



Lesnická
a dřevařská
fakulta

Ergonomie

Nové metody v ergonomii

PhDr. Petr Fiřo, Ph.D.

Mendelova
univerzita
v Brně

TechDrev
Inovace technických a
dřevařských disciplín
pro vyšší
konkurenceschopnost





Tato studijní pomůcka vznikla v průběhu řešení projektu operačního programu Inovace technických a dřevařských disciplín pro vyšší konkurenceschopnost, CZ.1.07/2.2.00/28.0019. Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

© Petr Filo

ISBN 978-80-7375-870-7

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta

TechDrev - Inovace technických a dřevařských disciplín pro vyšší
konkurenceschopnost



Nové metody v ergonomii

PhDr. Petr Fiřo, Ph.D.

Obsah

1.	Úvodem	6
2.	Úvod do metodologie	9
2.1	Výzkumný problém	9
2.2	Otázka kde	12
2.3	Otázka kdy	13
2.4	Otázka jak	17
3.	Pracovní výkon	18
3.1	Vybrané faktory ovlivňující pracovní výkon	19
3.1.1	Emoce	21
3.1.2	Únava	23
3.1.3	Monotonie	26
3.1.4	Křivky výkonu	27
3.2	Ochrana zdraví a bezpečnost práce	30
3.2.1	Svah po spádnicí – sklon svahu	32
3.2.2	Složení podloží, únosnost půdy	33
3.2.3	Vrstva sněhu	34
3.2.4	Děšť	35
3.2.5	Půdní vlhkost v procentech	35
3.2.6	Vítr	35
3.2.7	MLha – dohlednost při práci	36
3.2.8	Překážky v terénu	36
3.2.9	Charakter porostu	37
3.2.10	Charakter stromu	37
3.2.11	Charakter větví	38
3.2.12	Bajonetová špička vrcholu stromu	38
3.2.13	Věk porostu	39
3.2.14	Probírka a mýtní těžba	39
3.2.15	Infrastruktura příjezdových a odjezdových cest	40
3.2.16	Charakteristiky strojů podle výkonu	41
3.2.17	Náklon harvestorové kabiny ve vazbě na podvozek	43
3.2.18	Počet odpracovaných hodin operátora – praxe	43
3.2.19	Příprava porostu podle GPS – dostupnost signálu GPS	44
3.2.20	Příprava porostů s vyznačením linek páskováním nebo barvou	45

3.2.21	Práce v lesním porostu bez přípravy	46
3.2.22	Skládky	46
3.2.23	Kalamity	47
4.	Měření fyziologických a psychických funkcí	47
4.1	Metoda Biofeedback 2000 x-pert	47
4.1.1	Elektroencefalografie	51
4.1.2	Svalové napětí	58
4.1.3	Respirace	60
4.1.4	Kožně galvanická reakce	63
4.1.5	Tělesná teplota	64
4.1.6	Puls	67
4.1.7	Krevní tlak	69
4.1.8	Motilita, lokomotorická aktivita	70
4.2	Hormony a neurotransmitery	70
5.	Měření psychických funkcí	71
5.1	Reakční čas	71
5.2	Paměť	72
5.3	Počítačový program ERTS	73
5.3.1	Program ERTS: opakování čísel	74
5.3.2	Program ERTS: topografická paměť	75
5.3.3	Program ERTS: disjunktivní reakční čas	76
5.3.4	Program ERTS: koncentračně výkonový test	76
5.3.5	Program ERTS: sčítací test	77
5.4	Flicker	78
5.5	Lokalizátor podnětů	79
5.6	Luxmetr	81
5.7	Posuzovací stupnice, inventáře, dotazníky	82
5.7.1	Posuzovací stupnice	83
5.7.1.1	Subjektivní škála aktivace	83
5.7.1.2	Subjektivní grafická škála	86
5.7.2	Posuzovací stupnice: check-list	88
5.7.2.1	OWAS (Ovakův systém hodnocení držení těla)	88
5.7.3	Inventáře	91
5.7.3.1	Inventář pracovní výkonnosti operátorů lesnických harvestorů a forwarderů	92

5.7.3.2	Inventář faktorů bezpečnosti práce s harvestory/forwardery	95
6.	Literatura	98

1. Úvodem

Kapitola úvodu do metodologie byla do skript začleněna především proto, aby studentům poskytla informace, které je možné použít hned na vícero studijních polích. Údaje v této kapitole je totiž možné použít jak v rámci ergonomie, tak obecně vzato v jakémkoliv oboru, při psaní bakalářských a diplomových prací, při plánování výzkumů a experimentů, při vývoji nových metod apod.

Na začátek této kapitoly se možná hodí příměr o tom, že na metodologii můžeme nazírat jako na „hru v šachy“ (možná s tím rozdílem, že šachy není ve srovnání s metodologií příliš zábavné hrát sám se sebou). Metodologie je sice objektivní vědní disciplína, obor explicitní, jehož „nástroje“ a výsledky lze poměrně dobře empiricky změřit, nicméně „první krůčky při hledání“ poznání, při hledání „jak na to“ vznikají spíše cestou implicitní, vznikají v našich „hlavách“, z našich myšlenek, úsudků a soudů, stejně jako z našich pocitů, emocí, vůle, chtění atd. Naleznutí a pokud možno relativně přesné pojmenování toho, co chceme zkoumat a měřit, jinými slovy odhalení, označení, rozlišení a vhled do výzkumného problému se primárně neděje nikde jinde, než v našem „myšlenkovém prostoru“. A čím déle a lépe si budeme s těmito myšlenkami o výzkumném problému pohrávat, čím déle a lépe si s nimi budeme hrát svou „šachovou partii“, tím dokonalejší bude výsledek – zhmotněné myšlenky do podoby výzkumu (experimentu) a jeho záznamu (článku, diplomové práce apod.) Většina vysokoškolských studentů zná pravidla „šachů“ a mnozí z nich je umí velmi dobře hrát. Z toho by se mohlo usuzovat, že objevení a definování výzkumného problému by pro ně nemuselo být nikterak těžké (čistě subjektivně s tímto tvrzením lze souhlasit; je možné předpokládat, že to „nepřekonatelné“ není). Přesto se v praxi ukazuje spíše pravý opak. Vhodně uchopený a zpracovaný výzkumný problém není častým a pravidelným jevem diplomových prací. Při hledání odpovědí na otázku proč tomu tak je asi nenalezneme okamžitou a vyčerpávající odpověď. Setkáme se patrně se skutečnostmi, které souvisí jak s kvalitou vstupních informačních zdrojů a jejich zpracování (učitelů, knih, skript, webových portálů), tak s kvalitou na informačním výstupu v podobě zpracování na straně příjemců těchto informací.

Jako vodítko či motiv k hlubšímu pochopení metodologické problematiky a jako „odlehčující“ skutečnost může pro metodologické začátečníky sloužit například to, že s

optimálně vypracovanou metodologií (výzkumů) se v praxi často setkáváme u výzkumů renomovaných autorů. Jedná se mnohokrát o autory, kteří jsou odborníky na dané téma, jinými slovy o autory, kteří se se svým tématem setkávají již po delší dobu, mají dlouholetou praxi v oboru. Snad je možné dovolit si konstatovat, že tato vhodně upravená metodologie nevznikala u citovaných autorů ze dne na den, ale mnohdy pokusem a omylem, mnohočetnými opakováními či úpravami atd. A snad je také možné dovolit si říci, že čím přesněji si dotyční autoři vytyčili výzkumný problém a způsob (cestu – metodu), jak budou tento problém měřit, tím rychleji, efektivněji a přesněji došli ke svým výsledkům, potvrdili své výzkumné hypotézy a... našli, co hledali a chtěli naleznout.

Dalším odlehčením a zpřístupněním metodologie pro čtenáře může být i to, že kdybychom podrobili zkoumání, v jakých situacích a na jakých místech se rodily známé výzkumné plány a v jakém prostoru, v jakém čase a za jakých podmínek došli autoři k zajímavým, neotřelým a především lidstvu prospěšným interpretacím svých výzkumných dat, mohli bychom se dopátrat k interesantním a mnohdy velmi šokujícím či úsměvným zjištěním. Taková poznání „jak se říká, sbližují“, mohou být pro mnohé z nás motivujícími činiteli pro započetí či zdárné dokončení vlastních bádání, pro zbavení se, nebo aspoň snížení pocitů strachu při svých krůčcích na poli vědy apod. Takové znalosti nám totiž pomáhají pochopit, že vědu nedělá nikdo jiný, než člověk, tedy bytost, jejíž chování, myšlení a cítění jsou rovněž „tvarovány“ řadou subjektivních faktorů. (Poutavý popis životních příběhů a vzniku nápadů, nejen metodologických, známých badatelů humanitních věd najdeme například v knize Dějiny psychologie od Mortona Hunta; Hunt, 2010). Uvedme například některé, jež mohou tvorbu či třeba kvalitu výzkumných plánů pozitivně či negativně ovlivnit: únava, napětí, fyzická kondice, zdravotní stav, nemoc, subjektivní motivace mnohdy vyvěrající ze spleť poskládaných subjektivních potřeb, očekávání, aspirace, emoční stabilita či labilita, vůle, představivost, fantazie, denní snění, sny v průběhu spánku, různé možnosti a „styly“ zpracovávání všech podnětů – vjemů – informací, které na nás nepřetržitě působí a jsou navzájem soustavně asociovány v rozpětí minut, hodin, dní, roků...

Nosné myšlenky mohou vznikat rovněž za nových životních podmínek, v novém prostředí (prostoru), lapidárně řečeno se mohou dostavit a „políbit“ nás s expozicí nových podnětů.

Další radou, která by mohla být nápomocna při zpřístupňování a chápání metodologie jako takové, je, zažít si osobní zkušenost s měřeními, jinými slovy, stát se zkoumanou osobou ve svém výzkumu. Při takové osobní zkušenosti s metodami a jejich administrací bývá odstraněno jednak mnoho metodologických chyb a jednak se tato zkušenost výrazně podepisuje na šíři vhledu do výzkumného problému a přispívá k hlubšímu „zvnitřnění“ mnoha výzkumných informací souvisejících nejen s oblastí metodologickou. (Je asi na místě připomenout, že výsledky tvůrců výzkumu by se do další analýzy dat neměly zahrnovat, neboť jsou zatíženy chybami očekávání či znalostí správných odpovědí apod. Jsou však nicméně známy výzkumy, ve kterých byly zkoumanými osobami pouze samotní autoři, $N=1$. Vzpomeňme na stále platné závěry z pár takovýchto výzkumů, například z bádání Hermana Ebbinghause zaměřených na široké spektrum aspektů paměti, na paměťové procesy vštípení, podržení a vybavení, včetně zkoumání těchto paměťových fází z pohledu jejich variability v průběhu 24 hodinového cyklu (cit. dle Brown, Graeber, 1982). Nebo na výzkum $N=1$ francouzského badatele Siffreho (cit. dle Wever, 1979), který sám na sobě zkoumal cyklus spánku a bdění tak, že se na 76 dnů uchýlil do izolovaného prostředí přírodních jeskyní.

Vrátíme-li se k tomu hlavnímu, čím bychom rádi tento krátký úvod shrnuli, je to, že výzkumný problém a na něho navazující výběr metod, metodiky, metodologie by měl pokud možno co nejdéle „uzrávat a dozrávat“ v našich myslích, v našem vnitřním prostoru, neboť jakmile se započne s vlastním měřením, nelze zpravidla získaná data jakkoliv měnit či doplňovat. Jakousi roli zpětné vazby přesnosti myšlenek spojených s ideovým plánem výzkumu by pro nás měly hrát hypotézy, které by měly být jakýmsi vyústěním („přetavením“) našich myšlenek, zaznamenaných „černé na bílém“ v úvodní části empirie našich výzkumných prací. „Hypotéza je podmíněný výrok o vztahu mezi dvěma nebo více proměnnými. Hypotézy jsou vždy v oznamovací větě formě a uvádějí do vztahu – buď obecně, nebo speciálně – proměnné s proměnnými. Existují dvě kritéria „dobrých“ hypotéz a hypotetických výroků. Za první jsou hypotézy výroky o vztazích mezi proměnnými. Za druhé obsahují hypotézy jasné implikace pro ověřování vytčených vztahů.“ (Kerlinger, 1972).

Rovněž statistická analýza dat není všemocný nástroj dodatečné úpravy (kategorizace) dat. Nemá-li například v průběhu měření (při sběru dat) uplatněna jejich kvantifikace (škály, stupně atd., kterým lze přiřadit číselné hodnoty), není možné použít parametrické i neparametrické statistické metody. Ve vědě by totiž mělo platit, že jako první

se definují parametry metodologické (včetně hypotéz) a teprve posléze statistické, nikoliv obráceně.

2. Úvod do metodologie

Z uvedeného již tušíme (a možná víme), že ne všechny problémy musí být špatné...Mít ten výzkumný, je pro vědu více než žádoucí...

2.1 Výzkumný problém

Jak definovat výzkumný problém, co to je výzkumný problém? Vymezení oblasti „neznámého“ (problému) vyžaduje, abychom měli určitou představu o tom, co bude na „jeho“ místě po provedení výzkumu. „Vytyčení problému tedy závisí na předběžném vědění o nevědění, na tušení toho, co neznáme, a to alespoň v podobě předpokladu, který je postupně zpřesňován ve vědecké hypotéze“ (Smékal, 2002).

Jak lze docílit vyšší určitosti představ, kdy nabývá stanovení předpokladu určitou míru váhy a smyslu? Základem současného (moderního) vědeckého poznání je popis, třídění, kategorizování atd. informací získaných zkušeností – empirií. Slovo empirie se používá ve vědeckém světě tam, kde klademe důraz na systematický a organizovaný způsob získávání zkušeností. Empirické vědy jsou založené na opakovatelných a ověřitelných metodách (experimentech; princip reliability – opakovatelnosti měření a validity – platnosti měření).

Jistým úskalím empirie je to, že v podstatě veškeré poznání odvozuje pouze ze smyslových zkušeností. Smyslové zkušenosti, minimálně na rovině filozofické, nejsou jediným nástrojem poznání, nicméně jsou lapidárně řečeno jediným nástrojem poznání, pomocí kterého je (při zachování stejného postupu) možné opakovaně dojít ke stejným či shodným údajům. Tyto údaje (informace) se nazývají data (z latinského slovesa dō, dāre, dedī, dātum – dát; něco, co je dáno; danost). Opakovatelnost a z ní plynoucí verifikovatelnost (ověřitelnost) údajů (dat) jsou považovány za základní kritéria objektivitě vědy (je pravděpodobné, že by s těmito údaji řada filozofů (Immanuel Kant) či psychologů (Carl Gustav Jung) zásadně nesouhlasila a s jejich nesouhlasem je možné v „duchu“ souhlasit, nicméně v dnešní době

jsou v disciplínách, jakými jsou fyzika, chemie, medicína, právo, humanitní vědy, atd., akceptovány pouze takové formy nástrojů poznání). I kdyby nebyla empirie v dnešní době schvalována jako jediná cesta vedoucí k vědeckému poznání, principy opakování a platnosti měření a zjištění z nich plynoucí by asi v účinnosti zůstaly.

Dalším možností, jak je možné dojít ke zpřesnění představ a precizování předpokladů, je volba optimálního způsobu porovnávání a zobecňování znaků naměřených dat. Tato část vědecké práce se týká jak volby správné metodologie (správného výběru metod), tak především analýzy a interpretace dat.

Způsob úsudku, při kterém se vyvozuje obecný zákon od konkrétních případů, se nazývá indukce. Jestliže je indukce logickým postupem od konkrétního k abstraktnímu, jak a s jakou přesností nalezneme, kde se nachází pomyslný předěl mezi konkrétním a abstraktním? Možná bude dobré nechat tuto otázku nezodpovězenou či ji pojmenovat jako rétorickou s tím, že čím přesnější a ostřejší se nám daná hranice rýsuje, tím přesnější a ostřejší by měly rovněž být kontury našich výzkumných problémů a výzkumných předpokladů.

Indukce hraje také velkou roli v příčinném vysvětlování jevů. „Je nástrojem kauzální analýzy“ (Ferjenčík, 2002). A jak autor dále uvádí, na induktivním usuzování jsou postaveny prakticky všechny typy experimentů, které jsou stěžejními prostředky (pomůckami) při zkoumání kauzálně příčinných vztahů.

