční pásmo pod 0,5-3,5 Hz, amplituda 75-150 $\mu$ V
- Théta vlny – frekvenční pásmo 4-7,5 Hz, amplituda 15-25 $\mu$ V
- Alfa vlny – frekvenční pásmo 8-13,5 Hz, amplituda 30-100 $\mu$ V
- Beta vlny – frekvenční pásmo nad 14-30 Hz, amplituda do 20 $\mu$ V
- Gama vlny – frekvenční pásmo 38-40 Hz, amplituda 3-5 $\mu$ V
- Mí vlny – frekvenční pásmo 8-10 Hz, amplituda 20-50 $\mu$ V (Havlík, 2015; Gerstner laboratory, 2015)

Jak je vidět jednotlivé rytmy EEG se liší svým frekvenčním pásmem, amplitudou, lokalizací na povrchu lebky a v neposlední řadě svým vztahem k fyziologickým funkcím jako spánek, bdění, volní pohybová aktivita, příjem a zpracování senzorické informace a změna vnitřního prostředí (Gerstner laboratory, 2015).

Delta vlny jsou spojovány s nejhlubší fází telencefalického (pomalý spánek s pomalými vlnami) spánku, vyskytují se i v transu a hypnóze a zároveň se jedná o elektrickou aktivitu převažující v nezralém mozku kojeneckého věku do prvního roku života (Trojan, 2003; Gerstner laboratory, 2015). Delta aktivita s přibývajícím věkem klesá, největší pokles přichází ve 40 letech věku a u lidí kolem 75 let čtvrtá spánková fáze vymizí úplně a sní i delta aktivita (Colrain, Crowley, Nicholas, Afifi, Baker, Padilla a kol, 2010 cit. dle Fil'ová 2013). Delta rytmus stimuluje vyplavování růstového hormonu a sekundárně uvolňuje z hypothalamu hormony GHRH a prolaktin (Brandenberger, 2003 cit. dle Fil'ová, 2013). Důležitou roli sehrává delta aktivita v procesu upevnění paměťových stop v deklarativní a explicitní paměti (Hobson, Pace-Schott, 2002 cit. dle Fil'ová, 2013). U bdělého jedince se tento rytmus téměř nevyskytuje, až na prožívání stresu nebo za patologických podmínek – poškození mozku, mozková mrtvice, lokální infekce mozku, nádor nebo subdurální hematom (Spironelli, Angrilli, 2009 cit. dle Fil'ová, 2013).

Pro zrající dětský mozek je typická elektrická aktivita frekvenčního pásma Théta vln, nejvýrazněji se projevující ve 2. a 3. roce života v parietální a temporální oblasti mozkové kůry. U zdravých dospělých lidí se tento rytmus objevuje v pozdních fázích telencefalického spánku a při meditaci – v hlubokém uvolnění. Tento rytmus je často spojen se živými vzpomínkami, fantazií, obraznou představivostí, inspirací a snem (Trojan, 2003; Gerstner laboratory, 2015). Pro theta rytmus je charakteristický stav ospalosti, kdy dochází k výraznému útlumu všech funkcí a mysl ani tělo nereaguje na skoro žádné smyslové podněty, dále se objevuje u poruchy pozornosti, u LMD, při emocionálním stresu a u poruch zpracování informací (Pflanzer, Uyehara, McMullen, 2000 cit. dle Fil'ová, 2013). Korová theta má u dospělých jedinců dva typy projevu, prvním typem je její rozšíření po celé lebce, tento typ se pojí se stavy ospalosti nebo stavy bdělosti na nízkém stupni. Druhým typem je tzv. frontální středová theta, které je spojována se zpracováním velkého množství operací a jako taková bývá interpretována

jako korelát zvýšeného mentálního úsilí a setrvalé pozornosti (Klimesch, 1996 cit. dle Fiřová, 2013).

Alfa vlny jsou nejvýraznější aktivitou EEG a jsou typické pro zdravého dospělého člověka v klidu, vleže ve stavu tělesné a psychické relaxace, při poklesu soustředění a snížení mozkové aktivity – stav bdělé relaxace při zavřených očích, a pro stádium těsně před usnutím. Tato elektrická aktivita se začíná objevovat kolem 5. – 7. roku života dítěte a je tlumena či mizí otevřením očí, ospalostí, spánkem i spontánní zvýšenou pozorností (Trojan, 2003; Fiřová, 2013; Gerstner laboratory, 2015). Alfa aktivitu můžeme na základě její funkčnosti rozdělit na nižší alfa pásmo (8-10 Hz) a na vyšší alfa pásmo (11 – 13 Hz). Zatím co výskyt nižšího alfa pásma je spojen s výskytem desynchronizace a útlumu méně náročných a specifických úkolů na pozornost, vyšší alfa pásmo je spojováno s výskytem specifitějšího zpracování smyslově-sémantických informací (proces vyhledávání a získávání informací v dlouhodobé paměti) (Pflanzer, Uyehara, McMullen, 2000 cit. dle Fiřová, 2013). Alfa vlny, jak naznačují současné výzkumy, mohou být indikátorem chyb, jsou totiž spojeny s nečinností systému, kdy jedinec nevěnuje svému úkolu plnou pozornost a dělá jej automaticky. Studie myoecefalografie zaměřené na tento jev prokázaly nárůst v alfa aktivitě o 25 % těsně před měřitelnou chybou provedenou jedinci ve vybraných zkoumaných činnostech (ucdavis.edu, 2009 cit. dle Fiřová, 2013).

S alfa vlnami se současně objevují také beta vlny, které jsou nejvýraznější nad frontálními laloky mozku. Beta rytmus charakterizuje vědomé smyslové soustředění na naše okolí, připravenost reagovat, akceschopnost (Trojan, 2003; Gerstner laboratory, 2015). Beta aktivitu lze rozdělit do 3 úseků: nízká beta 1 (12,5 - 16 Hz), beta 2 (16,5 – 20 Hz) a vysoká beta 3 (20,5 – 28 Hz) (Baumeister, Barthel, Geiss, Weiss, 2008 cit. dle Fiřová, 2013). Baker (2007 cit. dle Fiřová, 2013) uvádí, že je beta aktivita spojena se svalovými kontrakcemi při izotonickém pohybu a před změnou a během změny pohybu mizí. Naopak vzrůstá v momentě, kdy má pohyb pokračovat nebo být potlačen vůlí (Zhang, Chen, Bressler, Ding, 2008 cit. dle Fiřová, 2013) Beta aktivita se s věkem zvyšuje na rozdíl od delta aktivity která má ve spojitosti s věkem opačný trend. Obě aktivity jsou více zastoupeny u žen než u mužů (Pflanzer, Uyehara, McMullen, 2000 cit. dle Fiřová, 2013).

Nejvyšší frekvenční pásmo v EEG mají Gama vlny, nejde však o typický kontinuální rytmus, jelikož frekvence je nestabilní s epizodami konstantní frekvence

obvykle 100-300 ms s intervaly 15-30 ms. Gama rytmus spojený s výraznou negativitou stejnosměrného potenciálu mozku (podráždění, tréma, úzkost, vysoce náročné životní situace) je významným elektrografickým projevem příjmu a zpracování specifických senzorických informací (Trojan, 2003; Gerstner laboratory, 2015). Dále je gama rytmus spojen s vyšší duševní činností, řešením problémů, uvědomováním a pravděpodobně je svázán se záměrnou vizuální pozorností a vědomím, je pozorován i ve spánkové REM fázi a při anestezii. Aktivita gama je vysílána z thalamu, u pacientů s poškozeným thalamem bylo prokázáno zastavení této aktivity, což v rovině chování znamená ztrátu vědomí – kóma (Fil'ová, 2013).

V praxi se EEG využívá především v neurologii pro odhalení různých mozkových poruch (např. epilepsie), dále v psychiatrii, psychologii a okrajově i v neurochirurgii (Žalud, 2007). Terapie metodou EEG biofeedback se u dětí zaměřuje především na poruchy pozornosti s hyperaktivitou (ADHD), poruchy učení a další dysfunkce jako dyslexie, dysortografie a dysfázie. U dospělých lze touto metodou řešit nedostatek výkonnosti, motivace, chronickou únavu, stres, úzkost, poruchy spánku, přepracovanost a neurózy (Tyl, 2015).

#### **4.7 Elektromyografie – svalové napětí**

*„Elektromyografie (EMG) je vyšetřovací metoda, která je založená na snímání povrchové nebo intramuskulární svalové aktivity. Zaznamenává změnu elektrického potenciálu, ke které dochází při svalové aktivaci (Kompendium, 2015).“* Je to metoda zabývající se diagnostikou poruch periferního nervstva, nervosvalového přenosu a kosterního svalstva (Pokorný, 2015).

Sval se skládá ze svalových snopců obsahujících velké množství válcovitých svalových vláken o průměru 10-100  $\mu\text{m}$  a délky až 30 cm. Rozeznáváme hladké svaly tvořící aktivní složku mnoha důležitých vnitřních orgánů (např. žaludek, střeva, cévy), srdeční sval (myokard) a příčně pruhované svaly (kosterní), které tvoří 40-50 % celkové hmotnosti lidského organismu (Bernaciková a kol., 2014).

Pro svalovou tkáň je charakteristická schopnost kontrakce, jejíž podstatou je vzájemné zasouvání bílkovinných vláken aktinu a myozinu, která jsou mezi sebe částečně zasunuta i v klidu. Hlavice myozinu se mohou v místě překryvu vázat na vlákna aktinu. Elektrickým podrážděním plazmatické membrány pak začíná proces



aktivace této vazby, která jak se šíří vyplavuje vápníkové ionty ze sarkoplazmatického retikula. Tyto ionty zapříčiní kontrakci umožněním spojení aktinu a myozinu a ohnutím hlavice myozinového vlákna (zmenšení úhlu). Následuje rozpojení vazby, zvětšení úhlu hlavice myozinového vlákna a její navázání na sousední vazné místo aktinu. Pohyb těchto vláken je mikroskopický, celkový pohyb je tedy dán součinností obrovského množství sériově zařazených aktinových a myozinových vláken v myofibrilách (Honzíková, Honzík, 2003). Myofibrila obsahuje přibližně 1500 aktinových a 3000 myozinových vláken uložených v sarkoplazmě (Bernaciková a kol., 2014)

*„Pro vyvolání kontrakce kosterních svalů je nezbytná aktivace CNS. Neurony, které inervují kosterní svaly, se nazývají motoneurony. K přenosu excitačních impulsů z motoneuronů na sval dochází v motorické ploténce. Tím dochází k aktivaci a následně kontrakci svalů“* (Bernaciková a kol., 2014). Jeden motoneuron může inervovat více motorických jednotek, což je soubor svalových vláken které podléhají inervaci stejným motoneuronem. Od velikosti motorické jednotky je odvislý počet zúčastněných motoneuronů inervujících sval. Čím je menší, tak tím přesnější kontrole pohybu je sval díky většímu množství motoneuronů vystaven (Čmejla a kol, 2013 cit. dle Fiřo, 2013).

Hybnými jednotkami pro vyvolání svalové kontrakce, jsou elektrické impulsy šířící se a vznikající při aktivaci motorické jednotky. Elektrické impulsy vedené jedním svalem jsou velice malé ( $< 100 \mu\text{V}$ ), pro vyvolání elektrické změny snímatelné z kůže v blízkosti podrážděného svalu, je proto zapotřebí větší počet simultánně aktivovaných vláken (Rodová et al, 2001 cit. dle Fiřo, 2013). Během svalové kontrakce dochází k přeměně elektrické a chemické energie na energii tepelnou a mechanickou a vzniku odpadních látek. Pomocí krevního oběhu je zabezpečován transport energetických látek, odvod odpadních produktů ( $\text{CO}_2$ , voda, eventuálně kyselina mléčná) z pracujícího svalu a přenášení nových živin (ATP, glukóza, atd.). Kumulace některých nevčas odplavených metabolitů a jejich chemické interference s procesem kontrakce, výrazně urychlují klinické projevy únavy (Zwieck, 1994 cit. dle Fiřo, 2013).

Svalová únava je vyvolána dlouhou a silnou nebo opakovanou svalovou kontrakcí, jedná se o významný ochranný mechanismus, informující jedince o riziku poškození svalových buněk. Její vznik je podmíněn snížením zásob glykogenu, zvýšení hladiny mléčné, snížení pH ve tkáni a změně prokrvení. Pocit svalové únavy zmenšuje aktivace sympatiku a katecholaminy. Odolnost vůči svalové únavě, je možné zvyšovat tréninkem, kdy je návykem svalů na vyšší stupeň zátěže posouván práh svalové únavy

(Rokyta,2008; KU, 2015). Švancara (2003 cit. dle Fiřo, 2013).uvádí, že EMG reaguje na emoční zatížení i usilovnou pozornost zvýšením aktivity, zatím co při únavě se snižuje a to zpravidla i v průběhu zátěže (svalové vyčerpání), pokud nejde o soustavu svalů, jež jsou systematickou a pozvolnou zátěží stále více napínány do křečových stavů. Tyto změny související s projevy svalové únavy lze zachytit na spektrální změně EMG signálu.

# EMPIRICKÁ ČÁST

## 1. Metodika

K realizaci níže popsaného výzkumu byla použita obdobná metodika, jako pro zpracování mé bakalářské práce s názvem „Spojitost akustických podnětů s fyziologickými funkcemi a subjektivním posuzováním“, která byla publikována v roce 2013.

### 1.1 Design výzkumu

Jednotlivá měření byla realizována v prostorách knihovny Ústavu lesnické a dřevařské techniky Mendelovy univerzity. Celého výzkumu se zúčastnilo celkem 61 probandů náhodně rozdělených na dvě poloviny podrobené expozici rozdílných zvukových podnětů. Pro měření byly vybrány zvuk s provozním názvem „ticho“ a zvuk nahraný z kabiny harvestoru. Čas expozice zvukového podnětu byl stanoven na 7,5 minut, při použití kvalitních studiových sluchátek (model K 240 Mk II od rakouské společnosti AKG) a hlasitosti 70% (cca 70 dB).

Samotnému měření předcházelo vyplnění dvou vstupních dotazníků sebehodnotících subjektivních škál zaměřených na charakteristiky bdělosti, aktivity, únavy a ospalosti (viz příloha 1 a 2). Následovalo důsledné připevnění měřicích bezdrátových modulů, označených zkratkami „MULTI“, „EMG“, „RESP“ a „EEG“.