Možná nejdůležitější poznatky uvedené v této kapitole čerpáme z práce Johna Stuarta Milla (1843; 1967) zaměřené na hledání tzv. kánonů indukce. Jedná se o čtyři kánony (metody).

1. Metoda shody: jediná společná okolnost dvou nebo více jevů je považována za příčinu nebo účinek daného jevu.
2. Metoda rozdílu: jediná okolnost, kterou se liší dva případy, mající jinak všechny vlastnosti společné, je příčinou nebo účinkem daného jevu.
3. Metoda sdružených změn: mění-li se jeden jev spolu se změnami druhého, zatímco se ostatní okolnosti nemění, je mezi těmito jevy kauzální souvislost.
4. Metoda zbytků: odejmeme-li z jevu část známou na základě dřívějších induktivních závěrů jako účinek předchozích jevů, je zbytek tohoto jevu účinkem zbývajících předchozích jevů.

Kromě induktivního postupu při vědeckém bádání existuje i jeho pravý opak, tedy postup deduktivní. Zde je snahou odvodit z obecných teorií konkrétní charakteristiky dat. Dedukce může být v porovnání s indukcí vnímána spíše jako postup nezkušenostní než zkušenostní, z toho důvodu bývá větší měrou uplatňována na rovině teoretické (slouží příkladně jako skvělý myšlenkový náčrtník nebo při odvozování hypotéz z modelů a teorií), nežli na rovině konkrétní.

K tomu, aby bylo možné jednotlivé kánony převést do (výzkumné) praxe, a abychom jim také lépe a snadněji porozuměli, je zapotřebí zmínit další dva stavební kameny metodologie, a to, opět řečeno dosti lapidárně, druhy proměnných a způsob práce s nimi – tedy typy experimentů.

Název proměnná se používá pro označení takových charakteristik (vlastností, symbolů, konstruktů), které jsou proměnlivé, vyvíjející se, měnící se, dynamické. Při zpracovávání (kódování) proměnných zpravidla těmto charakteristikám připisujeme nějakou hodnotu, popř. je chceme nějak kvantifikovat, nejběžněji pomocí čísel. I zde nás může napadnout otázka, která je obdobná jako při hledání a vymezování hranic mezi konkrétním a abstraktním v induktivním postupu, jak a s jakou přesností je možné kvantifikovat proměnné a ve spojitosti s tím o kolik informací obsažených v proměnných během kvantifikace (popř. digitalizace) ve výzkumu „nenávratně přijdeme“. Možná bude dobré nechat tuto otázku opět nezodpovězenou s připomenutím, že čím přesnější a ostřejší se nám daná hranice bude rýsovat, tím přesnější a ostřejší také budou obrysy našich výzkumných problémů a výzkumných předpokladů. Redukcí informací nemáme na mysli jen jejich přepis do podoby abstraktních znaků (číslic, indexů, symbolů atd.), ale i odkud tyto proměnné získáváme a způsob jejich získávání (měření proměnných). Proměnné lze třídit dle toho, odkud (z jakého zdroje) vycházejí. Jako pomůcka se hodí příměr o otázkách kdy, kde a jak (mimochodem časté kladení a zodpovídání na tyto otázky během našich úvah týkajících se uchopení vědeckého problému a hledání cest, jak tento problém měřit, také výrazně přispívají k optimální volbě „výzkumné strategie“).

2.2 Otázka kde

Pro zjednodušení a pochopení nám poslouží model vypůjčený z kybernetiky: vstup – zpracování – výstup, tedy vstupní podnětové proměnné, proměnné zpracovávajícího měřeného subjektu (člověka), výstupní odpověďové proměnné. Bývá časté, že vstupní proměnné jsou nadefinovány jako proměnné nezávislé, proměnné výstupní či proměnné získávané v průběhu zpracování pak jako proměnné závislé či intervenující (latinsky *intervenio* = vcházet mezi, čili přijít, objevit se). Jsou však případy, kde chceme měřit proměny (změny) v proměnných při vstupu, takže k takovým proměnným přistupujeme jako k závislým či intervenujícím (týká se designu výzkumu označovaného jako „*ex post facto*“, viz dále u otázky kdy). Zkusme si však uvést příklad proměnných v nejčastěji používaných typech výzkumných uspořádání. Vstupní nezávislé proměnné jsou příkladně různé zvuky, eventuálně expozice těchto zvuků, proměnné organismu jsou například měřeny v podobě registrace procesů zpracovávání těchto zvuků (podnětů) pomocí záznamu elektroencefalografie (EEG) nebo za pomoci funkční magnetické rezonance, díky kterýmž lze s dílčími úspěchy rozkrývat a interpretovat průběhy mozkových aktivit zkoumaných osob, a konečně proměnné výstupní, které mohou být například získány z měření změn nálad či míry aktivace zkoumaných osob po poslechu exponovaných zvuků.

Zdá se, že se samostatně položenou otázkou kde si při plánování metodologie nevystačíme. I z uvedeného příkladu pro otázku kde je patrné, že se k dané skutečnosti jaksi automaticky přikládá otázka kdy, která otázce kde „vnucuje“ formu uspořádání v čase, tedy příčinnost a následnost. Opět by se našla celá řada filozofů, kteří by jistě namítali, že hledání příčin a následků je zbytečné či dokonce kvalitu poznání samo o sobě snižuje. Takový směr filozofického uvažování by mohl být označen jako fenomenologie. Například její novodobý zakladatel Edmund Husserl, prostějovský rodák, ji sám charakterizoval jako „novou popisnou metodu a z ní vzešlou apriorní vědu, jež se má stát hlavním nástrojem pro přísně vědeckou filosofii“ (Husserl, 1928). Apriorní (z latinského složení slov *ā* znamenající předponu *k*; *prius*, *prima*, *prior* = dřívější, první), znamená něco, co je dáno předem, tedy nezávislé na zkušenosti. Tím pádem se jedná o něco, co je před smyslovou zkušeností, tudíž je na ní nezávislé a ani to nelze měřit pomocí empirických metod určených k odhalování kauzálně příčinných vztahů. Z toho vyplývá, že stěžejní metodou fenomenologie je „pouhý“ popis,

který by se mohl na první pohled zdát jako metoda energeticky málo náročná, a tudíž kdekým utilitárně zneužitelná jako berlička, ... třeba při „rychlouvašeném“ sběru dat a vypracování diplomových prací. Bohužel takovým jedincům se může dostavit značné rozčarování a zklamání, neboť podstata kompozice takovýchto fenomenologických popisů tkví ve tvorbě logických tvrzení, sylogismů, soudů a úsudků, tedy nástrojů deduktivních forem zdůvodňování postavených na abstrakci, která „si vystačí“ bez smyslové zkušenosti. (To, že může být pro mnohé z nás abstraktní myšlení zátěží, dokládají závěry Jeana Piageta, podle kterých tvoří doba, po kterou dospělí lidé abstraktně myslí, přibližně 10 % z celkového časového úseku dne, ve kterém jsou lidé v bdělém stavu vědomí.)

2.3 Otázka kdy

Otázka kdy je patrně zásadní otázkou při plánování a přípravě experimentů. „A jaké že se ty filmy (proměnné) budou hrát? Včera, dnes a zítra a V sobotu večer a neděli ráno.“ (To aby ta skripta nebyla jenom krypta. A kromě toho se snad mohou slavné věty z dialogu mezi Felixem Holzmannem a Ivou Janžurovou stát i dobrou mnemotechnickou pomůckou proto, jak experiment správně koncipovat a provést [dostupné 1. 6. 2013 na <https://www.youtube.com/watch?v=Fqyg0wujPbM>]). I když se zdá být zbytečné připomínat, že se správně zvolený objekt měření má měřit v ten správný čas, opět nebývá tento logický postup ve všech pracích studentů zachován. Nepřesnosti a nesrovnalosti se objevují ve spojitosti s touto skutečností u mnoha prací především v kapitole diskuse, popř. závěry. Striktně totiž v empirickém světě vědy platí, že abychom byli schopni prohlásit, že vztah mezi dvěma (nebo i několika) proměnnými je kauzální, musí být splněny přinejmenším tři základní podmínky (Campbell, 1980; cit. dle Ferjenčík, 2002):

1. Příčina musí časově předcházet následku.
2. Mezi příčinou a následkem se musí vyskytovat kovariance (např. se zvyšováním intenzity první „příčinné“ proměnné musí docházet ke zvyšování úrovně druhé „následné“ proměnné).

3. Do vztahů mezi příčinou (příčinami) a následkem nevstupuje žádná další příčina – proměnná, o které bychom nevěděli, a pomocí které lze následky rovněž vysvětlit.

Splněním těchto podmínek výrazně přispíváme k vyšší úrovni vnitřní validity (platnosti) experimentů a zjištění (tvrzení) z nich získaných.

Někdy se v literatuře setkáme s širším a užším vymezením experimentu. V prvním případě se jedná o metodu nenáhodného objevování nových skutečností (v porovnání s pokusem, ve kterém přesná pravidla pro jeho provedení známá nejsou). Jedná se tedy v širším slova smyslu o výzkumnou metodu obsahující pokud možno co nejpřesnější instruktaž o jejím provedení, aby ji bylo možné v budoucnu bez jakýchkoliv pochybností znovu zopakovat.

V užším vymezení se experimentem myslí přesně vymezený postup práce s proměnnými. Tento postup lze znázornit následujícím způsobem:

Kontrolní skupina zkoumaných osob:

vstupní měření – bez variace (expozice) s nezávislou proměnnou – výstupní měření

Experimentální skupina zkoumaných osob:

vstupní měření – variace (expozice) s nezávislou (experimentální) proměnnou – výstupní měření.

Pouze takto či s mírnou obměnou upravené typy experimentů jsou vědeckou společností přijímány s nejmenším počtem výhrad a vyhovují Campbellovým třem podmínkám. (Místo vynechání nezávislé proměnné u kontrolní skupiny je například možné zavádět nezávislou proměnnou, která je odlišná od proměnné aplikované u experimentální skupiny. Konkrétním příkladem může být porovnávání účinnosti nového léku s lékem starým, či odlišným, nebo s něčím, co lék tvarem sice připomíná, ale chemickým složením se jedná například o cukr, tedy s něčím, co u zkoumaných osob působí pouze na rovině psychické, týká se jejich očekávání, tzv. placebo efektu.)

Mimochodem, když tematicky odbočíme, nabízí se jistá paralela tohoto schématu s dříve uvedeným schématem kybernetiky, a to vstup – zpracování – výstup. Tato spojitost poukazuje na to, že kybernetika měla především v 60. a 70. letech minulého století značný

vliv nejen při snaze pochopit biologické procesy na jejím podkladě a s pomocí počítačového modelování (umělé inteligence), ale obecně vzato měla vliv na utváření novodobého racionálně empirického přístupu k metodologii.

Mohlo by se na první pohled zdát, že se jedná o velmi jednoduché schéma výzkumného postupu. Možná je toto schéma až moc jednoduché, neboť se v pracích studentů příliš neobjevuje. Bohužel se tak v praxi při rozboru ročníkových či diplomových prací studentů opět setkáváme s tím, že jsou v diskusích interpretována data, jakoby se jednalo o data získaná z klasického experimentu, přičemž design zvolených výzkumů klasickému experimentu vůbec neodpovídá. Častou chybou bývá neochvějná interpretace příčin a následků z dat z tzv. ex post facto experimentů (výzkumů). Ty na rozdíl od klasických experimentů v sobě nezahrnují úvodní měření určená ke zjišťování vstupní úrovně zkoumaných charakteristik. Přesto se řešitelé prací s použitými ex post facto výzkumy odkazují na prokazatelný vliv nezávislé experimentální proměnné na konečný změřený stav, což se může sice jevit jako logický postup, avšak rozhodně se nejedná o postup přesný. Změna zkoumaných charakteristik totiž může být způsobena experimentálními proměnnými stejnou měrou jako rozdílnou vstupní úrovní zkoumaných charakteristik u kontrolní a experimentální skupiny, která může být dána mnoha faktory; například nevhodným výběrem zkoumaných osob (nereprezentativním rozložením vzorku zkoumaných osob vůči populaci, odlišným počtem zkoumaných osob ve skupinách, či jejich nestejnorodým rozložením věku, pohlaví, vzdělání atd.) nebo tím, že zkoumané osoby z jedné skupiny ve srovnání s osobami druhé skupiny zažily úplně jinou zkušenost nebo mají odlišnou vstupní úroveň zkoumaných charakteristik (jako příklad uveďme jinou vstupní úroveň hudebních schopností, která může být dána buďto odlišnou mírou hudebních zkušeností – praxí nebo lišící se úrovní komponent „hudební“ inteligence).

Je možná zvláštní až tragikomické, že když už se zdá, že bychom mohli dospět k určité úrovni poznání (v našem případě v oblasti metodologie) a získat tak určitou míru jistoty ve svém počínání, narazíme na tzv. (psycho) metrický paradox (Urbánek, 2002). K tomu, abychom tento paradox více pochopili, je zapotřebí seznámení s dvěma důležitými termíny v oblasti metodologie a statistiky, a to reliabilita a validita.

Reliabilitou se myslí spolehlivost, se kterou metody měří to, co měří. Jedná se o přesnost měření bez ohledu na to, co metody měří (Svoboda, 1999). Reliabilita nás informuje o tom, jak dobře metoda měří, vypovídá o technické kvalitě měřicího nástroje. Z pohledu filozofického se reliabilita tedy týká spíše formy, nežli obsahu. Podle testové teorie nabývá reliabilita hodnoty 0 (žádná) až 1 (100%), a je možné na ni nahlížet jako na procentuální nepřítomnost chyby měření (naměřený skóre lze vyjádřit jako součet pravého (měřeného) skóre a chyby měření). Pokud by bylo možné metody opakovat s tím, že při každém dalším měření dojdeme ke stejným zjištěním, pak by korelace výsledků měření byla rovna nebo větší než odhadnutá reliabilita. Naměřit shodné výsledky ve vědách, ve kterých figuruje – je měřen lidský faktor, možné není, neboť již samotné měření utváří charakteristiky měřeného subjektu. Prozatím také není znám způsob, jak by bylo možné odlišit „očištěné“ výsledky od chyb měření, proto se míra reliability pouze odhaduje.

Validita udává, zda metoda skutečně měří to, co měřit má (Svoboda, 1999). Českým ekvivalentem validity je platnost. Reliabilitu (spolehlivost) lze chápat jako nutný předpoklad validity, nicméně metoda může být sice spolehlivá (mít vysokou reliabilitu), ale může měřit něco jiného, než co bylo předpokládáno a zamýšleno, tudíž jeho validita může být nízká. Na vztah mezi reliabilitou a validitou můžeme nazírat jako na vztah mezi přesností a správností. Velikost reliability navíc určuje maximální možnou teoretickou validitu metod: validita nemůže být vyšší než odmocnina z reliability.

K tzv. metrickému paradoxu docházíme u reliability vypovídající o vnitřní konzistenci metody (udávané nejčastěji koeficientem Cronbachovo alfa). Tato reliabilita vychází z předpokladu, že by všechny položky měřící jednu charakteristiku měly mezi sebou mít dostatečně vysoké kladné korelace (doporučuje se korelace vyšší jak 0,7). A zde dochází ke zmíněnému metrickému paradoxu, neboť čím je vyšší vnitřní konzistence položek, tím je nižší validita metody. Proč? Při vysoké vnitřní konzistenci metody měří všechny položky zhruba to stejné, což není z pohledu platnosti metody vhodné, neboť bývá výzkumným cílem zachytit relativně velkou šíři aspektů daného faktoru, a ne jen jeho dílčí elementární prvek. Ve výzkumném plánování tedy musí docházet k neustálému vyvažování a přezkoumávání reliability a validity.

Reliabilita nemusí být zjišťována pouze u konzistence položek metod, setkáváme se rovněž s tzv. reliabilitou test-retest, která nám sděluje míru korelace testu při opakovaném

použití na stejném vzorku zkoumaných osob, s reliabilitou paralelních forem metod, kde výzkumník vytvoří dvě verze metod, které předkládá pokaždé stejným probandům a výsledky pak vzájemně srovnává, s tzv. split-half reliabilitou spočívající v rozdělení metody na dvě poloviny a jejich vzájemnou korelací, či reliabilitu tvořenou shodou dvou a více pozorovatelů v posuzování zkoumaných jevů, která má své místo především v kvalitativním výzkumu.

Stejně tak se setkáváme s větším množstvím typů validit, například s validitou pojmovou (teoretickou) vyjadřující míru shody mezi výsledkem metod a teoretickým vymezením zkoumaného jevu, predikční validitou udávající pravděpodobnost shody mezi výsledkem metody a chováním zkoumané osoby v budoucnu, či především s validitou empirickou vypovídající o míře shodnosti mezi naměřenými výsledky a skutečností (např. mezi mírou agrese a počtem deliktů).

2.4 Otázka jak

Otázka jak se samozřejmě k typům experimentů, k reliabilitě a validitě také velmi úzce váže, její nastolení dílčí zodpovězení jsme však spojili především s otázkou převodu jevů do znaků. Věda o znakových systémech se nazývá sémiotika. Oblastí jejího zájmu nejsou jen jazykové znaky, ale obecně vzato všechny znakové systémy (čísla, noty, piktogramy, dopravní značky apod.). Společné pro všechny znakové systémy je míra abstrakce při přepisování – kódování konkrétních jevů do znaků. Vytvářením pravidel této abstrakce se zabývá syntax, vztahy mezi znaky a významy pak sémantika. Znaky bývají rozdělovány na ikony, symboly a indexy. První dva bývají používány pro převod konkrétních jevů do abstraktních v kvalitativních výzkumech, indexy, zvláště ty, které jsou tvořeny čísly, pak bývají používány v kvantitativních výzkumech. Nejčastěji se setkáváme s číselnou kvantifikací dat (konkrétních jevů). Připomeňme opět fenomenologii, jejíž příznivci by jistě namítli, že při převádění jakéhokoliv konkrétního do abstraktního musí zákonitě dojít k velké ztrátě či redukci informací, což může mít za následek buďto neúplné či pokřivené poznání skutečností nebo dokonce poznání, které je od toho původního odlišné, a tudíž jakákoliv kvantifikace (redukce) dat ztrácí smysl.

Pokud nebudeme tak přísní jako fenomenologové, přesto bychom měli být při kvantifikaci dat velmi obezřetní. Přiřazení čísel údajům musí být promyšlené a smysluplné. Stevens

(1946; cit. dle Ferjenčík, 2002) rozlišuje čtyři základní úrovně, jak jevy kódovat do číselné podoby (synonymem pro čtyři úrovně jsou čtyři typy proměnných).

Nominální úroveň: čísla neoznačují míru nebo množství nebo jejich rozdíly, nýbrž jsou pouze číselným označením jevů. Příkladem mohou být čísla tramvají, kde nemá smysl porovnávat, zda li je to či ono číslo tramvají menší nebo větší nebo kolikrát je větší či menší nežli ostatní čísla.

Pořadová (ordinální) úroveň: na této úrovni je implementována jistá míra kvantifikace s tím, že z dat není možné rozlišit vzdálenost mezi číselnými intervaly. Použijeme li příklad s tramvajemi, tak pořadovou úroveň by mohlo být, kdy a která tramvaj jede jako první, druhá, třetí apod. Zkoumání vzdálenosti dvou intervalů při takto stanoveném cíli zkoumání nemá smysl, sčítání, odčítání, dělení a násobení v takovém případě nemůžeme uplatňovat.

Intervalová úroveň: v rámci této úrovně jsou již vzdálenosti mezi jednotlivými dílky stupnice stejně velké, nicméně není známa či se nepočítá s hodnotou absolutní nuly (začátku) stupnice. Jako příklad si opět půjčíme z drážní oblasti, a to měření délky času jednotlivých tramvajových linek od začátku trasy do konečné zastávky. Standardní jednotkou měření je v tomto případě sekunda, popř. minuta. Sčítání a odčítání je zde možné (jaký je rozdíl v trvání jízd jednotlivých tramvajových linek, o kolik minut trvá ta či ona „méně či více“), ale pokud neznáme absolutní nulu, nelze provádět násobení a dělení.

Poměrová úroveň: v této úrovni se opíráme o absolutní nulu (je rozdíl počítat venkovní teplotu vzhledem k relativní nule nebo k absolutní nule, která činí $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$). Můžeme tak například stanovit, kolikrát jsou délky trasy (v metrech) jednotlivých tramvajových linek delší či kratší, než ostatní, když absolutní nulou rozumíme vzdálenost 0 metrů.

Podle všech těchto čtyř úrovní (možností) přiřazování čísel jevům se stanovuje také použití adekvátních statistických metod. Příkladně výpočet směrodatných odchylek a aritmetického průměru můžeme použít pouze u kardinálních proměnných (intervalových a poměrových).

3. Pracovní výkon

Od dvacátých let minulého století, kdy výzkum práce a ergonomie zaznamenal první velký rozmach, se do dnešní doby změnily velmi markantně poměry v této oblasti bádání. Jestliže tehdejší proud (ve znamení lidského činitele ve výrobě) využíval především nově

objevených metrických pomůcek pro zjišťování schopností a způsobilostí za tím cílem, aby umožnil v pracovním procesu postavit správného člověka na správné místo, dochází v současnosti k tomu, že pro splnění tohoto kréda již zdaleka nestačí jen údaje o výšce jeho schopností a vědomostí. Analýza činností v jednotlivých zaměstnáních, analýza pracovní role v zaměstnání, dokonce zkoumání sociálních a ekologických hledisek v každodenních operacích podniku odhaluje další závažné skutečnosti ve vztahu člověka k jeho práci a výkonnosti.

Sociálně psychologický výzkum odkrývá, mimo jiné, v každém zaměstnání přítomné vztahy k druhým lidem jak ve směru horizontálním (ke spolupracovníkům), tak ve směru vertikálním (k vedoucím či podřízeným). Inženýrská psychologie a ergonomie odhalují závažné skutečnosti ve vztahu člověk – stroj, které jsou fakticky přítomny ve všech druzích profesionálních pracovních činnostech. Moderní ergonomie, sociologie, antropologie, sociální psychologie a psychologie práce věnují mnoho úsilí tomu, jak tyto skutečnosti zjišťovat a měřit, jak je prezentovat v jejich kvantitativních i kvalitativních aspektech a jak je propojovat a integrovat do širších interdisciplinárních souvztažností.

Problematika kolísání pracovní výkonnosti tedy byla a je v ergonomii pečlivě sledována, výsledky však trpí poměrnou nejednotností, neboť jsou ovlivněny poměrně obtížnou registrací velkého množství specifických i nespecifických faktorů, které kolísání výkonnosti spoluvytváří. Upozorňujeme na skutečnost, že právě registrace co možná největšího počtu činitelů, které podmiňují vznik změn v jedinci, je rozhodující pro posuzování změn pracovní výkonnosti. Pokud neproběhne přísná kontrola těchto faktorů a navíc jejich podrobná analýza, nelze tyto změny ve výkonu zachytit, nelze určit velikost jednotlivých amplitud či fází sledovaných dějů atd.

3.1 Vybrané faktory ovlivňující pracovní výkon

Pokud se pokusíme o kategorizaci faktorů determinujících pracovní výkon, můžeme dojít např. k následujícímu členění:

1. Fyzikální a chemické faktory (mikroklima, osvětlení, hluk, vibrace, prašnost, chemické škodliviny v pracovním ovzduší, atd.) (Sirois, Moore-Ede, 1996).
2. Ergonomie práce a bezpečnost práce. (Klíma, 1971; Plamínek, 1969).

3. (Duševní) hygiena, režim práce a odpočinku, popř. směnný provoz (Geréb, 1974; Gilbertová, 1979; Machač, 1971; Mairovský, 1993; Mantlíková, Kunz, Musil, 1974; Poche, 1993). Např. Sirois a Moore-Ede (1996) uvádějí až 9 faktorů (zesilujících, nebo oslabujících aktivitu), jejichž vhodnou modulací (aplikací) lze chybám ve směnném (především nočním) provozu alespoň částečně předejít.
4. Schopnosti, dovednosti, vědomosti jedince (tvořivost, adaptabilita, odpovědnost, ochota spolupracovat atd.)
5. Faktor (pracovní) motivace. (Kopčaj, 1997; Machač, Macháčová, 1991; Machač, Macháčová, Hoskovec, 1988; Štikar, Rymeš, Riegel, Hoskovec, 2000.)
6. V řadě prací se objevují zmínky o vlivech celé skupiny dalších faktorů, které se na pracovním výkonu rovněž podepisují (Sternberg, 2002). Jsou jimi např.: učení, podprahové vnímání, automatizmy (tzv. dynamické stereotypy, zasahující především do oblasti poznávacích funkcí), „autonomní motivační systémy“ apod.

Při zjišťování přítomnosti fyziologické a neuropsychické zátěže z pracovní činnosti (zejména u některých tzv. rizikových profesí) se většina bádání v oblasti vztahu člověk a prostředí zaměřuje na stanovení psychických a fyzických kapacitních možností, které pracovník potřebuje k úspěšnému zvládnutí zkoumané pracovní činnosti (např. Karwowski, 2006). Vědeckým obsahem řešení problematiky zátěže pak bývá poznání a pomoc při zajišťování optimálních vazeb mezi způsobilostí pracovníka a například strojem a pracovním prostředím. Spolehlivost systému těchto vazeb je dána spolehlivostí všech subsystémů, kde však subsystém „člověk“ je stále nejméně známý, nejvýše složitý a nejdůležitější. Vlastní pracovní činnost, funkce psychiky, styl práce, požadavky na centrální nervovou soustavu, režim práce a odpočinku, odborná kvalifikace a jiné otázky (viz výčet všech faktorů ovlivňujících pracovní výkon a výkonnost) bývají u profesí (funkcí) vesměs podrobně analyzovány, nicméně stanovení přesné míry vlivu jednotlivých faktorů na celkový výkon, výkonnost, popřípadě zátěže či únavy není vzhledem k vysoké interindividuální variabilitě beze zbytku možné. Tato variabilita jedinců navíc kolísá ve spojitosti s povahou práce. O co jednodušší pracovní činnost se jedná, o to jednodušší je zkoumání a určení psychických a fyzických kapacitních možností pracovníka. Jednoduchostí je myšleno malé množství dílčích mentálních či fyzických operací, ze kterých se skládá výsledná pracovní činnost nebo malého množství svalových partií, které jsou v průběhu činnosti zapojeny. Se složitostí práce se na

výkonu a výkonnosti jedinců více a více, a navíc u každé profese jinak, podílí shora vyjmenované faktory, například motivační faktory, volní úsilí, emoce, vědomosti, schopnosti, automatismy apod. Řečeno statistickým způsobem, s vyšší mírou komplexity pracovní činnosti se zvyšuje hodnota směrodatných odchylek směrem od průměru. Nabízí se pak otázka, zda li v určitých (pracovních) činnostech má vůbec smysl stanovovat průměrné hodnoty a směrodatné odchylky a pomocí nich určovat limity pracovních výkonů, výkonnosti, zátěže a únavy (vezmeme li si pro ilustraci příklad hry v šachy, tak najdeme hráče, kteří dosahují vynikajících výsledků pouze ve hrách s málo omezeným množstvím času; v moderních verzích šachu, v tzv. rapid šachu – bleskovém šachu mohou být jejich výkony výrazně nižší). Další úskalí týkající se vytyčování limitů a tvorby norem pro pracovní výkon, popř. norem bezpečnosti práce, je spojeno (kromě zmíněných otázek v kapitole obecné metodologie) s přesností jednotlivých metod (reliabilita) a s přesností (interpretace) toho, co bylo pomocí těchto metod naměřeno (validita). Jako příklad nám může sloužit zkoumání tělesné teploty, popř. elektrické vodivosti kůže související s pocením. Kolísání hodnot těchto fyziologických funkcí bývá optimálním ukazatelem projevů únavy, ovšem za předpokladu dodržení konstantní venkovní teploty, vlhkosti vzduchu, slunečního záření (UV záření) apod.

3.1.1 Emoce

Při výběru proměnných (fyziologický a psychický charakteristik), které citlivě reagují na fyziologickou a neuropsychickou zátěž, dostávají přednost ty, které mohou být měřeny nepřetržitě (kontinuálně, tzn. nejlépe v průběhu celých 24 hodin). Je to jednak proto, aby bylo možné zkoumat nepřetržitou křivku (průběh) těchto funkcí a detekovat tak například největší nárůsty a poklesy (propady) hodnot na této křivce, hledat zákonitosti těchto výkyvů a souvztažnosti k možným příčinám těchto změn apod., ale také jednak proto, že obecně roste výskyt činností, které je možné klasifikovat jako vysoce monotónní (v rozsahu osmi hodin – jedné pracovní směny). Analýza spojitého průběhu fyziologických funkcí při těchto druhých činnostech napomáhá k pochopení „samovolné“ oscilace funkcí, k detekci a diskriminaci bodů zlomů, určení ucelených cyklů (rytmů) těchto funkcí atd. Slouží také jako optimální

nástroj pro odlišení těchto ucelených cyklů od aktuálních situačních vlivů. Těmi mohou například být nové podněty, emoce (úlek), fyziologické potřeby atd.

Příkladně přítomnost zmíněných emocí je možné odvodit od náhlých relativně prudkých změn v průběhu fyziologických funkcí, které jsou dány okamžitou excitací nervového systému a hormonální produkcí. Homeostatické mechanismy fyziologických projevů emocí jsou vývojově velmi staré a sloužily k adaptaci jedince na měnící se prostředí. Při prožívání hněvu například dochází ke zvyšování aktivační úrovně, která spolu s rozsáhlými biochemickými změnami připravuje organismus k rychlé reakci (útoku nebo útěku) na potenciální ohrožení (Švancara, 2003). Určit s přesností, o jaký typ emoce se jedná, je však nesnadné, neboť pomocí měřících aparatur lze pouze odhalit míru aktivační úrovně (arousalu), která je s výskytem emocí spojena, nikoliv rozeznat, o jakou konkrétní emoci se jedná.

Níže předkládáme seznam vybraných tělesných symptomů doprovázejících základní emoce uvedený německým psychologem Fahrenbergem (cit. dle Švancara, 2003). Každý vegetativní symptom je možné obodovat na sedmistupňové škále od stupně „nevyskytuje se“ až po stupeň „rozhodně se vyskytuje“.

1. Bušení srdce.
2. Zrychlený tep.
3. Nepravidelný tep.
4. Sevření prsou a krku.
5. Zčervenání a horkost.
6. Zblednutí nebo mrazení.
7. Váznutí dechu.
8. Zrychlené dýchání.
9. Vlhké ruce.
10. Studené ruce.
11. Vystávající pot.
12. Pocit závratí.
13. Podlamování kolen.
14. Slzy v očích.
15. Sucho v ústech, polykací obtíže.

16. Zvýšená tvorba slin.
17. Chvění rukou nebo celého těla.
18. Napětí až křečovitost.
19. Tlak v žaludku a vnitřnostech.
20. Zvýšený pohyb střev.
21. Nutkání na stolicí nebo močení

Dále blíže uvedeme tělesné příznaky čtyř základních emocí. O těchto tělesných projevech se zmíníme také v kapitolách pojednávajících o jednotlivých fyziologických a psychických funkcí (viz níže).

Převzato dle Švancary (2003):

„ÚLEK: zblednutí nebo mrazení; relativně zřetelné rozdíly pohlaví: u žen chladné ruce, slabost v kolenou, váznoucí dýchání; u mužů vlhké ruce, pocení, zrychlené dýchání.

STRACH: vlhké ruce, pocení, sevření prsou nebo krku, kromě toho u žen studené ruce a u mužů zrudnutí nebo nával horka.

RADOST: zrudnutí nebo nával horka, slzení, zrychlené dýchání, kromě toho u žen slabost v kolenou, u mužů vlhké ruce.

HNĚV: zrudnutí nebo nával horka, zrychlené dýchání, napětí až křeč v celém těle, kromě toho u žen vyhrknutí slz, u mužů vlhké ruce.“

3.1.2 Únava

Pomocí nepřetržitého měření je také snadnější zachytit projevy únavy. Tu můžeme chápat jako následek fyziologických procesů, kterými organismus odpovídá na zátěž, je jakýmsi indikátorem energetického vyčerpání organismu, a také obranným mechanismem, který má zajistit přežití. V podstatě slouží jako obrana proti pokračování v činnostech, jež únavu způsobily. Při únavě se snižuje fyzický nebo mentální výkon, který je možné z kontinuálního záznamu funkcí rovněž s úspěchy odhalit.