Z důvodu eliminace negativního vlivu rychlého nárůstu teploty na začátku měření v důsledku studeného senzoru, byl ještě před vyplněním vstupních dotazníků probandovi připevněn na zápěstí žlutý MULTI modul pomocí pásku se suchým zipem. Tento modul měří a zaznamenává parametry elektrodermální aktivity, teploty, pulsu pomocí senzoru umístěného na konečku prstu, který se skládá z infračerveného zdroje záření a infračerveného přijímače. Dále je měřena motorická aktivita, která je snímána senzorem umístěným přímo v modulu. Konektory senzoru se zapojují do příslušných barevných zásuvek MULTI modulu. Pevným uchycením modulu (pásek se suchým zipem) k předloktí probanda a situováním všech kabelů tak, že probíhají mezi ukazovákem a prostředníkem až k samotnému modulu, se sníží artefakty pohybu.

EMG modul slouží k snímání a záznamu elektromyografie trapézového svalu pomocí umístění jedné referenční elektrody do oblasti s malou svalovou činností v našem případě krční páteře (omezení případné tvorby pohybu). Ve stejné vzdálenosti

od referenční elektrody pak připojujeme dvě elektrody na obou koncích svalu. Po rozmístění daných elektrod se připojí černě označená svorka kabelu elektrody EMG k referenční elektrodě a zeleně označené svorky k elektrodám na koncích svalu. Následně jsou v souladu s barevným označením připojeny kabely elektrod přímo k modulu, který je připevněn k oblečení v blízkosti místa měření pomocí svorky, který je součástí modulu.

RESP modul je složený ze dvou vzájemně propojených senzorů modré barvy, které se pomocí respiračních pásů zasunutých do drážky modulu obepínají kolem těla v oblasti hrudi a břicha, kde zaznamenávají parametry hrudní a břišní respirace.

Fialový EEG modul snímající vzruchy lokálních skupin neuronů ležících v určité oblasti šedé kůry mozkové, se skládá z jedné referenční elektrody umístěné na ušním lalůčku a čtyř elektrod umístěných na čele měřené osoby tak aby nezasahovaly do obličejové části. Připojení svorek kabelů má stejný postup jako u EMG modulu, jehož součástí je taktéž svorka držící modul na oblečení.

Po správném připevnění všech modulů byla zkoumaná osoba vyzvána k usednutí na židli, po kterém proběhlo seznámení s průběhem měření a vysvětlením způsobu vyplnění testu pozornosti. Následovalo spuštění speciálního software, který automaticky vyhledal všechny aktivní a dostupné moduly. Dalším krokem, kliknutím na startovací ikonu byl započat záznam a zobrazení měřených parametrů. První půl minuta měření byla věnována záznamu hodnot fyziologických funkcí v základním stavu, po jejím uplynutí bylo kliknuto na ikonu markeru, pro odlišení a současně byl spuštěn příslušný zvuk, což byl zároveň signál pro probanda k započetí vyplňování Bourdonova testu. Po uplynutí určené doby expozice (7,5 minut) byl další záznam zastaven a naměřené hodnoty uloženy. Celé měření bylo završeno vyplněním dvou výstupních dotazníků sebehodnotících subjektivních škál stejného znění, jako byly dotazníky vstupní.

## 1.2 Výběr a charakteristika vzorku

Výzkumu se zúčastnilo 60 probandů, z toho 17 žen a 43 mužů. Poměr pohlaví zúčastněných probandů byl tedy cca 70:30 ve prospěch mužů. Všechny zkoumané osoby byly studenty Vysoké školy ve věkovém rozpětí 20 – 26 let. Z důvodu možného zkreslení a tím narušení celého výzkumu byly všichni probandi dopředu seznámeni s požadavkem zákazu požití alkoholu a jiných omamných látek. Měření bylo realizováno v prostorách knihovny Ústavu lesnické a dřevařské techniky na druhém patře Mendelovy univerzity. Fyziologické funkce byly snímány a zaznamenávány za pomoci aparatury Biofeedback 2000<sup>x-pert</sup>. Snímané biosignály byly přenášeny jako elektronické veličiny z bezdrátových modulů připevněných na těle a oblečení zúčastněných osob do software aparatury Biofeedback 2000<sup>x-pert</sup> nainstalovaného v notebooku.

## 1.3 Metody

### 1.3.1 Biofeedback 2000<sup>x-pert</sup>

Pro snímání a záznam hodnot průběhu měřených fyziologických funkcí byla využita technická aparatura Biofeedback 2000<sup>x-pert</sup> od rakouské firmy Schuhfried poskytující zpětnou vazbu psychologických parametrů.

Hardwarová část aparatury se skládá ze 4 bezdrátových modulů, 1 USB přijímače dat, kabelů, nabíječky a mikrofону. Moduly běží na integrovanou lithium-polymerovou baterii, v závislosti na intenzitě používání a stavu baterie vydrží pracovat 5 až 9 hodiny. Signály jsou prostřednictvím senzorů a elektrod, které moduly obsahují, snímány neinvazivně z povrchu kůže. Najednou může s počítačem komunikovat až sedm radiových modulů.

Snímané biosignály jsou filtrovány a zesíleny a poté prostřednictvím bezdrátového bluetooth připojení digitalizovány a předány do počítače v intervalech od 0,05 sec. Do 0.25 sec. (dle druhu fyziologické funkce). Získaná data jsou dále zpracována Biofeedback 2000<sup>x-pert</sup> softwarem verze 3.0.



**Obr. 5: Ukázka zobrazení grafů fyziologických funkcí softwarem aparatury Biofeedback 2000 x-pert**

Aparatura Biofeedback 2000 x-pert nachází uplatnění nejen v měření fyziologických funkcí, ale také je možné ji využít terapeuticky k léčbě širokého spektra fyziologických a psychických nemocí a poruch, od migrény, esenciální hypertonie, přes cervikální syndrom, bolesti hlavy a zad, tinnitus (ušní šelest), apod. (Fiřo, 2010).

Měřeny byly tyto fyziologické funkce:

- respirace (ventilace plic):
  - ✓ celková brániční respirace
  - ✓ amplituda brániční respirace
  - ✓ frekvence brániční respirace
  - ✓ celková hrudní respirace
  - ✓ amplituda hrudní respirace
  - ✓ frekvence hrudní respirace
- kožně galvanická reakce:
  - ✓ úroveň kožní vodivosti
  - ✓ úroveň kožního reflexu
- tělesná teplota

- srdeční puls:
  - ✓ celkový krevní puls
  - ✓ objem (síla) krevního pulsu
  - ✓ amplituda objemu (síly) krevního pulsu
- motilita
- EEG (elektroencefalograf):
  - ✓ gama vlny EEG (30 – 40 Hz)
  - ✓ vysoké beta vlny (20 – 30 Hz)
  - ✓ beta vlny (15 – 20 Hz)
  - ✓ SRM vlny (12 – 15 Hz)
  - ✓ alfa vlny (8 – 12 Hz)
  - ✓ theta vlny (4 – 8 Hz)
  - ✓ Delta vlny (0,4 – 4 Hz)
- EMG (elektromyograf – svalové napětí)

### **1.3.2 Dotazníky**

Dopad expozice jednotlivých akustických podnětů na psychiku probandů byla hodnocena na základě jednoduchých dotazníků, vytvořených na principu sebehodnotících škál – subjektivní škála aktivace (SSA) a subjektivní grafická škála (SGS). Dotazníky byly zkoumanou osobou vyplněny vždy dvakrát a to na vstupu – před podrobením se expozici zvuku a na výstupu – po ukončení měření. V průběhu samotného měření, tedy v době expozice akustického podnětu, vyhodnocovali probandi test pozornosti.

#### **Subjektivní škála aktivace**

Dotazník je založen na přeložení deseti polaritních tvrzení, které lze hodnotit na stupnici od 1 do 11, přičemž jednotlivá tvrzení jsou záměrně předložena nepravidelně se stoupajícím nebo klesajícím stupněm míry aktivace (viz příloha č. 1). Tato metoda slouží k zjištění subjektivního hodnocení momentálního psychického rozpoložení probanda (Fiřo, 2010).

### **Subjektivní grafická škála**

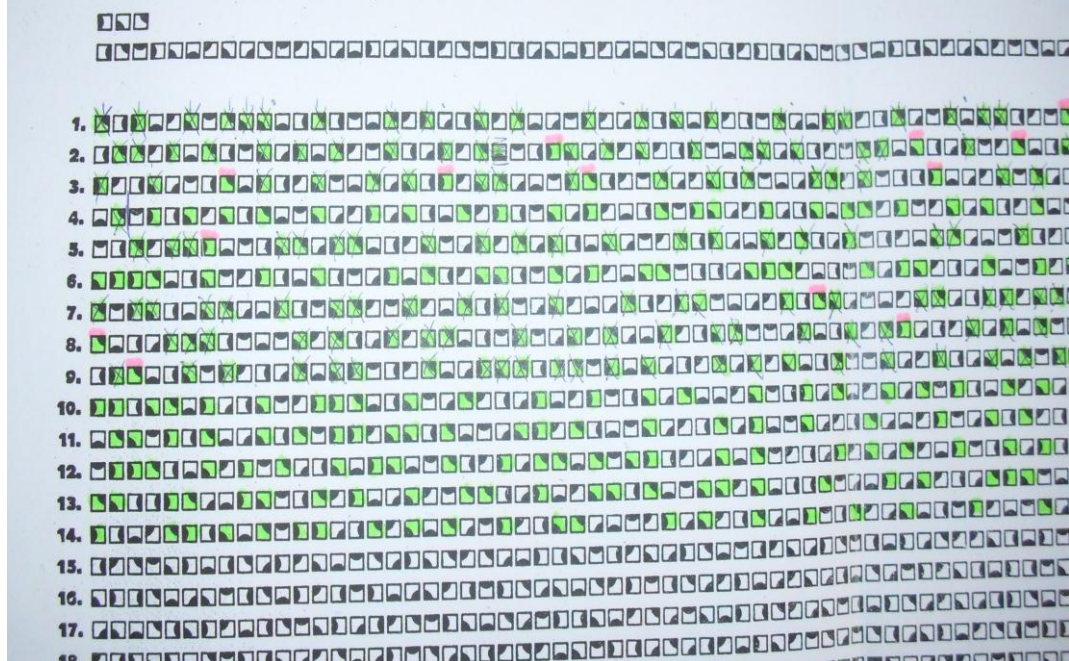
Jedná se o velice jednoduchou a zároveň názornou a přehlednou metodu. Zkoumané osoby na základě předložených, pod sebou řazených charakteristik vyjadřují graficky subjektivní míru momentálního psychického a fyzického stavu na 101 stupňové úseče (0 – 100; 200 mm dlouhé). Bod 0 představuje maximální míru skleslosti, únavy, nízké výkonnosti, nepozornosti, pocitu špatné paměti, nemoci myšlení, a nezájmu k tomuto vyšetření, naopak bod 100 představuje maximum aktivace (viz příloha č. 2). Metoda subjektivní grafické škály je vyhodnocena pomocí milimetrového pravítka (Fiřo, 2010).

### **Bourdonův test**

Tento test je zkouškou pozornosti, přesnosti percepce a psychomotorického tempa, jeho užití je vhodné ve všech pracovních činnostech, kde úroveň dlouhodobé koncentrace a její kolísání může mít vliv na kvalitu a celkovou spolehlivost výkonu (Wings group, 2015)

Zkoumané osoby měli za úkol diferenciaci různých, tvarově blízkých, významově odlišných podnětů zapsaných v řádcích o 85 znacích, z kterých měly vyhledávat 3 vytipované grafické znaky. Probandi pracovali bez přerušení 7 minut, přičemž vždy po uplynutí časového intervalu 1 minuty byli upozorněni, předem dohodnutým signálem, aby viditelně čarou označili místo ukončení jejich kontroly a přesunuli se na nový řádek, kde pokračovaly ve vyhledávání určených symbolů.





Obr. 6: Ukázka vyhodnocení Bourdenova testu pozornosti

## 2 Výsledky

Hodnoty získané měřením aparaturou Biofeedback 2000<sup>x-pert</sup> byly vyhodnoceny pomocí statisticko-analytického počítačového programu SPSS, který nám umožnil na hodnoty fyziologických funkcí aplikovat deskriptivní statistiku, párové T – testy, T – testy pro nezávislé soubory, Levenův test, regresní analýzu, mnohočetnou analýzu variance (MANOVA) a histogramy.