Jako příklad z této oblasti uveďme automobilový průmysl, ve kterém jsou v současnosti mnohé výzkumy zaměřeny na detekci únavy řidičů. V běžném automobilu nebývá příliš volného prostoru k umístění objemnějších měřících zařízení, proto jsou

plánovány a vyvíjeny malé a pokud možno levné senzory, které by byly s to snímat fyziologické parametry řidiče či monitorovat řízení auta (např. pozvolnost otáčení volantu, plynulost sešlápnutí spojky apod.). Na základě rychlé analýzy shromážděných dat by pak bylo možné vyhodnotit aktuální stav řidiče, respektive jeho „hladinu“ únavy a pomocí těchto informací doporučit či dokonce zamezit dalšímu pokračování jízdy. Dalším příkladem může být obsluha strojů či multifunkčních zařízení (panelů) v místech s vysokým stupněm rizika obecného ohrožení, jakými mohou být například velíny jaderných elektráren, řídicí věže letištního provozu apod. Bývá obvyklé, že zájemci o takovou pozici (operátora velínů) jsou při pracovních pohovorech (přijímacích řízení) podrobeni komplexnímu vyšetření. Známý je v tomto směru test hodin (clock test), který může dle potřeb zadavatele trvat více jak dvě hodiny. Tento test je určen především k měření tenacity (pevnosti, udržitelnosti) a oscilace dlouhodobé pozornosti. Měřené osoby mají za úkol zmáčknout příslušné tlačítko v případě, kdy se „vteřinová“ ručička hodin neposune správným směrem o jednu sekundu vpřed, tedy například v momentě, kdy se vrátí směrem dozadu, dvakrát „poskočí“ na stejném místě, přeskočí „ob jednu“ pozici atd. Účelem testu kupodivu není udělat z uchazečů o zaměstnání psychicky labilní jedince, ale porovnat míru „odolnosti“ jedince vůči monotónní zátěži, neboť aplikování klasické technologie pro zvyšování spolehlivosti systému, tj. například zálohování, případně multiplikování, je v případě lidského činitele možné jen s omezenými možnostmi. Odvětvím, pro které je hodnocení únavy rovněž velmi důležité, je sport. Její registraci lze optimalizovat časový rozvrh tréninkových plánů a dosáhnout tak vyšších výkonů.

Fyzická (fyziologická) únava je dosti dynamická, vzniká přirozeně během svalové práce a v průběhu odpočinku postupně mizí. Fyzickou únavu lze hodnotit pomocí tří kritérií a jejich vzájemné kombinace, a to dle frekvence zátěže, její intenzity a doby, po kterou trvala. Jejím nejčastějším a nejmarkantnějším projevem v rovině chování je ztráta koordinace jemné motoriky. Fyzickou únavu je možno dělit podle počtu zatížených svalů na lokální (menší svalové skupiny) nebo celkovou (větší počet svalů). Dále ji můžeme členit na anaerobní a aerobní. Aerobní únava je spojená s poklesem energetických rezerv, anaerobní souvisí se zvýšenou produkcí laktátu (kyseliny mléčné) při spalování glukózy. Při optimálním dodání kyslíku pracujícím svalům (tj. za aerobních podmínek) je fyzický výkon limitován kritickým poklesem energetických zásob glykogenu. Tento pokles zásob, a s tím související aerobní únava, je relativně pomalý.

Pokud dojde k takovému zvýšení aerobní zátěže, při které jsou požadavky na dodání kyslíku větší, než je transportní systém schopen zajistit, začíná pracující svalová tkáň využívat rovněž anaerobní způsob získávání energie. Ten je ovšem spojen s nadprodukcí laktátu a s rozvojem metabolické acidózy (nadbytek H^+), která znesnadňuje pohyb iontů na buněčných membránách, díky čemuž dochází ke snížení kapacity pro vznik a vedení svalových potenciálů (snížení kontrakility svalstva). Při nedostatečném okysličení organismu dále roste množství parciálního oxidu uhličitého v organismu a naopak klesá míra parciálního kyslíku. Na tyto změny primárně reaguje centrální nervová soustava (pocity závratě a mdlob, popř. krátkodobé ztráty vědomí – synkopy, často spojené se snížením krevního tlaku), ale také regulační endokrinní a imunitní soustava. Zkoumání zátěže, popř. únavy lze tedy provést jak na úrovni svalů (metabolické změny měřitelné fyzikálně i chemicky), tak na úrovni regulačních soustav (změnami v biosignálech rozumíme změny veškerých signálů, které jsme schopni registrovat v živých organismech). Může se jednat o signály informující o změnách elektrických napětí, magnetických polí, chemických koncentrací, mechanických pohybů, zvuků, teploty apod. Tyto signály zpravidla vznikají jako důsledek spontánní aktivity biologického systému (nativní signály), nebo jako odpověď na (uměle exponované) podněty (evokované signály apod.). Z naměřených dat pak lze také mimo jiné usuzovat na míru únavy organismu.

Kromě únavy fyzické se setkáme rovněž s únavou psychickou, kterou nelze v porovnání s fyzickou únavou tak jednoznačně vymezit, neboť na její intenzitě i trvání se podílí celá řada (dalších) psychogenních faktorů (motivace, emoce, vůle, osobnostní rysy atd.). Zpravidla vzniká při déle trvající mentální činnosti (viz tzv. clock test). Psychická únava může vyústit v únavu patologickou, která je například přítomna u syndromu vyhoření (burnout syndrom; ztráta profesionálního zájmu zpravidla u jedinců z řad pomáhajících profesí).

Obzvlášť nebezpečným projevem únavy je z pohledu bezpečnosti práce, zvláště při řízení dopravních prostředků, mikrospacek (vztažený například k práci operátorů harvesterů a forwarderů je ohrožujícím jak při příčném, tak při podélném řízení stroje, přičemž při příčném řízení vozidla jsou projevy mikrospacek operátora zřetelnější a prokazatelnější nežli při řízení podélném).

Vedle mikrosnánku může také déle trvající spánková deprivace organismu doslova násilně vnucovat noční část cirkadiálních rytmů a potlačovat tak normální denní režim lidských funkcí. Informace, které mají být zapamatovány v období spánkové deprivace, bývají do paměti velmi omezeně zachyceny a vštípeny, zvláště je-li jedinec během práce nucen zapojit další kognitivní činnosti (např. abstraktní uvažování). Proto bývají informace z období spánkové deprivace buďto zcela a rychle zapomenuty, nebo je lze vybavit s velkou nepřesností (Máček, 1995).

3.1.3 Monotonie

Jednou z cest, jak pozorovat cyklické jevy v psychice, je vyšetřování monotonie. V monotónní situaci je možno konstatovat občas poruchy psychických funkcí se svérázným vynecháváním („blocking“). Jednotvárnost vnějších podnětů působí depresivně a má nepříjemný vliv na celkový pocit. Intenzivní činnost ovlivňuje negativní důsledky monotónních stavů a zvyšuje úroveň aktivace. Aktivace a vigilance jsou stavem podráždění retikulární formace. Prodloužení reakční doby při monotonii ukazuje na podobný jev jako při únavě (Geréb, 1974). Jak ukazují mnohé výzkumy (např. Gilbertová, Plamínek, 1979), lidé disponují predispozičními faktory k pociťování monotonie. Patří k nim faktory objektivní (opakovatelnost úkonů, vnucený rytmus, omezený pohybový prostor, nedostatečná fyzická aktivita, malá oscilace pozornosti), faktory subjektivní (temperament, tolerance k překonání monotonie) a faktory sociálně psychologické. V konečné rovině je monotonie pociťována jako subjektivní hodnocení, odráží se ve výkonnosti i projevech fyziologických funkcí.

Výkonnost jedince souvisí úzce nejen s monotonií, ale také s nástupem únavy. Víme však, že možnost využití snížení výkonnosti jako jediného ukazatele (začátku) únavy je nedostatečná, neboť k poklesu výkonnosti (v případě dostatečně silné pozitivní motivace) může dojít až tehdy, kdy selhává kompenzace volným úsilím (Mantlíková, Kunz, Musil, 1974).

Únava je složitým jevem jak z hlediska subjektivního pocitu, tak i z hlediska jejích objektivních projevů. Kromě toho, mezi oběma aspekty únavy neexistují jednoznačné souvislosti. Například „unavený“ člověk může po určitou dobu na základě zvýšeného volního úsilí nebo účinné motivace podávat týž výkon, jehož je schopen ve stavu svěžím. Naopak se

stává, že účinky zátěže jsou zřetelně pozorovatelné ve výkonu nebo některých fyziologických funkcích organismu, ale subjekt je po určitou dobu sám na sobě nezjišťuje (Machač, 1971).

3.1.4 Křivky výkonu

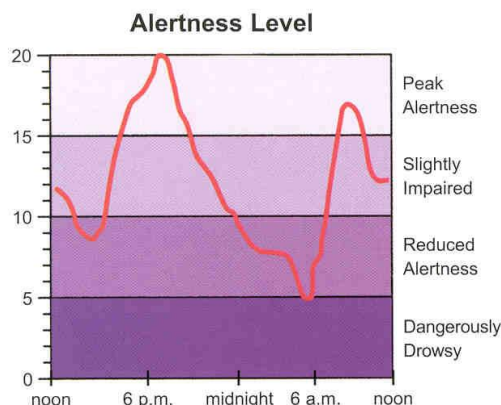
Uvažujeme-li o křivkách výkonu v průběhu dne, zjišťujeme, že největší péče se této problematice dostalo na poli pracovní psychologie. Známé jsou výzkumy Kraepelinovy a výzkumy vedené v USA (Thorndike, Poffenberger, Bartlett, Burghardt; cit. dle Woodworth, Schlosberg, 1960).

Z grafických vyjádření změn výkonnosti v čase (výkonových křivek) u středně těžkých prací je patrné, že se pracovní výkon postupně zvyšuje k plné výkonnosti; organismus se zvolna dostává do optimálního tempa (3 – 4 hodina od začátku práce bývá dobou maximálních výkonů). Vlivem únavy se však výkonnost po jistém čase plynule snižuje. Průběh kolísání pracovní výkonnosti bývá například vztahován k únavě, nácviku, volnímu úsilí, pracovním návykům či stimulacím (Kraepelin, 1902; Kraepelin, Hylan, 1902).

Z aplikovaných výzkumů naší provenience vyplývá (Plamínek, 1969), že výkon dělníka při jisté pracovní činnosti (spotřební průmysl) kulminuje v pondělí kolem poledne a v pátek ve stejnou dobu a na druhé straně největší rozdíl mezi minimem a maximem spotřeby času na pracovní operace je v pondělí. Nejklidněji probíhá pracovní křivka paradoxně v pátek.

Potíže fyzického rázu (např. zvýšení krevního tlaku, únava, nevolnosti, poruchy spánku, poruchy funkcí gastrointestinálního traktu atd.), psychického rázu (labilita nálad, podrážděnost apod.) i rázu sociálního (sociální izolace) se mohou objevit při práci ve směnném provozu (Birbaumer, Schmidt, 1991). Němečtí autoři Lehmann a Graf (cit. dle Poche, 1993) zkoumali výkonnostní křivku pracovníků v dopravě od šesti hodin ráno. Zjistili, že maximum výkonnosti se nachází mezi 8. – 9. hodinou ranní, minimum pak kolem 2. hodiny noční. Období 22. – 6. hodinou nazývají fyziologickou nocí. Je rovněž známo, že se většina chyb (nehod) objevuje právě uprostřed fyziologické noci (Sirois, Moore-Ede, 1996; Sirois, 1996). Na těchto chybách se nejvíce podílí výrazný pokles celkové aktivity organismu.

Na obrázku č. 1 je znázorněn vztah mezi rychlostí usínání a aktivitou (čilostí, ostražitostí). Zatímco např. kolem 18. – 20. hodiny, kdy je aktivita maximální, usínají lidé v průměru zhruba po 20 minutách, v 5 hodin ráno mohou usnout do 5 minut.



Sirois a Moore-Ede (1996) uvádějí 9 faktorů (zesilujících, nebo oslabujících aktivitu), jejichž vhodnou modulací (aplikací) lze nočním chybám (ve směnném provozu) alespoň částečně předejít. Jsou to:

- cit pro nebezpečí (zajišťován sympatikem); výrazný podíl na utlumení tohoto citu (smyslu) má monotónní povaha práce,
- svalová aktivita (s nástupem půlnoci vykazuje výraznou klesající tendenci),
- funkce vegetativního systému (sympatiku, parasympatiku) jsou rovněž v nočním období výrazně sníženy,
- kvalita a doba trvání předchozího spánku,
- specifické látky (kofein, amfetamin, koka atd.) podporující aktivitu,
- okolní světlo (osvětlení); osvětlení o intenzitě 1000 luxů (a více) je schopno ospalost velkou měrou potlačit,
- okolní teplota; nejmenší nehodovost se objevuje při teplotě 19,4-19,5 °C,
- zvuky z okolí; je všeobecně známo, že monotónní zvuky přispívají ke stavu ospalosti (tikot hodin, šumění vln atd.),
- „vůně“ ovzduší; např. pepermintová vůně způsobuje vyšší aktivitu (čilost, ostražitost).

Poche (1993) zdůrazňuje, že je zapotřebí počítat s tím, že zhruba 20 % lidské populace se nedokáže se změnou biorytmu vyrovnat a pracovat v zaměstnání se střídavými směny v nepřetržitém provozu. Dalších zhruba 20 % lidské populace se se změněnou pracovní činností během 24 hod. velmi snadno vyrovná a bez větších potíží může pracovat v kteroukoliv denní i noční dobu. Někteří noční hlídači mají vegetativní funkce přeladěny natolik, že vrchol jejich výkonnosti je v noci a v denních hodinách mají útlum. Zhruba 60 % procent, tedy většina populace, je schopna s menšími či většími potížemi se práci proti biorytmu přizpůsobit. Například pracovníci pražského metra, kteří se nedokázali s noční prací vyrovnat, sami v nejkratší době odešli. Ostatní pracovníci, kteří pracují pouze v noci, a to od neděle večer do pátečního rána, mají do úterka s přeladěním potíže, které však mizí při třetí noční směně z úterý na středu. Z pátku na sobotu a ze soboty na neděli mají tyto pracovníci stejný režim odpočinku jako jejich rodina, na což se velmi rychle adaptují a při nástupu na noční práci v neděli večer musí s překonáváním denního ladění začít znovu.

Rovněž bylo zjištěno, že největší komplikace se vyskytují u jedinců, jejichž denní rytmus začne v reakci na směnný provoz volně běžet. Nejmenší problémy činí práce v tomto provozu naopak lidem s malou amplitudou denních (cirkadiánních) rytmů (s vyšší perzistencí cirkadiánního systému; Birbaumer, Schmidt, 1991). Jako účelná preventivní opatření se jeví rychlé střídání ranních, odpoledních a nočních směn (po 2 – 3 dnech), neboť se cirkadiánní systém v takto krátkých intervalech nestačí přizpůsobit a nedochází tak k desynchronizaci. Méně zatěžující je rovněž střídání směn ve směru ranní – odpolední – noční směna, než ve směru opačném. Tento fenomén (objevuje se také po letu přes několik časových pásem) svědčí o tom, že se cirkadiánní systém lépe přizpůsobuje fázovému zpoždění než předběhnutí. Celkově vzato však platí, že je 48 hodinový interval u většiny jedinců zcela dostačující k tomu, aby se jejich rytmicita po ukončení práce ve směnném provozu vrátila do „normálních kolejí“.

Pokud bychom sledovali problematiku výkonnosti a únavy na poli zájmu psychologie obecné, museli bychom postupně probírat teoretické studie, týkající se jednotlivých psychických funkcí. Chmelař a Osecký (1970), kteří se zajímali o problematiku aktivní optické a akustické pozornosti, došli k závěrům, že dlouhodobé trvání pozornosti v rámci jakéhokoli časového úseku je podmíněno vždy různými vnějšími i vnitřními faktory, je tudíž multifaktorové povahy.