**Tabulka 3: Deskriptivní údaje měřených fyziologických funkcí**

Deskriptivní Statistika							
	N	rozpětí	minimum	maximum	průměr	std. odchylka	variance
břišní respirace 1 (cm)	2067637	8	5	13	9,12	1,04	1,08
amplituda břišní resp. 1 (cm)	2085968	5	0	5	,91	,47	,22
frekvence břišní resp. 1 (min <sup>-1</sup> )	2085968	60	0	60	22,11	9,08	82,47
hrudní respirace 1 (cm)	2085968	10	6	16	9,67	1,01	1,02
amplituda hrud. resp. 1 (cm)	2085968	3	0	3	,55	,30	,09
frekvence hrud. resp. 1 (min <sup>-1</sup> )	2085968	60	0	60	20,54	6,69	44,73
úroveň kožní vodivosti 1 (μS)	1935335	50	0	50	13,98	13,23	175,06
úroveň kož. reflexu 1 (μS)	1935335	10	-5	5	,00	,26	,07
tělesná teplota 1 (°C)	2084537	16	20	36	29,34	4,66	21,75

objem krevního pulsu 1 (%)	2085968	100	0	100	49,58	11,20	125,35
amplituda objemu krevního pulsu 1 (%)	2067967	98	2	100	25,58	16,50	272,40
celkový krevní puls 1 (bpm)	2085968	156	3 0	186	80,96	20,15	406,16
motilita 1 (m/s <sup>2</sup> )	2085968	2	0	2	,0 2	,07	,01
svalové napětí 1 /1 (μV)	1892806	60	0	60	20,46	13,92	193,65
svalové napětí 2/1 (μV)	1829315	58	2	60	25,75	17,93	321,57
břišní respirace 2 (cm)	3194401	13	1	14	9,47	1,17	1,38
amplituda břišní resp. 2 (cm)	3207104	7	0	7	,8 4	,45	,21
frekvence břišní resp. 2 (min <sup>-1</sup> )	3207104	60	0	60	20,96	8,50	72,26
hrudní respirace 2 (cm)	3270686	10	7	16	9,68	1,10	1,20
amplituda hrud. resp. 2 (cm)	3296134	4	0	4	,5 5	,38	,15
frekvence hrud. resp. 2 (min <sup>-1</sup> )	3298535	60	0	60	20,25	7,62	58,02
úroveň kožní vodivosti 2 (μS)	2945437	50	0	50	18,21	15,84	250,83
úroveň kožního reflexu 2 (μS)	2945437	15	-5	10	,0 0	,13	,02

tělesná teplota 2 (°C)	3205433	15	2 1	36	28,51	4,87	23,67
objem krevního pulsu 2 (%)	3170247	100	0	100	49,68	14,89	221,64
amplituda objemu krevního pulsu 2 (%)	3170247	100	0	100	33,52	24,16	583,62
celkový krevní puls 2 (bpm)	3205433	160	3 0	190	74,63	19,71	388,49
motilita 2 (m/s <sup>2</sup> )	3205433	4	0	4	,0 3	,10	,01
svalové napětí 1 /2 (μV)	3286935	60	0	60	14,22	13,58	184,35
svalové napětí 2/2 (μV)	3199960	60	0	60	16,66	14,67	215,15

(Popis tabulky: 1 = skupina s expozicí zvuku ticha, 2 = skupina s expozicí zvuku harvestoru)

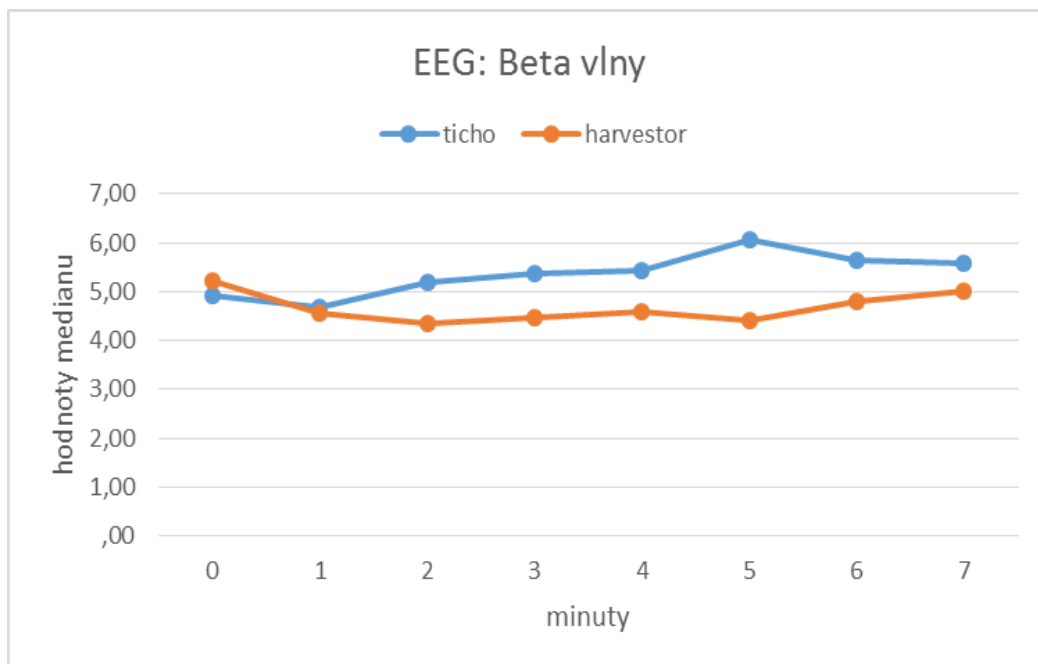
**Tabulka 4: Srovnání naměřených výsledků EEG, EMG, kožní vodivosti a amplitudy objemu krevního pulsu po expozici zvuku ticha a po expozici zvuku harvestoru**

Rozdíl v průměrech uvedených fyziologických funkcí vyšly statisticky významně na hladině statistické významnosti  $p < 0,001$ , hodnoty viz tabulka 4. Pro srovnávání statistické významnosti rozdílů v průměrech bylo použito Levenova testu a T-testu viz tabulka 5. Z Výsledků Levenova testu vyplývá, že je nutné počítat s hodnotami uvedenými pro nestejnou varianci dat (toto nerovnoměrné rozložení dat je dáno enormním množstvím dat, nikoliv samotným rozložením dat, které by neumožňovalo užití parametrických metod – T – testu. Rozdíl v průměrech musí být stejný nebo vyšší jak 1/3 std. odchylky, abychom mohli konstatovat, že se jedná o faktickou významnost rozdílů průměrných hodnot.).

<b>fyz. funkce</b>	<b>expozice</b>	<b>N</b>	<b>průměr</b>	<b>std. odchylka</b>
<b>EEG: Beta vlny (Hz)</b>	expozice ticha	2085968	5,94	2,73
	expozice harvestoru	3190998	6,82	4,73
<b>EEG: Delta vlny (Hz)</b>	expozice ticha	2085968	15,99	15,58
	expozice harvestoru	3190998	21,32	19,81
<b>EMG: svalové napětí (μV)</b>	expozice ticha	1829315	25,75	17,93
	expozice harvestoru	3199960	16,66	14,67
<b>SCL: úroveň kožní vodivosti (μS)</b>	expozice ticha	1935335	13,98	13,23
	expozice harvestoru	2945437	18,21	15,84
<b>PVA: amplituda objemu krevního pulsu (%)</b>	expozice ticha	2067967	25,58	16,50
	expozice harvestoru	3170247	33,52	24,16

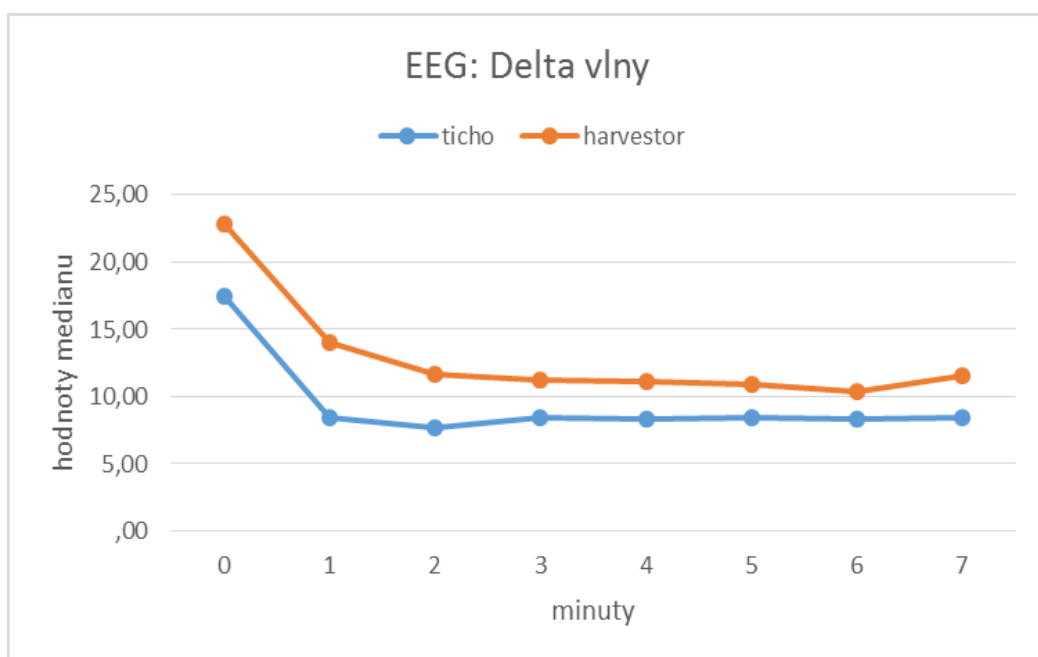
**Tabulka 5: Levenův test a T-test pro EEG, EMG, kožní vodivosti a amplitudy objemu krevního pulsu**

fyz. funkce		Levenův test		T-test		
		F	sig.	t	df	sig. p < (oboustranná)
<b>EEG: Beta vlny</b>	stejná variace	422472	0	-244,73	5276964,00	
	nestejná variance			-271,90	5203572,35	0
<b>EEG: Delta vlny</b>	stejná variace	157409	0	-328,07	5276964,00	
	nestejná variance			-344,66	5100305,13	0
<b>EMG: svalové napětí</b>	stejná variace	195203	0	615,82	5029273,00	
	nestejná variance			583,39	3226457,55	0
<b>SCL: úroveň kožní vodivosti</b>	stejná variace	233463	0	-308,17	4880770,00	
	nestejná variance			-319,73	4609956,29	0
<b>PVA: amplituda objemu krevního pulsu</b>	stejná variace	290513	0	-413,74	5238212,00	
	nestejná variance			-446,70	5227336,57	0



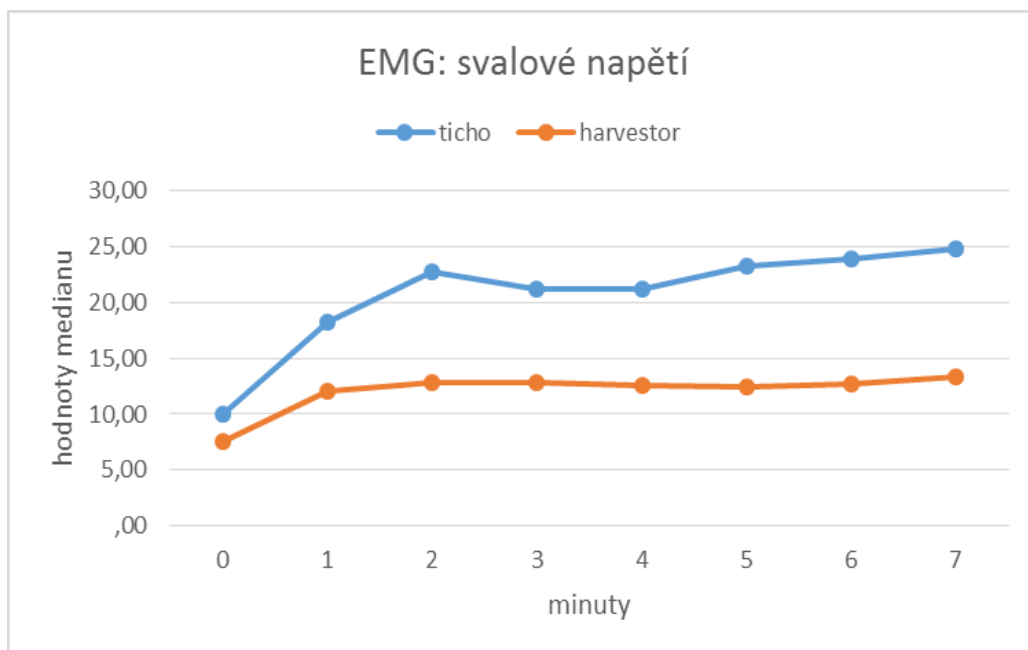
**Obr. 7: Spojnicový graf znázorňující průběh beta vln EEG u zkoumaných osob**

Poznámka: 0 = přípravná fáze bez expozice zvukového podnětu



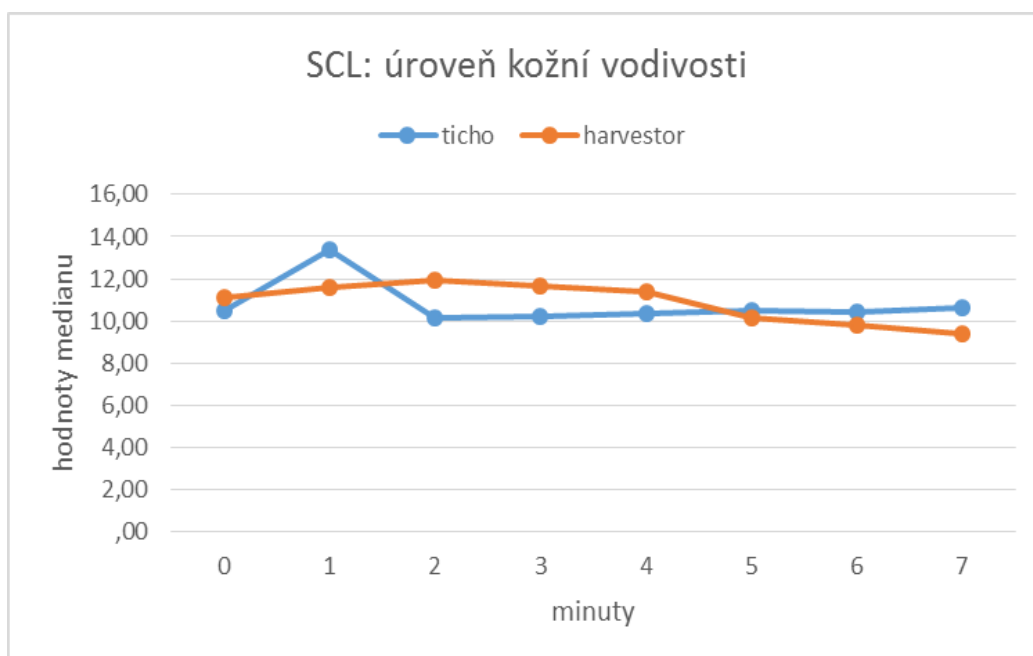
**Obr. 8: Spojnicový graf znázorňující průběh Delta vln EEG u zkoumaných osob**