S analýzou pracovní výkonnosti souvisí systém pracovní doby (režim práce/odpočinku). Zátěž je zapotřebí optimalizovat pro zdraví a pohodu jedince tak, aby se co nejefektivněji obnovily jeho tělesné a duševní funkce. Stanovení frekvence a trvání přestávek je v organizaci práce důležité nejen pro zachování optimálního výkonu, ale také pro zvýšení motivace jedinců a snížení negativních vlivů monotonie a únavy. Dle zákona je po 4 odpracovaných hodinách stanovena 30 minutová přestávka na hlavní jídlo. Mimo to jsou zaváděny dle potřeb konkrétních profesí rovněž přestávky kratší, tzv. mikropauzy. Četnost přestávek se zpravidla odvozuje od frekvence a intenzity vlivu pracovních faktorů (podnětů), které se na únavě podepisují. Z výzkumů vyplývá, že stanovení univerzálně platného režimu práce a odpočinku není zcela možné.

U středně těžkých prací je při zachování stejného celkového času pracovních pauz vliv častějších kratších pauz ve srovnání s méně častými delšími pauzami srovnatelný.

U těžké práce je doporučován během pracovního procesu častější kratší odpočinek, u lehké práce se jeví optimální delší odpočinek, který by měl následovat až po skončení práce. U těžké práce tvoří pracovní přestávky přibližně 20% pracovního času, u lehké práce asi 5% (časté přestávky zde mají za následek pokles pozornosti).

V oblasti časového zařazení hlavní přestávky nepanují jednoznačné shody. Vmezeření přestávky bývá navrhováno v okamžiku prvního poklesu pracovní křivky, nebo v momentě těsně před maximálním úbytkem výkonu (v praxi nejvíce aplikovaná varianta), nebo, při zachování pravidelných mikropauz, je za optimální dobu hlavní přestávky považována chvíle maximálního výkonu jedince.

3.2 Ochrana zdraví a bezpečnost práce

Pro zlepšení zdravotních, pracovních a sociálních podmínek pracoviště (například kabiny harvestorů či forwarderů) dochází k zavádění nových technologií, které přispívají ke stále větší automatizaci a robotizaci pracovní činnosti. Díky stoupající náročnosti na pracovní podmínky roste v tomto směru tlak především na oblast bezpečnosti práce. Ergonomie v lesnictví se tedy zpravidla zaměřuje na optimalizaci vztahu člověk – stroj (uvnitř systému člověka při práci) a tvorbu standardů a norem bezpečnosti práce. Jinými slovy, zkoumání ergonomických parametrů při provozu lesnických harvestorů zahrnuje především

zjišťování míry vlivu pracovního prostředí na výkonnost operátorů, jejich ochranu zdraví, bezpečnost práce, popřípadě nehodovost.

Závěry z této oblasti naznačují, které faktory při práci forwardery a harvestory jsou pro výkonnost a bezpečnost práce operátorů důležité. Ukazuje se, že podmíněnost výkonnosti, ochrany zdraví, popř. výskytu nehod při práci, je multifaktoriální povahy. Jinými slovy, z výsledků vyplývá, že rozhodující vliv na výkonnost a bezpečnost práce operátorů nemá některý ze zkoumaných faktorů odděleně, ale koincidenční působení těchto faktorů. Z výzkumů se pomalu „odkrývá“ zjištění o nastavení míry vlivu těchto spolupůsobících faktorů; jinak řečeno, detekují se a popisují jednotlivé shluky (clustery) faktorů a jejich míra vlivu na výkonnost či nehodovost operátorů.

V ergonomických výzkumech jsou za pomoci moderních elektronických a počítačových metod měřících výkonnost (oscilaci výkonnosti) „lidských zdrojů“ během práce analyzovány a popisovány zmíněné rizikové konstelace faktorů, které zvyšují pravděpodobnost pracovních nehod. Výsledky z oblasti ergonomie a bezpečnosti práce nachází uplatnění při vývoji budoucích vyvážených traktorů a harvestorů, a to v mnoha podobách [dostupné 15. 6. 2013 na <http://www.komatsuforest.com/ergonomics>]. Inženýři a ergonomové firmy Komatsu uvádějí studie zaměřené na zkoumání vztahu mezi pracovním výkonem (produktivitou) a zdravím, dle kterých může být produktivita práce operátorů harvestorů a forwarderů, nejsou-li stoprocentně zdraví, snížena až o 30 procent.

V zahraničí najdeme ergonomická řešení například dále u harvestoru severoamerické firmy Caseih, určeného v zemědělství pro sklizeň zejména cukrové třtiny, s názvem Austoft, série 8000. Instalovaný software v tomto harvestoru s obchodním označením „Case IH AFS Desktop Software“ umožňuje zpracovávání dat pomocí GPS navigace a antény RTK s přesností 2,5 cm. Geo-referenční body, které si uživatel během práce harvestoru přeje uložit do palubního počítače, mohou být nahrávány každé tři sekundy. Ve spojitosti s dodávanými geografickými digitálními mapami je pak možné kontinuální vyhodnocování možných rizik během práce s harvestorem. Podobné řešení přináší novozélandská firma „New Holland Agriculture“ u traktorů série „Johnson Gluyas Tractors 2009“. Software s obchodním označením IntelliSteer™ umožňuje pomocí DGPS (Differential Global Positioning System) vymezení přesné pracovní „trasy“ a následné plně automatické ovládání volantu. Data z DGPS jsou synchronizována a porovnávána s daty, která jsou získána laserem, jímž jsou traktory rovněž vybaveny.

Ve srovnání s člověkem dokáže dnešní počítačová technika permanentní registraci všech možných předem definovaných rizikových faktorů bezpečnosti práce a pomocí základních stavebních kamenů umělé inteligence tyto faktory vždy stejným systémem vyhodnotit.

Pokud se pokusíme o výčet rizikových faktorů bezpečnosti práce v lesnictví, konkrétně při práci operátorů lesnických harvestorů a forwarderů, patrně vždy se setkáme se svízeli, které faktory do výčtu zahrnout a které nikoliv. S jistotou posoudit, které do seznamu patří jako nejdůležitější, které by v seznamu ještě měly být, byť okrajově, a které do seznamu již řazeny být nemusí, je vskutku nesnadné. Jak počet faktorů, tak posouzení jejich důležitostí se liší i v literatuře. Níže uvedený seznam byl nakonec zvolen ryze pragmaticky v návaznosti na náš výzkum (Fiřo, Gajdošík, 2013). V tomto výzkumu jsme totiž použili ad hoc vytvořený inventář s názvem Inventář faktorů bezpečnosti práce s harvestory/forwardery, jenž uvádíme ke konci skript a který právě obsahuje onen výčet 21 - 23 nejčastěji zmiňovaných nejdůležitějších faktorů, které mohou zapříčinit nehody při práci operátorů s harvestory a forwardery (o faktoru délky spánku – biorytmů, popř. spánkové deprivace jsme pojednali dříve v kapitolách věnovaným únavě a křivkám výkonu).

3.2.1 Svah po spádnici – sklon svahu

Možnost nasazení harvestorů a forwarderů do pracovního procesu je limitována sklonem svahu, přičemž platí, že při práci s oběma druhy strojů je ve srovnání s podélným sklonem terénu nebezpečnější příčný sklon. V takovém případě je potřeba předcházet převrácení stroje již při trasování linek. Platí, že příčný sklon linky ve svahu by neměl přesahovat 10 % (Neruda a kol., 2008). Kolové harvestory mohou být nasazeny do terénů do sklonu 35 – 45 %, max. 50 % (podélný sklon po spádnici), podle stavu povrchu. Nad 45 % přichází v úvahu užití strojů vybavenými trakčními navijáky, nebo s pásovými podvozky, popř. nasazení strojů s variantou „krácejícího“ podvozku. Při pojíždění strojů napříč svahem (příčný sklon) je stabilita těchto strojů malá, proto je v těchto případech dovolen maximálně 10 % sklon svahu. Na prudkých svazích lze kombinovat nasazení harvestoru a forwarderu s trakčním navijákem, který umožňuje práci v obou směrech kolmo na vrstevnice. Pracovní výkon je v těchto případech však nižší s ohledem na rychlost pojezdu, ale zamezí se prokluzu

kol, a tím se předchází následné erozi půdy na svazích. Také kola podvozku se mohou přizpůsobit sklonu svahu, čímž se zvýší i příčná stabilita strojů při pojezdu napříč svahem (Ulrich a kol., 2003).

Svahová stabilita při práci se stroji je odvozena od tzv. kritického sklonu svahu. Kritický sklon svahu je takový, při kterém se stroj při určitém směru jízdy ve svahu dostává ze stavu stability do mezního stavu tzv. labilní rovnováhy. Tato situace nastává, jestliže těžnice strojů protne tzv. klopnou přímku, tj. přímku, kolem níž se stroje při dosažení a překročení kritického sklonu (ztrátě stability) převrací. Poloha této přímky je odvislá od směru pojezdu stroje a od konstrukce jeho podvozku (Neruda, Šimanov, 2006).

3.2.2 Složení podloží, únosnost půdy

Každá půda je charakteristická vícero fyzikálními vlastnostmi, které jsou podmíněné disperzí půdních částic, prostorovým uspořádáním a dalšími vzájemnými vztahy mezi pevnými částicemi, kapalnou fází a vzduchem (Rehák, Janský, 2000). Půdy vznikají zvětráváním matečných hornin a humifikací rostlinného opadu a odumřelých půdních organismů. Mechanické zvětrávání hornin je zapříčiněno vodou v pevném skupenství, větrem, kořeny rostlin, pohybem vody na svazích. Chemické zvětrávání hornin je dáno vodou v kapalné fázi, půdním vzduchem a také živými organismy. Tím se tvoří sekundární půdní minerály s velkým vnitřním, často záporně nabitým povrchem, který se vyznačuje vysokou adsorpční kapacitou (např. oxidy a jílovité minerály; Neruda a kol., 2010).

V oblasti klasifikace hospodářských úprav lesa je za hraniční tlak na únosné i neúnosné terény ve stopě dopravního prostředku považován tlak 50 kPa. Při nasazení harvestorových technologií je v tomto případě rozhodující tlak forwarderu, který projíždí po vyvážecích linkách několikrát. Pro snížení tlaku na půdu je vhodnější užití 8 kolových forwarderů (vyvážecích traktorů) se zavěšením kol na jednotlivých nápravách. Při jízdě forwarderu bez nákladu nepřekračuje zadní náprava tlak 50 kPa. S nákladem je tato hranice překonána pokaždé i při použití kolopásů. Proto je v tzv. neúnosných terénech vhodné použití forwarderů pouze za příznivých klimatických podmínek (zámraz, déle trvající sucho, apod.). Únosnost je charakterizována terénním typem, do kterého lze s jistou mírou

nepřesnosti zahrnout také edafické kategorie lesních typů. Obecně velmi dobrou únosnost mají edafické kategorie charakteristické vyšším obsahem skeletu, který účinně rozkládá tlak dopravního prostředku na půdu (kategorie s označením J, X, Y, Z, C, N, A, F; Ulrich a kol., 2006a).

V tabulce č. I jsou uvedeny tlaky na půdu vybraných forwarderů firmy John Deere (sytě zelená pole – tlak 50 kPa, světle zelená pole – tlak do 100 kPa; Ulrich a kol., 2006a).

Tabulka č. I: měrný tlak na půdu u forwarderů (vyvážecích traktorů)

Měrný tlak na půdu u vyvážeců									
Charakteristika vyvážече					Bez nákladu		S nákladem		
Značka/typ stroje	Podvozek (počet kol)	Šířka pneu (mm)		Nosnost (t)	přední (kPa)	zadní (kPa)	přední (kPa)	zadní (kPa)	zadní kolopásky (kPa)
		přední	zadní						
John Deere 1110D	6	600	600	11	71	37	71	100	63
		700	700		62	32	62	90	55
	8	600	600		54	37	54	100	63
		700	700		47	32	47	90	55
John Deere 1410D	6	600	600	14	78	40	86	118	68
		700	700		67	35	74	101	60
	8	600	600		59	40	65	118	68
		700	700		51	35	55	101	61
John Deere 1710D	6	700	650	17	67	40	74	120	68
		700	750		67	35	74	105	61
	8	650	650		56	40	60	120	68
		750	750		49	35	53	105	61

3.2.3 Vrstva sněhu

Sníh je tvořen ledovými krystalky seskupenými do sněhových vloček. Na rozdíl od dešťové vody z místa dopadu ihned neodtéká, představuje tak jednak důležitý prvek v koloběhu vody v přírodě, ale rovněž významnou komplikaci pohybu silničních vozidel. Ta je proto zapotřebí díky snížené ovladatelnosti doplnit zimní výbavou – zimními pneumatikami nebo sněhovými řetězy, popř. kolopásky. Práce strojů na sněhové pokrývce je ve srovnání s prací na suchém terénu vždy pomalejší, méně efektivní, s vyšším rizikem vzniku nehod.

3.2.4 Déšť

Déšť je tzv. hydrometeor, který řadíme mezi kapalné vertikální srážky. Déšť je charakterizován kapkami vody o průměru větším než 0,5 mm. Pokud jsou srážky menší jak 0,5 mm, mluvíme o mrholení.

3.2.5 Půdní vlhkost v procentech

Vlhkost půdy je základní kvantitativní charakteristikou půdy a vody. Vyjadřuje se poměrem hmotnosti nebo objemu půdní vody k jednotce hmotnosti nebo objemu suché půdy. Vyjádření vlhkosti půdy je tedy dvojí – hmotnostní a objemové (Klimo, 2000). S rostoucí vlhkostí půdy klesá možnost půdního zhutňování. Jsou-li zrna obalena tzv. filmem vody, kladou větší odpor při ukládání do nových těsnějších poloh, než je tomu v případě suché půdy; jinými slovy, přesáhne-li vlhkost jistou mez, brání množství vody v půdních pórech vyššímu přitlačení půdních zrn (tabulka č. II). Při jízdě po půdě s velkou vlhkostí tak dochází k horizontálnímu vytlačování půdy do stran (Neruda, Valenta, 2004).

Tabulka č. II: roztrídění stanovištních typů podle zemní mechaniky (Ulrich a kol., 2009)

třída	citlivost půdy	obsah vody	druh půdy
1	půdy únosná, pojízdná bez omezení	nerozhodující	hrubozrná půda se skeletem, písky
2	půda slabě plastická	30 %	sprašovitě a písčité hlíny
3	půda středně plastická	45 %	sprašovitě a písčité, štěrkovité a jílové hlíny
4	půdy vysoce plastické	více jak 45 %	jílovité a hlinité půdy

3.2.6 Vítr

Vítr je nejčastěji definován jako horizontální proudění vzduchu v atmosféře. Je vyvolaný rozdíly v tlaku vzduchu a rotací Země. Při jeho popisu nás zajímá jeho směr, rychlost a ochlazovací účinek. Rychlost větru se měří buďto přesným záznamem jeho rychlosti (kilometry za hodinu, metry za sekundu, míle za hodinu), nebo ve stupních, které se určují

odhadem podle Beaufortovy stupnice. Směr větru se udává dle směru, odkud vane - buď přesněji pomocí azimutu (0 až 360°), nebo pomocí světových stran (zpravidla s přesností na 22,5°, tj. s rozlišením na severní, severoseverovýchodní, severovýchodní, východoseverovýchodní a východní směr). Ve střední Evropě se vichřice spolu s povodněmi řadí v lesním hospodářství k největším zdrojům škod.

Při kácení stromů by měl operátor vždy zvážit převládající směr větru. Je-li možné, kácet by měl vždy ve směru větru a nikoliv proti němu (Neruda a kol., 2008).

3.2.7 Mlha – dohlednost při práci

Mlha je definována nejčastěji jako specifická forma oblaku, která leží bezprostředně nad zemí a výrazně omezuje viditelnost na vzdálenost nižší než 1 km. Vzniká kondenzací vodní páry v přízemní vrstvě vzduchu. Skládá se z malých vodních kapiček nebo drobných ledových krystalků rozptýlených ve vzduchu. Mlha se od oblaku v užším slova smyslu odlišuje pouze tím, že se dotýká zemského povrchu, zatímco oblak nikoliv. Ochlazování vzduchu nad zemským povrchem, které způsobuje vznik mlhy, může být vyvoláno různými faktory.

3.2.8 Překážky v terénu

Při posuzování členitosti terénu je pro nasazení harvestorů a forwarderů důležitá především velikost překážek (vyvýšeniny a prohlubně) a vzdálenost mezi nimi (tabulka č. III).

Tabulka č. III: systém švédské klasifikace terénů vhodných pro nasazení HT (Ulrich a kol., 2006a)

Charakteristika členitosti terénů vhodných pro nasazení havrestorové technologie						
Třída	Vyvýšeniny (cm)		Prohlubně (cm)	Vzdálenost mezi překážkami (m)		Průjezdnost harvestorem a forwarderem
	Švédsko	Ústav hospodářské úpravy lesa ČR	Švédsko	Švédsko		
1	0 - 15	Terény bez překážek (UKT do 30 cm, SLKT do 50 cm)	0 - 20	> 20	jednotlivé	bez snížené rychlosti
2	16 - 25		21 - 40	11 – 20	řídke	se sníženou rychlostí
3	26 - 40		41 - 60	6 - 10	méně husté	
4	41 - 60			61 - 90	2,6 - 5	
5	> 60	terény s překážkami		0 - 2,5	vícečetné	

Tabulka č. III obsahuje švédský systém klasifikace terénu vhodných pro nasazení harvestorových technologií. K výšce vyvýšenin a hloubce prohlubní jsou přiřazeny možné vzdálenosti mezi nimi. V tabulce je dále srovnán systém švédské klasifikace s terénní typizací Ústavu hospodářské úpravy lesa ČR.

Vyvýšeniny (navršená zemina, kamenitý povrch, roztroušené bloky kamenů) a prohlubně uvedené v první třídě jsou průjezdné bez snížení rychlosti, při větších hloubkách je průjezd možný s přiměřenou opatrností operátora především s ohledem na velikost a četnost překážek a na stabilitu a pevnost konstrukce harvestoru či forwarderu (vyvážecího traktoru). Se vzrůstajícím sklonem svahu nabývá na významu množství a velikost překážek a vzdálenost mezi nimi (Ulrich a kol., 2006a).

3.2.9 Charakter porostu

Jelikož je u porostů obnovovaných přirozenou cestou rozmístění stromů nahodilé, nelze v těchto porostech uplatnit „prostorově pravidelný“ systém těžby. Rozmístění a rozestup mezi stromy v porostu přitom mají přímý vliv na přípravu i vlastní průběh těžebního procesu. Spon stromů rovněž ovlivňuje výkonnost těžebního zásahu, případně zvyšuje nároky na zabezpečení přijatelné míry poškození stromu těžným dřívím. Rozestup stromů spolu s jejich sponem také vymezují nutnost „odkácení“ stromů při prokácení transportních linek v porostu, případně omezují dosah výložníku hydraulického jeřábu, neboť vytvářejí soubor překážek, které brání bezeškodnému průchodu těžného dříví (Neruda a kol., 2008).

3.2.10 Charakter stromu

Podle Ulricha a kol. (2006a) jsou harvestorové hlavice konstruovány zejména pro jehličnaté dřeviny. Velmi dobře se jimi zpracovává smrk a jedle, u zpracování starších borovic dochází díky tlustým větvím v korunách stromů při protahování odvětvovacími noži k problémům. V tomto případě je vhodné užití hlavic se 4 protahovacími válci. Práci s harvestory lze také uplatnit ve kvalitních probírkových porostech listnatých dřevin s rovnými

kmeny. U všech dřevin práci s harvestory komplikuje rozdvojení kmene; v porostech s vyšší četností křivých a rozdvojených stromů je nižší efektivita práce.

3.2.11 Charakter větví

Pokud je strom silně zavětven, nebo jsou-li větve tlusté, může být použito pohybových funkcí hydraulického jeřábu, aby se zvýšil odvětvovací výkon (protahovací síla válců). V počítači harvestoru je možné nastavit délku kmenu před odvětvením, čímž se usnadní začátek posuvu dalšího výřezu. Je velmi důležité, aby se zejména u velkých stromů neprovádělo nadzvednutí stromu harvestorem, jinak mohou kmeny uvnitř hlavice proklouznout a může se poškodit řezací lišta (Neruda a kol, 2008).

3.2.12 Bajonetová špička vrcholu stromu

Rónay a Dejmal (1991) zmiňují, že mezi nejnebezpečnější práce operátorů harvestorových technologií se řadí zpracování kalamit velkého rozsahu. Po těchto kalamitách způsobených větrnou smrští bývá častý výskyt různé orientace vyvrácených a polámaných stromů. Kmeny vývratů bývají navíc v takovýchto případech často ohnuté (napnuté), tahané kořenovými koláči.

Pracovní výkonnost je zde výrazně omezena díky zlomeným stromům, u kterých se musí zpracovat zvláště samostatně stojící pahýly stromů a zvláště odlomené korunové části stromu. Tyto podmínky nastavují nutnost užití manuálního řízení a třídění namísto automatického. Zvýšený časový nárok vzniká zvláště při zpracování korunových částí, přičemž pro dosažení optimálního odvětvení je nutný opakovaný pohyb harvestorové hlavice. Po odtěžení vyvrácených stromů je z důvodů vysokého rizika vzniků úrazů žádoucí provádět urovnávání a odstraňování kořenových koláčů vyvrácených stromů. Pro tuto práci je optimální užití harvestorů, případně pásových rypadel opatřených drapáky (Neruda a kol., 2008). Pro odstraňování pařezů je ve Finsku vyráběna klučicí hlavice zavěšená na hydraulickém jeřábu bagrů s hmotností 20t. Je zavěšená na rotátoru, má čtyři nože a ve spodní části jsou ramena zaoblena tak, aby byl pařez ze země vytažen vzhůru. Opakovaným

pohybem ramen dochází k uvolňování zeminy ze středové části pařezu, a tím je zajištěna ekologická čistota pracoviště s možností rychlé strojní výsadby určených dřevin. Tlustější pařezy jsou následně rozčtvrceny podle potřeby zvýšeným tlakem podélných nožů.

3.2.13 Věk porostu

Věk porostu souvisí s dimenzemi stromů v porostech a jejich rozstupem (sponem). Harvestory se ve většině případů těžby pohybují pouze po linkách, mezi kterými je pracovní pole o šířce cca 20 m. Jsou však známy i technologické postupy těžby s větším rozstupem pracovních linek, kdy se harvester pohybuje naopak uvnitř pracovního pole. V těchto případech je nutné ponechat dostatečně volný prostor po stranách stroje, aby nedocházelo k nadměrnému poškození porostu (Neruda a kol., 2008).

3.2.14 Probírka a mýtní těžba

Podle Ulricha a kol. (2006b) se musí před zahájením těžby nejdříve vykácet vyvážecí linka. Stromy na vyvážecí lince je nutno odvětvit, aby se připravovaná jízdní dráha zpevnila pokrytými větvemi. Kořenové náběhy stromů a kořeny, které se mohou lehce poškodit, se rovněž obloží uříznutými větvemi. Šířka vyvážecí linky by měla činit přibližně 4 metry. Dopředu musí být naplánováno umístění skládky kmenů. Kmeny jsou na vyvážecí lince opracovány a posléze složeny na druhou stranu linky. Abychom minimalizovali popojíždění harvestoru z jedné strany na druhou, mohou být stromy káceny střídavě na pravé a levé straně. Směr kácení kmenů by měl být určen s ohledem na jejich třídění, neboť pozdější manipulace s kmeny po kácení bývá obtížnější.

V mýtních těžbách je produktivita práce výrazně vyšší než v probírkách, i když může být velikost zpracovávaných kmenů stejná. Je to proto, že výběr stromů v probírce a stanovení optimální hustoty probírky je „náročné na čas“ (Ulrich a kol., 2006b).

U „obnovních“ sečí je někdy vhodné kácet strom směrem před sebe a od stroje. Odvětvování pak probíhá na vyvážecí lince bezprostředně před strojem. Výhodou takového

postupu je, že vady na kmeni, jako je křivost nebo shnilá místa, je možno zjistit mnohem snáze, než jak je tomu v případě kácení po stranách stroje. U obnovní těžby je zásadou přímé zpracování a vytěžení porostu v pruhu o šířce 8 – 12 m v jednom směru jízdy, dovolí li to charakteristika terénu. Dřevo má být uloženo šikmo ke stroji, neboť díky tomu se klest a špice stromů nedostanou na skládku dřeva na protější straně. V hustém porostu bývá kácení jedním směrem praktičtější.

Během kácení nesmí být v činnosti žádná funkce hydraulického jeřábu. Stromy s větší hmotností je sice možné před kácením mírně předeprnout nepatrným vysunutím hlavního ramene směrem nahoru, ale je důležité dbát na to, aby byl kmen „hladce“ proříznut a nebyl zlomen.

3.2.15 Infrastruktura příjezdových a odjezdových cest

Lesní dopravní síť je souborem cest a linek, které jsou připojeny na veřejné cesty. Lesní dopravní síť se vyvíjí současně s vývojem technologie soustřeďování a odvozu dřeva a její stav má vyhovovat požadavkům pro využití moderních dopravních prostředků (Rónay a Bumerl, 1982). Rozdělení lesních cest lze provést podle dopravní důležitosti a účelu (Hanák a kol., 2002). Hovoří se o odvozních cestách 1. až 4. třídy. Odvozní cesty 1. třídy umožňují svým prostorovým uspořádáním a technickou vybaveností celoroční provoz motorových vozidel. Jsou vždy opatřeny vozovkou z různých stavebních materiálů. Minimální šířka jízdního pruhu je 3,0 m, volná šířka koruny minimálně 4,0 m. Maximální podélný sklon nivelety trasy je 10 %, v extrémních polohách na krátkých úsecích až 12 %.

Odvozní cesty 2. třídy plní funkci alespoň v sezónním provozu motorových vozidel. Povrch cesty je opatřen provozním zpevněním. Minimální šířka jízdního pruhu je 2,5 m, volná šířka koruny cesty nejméně 3,5 m. Maximální podélný sklon nivelety cesty je volen v závislosti na morfologii terénu, druhu podložních zemin, jejich únosnosti a na typu zpevnění povrchu – nemá překročit hodnotu 12 %.

Přibližovací cesty 3. třídy, dříve nazývané svážnice, slouží k vyvážení a přibližování dříví. Jsou sjízdné pro traktory, speciální vyvážecí a přibližovací prostředky. V příznivých

podmínkách je možný na těchto cestách průjezd terénních vozidel. Minimální šířka koruny cesty je 3,0 m. Omezujícím faktorem je sklon cesty, únosnost podložních zemin a jejich náchylnost k erozi. Povrch může být buď bez zpevnění, nebo je opatřen provozním zpevněním, a to celoplošným nebo částečným. Přibližovací cesty a linky 4. třídy jsou určeny k soustřeďování vytěženého dříví z porostu nebo z části porostu. Jsou vedeny zpravidla po spádnicích. Povrch je vždy nezpevněný, zpravidla bez sejmutí humusu. Šířka této cesty je nejméně 1,5 m.

3.2.16 Charakteristiky strojů podle výkonu

Lze říci, že kritéria pro posuzování harvestorů a forwarderů mívají spojitost především se značkou, typem a stářím stroje (Ulrich a kol., 2006a). Pro stručný přehled proto uvádíme tabulku č. IV, ve které jsou zachyceny rozdílnosti strojů v návaznosti na výkon, hmotnost a další technické parametry (Neruda a kol., 2008).

Tabulka č. IV: orientační technická data kolových vyvážecích traktorů (Neruda a kol., 2008)

Orientační technická data kolových vyvážecích traktorů	jednotka	malý vyvážecí traktor	střední vyvážecí traktor	velký vyvážecí traktor
Hmotnost	t	10 – 12	12 – 15	15 – 21
Šířka	cm	250 – 260	260 – 280	280 – 310
Dosah ramene výložníku	m	7 – 10	7 -10	7 – 10
Užitečná nosnost	t	9 – 10	11 – 13	14 – 18
Průměrná hodinová výkonnost	m ³ /h	7,5	11	14
Průměrná roční výkonnost	m ³ /rok	25 000	35 000	45 000
Výkon motoru	kW	80 – 110	110 – 130	130 – 210
Počet kol	ks	8	6/8	6/8

U menších a „slabších dimenzí“ stromů je výhodné použití malého lehkého typu harvestoru, neboť vyniká pohyblivostí a je schopen práce v užší lince. Jeho nižší hmotnost navíc způsobuje menší poškození půdy. Nižší výkon stroje je z ekonomického hlediska kompenzován nižší pořizovací cenou. Při práci v probírkách 35 – 45 letých porostů je optimální použití středního typu harvestoru. V praxi bývá v České republice častěji voleno středního typu harvestoru. Jeho výkon je optimální při hmotnosti stromu 0,15 m³ až 0,2 m³, o průměru 15 – 18 cm. Výkon stroje se udává v poměru mezi objemem vytěženého dřeva (m³) a motohodinou (mth) a je ovlivňován následujícími faktory (Ulrich a kol., 2003):

- typ harvestoru a provedení kácecí hlavice
- kvalita práce a zkušenost operátora
- počet a délka sortimentů
- přístupnost terénu (sklon svahu)
- druh zeminy a vlhkost
- povětrnostní podmínky (roční doba)
- výčetní průměr kmene
- zakmenění
- druh dřeviny
- viditelnost v porostu
- množství vytěžených stromů na 1 ha
- příprava pracoviště, vyznačení stromů a linek
- plán nasazení
- počet nutných přemístění stroje
- denní využití stroje (směnnost)
- technická spolehlivost stroje

Trakční pojezdové ústrojí harvestorů hraje také významnou roli v oblasti bezpečnosti práce. Dělí se na kolové trakční ústrojí, pásové trakční ústrojí, popř. kráčivé trakční ústrojí.

Harvestory s kolovým trakčním ústrojím mívají nejčastěji čtyři až osm kol. S vyšší četností pneumatik je tlak rovnoměrněji rozkládán na půdu, což mimo jiné přispívá ke snížení rizika možných nehod při práci. U šesti nebo osmikolových harvestorů jsou navíc používány zdvojené nápravy, což rovněž zvyšuje stabilitu stroje. Kolový podvozek ve srovnání s pásovým zajišťuje také vyšší mobilitu stroje (Neruda a kol., 2008).

Pásový podvozek zabezpečuje vynikající trakci v podmínkách bažinatého terénu, jinými slovy, jeho výhody se projeví při nasazení v méně únosných půdách, kde je zapotřebí nízkého měrného tlaku. Další výhodou pásového podvozku při práci je jeho vysoká stabilita a velká svahová dostupnost.

Kabiny harvestorů a vyvážecích traktorů jsou zvukotěsné a klimatizované, jejich konstrukční řešení zajišťuje nízkou úroveň vibrací. Ergonomické sedadlo operátora je vyhřívané a má četné prvky nastavení dle hmotnosti a tělesných proporcí operátorů. V horní

části bezpečnostního rámu kabiny jsou umístěny halogenové nebo xenonové pracovní reflektory. Hydraulicky jeřáb je z kabiny ovládán dvěma řídicími pákami, které jsou umístěny v přední části pravé a levé loketní opěrky operátora, kde je také umístěna klávesnice k ovládaní činnosti harvestorové hlavice (Ulrich a kol., 2006a). Nosný sloup jeřábu je otočný, u některých typů je možné i vychýlení vpřed a vzad, což zvyšuje stabilitu harvestoru při manipulaci s kmenem.

3.2.17 Náklon harvestorové kabiny ve vazbě na podvozek

Kabiny harvestorů a forwarderů splňují ochranné prvky mezinárodních standardů týkající se bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (Neruda a kol., 2008). Jedná se o ochranu při převrácení stroje (ISO ROPS – Roll-Over-Protective Structures), ochranu proti padajícímu předmětu (FOPS – Falling Objects Protective Structures) a ochranu proti proniknutí předmětů ze stran (OPS – Operator Protective Systems).