Poznámka: 0 = přípravná fáze bez expozice zvukového podnětu



**Obr. 9: Spojnicový graf znázorňující průběh hodnot svalového napětí u zkoumaných osob**

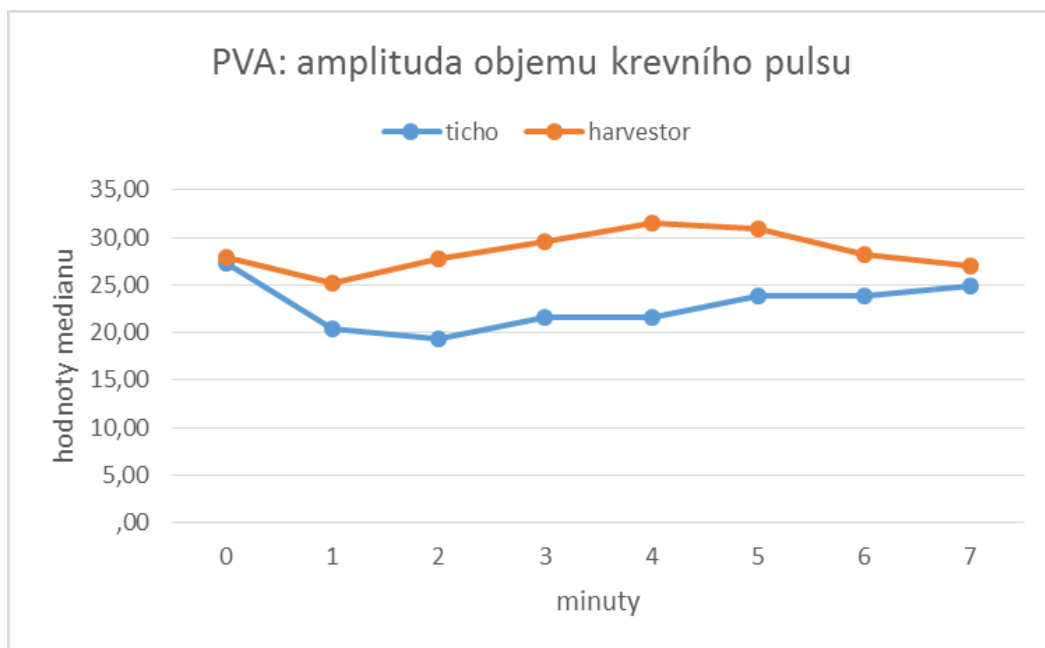
Poznámka: 0 = přípravná fáze bez expozice zvukového podnětu



**Obr. 10: Spojnicový graf znázorňující vývoj průběhu úrovně kožní vodivosti u zkoumaných osob**

Poznámka: 0 = přípravná fáze bez expozice zvukového podnětu





**Obr. 11: Spojnicový graf znázorňující vývoj průběhu amplitudy objemu krevního pulsu**

Poznámka: 0 = přípravná fáze bez expozice zvukového podnětu

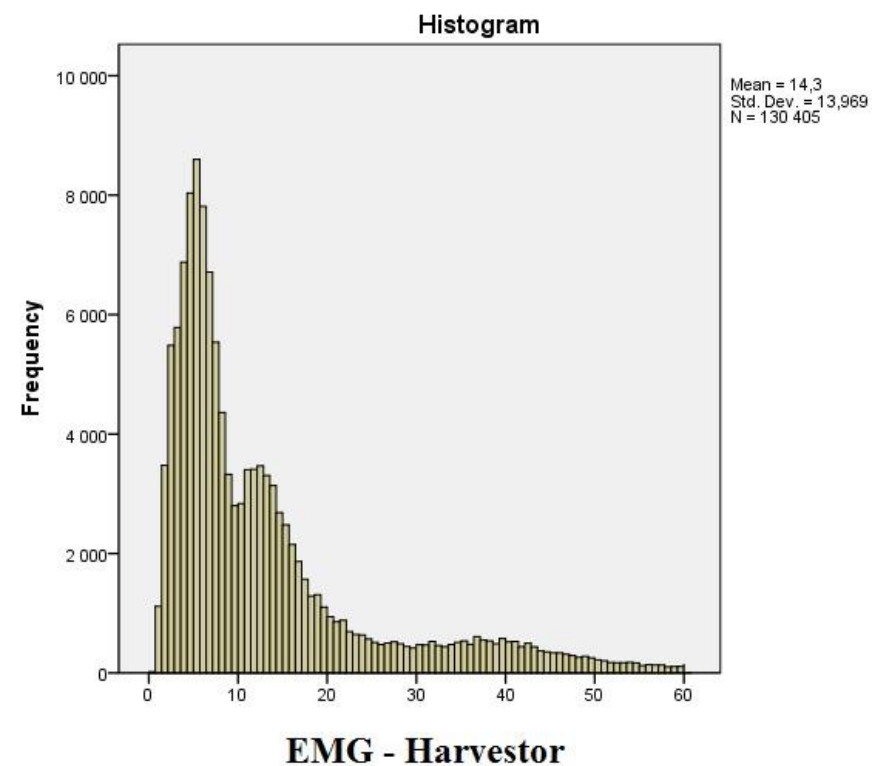
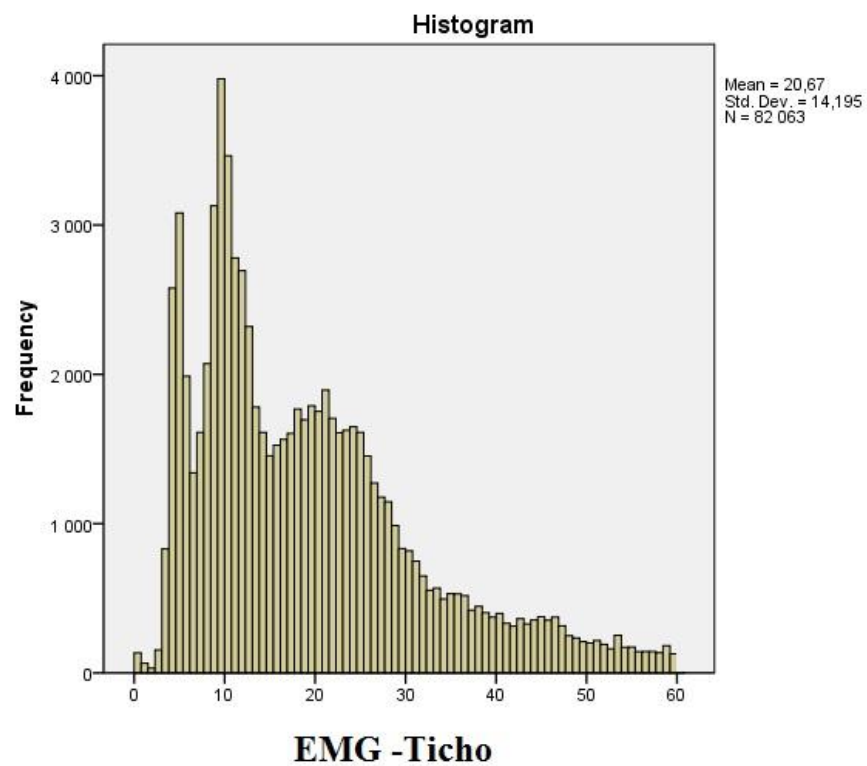
**Tabulka 6: Výsledky regresní analýzy fyziologických funkcí**

Fyziologická funkce + regresní model	Koeficient vícenásobné korelace	Koeficient vícenásobné determinace (rozptylu)	Koeficient vícenásobné determinace (rozptylu)
	R	R čtverec	Adjustovaný R čtverec
Srdeční puls: PVA - minuty/zvuky/pre-post	,209 <sup>a</sup>	,044	,044
EMG 1: svalové napětí - minuty/zvuky/pre-post	,245 <sup>a</sup>	,060	,060
EMG 1: svalové napětí - zvuky/pre-post	,244 <sup>a</sup>	,060	,060
EMG 2: svalové napětí - minuty/zvuky/pre-post	,297 <sup>a</sup>	,088	,088
EMG 2: svalové napětí - zvuky/pre-post	,294 <sup>a</sup>	,087	,087

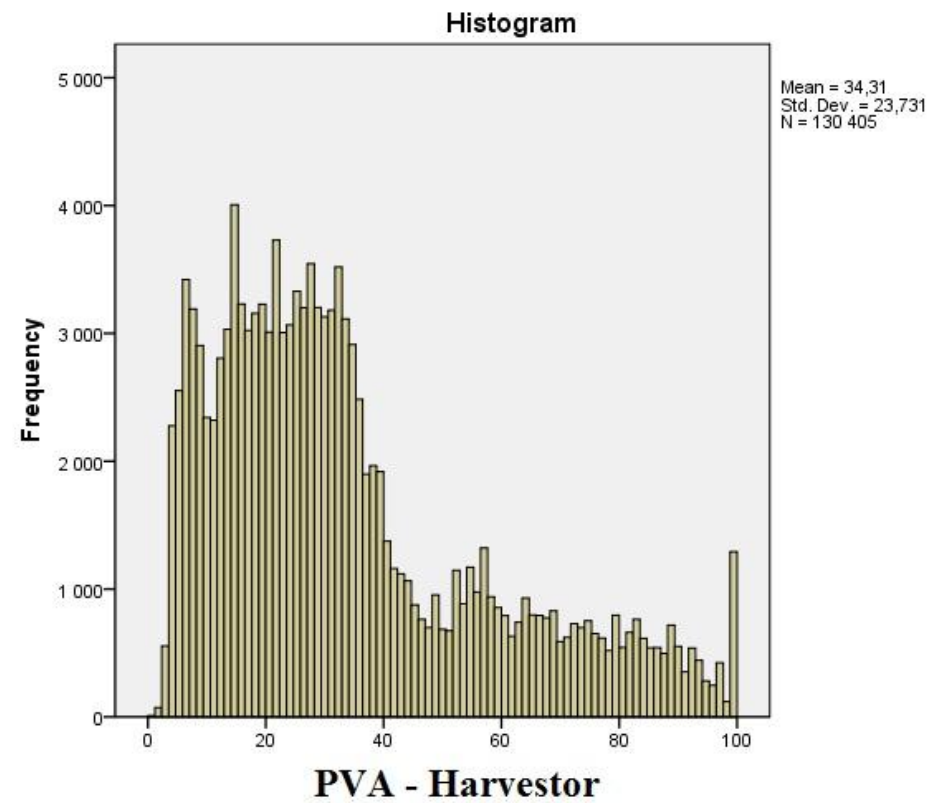
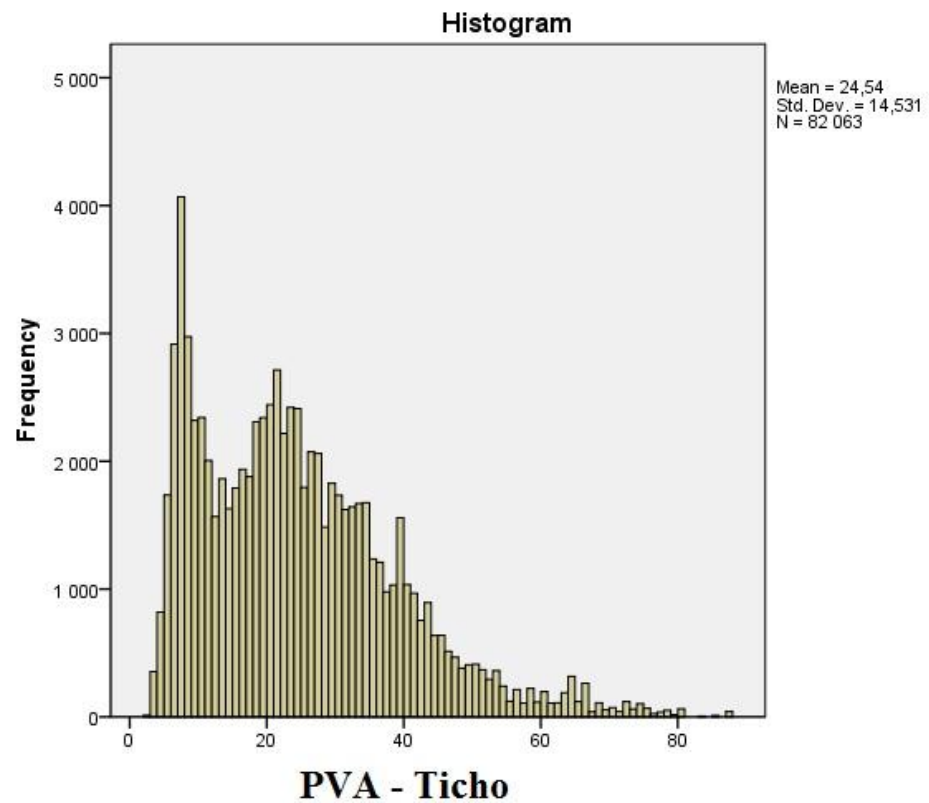
Poznámky: pre-post = přípravná - experimentální fáze

minuty = měření fyziologických funkcí a Bourdenova testu po minutách

zvuky = expozice zvuku ticha či zvuku harvestoru



**Obr. 12: Histogram znázorňující rozložení hodnot svalového napětí při expozici tichu a při expozici zvuku harvestoru**



**Obr. 13: Histogram znázorňující rozložení hodnot amplitudy objemu krevního pulsu při expozici ticha a při expozici zvuku harvesto**

**Tabulka 7: Deskriptivní údaje výsledků subjektivních škál aktivace a subjektivních grafických škál před a po expozici zvuku ticha**

Rozdíl v průměrech subjektivní škály aktivace otázky 1 (jsem ospalý – cítím se svěží), 8 (mám chuť pustit se do nějaké činnosti – do ničeho se mi nechce), 10 (pocit'uji únavu – jsem odpočatý) a rozdíl v průměrech subjektivní grafické škály otázky vztah k tomuto vyšetření vyšly statisticky významně na hladině statistické významnosti  $p < 0,05$ . Pro srovnávání statistické významnosti rozdílů v průměrech bylo, použito párového T-testu závislých souborů viz tabulka 8.

<b>otázka</b>		<b>průměr</b>	<b>N</b>	<b>std. odchylka</b>
<b>subjektivní škála aktivace otázka 1</b>	před expozicí	6,83	23	2,98
	po expozici	8,17	23	2,37
<b>subjektivní škála aktivace otázka 8</b>	před expozicí	6,43	23	3,13
	po expozici	5,43	23	2,71
<b>subjektivní škála aktivace otázka 10</b>	před expozicí	6,35	23	3,10
	po expozici	7,78	23	2,52
<b>subjektivní grafická škála otázka – vztah k tomuto vyšetření (mm)</b>	před expozicí	147,17	23	39,88
	po expozici	159,91	23	31,14

**Tabulka 8: Párový T-test závislých souborů pro subjektivní škálu aktivace otázku 1, 8, 10 a subjektivní grafickou škálu otázku vztah k tomuto vyšetření**

		párové odlišnosti		t	f	sig. p < (oboustranná)
		průměr	std. odchylka			
<b>SSA 1</b>	před expozicí - po expozici	-1,35	2,52	-2,57	2	,017
<b>SSA 8</b>	před expozicí - po expozici	1,00	1,91	2,52	2	,020
<b>SSA 10</b>	před expozicí - po expozici	-1,44	2,73	-2,52	2	,019
<b>SGS vztah k tomuto vyšetření</b>	před expozicí - po expozici	-12,74	28,17	-2,17	2	,041

**Tabulka 9: Deskriptivní údaje výsledků subjektivních škál aktivace a subjektivních grafických škál před a po expozici zvuku harvestoru**

Rozdíl v průměrech subjektivní škály aktivace otázka 1 (jsem ospalý – cítím se svěží) a rozdíl v průměrech subjektivní grafické škály otázky únava a otázky učení vyšly statisticky významně na hladině statistické významnosti  $p < 0,05$ . Pro srovnávání statistické významnosti rozdílů v průměrech, bylo použito párového T-testu závislých souborů, viz tabulka 10.

<b>otázka</b>		<b>průměr</b>	<b>N</b>	<b>std. odchylka</b>
<b>subjektivní škála aktivace otázka 1</b>	před expozicí	7,00	37	2,29
	po expozici	7,70	37	2,36
<b>subjektivní grafická škála otázka únava (mm)</b>	před expozicí	93,89	37	50,64
	po expozici	122,35	37	51,21
<b>subjektivní grafická škála otázka učení (mm)</b>	před expozicí	122,81	37	34,91
	po expozici	135,08	37	32,51

**Tabulka 10: Párový T-test závislých souborů pro subjektivní škálu aktivace otázka 1 (jsem ospalý – cítím se svěží) a subjektivní grafickou škálu otázka únava a otázka učení**

		párové odlišnosti		t	f	sig. p < (oboustranná)
		průměr	std. odchylka			
<b>SSA 1</b>	před expozicí - po expozici	-,70	2,07	-2,07	6	,046
<b>SGS únava</b>	před expozicí - po expozici	-28,46	51,35	-3,37	6	,002
<b>SGS učení</b>	před expozicí - po expozici	-12,27	27,84	-2,68	6	,011

**Tabulka 11: Srovnání odpovědí na otázky SSA a SGS na základě pohlaví**

Rozdíl v průměrech odpovědí na níže popsané otázky vstupních (dále jen vstu) a výstupních (dále jen vys) dotazníku subjektivní škály aktivace a subjektivní grafické škály vyšly statisticky významně na hladině statistické významnosti  $p < 0,05$ . Pro srovnávání statistické významnosti rozdílů v průměrech bylo použito Levenova testu a T-testu pro nezávislé soubory, viz tabulka 12.

otázka	pohlaví	průměr	N	std. odchylka
<b>SSA 3 vstu – jsem uvolněný - pocit'uji napětí</b>	muži	5,33	43	,47
	ženy	3,53	17	,49
<b>SGS vstu – zdravotní stav (mm)</b>	muži	157,51	43	32,47
	ženy	134,41	17	54,62

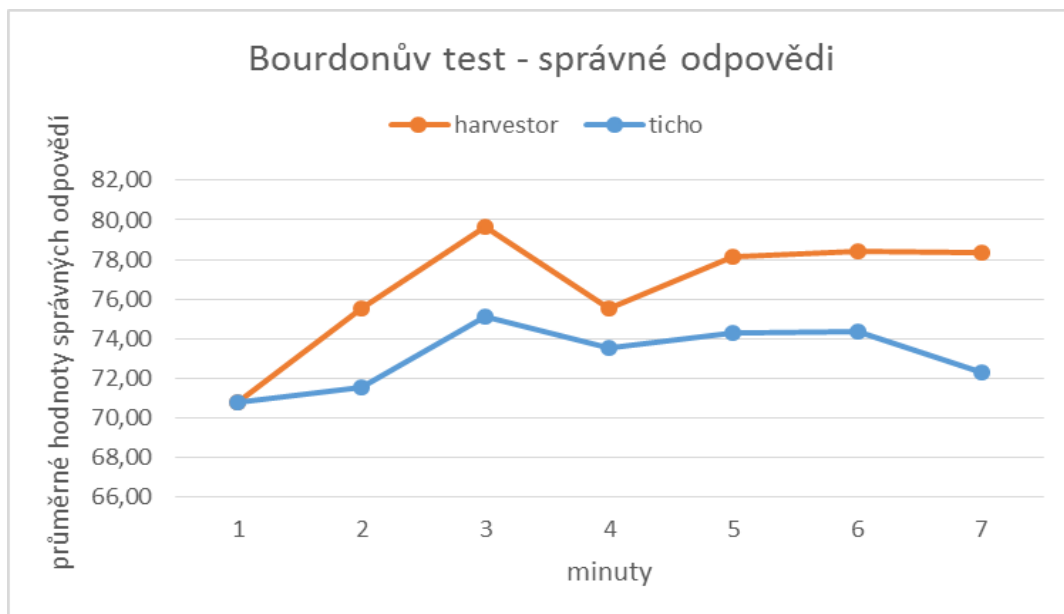


<b>SGS vstu – fyzická síla (mm)</b>	muži	151,72	43	30,98
	ženy	116,35	17	49,51
<b>SGS vstu – pozornost (mm)</b>	muži	140,86	43	33,37
	ženy	115,59	17	44,30
<b>SGS vstu – paměť (mm)</b>	muži	143,51	43	30,03
	ženy	111,41	17	34,34
<b>SGS vstu – myšlení (mm)</b>	muži	145,05	43	31,33
	ženy	115,47	17	43,24
<b>SGS vstu – učení (mm)</b>	muži	128,14	43	38,22
	ženy	98,82	17	41,32
<b>SGS vys – fyzická síla (mm)</b>	muži	154,33	43	32,51
	ženy	126,06	17	37,72
<b>SGS vys – pozornost (mm)</b>	muži	144,09	43	37,00
	ženy	121,59	17	43,28
<b>SGS vys – paměť (mm)</b>	muži	146,28	43	34,61
	ženy	125,35	17	29,05
<b>SGS vys – myšlení (mm)</b>	muži	151,79	43	24,33
	ženy	127,88	17	37,90
<b>SGS vys – učení (mm)</b>	muži	139,35	43	33,28
	ženy	111,59	17	40,04

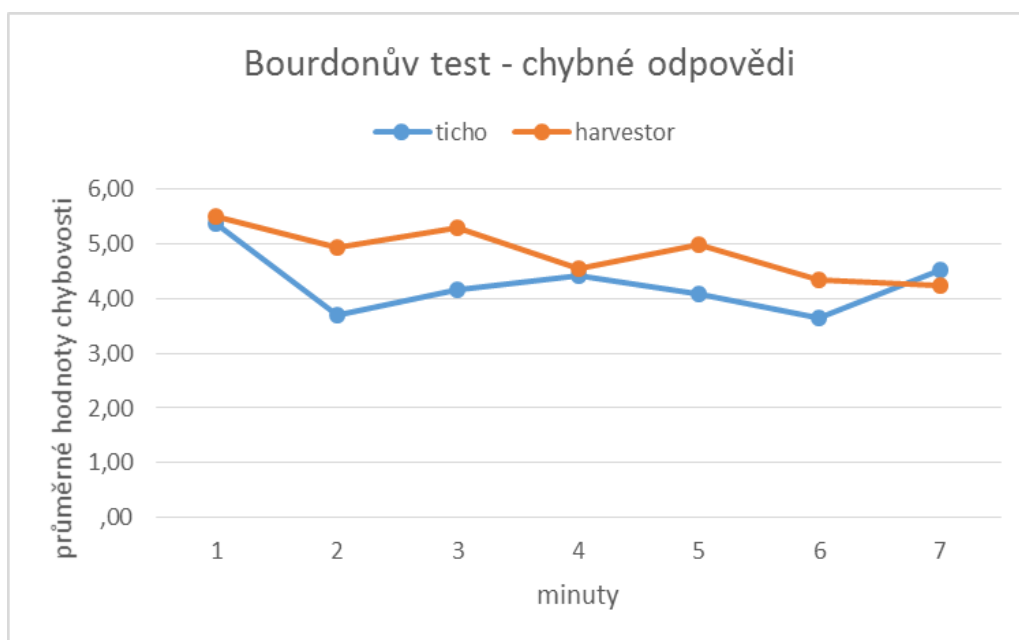
**Tabulka 12: Levenův test a dvouvýběrový T-test pro nezávislé soubory (porovnání mužů a žen) u otázek SSA a SGS vstupních a výstupních dotazníků**

		Levenův test		T-test nezávislých souborů		
		F	sig.	t	df	sig. p < (oboustranná)
<b>SSA 3 vstu - jsem uvolněný - pocit'uji napětí</b>	stejná variace	5,33	0,025	2,22	58,00	0,030
	nestejná variace			2,64	44,12	<b>0,011</b>
<b>SGS vstu - zdravotní stav</b>	stejná variace	5,70	0,020	2,02	58,00	0,048
	nestejná variace			1,63	20,63	<b>0,118</b>
<b>SGS vstu - fyzická síla</b>	stejná variace	5,10	0,028	3,33	58,00	0,001
	nestejná variace			2,74	21,14	<b>0,012</b>
<b>SGS vstu - pozornost</b>	stejná variace	1,66	0,203	2,40	58,00	<b>0,019</b>
	nestejná variace			2,13	23,53	0,044
<b>SGS vstu - paměť</b>	stejná variace	0,01	0,937	3,58	58,00	<b>0,001</b>
	nestejná variace			3,38	26,22	0,002
<b>SGS vstu - myšlení</b>	stejná variace	2,15	0,148	2,95	58,00	<b>0,005</b>
	nestejná			2,57	22,95	0,017

	variace					
<b>SGS vstu - učení</b>	stejná variace	0,09	0,771	2,62	58,00	<b>0,011</b>
	nestejná variace			2,53	27,45	0,017
<b>SGS vys - fyzická síla</b>	stejná variace	1,04	0,313	2,90	58,00	<b>0,005</b>
	nestejná variace			2,72	25,93	0,012
<b>SGS vys - pozornost</b>	stejná variace	1,47	0,230	2,02	58,00	<b>0,048</b>
	nestejná variace			1,89	25,76	0,070
<b>SGS vys - paměť</b>	stejná variace	0,00	0,973	2,20	58,00	<b>0,032</b>
	nestejná variace			2,38	34,83	0,023
<b>SGS vys- myšlení</b>	stejná variace	4,43	0,040	2,91	58,00	0,005
	nestejná variace			2,41	21,42	<b>0,025</b>
<b>SGS vys- učení</b>	stejná variace	1,43	0,240	2,75	58,00	<b>0,008</b>
	nestejná variace			2,53	25,22	0,018



**Obr. 14:** Spojnicový graf znázorňující po minutách průměrné hodnoty správných odpovědí v Bourdonově škrtačím testu



**Obr. 15:** Spojnicový graf znázorňující průměrnou chybovost v jednotlivých minutách Bourdonova škrtačeho testu

**Tabulka 13: Výsledky metodou MANOVA pro Bourdonův škrtací test**

<b>MANOVA</b>						
<b>zdroj</b>	<b>závislá proměnná</b>	<b>Type III součet čtvců</b>	<b>df</b>	<b>střední průměr</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
intercept	Celk_chyb	678,54	1	678,54	72,55	,000
zvuk	Celk_chyb	38,52	1	38,52	4,12	,049

Poznámky: intercept = hypotetický shluk neznámých proměnných

zvuk = expozice zvuku ticha nebo expozice zvuku harvetsoru

## DISKUSE

Statistická významnost rozdílů průměrů ( $p < 0,001$ ) v průběhu měřených fyziologických funkcí je s velkou pravděpodobností do jisté míry dána enormním množstvím dat a ne skutečně zásadními rozdíly v rozložení průměrů a rozptylů jednotlivých proměnných, jež mají faktickou spojitost se zkoumanými faktory. Tento jev se netýká výsledků zjištěných z dotazníkového šetření subjektivních sebehodnotících škál a Bourdonova škrtacího testu pozornosti.

Tabulka 3 zpracovává přehled průměrných deskriptivních statistických údajů měřených fyziologických funkcí získaných pomocí speciální aparatury Biofeedback 2000 x-pert rozdělených dle expozice akustického podnětu. Vyobrazený přehled nám umožňuje udělat si dobrý obrázek o rozdílech v průběhu fyziologických funkcí probandů vystavených expozici rozdílných zvuků, v našem případě se jednalo o zvuk ticha a zvuk uvnitř kabiny harvestoru (dále jen zvuk harvestoru). Další tabulky a grafy se podrobněji zaměřují na výsledky hodnot, jejichž rozdíly v průměrech vykazují statistickou významnost, která byla ověřena pomocí statistické analýzy dat, pomocí tzv. T-testu (závislých i nezávislých souborů) a Levenova testu rovnosti rozptylů.

Tabulka 4 zaznamenává rozdílný průběh EEG, EMG, úrovně kožní vodivosti a amplitudy objemu krevního pulsu v závislosti na expozici zvukového podnětu. Zkoumaná skupina osob podrobená expozici zvuku harvestoru vykazuje vyšší průměrnou hodnotu průměru Beta vln (6,82) i značně vyšší průměrnou hodnotu průměru Delta vln (21,32), oproti skupině zkoumaných osob podrobených expozici zvuku ticha (Beta vlny – 5,94 a Delta vlny – 15,99). Podobný trend vykazují i hodnoty úrovně kožní vodivosti (ticho – 13,98; harvestor – 18,21) a amplitudy objemu krevního pulsu (ticho – 25,58; harvestor – 33,52). Zajímavé jsou průměrné hodnoty průměru EMG měřené na trapézovém svalu, které na rozdíl od již zmíněných hodnot fyziologických funkcí vykazují u zkoumaných osob vystavených expozici zvuku harvestoru hodnotu v průměru nižší (16,66) než u zkoumaných osob vystavených expozici zvuku ticha (25,75). Průběh zmíněných fyziologických funkcí je vyobrazen na obrázcích 7, 8, 9, 10, 11 spojnicovými grafy znázorňujícími průměrné hodnoty mediánu pro sedm minut trvání expozice akustického podnětu a první půl minutu přípravné fáze, kdy byli fyziologické funkce zaznamenány bez zatížení expozicí zvukového podnětu.