Zajištění stability stroje (bezpečnosti práce) je navíc možné zesílit vyrovnáváním kabiny stroje na svažitých terénech. S vyrovnávacím systémem kabin může dostupnost stroje dosahovat až 45 % sklonu svahu v závislosti na vlhkosti povrchu terénu. Mezi běžné vyrovnávací systémy patří nivelace kabiny přímočarými hydromotory (stabilizační – naklápěcí válce jsou umístěny mezi otáčecím prstencem a rámem stroje) (Malík, Dvořák, 2007). Jsou-li kabiny zavěšeny na profilovém rámu, mohou být vyrovnávány také automaticky. Tlumení nárazů z prudkých výkyvů kabiny je pak ošetřeno hydraulickým systémem (Malík, Dvořák, 2007).

3.2.18 Počet odpracovaných hodin operátora – praxe

Praxe operátora má zásadní vliv jak na pracovní výkon (výrobu, produkci), tak na bezpečnost práce. Operátorovi trvá v průměru přibližně jeden rok, než je schopen kvalifikovaně vykonávat svou práci, nicméně značné interindividuální rozdíly ve výkonnosti a bezpečnosti práce nalezneme i mezi operátory se srovnatelnou praxí. Práce operátora

harvestoru a forwarderu (vyvážecího traktoru) je z mnoha důvodů velmi náročná. Obnáší omezení v sociální oblasti (operátor musí být schopen plánovat a vykonávat svoji práci samostatně, neboť má velmi skrovnou možnost kontaktu v průběhu práce). Činnost operátora je rovněž náročná na exekutivní poznávací funkce (myšlení, vnímání, pozornost), neboť je charakteristická prováděním četných paralelních zpracování informací (rozhodováním) v průběhu velmi krátké doby (Ulrich a kol., 2006a).

3.2.19 Příprava porostu podle GPS – dostupnost signálu GPS

GPS přijímač umožňuje určení polohy v geografických souřadnicích vztažených ke Světovému geodetickému systému WGS-84 (World Geodetic System – 1984). Jedná se o geodetický geocentrický systém armády USA a standardní geodetický systém NATO. Používá zeměpisné souřadnice na referenčním elipsoidu WGS84. Výchozí bod prostorového souřadnicového systému se nachází v těžišti Země, osa Z je osou rotace a osa X leží v rovině rovníku a prochází průsečíkem nultého poledníku s rovníkem.

Software nazývaný obecně „TimberNavi“, který bývá často v harvestorech instalován, používá právě tento geografický informační systém, který umožňuje operátorovi v reálném čase sledovat na displeji palubního počítače pozici jeho stroje. Program je s to nahrávat digitální lesnické mapy a další mapové vrstvy, na kterých mohou být zaznamenána důležitá data týkající se terénních podmínek, vyznačených pracovních polí, významných biotopů, elektrorozvodů, hranic států, silničních a odvozních sítí, skládek atd. Digitální mapy a jejich jednotlivé vrstvy mohou být připravovány rovněž mimo stroje a poté nahrány do palubního počítače. Tím je možné zvýšit efektivitu práce (získání časové úspory a přesnosti zadávaných dat). „TimberNavi“ lze používat v harvestoru i forwarderu: systém je navržen tak, že se předpokládá jeho propojení a využití v obou typech strojů. V harvestoru se například mohou na digitální mapě zaznamenat data týkající se produkce. Takto připravenou mapu lze nahrát do počítače forwarderu, čímž se operátorovi na digitální mapě tohoto stroje umožní zobrazení polohy uskladněného dříví, vyvážecích linek a všech dalších důležitých informací, které mohou být zaznamenávány operátorem harvestoru. Systém tím umožňuje efektivnější plánování odvozu dříví a větší kontrolu nad jeho logistikou. K přenosu dat lze použít např.

GSM bezdrátovou komunikaci. Systém „TimberNavi“ předpokládá vybavení stroje anténou schopnou příjmu GPS signálu. Anténa je u harvestorové techniky John Deere montována na kabinu stroje a je napojena na palubní počítač přes USB rozhraní. Kvalitu GPS signálu částečně ovlivňuje „clona“ lesního porostu (kmeny, větve) (Ulrich a kol., 2010).

3.2.20 Příprava porostů s vyznačením linek páskováním nebo barvou

Operátor harvestorových technologií je při práci ovlivněn mnoha stresujícími faktory, které mu mohou způsobit řadu komplikací (zdravotní, psychické, sociální atd.). Operátor ku příkladu nemusí být stoprocentně obeznámen s profilem terénu a charakterem podloží, výhled z kabiny nemusí umožňovat optimální přehled o vrcholových zlomech, atd. K jedné z věcí, které vedou ke snížení pracovního zatížení operátora, se řadí značení linek (Ulrich a kol., 2003).

Vyznačení linky se děje směrem do porostu, tj. směrem od začátku napojení linky na odvozní cestu. Vybrané stromy jsou označeny podélnou šikmou čarou či šipkou, která současně udává směr pohybu pro odvážení dříví forwarderem z porostu. Vyznačení se může provádět i umělohmotnými, pro ekosystém neškodnými páskami, které se po roce samy „rozpadnou a rozloží“. Páska má výhodu v tom, že je ze všech stran dobře viditelná. V nejmladších probírkových zavětvených porostech se pásy zavěšují svisle, tak, aby byla vytvářená linka v terénu dobře viditelná jak pro operátory harvestorů, tak i pro veškeré další pracovníky v lesnictví.

Vytyčení linky se provádí pomocí tří výtyček, pásma a buzoly. Šířka linek se měří od středu linky, rozstup linek je měřen buďto od středu linek, nebo šířkou mezipásma. V případě zúžení linky z důvodu překážky je vhodnější počítat s vyjmutím jednoho stromu navíc, nežli omezit pohyb harvestoru či forwarderu (Ulrich a kol., 2006b). Pracovní pole by neměla být širší nežli 20 m (u borovice 25 m), s ohledem na dosah hydraulického jeřábu a intenzitu těžebního zásahu. Při vytyčování linky hraje rovněž roli stáří porostu a stupeň zakmenění. Orientační časová náročnost (pracnost) pro vyznačení linky na ploše o rozměru 1 ha je přibližně 1,5 – 2 hodiny, podle míry zakmenění. Konec linky je nutné vyznačit kruhem, šipkou směrem k oblouku (Ulrich a kol., 2009).

3.2.21 Práce v lesním porostu bez přípravy

Stromy vybrané k těžbě jsou v lesních porostech označovány stejnými reflexními barvami, a to vždy ze všech stran ve výšce cca 1,3 metru od země, aby byly na vyvážecí lince viditelné pokud možno ze všech úhlů. Dílčí vyvážecí linky bývají přímé, vytyčené s ohledem na terénní anomálie (Ulrich a kol., 2004). Stromy, které nemají být pokáceny, se označí páskami odlišných barev (způsob značení se aplikuje především v porostech, kde je předpoklad výskytu cenných sortimentů) a chrání se před odřením. Sortimenty je zapotřebí určit s ohledem na požadavky trhu a zpeněžení (Ulrich a kol., 2009).

3.2.22 Skládky

Před zahájením těžebních prací na novém stanovišti by měl být operátor obeznámen s předpokládaným umístěním skládek a s tím, zda li bude skládání prováděno směrem z lesní cesty nebo přímo směrem z lesa. Informace o skládce proto bývají obvykle předem přesně vymezeny; operátor má malý vliv na jejich pozměnění. Optimální plánování skládek má rozhodující vliv na většinu aspektů dopravy, zejména tvar a velikost hlavních i lokálních skládek značně ovlivňují efektivitu dopravy. Špatně uspořádané svazky, např. rozptýlené výřezy nebo „hromádky“ obsahující více než jeden sortiment místo sortimentu jediného, ztěžují operátorovy práci. Informace o dřevinách, sortimentech a objemu dříví v porostu by tudíž měly být známy předem. Všechny vyjmenované faktory, kromě jiného, determinují požadavky na ukládání dříví do hrání. Vymezení výšky hrání je odvislé rovněž od měření dříví (pokud je prováděno na skládce), při kterém by výřezy měly být měřitelné z obvyklých pozic (Ulrich a kol., 2006b).

Při optimálním postavení vyvážecího traktoru na skládce je možné skládat dříví na obě strany v úhlu 90°, ve vzdálenosti 2 – 3 m od kol traktoru.

3.2.23 Kalamity

V kalamitních těžbách je využití harvestorů ve srovnání s tradičními technologiemi (motorové pily) obzvláště výhodné z důvodu vyšší výkonnosti těchto strojů a jejich bezpečnosti práce, neboť lze konstatovat, že jejich zavedení při odřezávání vyvrácených stromů od kořenového koláče je ve srovnání s aplikací motomanuálních postupů takřka bez rizika. Zpracování vývrátů pomocí motorových pil se naopak řadí mezi nejnebezpečnější pracovní činnosti v lesnictví. Na rozsáhlých kalamitních plochách je nutné omezit pojezdy harvestorů jen na nejvhodnější, souběžně vedené trasy. Také v případě práce v kalamitních oblastech je nutno při zpracování napruženého dříví postupovat velmi obezřetně, neboť lze předpokládat silné silové rázy při přeríznutí či odříznutí napružených kmenů. Při zpracování materiálu z kalamitních oblastí se v porovnání s běžnými podmínkami očekává snížení výkonnosti práce s harvestory. Tento pokles výkonu je způsoben především vyšší pracností při zpracování pahýlů stromů a odlomených korunových částí (Neruda a kol., 2008).

4. Měření fyziologických a psychických funkcí

Přesnou registraci fyziologických a mentálních funkcí umožňuje celá řada stále se zdokonalujících aparatur. Jednotlivé přístrojové techniky budou dále vesměs řazeny dle jednotlivých tělesných a psychických funkcí vyjma aparatury s označením Biofeedback 2000 x-pert, která umožňuje měření hned šesti fyziologických funkcí a jedné psychické. Popisem této metody začneme nejdříve.

4.1 Metoda Biofeedback 2000 x-pert

S výzkumnou zkušeností s technickou aparaturou s označením Biofeedback 2000 x-pert od rakouské firmy Schuhfried se můžeme například setkat jak na Mendlově univerzitě v Brně, tak na České zemědělské univerzitě v Praze či Technické univerzitě ve Zvolenu. Využití této aparatury pro edukaci či terapii na podkladě biofeedbacku (učení pomocí zpětné vazby od biologických funkcí) najdeme ve vybraných pedagogicko-psychologických poradnách nebo

soukromých laboratoří nabízejících tréninkový program pro řadu fyziologických a psychických poruch či nemocí.

Fyziologické a neuropsychické funkce jsou pomocí této metody zjišťovány kontinuálně během celé pracovní činnosti zkoumaných osob. „Hardwarová“ část zařízení čítá čtyři „Bluetooth“ bezdrátové moduly, které se mohou přivěsit na oblečení zkoumaných osob, jeden bezdrátový USB přijímač dat a kabely. Kabely jsou na jedné straně zakončeny konektory, které slouží jako vstup do bezdrátových modulů, a na straně druhé ukončeny senzory registrujícími teplotu, srdeční puls, polygraf apod., nebo elektrodami pro snímání EMG, EEG, které je možné připnout nebo nalepit na tělo zkoumaných osob (obr. č. 2).

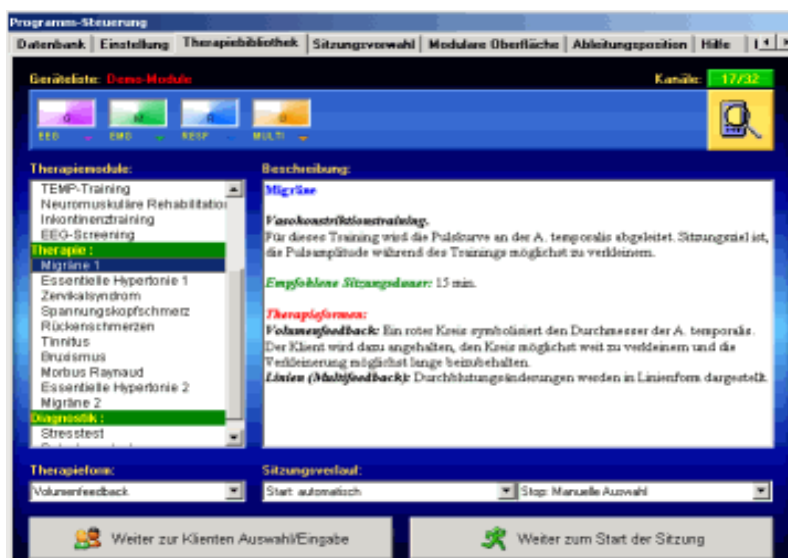
Obrázek č. 2: bezdrátové moduly se senzory a elektrodami



Aparatura také obsahuje mikrofón, který je zvláště vhodný pro pořízení audio záznamu o průběhu výzkumu (např. k nahrávání rozhovoru se zkoumanými osobami, k poznačení průběhu a změn v pracovní činnosti zkoumaných osob apod.).

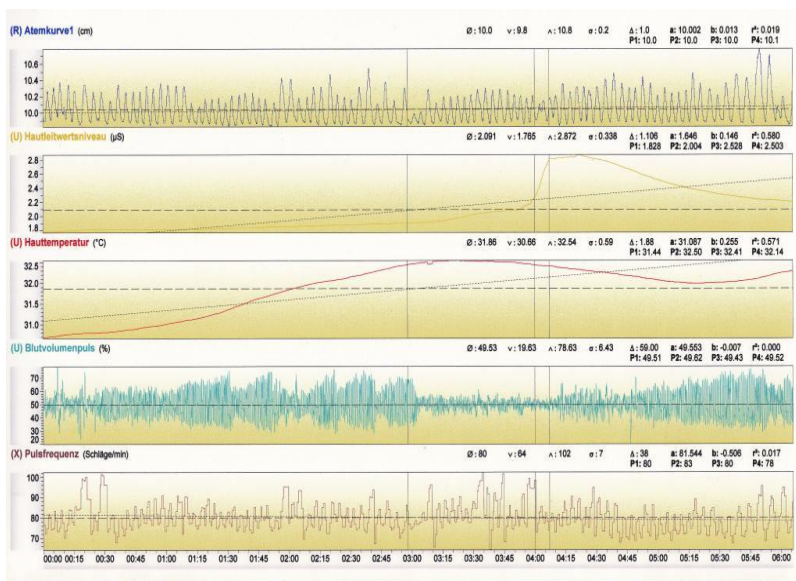
Digitální data jsou z modulů posílána bezdrátovou cestou Bluetooth do USB přijímače, který je připojen k počítači, a zpracovávána v software Biofeedback 2000 x-pert verze 3.0. (viz obr. č. 3).

Obrázek č. 3: software Biofeedback 2000 x-pert verze 3.0.



Údaje o fyziologických funkcích jsou do počítače permanentně zaznamenávány v intervalech od 0,05 sec. do 0,25 sec. (podle druhu fyziologické funkce) a po skončení jejich registrace jsou zobrazeny do grafu (obr. č. 4).

Obrázek č. 4: grafy fyziologických funkcí



Biofeedback 2000 x-pert lze lapidárně rozdělit na část diagnostickou (měření fyziologických funkcí) a část terapeutickou (biofeedback), ve které se nabízí léčení širokého spektra fyziologických a psychických poruch či nemocí: od migrény, esenciální hypertonie, přes cervikální syndrom, bolesti hlavy a zad, po tinnitus (ušní šelest), bruxismus (velmi intenzivní skousávání čelistí doprovázené hlasitým skřípáním či cvakáním zubů při spánku) a

morbus Raynaud (degenerativní ledvinové onemocnění). Metoda přispívá k učení se optimálnímu dýchání, snížení aktivace autonomního neurovegetativního systému sympatického nervstva (sympatiku), k desensibilaci, redukci svalového napětí, zvyšování pocitu tepla v rukou (jako projevu relaxovaného stavu, viz autogenní trénink), ke snižování poruch spánku a projevů hyperaktivity a poruch pozornosti (ADHD syndrom).

(Pro monitorování pracovní činnosti operátora a pro mapování či pro doložení (datování) změn ve fyziologických funkcích mohou být pořizovány videozáznamy videokamerou. Jedna z vhodných kamer nese obchodní označení Helmet Hero Wide; výhodami této kamery jsou její malá hmotnost, snadná možnost připevnění na oděv nebo tělo zkoumaných osob a velký rozsah snímaného pole (jedná se o rozsah 170°), který je důležitý proto, aby v co možná nejvyšší míře simuloval rozsah zorného pole zkoumaných osob.)