Změny ve vývoji hodnoty mediánu beta aktivity jsou vyobrazeny pomocí spojnicového grafu na obrázku 7. Z grafu jsou patrné nižší hodnoty mediánu u zvuku harvestoru v celé délce vyšetření oproti zvuku ticha. Tento fakt příliš neodpovídá předchozímu výsledku, kdy byla průměrná hodnota průměru vyšší právě u zvuku harvestoru. Rozdíly v rámci beta aktivity nejsou příliš velké a jsou očividně zatížené neznámými artefakty, které ovlivňují hodnotu beta vln. S artefakty se při měření EEG setkáváme běžně, jedná se o rysy signálu, které nemají původ v mozku a působí rušivě v celkovém záznamu (Jan, 2002 cit. dle Fiřová, 2013) Artefakty můžeme rozdělit na biologické (artefakt pocení, artefakt EKG, artefakt očí, artefakt svalový, glosokinetický artefakt) a technické (jsou vnějšího původu, např. artefakty elektrodové, artefakt pohybu pacienta) (Fiřová, 2013). Graf vývoje hodnot mediánu beta aktivity tedy uvádíme hlavně z důvodu negativní korelace beta vln s delta vlnami. Hodnoty mediánu beta vln u obou zvukových podnětů v první minutě expozice klesají, stejně je tomu i u delta vln, kde je pokles větší. V následujících minutách expozice dochází u beta i delta vln pouze k malým změnám v hodnotách. Jak uvádí Pflanzler, Uyehara, MCMullen (2000 cit. dle Fiřová 2013) beta rytmus je typický u mentální činnosti v bdělém stavu, u stavu zvýšené pozornosti, smyslového soustředění na okolí, připravenosti reagovat, u logického analytického myšlení a bývá spojován s emociálními prožitky pocitu neklidu, hněvu a strachu. **Beta aktivita** je více zastoupena u žen a **klesá úměrně se vzrůstající delta aktivitou**, která je typická pro hluboký spánek a v bdělém stavu se téměř nevyskytuje. K nárůstu delta aktivity může u jedince dojít v souvislosti s působením stresu, řešením nějakého problému či při poškození mozku, mozkové mrtvici a za jiných patologických podmínek (Pflanzler, Uyehara, MCMullen, 2000; Spironelli, Angrilli, 2009 cit. dle Fiřová, 2013). Presentované výsledky poukazují na to, že zvuk harvestoru působí jako monotónní zvuk podporující aktivaci mozku.

Vývoj hodnot mediánu v čase pro svalové napětí je zobrazen na obrázku 9. Z uvedených spojnicových grafů, je vidět, že u osob podrobených expozici zvuku ticha byly hodnoty mediánu vyšší v celé délce měření. V prvních dvou minutách je viditelný nárůst hodnoty mediánu, déle EMG aktivita vykazuje malé změny v hodnotách mediánu. Hodnoty mediánu pro zvuk harvestoru vykazují od nárůstu v první minutě jen malé změny ve své výši.

Obrázek 10 je věnovaný prezentaci vývoje hodnot mediánu u hladiny kožní vodivosti. Rozdíly v hodnotách nejsou celkově příliš velké, pouze u zvuku ticha je

v první minutě vidět, nepřipravenost probandů na zatížení Bourdonůvým škrtačím testem, který po přípravné fázi (0), začali vyplňovat.

Na základě průměrných hodnot mediánu PVA vyobrazených pomocí spojnicových grafů na obrázku 11, usuzujeme na vyšší zatížení souboru zkoumaných osob vystavených expozici zvuku harvestoru.

Dále byla porovnána míra vlivu exogenních faktorů na průběh měřených fyziologických funkcí zkoumaných osob, v našem výzkumu byly jako prediktory vybrány přípravná fáze (pre - post), minuty, zvuky a jejich kombinace. Cílem této analýzy je co možná nejpřesnější specifikace míry spojitosti zvolených prediktorů s fyziologickými funkcemi. Tedy který z daných faktorů či jaká kombinace faktorů, má na fyziologické funkce větší vliv. V tabulce 6 najdeme výsledky statistické analýzy srovnání míry vlivu jednotlivých exogenních faktorů provedené pomocí faktoriální analýzy rozptylu pro opakovaná měření a lineární regrese. Nejvyšší hodnoty koeficientů vícenásobné korelace v návaznosti na dané prediktory jsme našli u amplitudy krevního pulsu (PVA) a svalového napětí (EMG). Obě fyziologické funkce byly nejvíce ovlivněny kombinací prediktorů minuty/zvuky/pre - post, kterými je ze 4,4 % možné vysvětlit průběh PVA a až z 8,8 % průběh EMG. Svalové napětí dosahovalo téměř stejných hodnot i za použití regresního modelu zvuky/pre - post, z čehož vyplívá, že fáze ticha (pre - post) a fáze zvuku lineárně souvisí s průběhem EMG, zatímco prediktor minuta má na něj nejmenší vliv.

Pro znázornění normality rozložení dat bylo využito histogramů, které šíří svých sloupců vyjadřují šířku intervalu a výškou sloupců četnost veličiny v daném intervalu. Obrázek 12 znázorňuje rozdílné rozložení hodnot EMG při expozici zvuku ticha a při expozici zvuku harvestoru, přičemž v obou případech nemají hodnoty svalového napětí normální rozložení a jsou spíše levostranné. Větší interindividuální odlišnosti je možné pozorovat na histogramu zaznamenávajícím rozložení hodnot svalového napětí při expozici zvuku ticha. Rozložení hodnot amplitudy objemu krevního pulsu je znázorněno histogramy na obrázku 13. Střed hodnot se oproti EMG posunul více doprava, ale opět nemají hodnoty normální rozložení a na rozdíl od rozložení hodnot EMG, vykazují větší interindividuální odlišnosti hodnoty PVA po expozici zvuku harvestoru. Jak popisuje Švancara (2003) a jak již bylo zmíněno v teoretické části, EMG reaguje na únavu snížením své aktivity a to zpravidla i v průběhu zátěže (svalové vyčerpání), pokud nejde o soustavu svalů, jež jsou systematickou a pozvolnou zátěží



stále více napínány do křečových stavů. Dle Guytona a Halla (2006) je únava výsledkem neschopnosti svalových vláken podávat dál stejný pracovní výkon. Valenta a kol. (1998) uvádějí, že nárokům kosterních svalů, které se z klidové spotřeby 30ml O<sub>2</sub>/min (kg tkáně) mohou při maximální dynamické činnosti zvýšit až na 3000 ml O<sub>2</sub>/min (kg tkáně), se musí přizpůsobit úroveň činnosti oběhové a dýchací soustavy. To znamená vzrůst průtokového odporu v ledvinách a ve trávicím ústrojí a přednostní zásobení svalů krví při námaze.

Tabulky 7, 9, a 11 prezentují deskriptivní údaje z dotazníkového šetření, založeného na systému sebehodnotících škál (SSA, SGS), se statistickou významností rozdílů průměrů ( $p < 0,05$ ). Dané výsledky vypovídají o momentálním psychickém rozpoložení zkoumaných osob před začátkem měření (vstupní dotazníky) i po expozici akustického podnětu (výstupní dotazníky). Jakkoliv se mohou zdát výsledky subjektivního hodnocení druhořadé, opak je pravdou. Již J. A. Komenský přišel na to, že děti se snadněji naučí o tom, co je těší a budou tak mít i radost z toho co se naučili. Emoční zabarvení našeho vnímání věcí a dějů, je důležité, neboť právě kladná náladová dominanta je činitelem, jež facilituje, usnadňuje průběh kognitivních procesů (Švancara, 2003).

Z vyplněných dotazníků probandy vystavených expozici zvuku ticha nám vzešli celkem 4 statisticky významné výsledky zaznamenané v tabulce 7. Zkoumané osoby se na základě vlastního sebehodnocení, dle odpovědí na otázky subjektivní škály aktivace, cítili po expozici více svěží (otázka jsem ospalý – cítím se svěží: před-6,83, po 8,17), měli menší chuť se pustit do nějaké činnosti (otázka mám chuť pustit se do nějaké činnosti – do ničeho se mi nechce: před 6,43, po 5,43) a zároveň se hodnotili jako více odpočaté (otázka pocítuji únavu – jsem odpočatý: před 6,35, po 7,78). Na základě výsledků subjektivní grafické škály, byl probandům výzkum příjemný, neboť svůj vztah k tomuto vyšetření hodnotily po skončení měření ještě více kladně (před 147,17, po 159,91). Z výsledků sebehodnotících škál můžeme usuzovat na pozitivní vnímání daného zvuku a jeho relaxační účinek na zkoumané osoby. Jak víme, vnímání zvuků je značně subjektivní záležitostí, co se líbí jednomu, nemusí se líbit druhému. Pozitivních účinků zvuku využívá například muzikoterapie, při níž se psychoterapeut pomocí hudby seznamuje s estetickými preferencemi klienta, povahou emocionality i jeho komunikačními návyky, aby dle získaných poznatků stanovil diagnózu. Hudba aktivuje

člověka po stránce fyzické, intelektuální i emociální, dokáže přinést člověku zklidnění, relaxaci i vyvolat příjemné vzpomínky a zážitky (Kantor, 2009).

Z hodnot uvedených v tabulce 9 vyplývá, že skupina zkoumaných osob podrobených expozici zvuku harvestoru se v otázkách SSA po expozici hodnotila stejně jako předchozí skupina probandů, více svěží (před 7,00, po 7,70), zároveň však dle výsledků hodnot z SGS pociťovali větší únavu (před 93,89, po 122,35) a vyšší predispozice pro učení (před 122,81, po 135,08) než tomu bylo před začátkem měření. Na základě těchto výsledků nelze zvuk uvnitř kabiny harvestoru jednoznačně označit za škodlivý či nepříjemný, i když se po jeho expozici cítili zkoumané osoby více unavené, měl na ně tento zvuk dle jejich subjektivního hodnocení i určitý aktivační účinek.

Tabulka 11 je věnována statisticky významným ( $p < 0,05$ ) deskriptivní výsledkům subjektivních sebehodnotících škál v návaznosti na pohlaví zkoumaných osob. V otázkách subjektivní škály aktivace se muži a ženy ve svém hodnocení významně lišili pouze na vstupním dotazníku v otázce: jsem uvolněný – pociťuji napětí, kdy průměrná hodnota reprezentující odpověď žen ukazuje, že se cítily uvolněně (3,53), zatím co průměrná hodnota odpovědi mužů (5,33), blíží se středu jedenácti stupňové stupnice, poukazuje na to, že se muži cítili ještě stále uvolnění, ale již pociťovali určitou nízkou hladinu napětí (nervozity). Další výsledky se týkají výlučně otázek dotazníkového šetření subjektivní grafické škály, kde zkoumané osoby subjektivně hodnotili vlastní predispozice na 200 mm dlouhé úsečce, pomocí grafického zaznačení kolmice. Zajisté zajímavým faktem je, že všechny dále uvedené hodnoty sebehodnocení mužů na SGS jsou vyšší oproti průměrným hodnotám žen, a to jak před započítím měření (vstupní dotazníkové šetření), tak stejný trend se opakuje i u průměrných hodnot získaných po expozici akustického podnětu. Před samotným měřením zhodnotili muži oproti ženám svůj aktuální zdravotní stav na vyšší úrovni (muži 157,51, ženy 134,41), cítili se ve vyšší fyzické síle (muži 151,72, ženy 134,41), taktéž uvedly vyšší hodnoty osobnostních dispozic pro pozornost (muži 140,86, ženy 115,59), paměť (muži 143,51, ženy 111,41), myšlení (muži 145,05, ženy 115,47) i pro učení (muži 128,14, ženy 115,47). Průměrné hodnoty SGS na výstupu vykazují statistickou významnost u otázek fyzické síly (muži 154,33, ženy 126,06), pozornosti (muži 144,09, ženy 121,35), paměti (muži 146,28, ženy 125,35), myšlení (muži 151,79, ženy 127,88) a učení (muži 139,35, ženy 111,59). Průměrné hodnoty odpovědí na jednotlivé otázky opět uvádí muži oproti ženám vyšší. Z popsaných výsledků můžeme usuzovat, že zkoumané osoby

mužského pohlaví se cítili před měřením lépe než zkoumané osoby ženského pohlaví a jejich dobré pocity a naladění byly naším měřením ještě podpořeny. Domníváme se, že vstupní sebehodnocení mužského osazenstva zkoumaných osob mohlo být ovlivněno osobností zkoumajícího. Jsme-li klidní, hodnotíme se méně pozitivně, než při nabuzení (po aktivitě).

Součástí našeho výzkumu bylo v neposlední řadě vyplnění Bourdonova testu po dobu sedmiminutové expozice zvuku ticha i harvestoru. Průměrné hodnoty správných odpovědí v jednotlivých minutách znázorňuje obrázek 14. Průměrné hodnoty chybovosti v jednotlivých minutách najdeme na obrázku 15. Ze spojnicových grafů obou obrázků porovnávající vliv expozice zvuku ticha a zvuku harvestoru, je patrné, že skupina zkoumaných osob podrobená expozici zvuku harvestoru vykazuje vyšší dosažené průměrné hodnoty ve správných odpovědích a zároveň vyšší průměrné hodnoty chybovosti oproti skupině zkoumaných osob podrobených expozici zvuku ticha. Ze spojnicového grafu prezentující chybovost (Obr. 14) pro zvuk harvestoru je patrný náznak sestupné tendence průměrných hodnot chyb v jednotlivých minutách, zatím co vývoj průměrných hodnot chyb pro ticho vykazuje docela pravidelnou oscilaci nárůstu a poklesu chyb. Výsledky Bourdonova testu pozornosti naznačují vyšší výkon zkoumaných osob vystavených expozici zvuku harvestoru, daný vyšším počtem zkontrolovaných polí za dobu měření, ale také upozorňují na vyšší chybovost oproti probandům podrobeným expozici zvuku ticha. Dle Hörmanna a Todta (1960) závisí náš duševní i tělesný výkon na stavu napětí, což potvrzují svými pokusy, při nichž se zkoumané osoby příležitostně učí rychleji, pokud po určitou dobu učení slyší monotónní šum. Popisují tak proces uvolnění energie na konání zvaný aktivace. Pro jejíž střední úroveň platí, že s narůstající aktivací narůstá výkon. Po překročení této úrovně dochází ke vzniku podráždění, které ztěžuje koordinaci jednotlivých úkonů, a tak s nárůstem aktivace další výkon klesá. Oblast určující úroveň aktivace se podle Reina a Schneidera (1964) nachází uvnitř mozkového kmene a nad ním, mluví o tzv. ascedentním retikulárním aktivačním systému (ARAS), který vysílá impulsy do místa předpokládaných fyziologických korelátů vnímání a konání a sám přijímá impulsy ze všech smyslových drah, které na něj mají stimulující účinek (např. akustické podněty). Vztah mezi určitým akustickým podnětem a rychlostí pracovního tempa vyplývá z důsledku zvýšeného podráždění ARASu, vyvolávající urychlení a zintenzivnění probíhajících psychologických a fyziologických činností (Schönpflug, 1967).

Na výsledky Bourdonova testu byla aplikována i Mnohočetná analýza variance tzv. MANOVA, která analyzuje, jak moc spolu souvisí správné a chybné odpovědi ve škrtačím testu a jaká je jejich závislost na zvuku, věku, pohlaví a na jejich kombinaci. V tabulce 13 je jediný výsledek, který pro tuto metodu vyšel statisticky významný a říká nám, že rozptyl při dělení chyb v Bourdonově testu statisticky významně souvisí s exponovaným zvukem (ticho, harvestor), nicméně typ zvuku vysvětluje chybovost méně, nežli nějaká jiná hypotetická hodnota viz hodnoty interceptu. Lze předpokládat, že oním interceptem je faktor inteligence, neboť Bourdonův škrtačí test vysoce koreluje s testy inteligence.

Vezmeme-li v potaz všechny prezentované výsledky, lze se na jejich základě domnívat, že samotný zvuk harvestoru není pro operátora tolik škodlivý, jako například zvuk JMP pro dřevorubce v lese, jehož vliv na lidský organismus jsme komplexně zkoumali v rámci výzkumu na mou bakalářskou práci publikovanou v roce 2013. Bohužel není možné zcela objektivní srovnání dosažených výsledků BP a této práce, jelikož probandi, kteří se účastnili měření na mou bakalářskou práci, nebyli podrobeni zatížení vyplňováním Bourdonova škrtačího testu. Předpokládáme však, že expozice zvuku JMP by výkon zkoumaných osob v tomto testu brzdila, na rozdíl od zvuku harvestoru, který prokázal určitý aktivační účinek.

## ZÁVĚR

Předkládaná práce se zabývá analýzou zátěže a zvuku na pracovišti, danou problematiku řeší na úrovni vlastního výzkumu. Výzkum je založený na snímání biosignálů neinvazivně z povrchu lidského těla pomocí aparatury Biofeedback 2000<sup>xpert</sup> po dobu sedmiminutové expozice dvou akustických podnětů (zvuk šumění lesa, pracovně nazvaný ticho a zvuk nahraný uvnitř kabiny harvestoru během pracovní směny). Neméně podstatnou součástí výzkumu je rozbor subjektivního hodnocení zkoumaných osob na základě dotazníkového šetření. Dotazníky byly sestaveny na principu subjektivní škály aktivace a subjektivní grafické škály, jejich vyplnění probíhalo před a po expozici daného zvuku. Testování pomocí Bourdonova škrtačního testu probíhalo současně a kontinuálně se zvukovou expozicí.

Výzkumný vzorek byl sestaven z vysokoškolských studentů v rozmezí 20 - 26let. Celkem se výzkumu zúčastnilo 60 probandů (43 mužů a 17 žen), kteří byli náhodně rozděleni do dvou skupin. První skupina zkoumaných osob byla vystavena expozici zvuku ticha a druhá skupina zkoumaných osob byla vystavena expozici zvuku nahraného v kabině harvestoru.

Naměřené hodnoty fyziologických funkcí i hodnoty získané z dotazníkového šetření (subjektivní škála aktivace, subjektivní grafická škála a Bourdonův test) byly vyhodnoceny statisticko-analytickým počítačovým programem SPSS. Zjištěné průměrné hodnoty měřených fyziologických funkcí poukazují na určité odlišnosti v jejich průběhu v závislosti podrobení na druhu exponovaného zvuku (zvuk ticha nebo zvuk nahraný v kabině harvestoru v průběhu pracovní směny). Statisticky významné odlišnosti byly zjištěny i z výsledků dotazníkového šetření v rámci zkoumaných skupin osob vystavených expozici rozdílného zvukového podnětu i v rámci pohlaví zúčastněných probandů. Některé výsledky (MANOVA, EEG) vykazují ovlivnění neznámými artefakty, jejichž bližší probádání a specifikace by mohli vést k zpřesnění dosažených výsledků. Objektivnost výsledků je limitována množstvím metodických chyb, kterých se lze dopustit i možnost nepodchycených faktorů, které mohou naměřená data ovlivnit ve větší či menší míře, stejně tak není možné zcela vyloučit záměrné zkreslení výsledků subjektivních sebehodnotících škál zkoumanými osobami.

## **SUMMARY**

This thesis analyzes the audio tape and the workplace, and this issue is addressed at the level of their own research. The research is based on a digital signal noninvasively scan the surface of the human body using an apparatus Biofeedback 2000 x-pert for a seven-minute exposure of the two acoustic stimuli (sound of rustling forest office called the silence and the sound recorded inside the cab harvester during working hours). Another important part of the research is the analysis of subjective evaluation test subjects based on the survey. The questionnaires were compiled on the principle of subjective scales and subjective activation graphical range, filling them took place before and after exposure to the sound. Testing with the striking Bourdon test was carried out simultaneously and continuously with the sound exposure.

The research sample was made up of college students ranging in age from 20 - 26 years. A total of 60 subjects participated in the study (43 males and 17 females) who were randomly divided into two groups. The first group of test subjects were exposed to exposure to the sound of silence, and a second group of test subjects were exposed exposure recorded sound in the cabin of a harvester.

Measured values of physiological functions and values obtained from questionnaires (subjective scale activation subjective graphical scale and Bourdon test) were evaluated by statistical-analysis computer program SPSS. Of the average value of the measured physiological functions refer to certain differences in their course, depending on the type of submission exposed the sound (the sound of silence or the sound recorded in the cabin of a harvester during a work shift). Statistically significant differences were found from the survey results within the surveyed groups of people exposed workers of different sound initiative and within gender participating probands. Some results (MANOVA, EEG) have influence unfamiliar artifacts, which further scrutinize and specifications could lead to more accurate results. Objectivity of the results is limited by a number of methodological errors, which can allow the possibility of uncontracted factors that may affect the measured data to a greater or lesser extent, just as it is not possible to completely eliminate the deliberate distortion of the results of subjective self-report scales investigated persons.

## POUŽITÁ LITERATURA

- 1) Andreassi, J. L., 2000. *Psychophysiology: human behavior and physiological response*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 488s.
- 2) Atkinson, R., L., et al., 2003. *Psychologie. 2. aktualizované vydání*. Praha: Portál, 752 s. ISBN 80-7178-640-3.
- 3) Bartoš, L., 2009. *Harvestorové technologie v těžbě dříví*. Střední lesnická škola Hranice, 56s
- 4) Bencko, V. a kol., 1998. *Hygienu: učební texty k seminářům a praktickým cvičením*. Karolinum, Univerzita Karlova Praha, 185s. ISBN 80-7184-551-5
- 5) Beran, V., 2010. *Chvění a hluk*. Západočeská univerzita v Plzni, 202s. ISBN 978-80-7043-916-6
- 6) Bernaciková, M., Kapounková, K., Novotný, J., Vomela, J., Vomelová, N., 2014. *Fyziologie člověka pro studenty bakalářských oborů Tělesné výchovy*. Masarykova univerzita, 211s.
- 7) Bernard, M., Doucha, P., 2008. *Právní ochrana před hlukem*. Linde Praha, 199s. ISBN 978-80-7201-736-2
- 8) Biofeedback 2000 x-pert , 2008. *Hardware manual*, Version 3.0. 39 s
- 9) Bobysudová, D., 1983. *Psychická zátěž a vedoucí pracovník*. Praha: Institut pro výchovu vedoucích pracovníků ministerstva průmyslu ČSR, 59 s.
- 10) Čech, P., 2014. *Dokazování škodlivin v pracovním prostředí a ergonomie*. 1. vydání, Mendelova univerzita v Brně, 153s. ISBN 978-80-7375-941-4
- 11) Davidson, J., 1998. *Jak zvládnout stres: Pro úplné idioty*. 1. vydání, Praha: Pragma, 302s
- 12) Dvořák, J., 2001. *Logopedický slovník*. 2. Upravené a rozšířené vyd. Žďár nad Sázavou: Logopedické centrum, 223 s. ISBN 80-902536-2-8
- 13) Dvořák, J., 2002. *Rozvoj harvestorových technologií v LH*, Lesnická práce č. 8.
- 14) Dvořák, J., 2004. *Harvestorové technologie a podmínky pro jejich nasazení v lesním hospodářství*. Sborník Harvestorové technologie v LH v rámci programu SAPARD, ČZU v Praze, str. 12-25

- 15) Fiřo, P., 2010. *Vztah mezi pracovním prostředím, pracovní výkonností v čase a vybranými psychofyziologickými charakteristikami operátorů lesních harvestorů a vyvážecích traktorů*. In 4. ergonomická konference Odborná příprava v oblasti ergonomie - sborník z konference. 1. vyd. Brno: Univerzita obrany, s. 43-50. ISBN 978-80-7231-756-
- 16) Fiřo, P., 2013. *Nové metody v ergonomii*. 1. vydání, Mendelova univerzita v Brně, 105s. ISBN 978-80-7375-870-7
- 17) Fiřová, P., 2013. *Neurofyziologické procesy a hudební vědomí v experimentu s Mozartovým efektem*. Disertační práce, Masarykova univerzita, 220s
- 18) Geist, B., 2005. *Akustika: jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi*. Praha: Muzikus, 281 s.
- 19) Gilbertová, S., Matoušek, O., 2002. *Ergonomie Optimalizace lidské činnosti*, Praha: Grada, 240s. ISBN 80-247-0226-6
- 20) Guyton, C.A., Hall, E.J., 2006. *Textbook of Medical Physiology*. Mississippi: Elsevier, ISBN 0-7216-0240-1.
- 21) Hörmann, Todt, E, 1960. *Lärm und Lernen*, Z. exp. angl. Psychol, 7, 422-436
- 22) Honzíková, N., Honzík, P., 2003. *Biologie člověka*. VUT v Brně, 134s
- 23) Hrnčír, E., 2013. *Hluk z pracovnílékařského hlediska*, Přehledový článek, České pracovní lékařství, 9s.
- 24) Hübschmann, K., 1972. *Kůže-orgán lidského těla*. Praha: Academia, 198s.
- 25) Chrobák, L., Baštěcký, J, Gral, T., Krupař, V., Kvasnička, J., Lomský, R., Nerad, V., Skaunic, V., Vodičková, L., 2003. *Propedeutika vnitřního lékařství*. 1. vydání, Praha: Grada, 200s. ISBN 80-247-0609-1
- 26) Kaňák, J., 2008. *Akustika v praxi pro pracovníky průmyslu*. Vysoká škola báňská Ostrava, 22s. ISBN 978-80-248-1769-9
- 27) Kantor, J., 2009. *Základy muzikoterapie*. Praha: Grada, 295s ISBN 978-80-247-2846-9
- 28) Kittnar, O., Jandová, K., Kuriščák, E., Langmeier, M., Marešová, D., Mlček, M., Mysliveček, J., Pokorný, J., Riljak, V., Trojan, S., 2011. *Lékařská fyziologie*, 1. vydání, Prah: Grada, 800s, ISBN 978-80-247-3068-4



- 29) Koslowsky, M., 2001. *Modeling the stress-strain relationship in work*. Settings  
London: Routledge
- 30) Křivohlavý, J., 2001. *Psychologie zdraví*. 1. vydání, Praha, 171s
- 31) Lasák, O., Němeček, K., 1996. *Víceoperační těžebně dopravní stroje v ČR*,  
Lesnická práce vol. 74, no 11, str. 402 – 403
- 32) Matoušek, O., 2005. *Pracovní stres a zdraví*. Dotisk 1. vydání. Praha:  
Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 20 s. ISBN 80-903604-1-6.
- 33) Meassingerová, V., Martinusová, L., Slančík, M., 2005. *Ergonomic parameters  
of the work of integrated technologies at timber harvesting*. Croatian Journal of  
Forest Engineering 26, str 79-84
- 34) MZe, 2014. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce  
2013*. Praha, 134s. ISBN 978-80-7434-153-3
- 35) Neruda, J., Ulrych, R., Kupčák, V., Slodičák, M., Zemánek, T., 2013.  
*Harvestorové technologie lesní těžby*. Mendelova univerzita v Brně, 166 s. ISBN  
978-80-7375-842-4
- 36) Nováková, Z., 2012. *Úvod do psychosomatiky*. Výuková prezentace Masarykova  
univerzita
- 37) Nový, R., 2009. *Hluk a chvění*. ČVUT v Praze, 400s. ISBN 978-80-01-04347-9
- 38) Paulík, K., 2010. *Psychologie lidské odolnosti*. Praha: Grada, 240s. ISBN 978-  
80-247-2959-6
- 39) Pavlorková, E., 2010. *Podrobný hlukový právní rádce občana*. MŽP ČR, 62s.
- 40) Praško, J., 2003. *Jak se zbavit napětí, stresu a úzkosti*. Vyd. 1. Praha: Grada, 201  
s. ISBN 80-247-0185-5.
- 41) Rein, H., Schneider, M., 1964. *Psychologie des Menschen*, Springer Berlín
- 42) Rokyta, R., a kolektiv, 2008. *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně,  
ošetřovatelství, přírodovědných, pedagogických a tělovýchovných oborech*. 2.  
vyd. Praha, ISV, 426 s. ISBN 9788086642482

- 43) Rymešová, P., Chamoutová, K., 2012. *Průvodce psychologii osobnosti a sociální psychologii pro distanční studium*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 179 stran. ISBN 978-80-213-0814-5
- 44) Selye, H., 1966. *Život a stres*, 1. vydání Bratislava: Obzor, 453s
- 45) Schenk, Ch., Decker, Ch., Grubr, H., 2010. *Příručka pro hodnocení rizik v malých a středních podnicích: 1 Hluk*. 18s, ISBN 978-80-86973-14-2
- 46) Schönplflug, W., 1967. *Aktivierung, Leistung und zielgerichtetes Verhalten*, Ber. 25. Kongr. Deutsch. Ges. Psychol., Hogrefe Göttingen, 133-159
- 47) Silbernagl, S., 2004. *Atlas fyziologie člověka*. 6. vydání, Grada, 448s. ISBN 978-80-247-0630-6
- 48) Švancara, J., 2003: *Emoce, motivace, volní procesy*. Brno, Psychologický ústav FF MU v Brně, 140s. ISBN 80-86633-11-X
- 49) Trna, J., Trnová, E., 2005. *Prevence bezpečnostních rizik každodenního života: 1. Měření na lidském těle*. Masarykova univerzita, 15s.
- 50) Trojan, S., 2003. *Lékařská fyziologie*. 4. vydání, Praha, 772s. ISBN 80-247-0512-5.
- 51) Ulrich, R., Neruda, K., Zeman, V., Zemánek, T., 2006. *Harvestorové technologie a jejich optimální využití v praxi*. 1. vydání MZLU v Brně, 87s. ISBN 80-7375-012-0
- 52) Ulrich, R., Schlaghamerský, A., Štorek, V., 2002 *Použití harvestorové technologie v probírkách*. 1. vydání MZLU Brno, 98s. ISBN 80-7157-631-X
- 53) Umlauf, K., Valanská, Z., 1991. *Nepřítel stres*. České Budějovice, 183s
- 54) Valenta, J., Konvičková, S., Valerián, D., 1998. *Biomechanika kosterního a hladkého svalstva člověka*. Praha, ČVUT, 156s. ISBN 80-01-01734-6
- 55) Večeřová – Procházková, A., Honzák, R., 2009. *Stres, eustres a distres*. Interní medicína 2008, 10 (4): 188 – 192s
- 56) Vyslyšel, K., a kolektiv, 2007. *Užívání k přírodě šetrných technologií při hospodaření v lesích*. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 34s

57) Zatloukal, P., Anděl, M., 2001. *Vnitřní lékařství. Díl III a, Pneumologie*. Praha: Karolinum-Galén, 305s. ISBN 80-7262-091-6

### **Internetové zdroje:**

- 58) Anonym, 1996. *Vliv zvuku a hudby na lidský organismus*. Přednáška muzikoterapie, Karlova univerzita Praha [online] 15. ledna 2015. Dostupné na World Wide Web <[http://www.tomprochazka.cz/images/pdfs/vliv\\_zvuku\\_a\\_hudby.pdf](http://www.tomprochazka.cz/images/pdfs/vliv_zvuku_a_hudby.pdf)>
- 59) EA OBOZP. *Stres – definice a příznaky*. [online] 16. prosince 2014. Dostupné na World Wide Web: <[https://osha.europa.eu/cs/topics/stress/definitions\\_and\\_causes](https://osha.europa.eu/cs/topics/stress/definitions_and_causes)>
- 60) Fitnescoach, 2013. *Dýchání – přirozená činnost našeho těla, která dokáže zázraky*. [online] 18. února 2015. Dostupné na World Wide Web <<http://www.fitcoach.cz/?p=12716>>
- 61) Gerstner laboratory. *Základní EEG rytmy a artefakty*. Výuková prezentace, ČVUT Praha [online] 20. února 2015. Dostupné na World Wide Web <[http://gerstner.felk.cvut.cz/.../03a\\_-\\_Zakladni\\_EEG\\_rytmy\\_a\\_artefakty.ppt](http://gerstner.felk.cvut.cz/.../03a_-_Zakladni_EEG_rytmy_a_artefakty.ppt)>
- 62) Havlík J.. *Elektroencefalografie*. Výuková prezentace, ČVUT Praha [online] 20. února 2015. Dostupné na World Wide Web <[http://noel.feld.cvut.cz/vyu/x31zle/Lectures/09\\_Elektroencefalografie.pdf](http://noel.feld.cvut.cz/vyu/x31zle/Lectures/09_Elektroencefalografie.pdf)>
- 63) Klinika GHC, *Psychosomatická onemocnění* [online] 29. prosinec 2014. Dostupné na World Wide Web <<http://www.ghc.cz/komplexni-medicina/lecba-zavaznych-onemocneni/psychosomaticka-onemocneni>>
- 64) Kompendium. *Elektromyografie*. Karlova univerzita, katedra anatomie a biomechaniky. [online] 18. února 2015. Dostupné na World Wide Web <[http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpk/kompendium/biomechanika/experiment\\_mety\\_emg.php](http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpk/kompendium/biomechanika/experiment_mety_emg.php)>

- 65) KU. *Metabolismus svalové tkáně*. Funkce buněk a lidského těla, multimediální skripta [online] 20. února 2015. Dostupné na World Wide Web <<http://fbt.cz/skripta/iv-pohybova-soustava/7-metabolismus-svalove-tkane/>>
- 66) Martinik K. *Motorický systém*. [online] 13. března 2015. Dostupné na World Wide Web <<http://www.profmartinik.cz/wp-content/soubory/motoricky-system.pdf>>
- 67) Nováková, Z., 2012. *Psychosomatika*. Výuková prezentace, Masarykova univerzita Brno. [online] 20. prosince 2014. Dostupné na World Wide Web: <[http://is.muni.cz/el/1421/podzim2012/PSB\\_525/Uvod\\_do\\_psychosom\\_40obr.pptx](http://is.muni.cz/el/1421/podzim2012/PSB_525/Uvod_do_psychosom_40obr.pptx)>
- 68) Opatřilová D. *Grafomotorika a psaní žáků s tělesným postižením*. [online] 13. března 2015. Dostupné na World Wide Web <<http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js14/grafomot/web/pages/02-02-motorika.html>>
- 69) Pokorný, J.. *EMG*. Výuková prezentace, ČVUT v Praze [online] 18. února 2015. Dostupné na World Wide Web <<http://fbmi.cvut.cz/files/nodes/657/public/EMG.pdf>>
- 70) Reichl, J., Všetická, M.. *Fyziologické vnímání zvuku*. Encyklopedie fyziky. [online] 10. ledna 2015. Dostupné na World Wide Web <<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/211-fyziologicke-vnimani-zvuku>>
- 71) Reichl, J., Všetická, M.. *Základní definice*. Encyklopedie fyziky. [online] 10. ledna 2015. Dostupné na World Wide Web <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/208-zakladni-definice> V textu (Raichl, Všetická, 2015a)
- 72) Rottne. *Technický list Rottne H21D* [online] 11. ledna 2015. Dostupné na World Wide Web <[http://www.lesni-technika.cz/pdf/technicke\\_listy/Technicky\\_list\\_ROTTNE\\_H21D.pdf](http://www.lesni-technika.cz/pdf/technicke_listy/Technicky_list_ROTTNE_H21D.pdf)>
- 73) Šafránek, L., 2011. *Psychosomatické poruchy zdraví* [online] 15. ledna 2015. Dostupné na World Wide Web <<http://www.celostnimediceina.cz/psychosomaticke-poruchy-zdravi.htm>>

- 74) Tomášková, I., 2001. *Harvestory pohledem KWF*. Lesnická práce ročník 80, č. 4 [online] 11. ledna 2015. Dostupné na World Wide Web <<http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-80-2001/lesnicka-prace-c-4-01/harvestory-pohledem-kwf>>
- 75) Tyl, J.. Biofeedback institut [online] 20. února 2015. Dostupné na World Wide Web <<http://eegbiofeedback.cz/uvod>>
- 76) UP. *Systém psychofyziologický*. Filosofická fakulta, katedra psychologie. [online] 13. března 2015. Dostupné na World Wide Web <<http://psych.upol.cz/system-psychofyziologicky/>>
- 77) UTB, 2013. *Decibelové veličiny v akustice*. Ústav fyziky a materiálového inženýrství, Předmět: Environmentální fyziky [online] 10. ledna 2015. Dostupné na World Wide Web <[http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env\\_fyzika/EF\\_03.pdf](http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_03.pdf)>
- 78) UTB, 2013a. *Hluková kritéria*. Ústav fyziky a materiálového inženýrství, Předmět: Environmentální fyziky [online] 10. ledna 2015. Dostupné na World Wide Web <[http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env\\_fyzika/EF\\_05.pdf](http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_05.pdf)>
- 79) Wings group. *Testy*. [online] 16. února 2015. Dostupné na World Wide Web <[http://www.wings-group.cz/psycho/test\\_bour.php](http://www.wings-group.cz/psycho/test_bour.php)>
- 80) Žalud, V., 2007. *Elektroencefalografická vyšetření*. Výuková prezentace, Karlova univerzita, Lékařská fakulta v Plzni [online] 20. února 2015. Dostupné na World Wide Web <<https://www.lfp.cuni.cz/patofyziologie/materialy/eeg.ppt>>

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Orientační členění kolových harvestorů do výkonových tříd .....	6
Tabulka 2: Zastoupení harvestorů na českém trhu .....	8
Tabulka 3: Deskriptivní údaje měřených fyziologických funkcí .....	51
Tabulka 4: Srovnání naměřených výsledků EEG, EMG, kožní vodivosti a amplitudy objemu krevního pulsu po expozici zvuku ticha a po expozici zvuku harvestoru .....	53
Tabulka 5: Levenův test a T-test pro EEG, EMG, kožní vodivosti a amplitudy objemu krevního pulsu .....	55
Tabulka 6: Výsledky regresní analýzy fyziologických funkcí .....	59
Tabulka 7: Deskriptivní údaje výsledků subjektivních škál aktivace a subjektivních grafických škál před a po expozici zvuku ticha .....	62
Tabulka 8: Párový T-test závislých souborů pro subjektivní škálu aktivace otázku 1, 8, 10 a subjektivní grafickou škálu otázku vztah k tomuto vyšetření .....	63
Tabulka 9: Deskriptivní údaje výsledků subjektivních škál aktivace a subjektivních grafických škál před a po expozici zvuku harvestoru .....	64
Tabulka 10: Párový T-test závislých souborů pro subjektivní škálu aktivace otázka 1 (jsem ospalý – cítím se svěží) a subjektivní grafickou škálu otázka únava a otázka učení .....	65
Tabulka 11: Srovnání odpovědí na otázky SSA a SGS na základě pohlaví .....	65
Tabulka 12: Levenův test a dvouvýběrový T-test pro nezávislé soubory (porovnání mužů a žen) u otázek SSA a SGS vstupních a výstupních dotazníků .....	67
Tabulka 13: Výsledky metodou MANOVA pro Bourdonův škrtací test .....	70

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Akustický tlak a jeho přepočítaná hladina .....	21
Obr. 2: Nejvyšší přípustné hladiny akustického tlaku.....	22
Obr. 3: Sluchová pole.....	23
Obr. 4: Křivky stejné hladiny zvuku doplněné o zvuky některých předmětů z běžného života .	25
Obr. 5: Ukázka zobrazení grafů fyziologických funkcí softwarem aparatury Biofeedback 2000 <sup>x-</sup> pert .....	47
Obr. 6: Ukázka vyhodnocení Bourdenova testu pozornosti.....	50
Obr. 7: Spojnicový graf znázorňující průběh beta vln EEG u zkoumaných osob.....	56
Obr. 8: Spojnicový graf znázorňující průběh Delta vln EEG u zkoumaných osob.....	56
Obr. 9: Spojnicový graf znázorňující průběh hodnot svalového napětí u zkoumaných osob .....	57
Obr. 10: Spojnicový graf znázorňující vývoj průběhu úrovně kožní vodivosti u zkoumaných osob .....	57
Obr. 11: Spojnicový graf znázorňující vývoj průběhu amplitudy objemu krevního pulsu .....	58
Obr. 12: Histogram znázorňující rozložení hodnot svalového napětí při expozici tichu a při expozici zvuku harvestoru.....	60
Obr. 13: Histogram znázorňující rozložení hodnot amplitudy objemu krevního pulsu při expozici ticha a při expozici zvuku harvesto .....	61
Obr. 14: Spojnicový graf znázorňující po minutách průměrné hodnoty správných odpovědí v Bourdonově škrtačím testu.....	69
Obr. 15: Spojnicový graf znázorňující průměrnou chybovost v jednotlivých minutách Bourdonova škrtačímho testu.....	69

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1 - Subjektivní škála aktivace.....	57
Příloha č.2 - Subjektivní grafická škála.....	58



## Příloha č. 1 – Subjektivní škála aktivace

Číslo: S Š A Dnešní datum:

Jméno a příjmení: Věk: Pohlaví:

Škola/ zaměstnavatel: Hodina: Datum narození:

Popište svůj současný duševní stav pomocí předložené stupnice, která má rozsah od 1 do 11.

Príslušný stupeň na škále dejte do kroužku.

1. jsem ospalý	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	cítím se svěží
2. mám špatnou náladu	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	mám dobrou náladu
3. jsem uvolněný	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	pociťuji napětí
4. cítím se vyčerpaný	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	cítím, že mám dostatek energie
5. dobře se soustředuji	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	nemohu se soustředit
6. jsem klidný	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	jsem neklidný
7. cítím se nepříjemně	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	cítím se příjemně
8. mám chuť se pustit do nějaké činnosti	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	do ničeho se mi nechce
9. důvěřuji si	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	nedůvěřuji si
10. pociťuji únavu	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	jsem odpočatý

## Příloha č. 2 – Subjektivní grafická škála

Vyznačte na úsečkách míru vaší současné psychické způsobilosti a fyzického stavu. Bod 0 znamená skleslost, únavu a nechuť se do něčeho pouštět, nízkou výkonnost, naopak bod 100 vyjadřuje maximální psychickou a fyzickou připravenost a způsobilost.

zdravotní stav	_____
0	100
únavu	_____
0	100
fyzická síla	_____
0	100
pozornost	_____
0	100
paměť	_____
0	100
myšlení	_____
0	100
učení	_____
0	100
vztah k tomuto vyšetření	_____
0	100