Biofeedback 2000 x-pert měří tyto fyziologické funkce:

1. EEG (elektroencefalograf zachycující mozkové vlny o různých frekvencích):
Gama vlny EEG (30 – 40 Hz),
vysoké Beta vlny (20 – 30 Hz),
Beta vlny (15 – 20 Hz),
SMR vlny (12 – 15 Hz),
Alfa vlny (8 – 12 Hz),
Theta vlny (4 – 8 Hz),
Delta vlny (0,4 – 4 Hz),
2. EMG (elektromyograf měřící svalové napětí),
3. respirace (měření různých parametrů ventilace plic):
celková brániční respirace,
amplituda brániční respirace,
frekvence brániční respirace,
celková hrudní respirace,
amplituda hrudní respirace,
frekvence hrudní respirace,
4. kožně galvanická reakce:
úroveň kožní vodivosti,
úroveň kožního reflexu,

5. tělesná teplota,
6. srdeční puls:
celkový puls,
objem (síla) srdečního pulsu,
amplituda objemu (síly) srdečního pulsu,
7. motilita (registrující bezděčné i záměrné pohyby vybraných tělesných partií, v našem případě prstů rukou).

Naměřená data je možné exportovat například do počítačového programu SPSS nebo Statistica, ve kterých lze provést kompletní statistické ošetření hodnot fyziologických funkcí.

4.1.1 Elektroencefalografie

Elektroencefalografie (EEG) je diagnostická metoda, pomocí níž jsou snímány a zaznamenány s velkou časovou přesností elektrické potenciály vznikající během činnosti mozku. V elektroencefalogramu jsou pak zobrazeny celkové úhrny prostorových a časových sumací těchto (postsynaptických) potenciálů, které primárně vznikají na těle – jádru (sóma) neuronů (Krajča, Petránek, 1995; cit. dle Fiřová, 2013). Na obecné rovině se jedná o jednu z metod měřících elektrické biosignály, které mohou mít svůj původ jak v nervových, tak svalových buňkách (elektromyogram, elektrokardiogram) a jsou výsledkem elektrochemických procesů uvnitř a mezi buňkami (můžeme je měřit pomocí nitrobuňčných mikroelektrod, stejně jako za pomoci elektrod na povrchu orgánu). Pokud na nervovou nebo svalovou buňku působí stimul silnější, nežli je její prahová hodnota excitace, buňka s velkou pravděpodobností vygeneruje akční potenciál. Akční potenciály excitovaných buněk jsou přenášeny na přilehlé buňky a mohou kolem sebe vytvořit elektrické pole. Tohoto jevu si všiml Luigi Galvani a Alessandro Volta již v druhé polovině 18. století (cit. dle Bušek, 2001). Objevitelem elektroencefalografie je však jenský psychiatr Hans Berger, který provedl první záznam EEG v roce 1924; o pět let později vyšla jeho první práce pojednávající o této oblasti (cit. dle Bušek, 2001).

Je zajímavé, jak se liší odhady množství neuronů v lidském mozku. V literatuře se totiž setkáváme s čísly buďto v rozsahu mezi 10 – 15 miliard, nebo 40 – 86 (Azevedo et al., 2009),

či dokonce 100 miliard (je pravdou, že počet neuronů se u každého jednotlivce liší, což je dáno především genetickou výbavou, nicméně i tak je rozpětí množství neuronů opravdu při nejmenším pozoruhodné). Objev neuronu je spojen s českým vědcem Janem Evangelistou Purkyně, který jej jako základní jednotku nervové tkáně popsal již v roce 1835 (dnes se Purkyněho buňkami myslí specifický typ neuronů v rámci multipolárních neuronů Golgiho typu I s dlouhým axonem). Počet neuronů se v podstatě od narození nemění na rozdíl od počtu spojení mezi nimi, které jsou do velké míry jak z pohledu kvality, tak z pohledu kvantity utvářeny množstvím a komplexností vnějších stimulů (učením, výchovou atd.). Každý neuron může vytvářet až 15 000 spojení (v průměru 7 000 spojení) s dalšími neurony, čímž pádem vzniká prostor pro vznik neuronové sítě s téměř neomezenými hranicemi. Typický neuron se skládá ze sóma (těla s jádrem), axonu a dendritů. Axon je dlouhé vlákno vycházející z těla neuronu. Na konci se mnohonásobně větví. Rozvětvené výběžky se v místě zvaném synapse zpravidla napojují na krátké výběžky (dendrity), které naopak směřují k tělům dalších neuronů. Nejdůležitějšími částmi synapse, které zprostředkovávají přenos signálu, jsou synaptická štěrbina, presynaptická a postsynaptická membrána. Synaptická štěrbina je široká 10-40nm a funguje jako izolant mezi jednotlivými neurony. Elektrický impuls, který dosáhne presynaptické membrány, uvolní do synaptické štěrbiny neurotransmiter, který směřuje (difunduje) k postsynaptické membráně, kde dochází k další změně potenciálu, který je veden dále po dendritech. Elektrický vzruch (informace) v axonu presynaptické buňky je převedena na informaci chemickou – neurotransmiter; složením se jedná především o aminokyseliny (glycin, kyselina glutamová a aspargová), monoaminy (noradrenalin, dopamin a serotonin) a peptidy (vasopresin). Neurotransmitery jsou na postsynaptické buňce opět přeměněny na elektrický signál. Vzruch se v soustavě neuronů šíří tak, že tělo neuronu nejprve dostává slabé elektrické impulsy od dendritů. Jestliže součet potenciálů těchto impulsů překročí určitou hodnotu, neuron vyšle signál do axonu, na který jsou vesměs přes synaptickou štěrbinu napojeny dendrity dalších neuronů, a proces se tak může, jak již bylo řečeno, znovu opakovat. Axon bývá navíc obalen Schwannovými buňkami, jejichž rotací okolo axonu a jejich zhuštěním vzniká nevodivá bílkovina myelin (sloužící jako izolant elektrických signálů), tvořící zevní lipoproteinovou pochvu axolemy. Myelinová pochva je přibližně v 1,5 mm intervalech přerušována Ranvierovými zářezy, které výrazně urychlují přenos signálu, neboť při každém styku impulsů s tímto zářezem dochází k obnovení původní

intenzity těchto impulsů (jako mnemotechnická pomůcka může sloužit, že tyto zářezy bývají připodobňovány k trafostanicím).

Obecně vzato, schopnost změn elektropotenciálů mají pouze nervové a svalové buňky; tato skutečnost je dána schopností měnit permeabilitu (propustnost), a tím i vodivost svých membrán, která umožňuje přechod z klidového potenciálu na potenciál akční. Klidový potenciál nastává spojením obou stran buněčných membrán a je výsledkem nerovnoměrného rozložení iontů uvnitř buňky (ionty sodíku Na^+) a vně buňky (ionty draslíku K^+). Ionty sodíku (Na^+) jsou nepřetržitě vytlačovány ven z buňky ionty draslíku (K^+), přičemž díky malé propustnosti membrán v podstatě nedochází k samovolné zpětné difúzi iontů. Klidové napětí, pohybující v rozmezí 60-100 nV, je zabezpečováno energií Na-K ATP (nukleotidem adenosintrifosfátem). Nukleotidy jsou látky složené z nukleové báze (nejčastěji purinové nebo pyrimidinové), pětiuhlíkatého monosacharidu - cukru (ribóza nebo deoxyribóza) a jednoho nebo více zbytků kyseliny fosforečné. To, že energetickou složkou nukleotidů je monosacharid glukóza, vysvětluje fakt, proč se zvýšenou činností mentálních – poznávacích (kognitivních) funkcí (například o zkouškovém období) roste „chuť na sladké“.

Vraťme se ale k obecnému šíření informací v mozku; vygenerovaný výboj podráždí jiné skupiny neuronů v okolí, přičemž se krok za krokem vytváří postupující vlna a zároveň dochází k útlumu předchozích excitujících neuronů do klidového stavu, dokud nedojde k opakování celého procesu. Celková velikost vlny potom odpovídá množství synchronizovaných neuronů produkujících výboje. Akční potenciál vedený na axonu není pomocí EEG registrován z důvodu krátkého trvání jeho průběhu (okolo 1 ms), zatímco postsynaptické potenciály trvající okolo 100 ms již zaznamenávány jsou. Následná sumace elektrických polí se děje jak v čase (tj. synchronizace), tak i v prostoru. K tomu, aby byl elektrický signál dostatečně silný a měřitelný, je nutné, aby došlo k sumaci elektrických dějů odehrávajících se synchronně v celé skupině paralelně orientovaných neuronů (rozsah činnosti mozkové tkáně, kterou je možné vyšetřit elektroencefalograficky, se omezuje pouze na ty neurony, které jsou orientovány paralelně a rovnoběžně s registrační elektrodou na vrcholu závitů (gyrů) mozkové kůry).

Elektrické děje probíhají v mozku neustále a v čase se rytmicky mění. Zdrojem rytmických změn elektrických potenciálů je pravděpodobně thalamus. Thalamus velkou

měrou usměrňuje všechny struktury mozku, které jsou z morfologického pohledu „pod ním“ (zejména mozkový kmen, mozeček) a současně je sám ovlivněn zpětným působením mozkových center „nad ním“, tedy center uložených v koncovém mozku. Tímto poměrně složitým mechanismem za spolupůsobení uvedených struktur dochází k tvorbě EEG rytmů oscilujících se specifickou frekvencí (Krajča, Petránek, 1995; cit. dle Fiřová, 2013). V literatuře se nejvíce setkáme s rozlišováním těchto pěti (základních) frekvenčních pásem: alfa, beta, gamma, delta, theta.

Alfa rytmus (8 – 12 Hz; amplituda 5 – 100 μ V). Alfa aktivita je patrně základním rytmem EEG. Alfa rytmus je též někdy označován jako Bergerovy vlny s ohledem na zakladatele elektroencefalografie. Jedná se o neuronové oscilace vznikající synchronizovanou a spojitou aktivitou buněk thalamických jader. Z pohledu anatomického se ve stavu bdělosti maximum alfa vln nachází na zadních oblastech mozku, konkrétně v oblastech týlních a spánkových (okcipito – temporálních) a temenních (parietálních), z pohledu fyziologického se alfa vlny vyskytují ve stavu tělesné a psychické relaxace, při poklesu soustředění, ve stavech snížené mozkové aktivity. Alfa vlny vznikají převážně v okcipitálním laloku při zavřených očích ve stavu bdělé relaxace. Otevřením očí, ospalostí či spánkem alfa aktivita mizí nebo je značně redukována. Alfa rytmus negativně koreluje s mozkovou aktivitou, která se vyskytuje při stavech zvýšené záměrné pozornosti. Jinými slovy jsou tyto dvě aktivity mozku ve vzájemně provázaném „obráceném“ vztahu; aktivita alfa totiž bývá blokována v důsledku otevření očí a při náhlé koncentraci pozornosti spojené například s řešením problémů. Podle funkčnosti lze alfa rytmus rozdělit na nižší alfa pásmo (8 – 10 Hz) a na vyšší alfa pásmo (11 – 13 Hz). Při výskytu nižšího alfa pásma dochází k útlumu méně náročných úkolů na pozornost, přítomnost vyššího alfa pásma je naopak spojena s výskytem operací majících spojitost s dlouhodobou doložitelnou (deklarativní) pamětí (Pflanzer, Uyehara, McMullen, 2000; cit. dle Fiřová, 2013).

Beta rytmus (12 – 30 Hz, amplituda 20 – 30 μ V, trvání jednotlivých vln je v rozmezí 40 – 50 ms, což značí rychlou aktivitu mozku. Zdrojem oscilací o frekvenci beta je opět thalamus. Beta aktivita je spojena s bdělým stavem vědomí, se stavy zvýšené pozornosti, smyslové koncentrace, bývá přítomna u logického analytického myšlení, u pocitů neklidu, hněvu a strachu (zdá se, že rostoucí beta aktivita následuje po nespecifickém vzrůstu emočního nabuzení). (Aftanas, Reva, Savotina, Makhnev, 2006; cit. dle Fiřová, 2013). Beta

aktivita klesá během non-REM fáze spánku, a to téměř přímo úměrně vzhledem ke vzrůstající delta aktivitě, která bývá indikátorem prohloubení této spánkové fáze. Ve srovnání s alfa rytmem se objevuje jak při otevřených, tak při zavřených očích. Je zajímavé, že poměr beta aktivity se zvyšuje s věkem a u žen bývá ve větším zastoupení nežli u mužů (Pflanzer, Uyehara, McMullen; 2000 cit. dle Fiřová, 2013). Obecně se beta aktivita vztahuje také k pohybu. Vyrůstá v momentě, kdy má dojít k pokračování pohybu nebo k jeho potlačení vůlí (Zhang, Chen, Bressler, Ding, 2008; cit. dle Fiřová, 2013). Nejvyšší hodnoty beta rytmu se nejčastěji nalézají nad čelními laloky (frontálními až fronto – centrálními), směrem dozadu lebky aktivity beta ubývá. U beta rytmu se setkáme s dělením na nízkou betu 1 (12,5 – 16 Hz), betu 2 (16,5 – 20 Hz) a vysokou betu 3 (20,5 – 28 Hz). Nízká beta s mnohočetnými a proměnlivými frekvencemi je často spojována s přítomností „úzkostného“ myšlení a aktivní pozorností (Baumeister, Barthel, Geiss, Weiss, 2008; cit. dle Fiřová, 2013).

Delta rytmus je pomalý rytmus s velkou amplitudou a nízkou frekvencí oscilace mezi 1 – 4Hz. Jeho výskyt byl zaznamenán jak v kortexu, tak v thalamických jádrech za podpory retikulární formace (Gross, 1992; cit. dle Fiřová, 2013). Je typický pro hluboký spánek (spánek pomalých vln – orig. slow wave sleep, SWS) v non REM fázi (Spironelli, Angrilli, 2009, cit. dle Fiřová, 2013). Jeho výskyt i v bdělém stavu vědomí najdeme u především u novorozenců, nicméně objevuje se přibližně do věku 5 let (Taylor, Eric, Rutter, Michael, 2002; cit. dle Fiřová, 2013). Delta aktivita má klesající tendenci se vzrůstajícím věkem, přičemž největší pokles přichází ve 40 letech věku, okolo 75 let lidem zcela vymizí čtvrtá spánková fáze a s ní i delta aktivita. (Colrain, Crowley, Nicholas, Afifi, Baker, Padilla a kol., 2010; cit. dle Fiřová, 2013). Tato skutečnost je patrně příčinou, proč si starší lidé stěžují na „nekvalitní“ spánek a problémy s usínáním a probouzením v průběhu „mělkého“ spánku. Zajímavé rovněž je, že ženy mají ve srovnání s muži více delta aktivity a její pokles u nich není s věkem tak výrazný (Ehlers, Kupfer, 1997; cit. dle Fiřová, 2013). Delta aktivita stimuluje vyplavování některých hormonů, mezi něž patří například růstový hormon. Přispívá patrně rovněž ke konsolidaci paměťových stop v deklarativní a explicitní paměti (Hobson, Pace-Schott, 2002; cit. dle Fiřová, 2013) a její míra výskytu koreluje s výraznými schopnostmi v oblasti krátkodobé paměti (Liu, Shi, Zhao, Yang, 2008; cit. dle Fiřová, 2013). Objevuje se u transu, hypnózy; v bdělém stavu vědomí paradoxně naopak při poškozeních mozku, mozkových mrtvicích,

kontuzích, infekcích a nádorech (Spironelli, Angrilli, 2009; cit. dle Fiřová, 2013), u Parkinsonovy choroby, Alzheimerovy demence, alkoholismu atd.

Pro theta rytmus (4 – 7 Hz; amplituda 5 - 100 μ V) je charakteristický výrazný útlum všech funkcí spojený s ospalostí (usínáním), mysl ani tělo nereagují na téměř žádné smyslové podněty. U zdravých jedinců se vyskytuje převážně v centrální, temporální a parietální oblasti mozku, přičemž u starší populace nabývají jeho projevy na intenzitě ve spánkové oblasti. Výraznější manifestaci tohoto rytmu opět najdeme ve srovnání s muži u žen. Objevuje se u poruch pozornosti a zpracování informací, u lehkých mozkových dysfunkcí, při emocionálním stresu. Zdá se rovněž, že tyto rytmy jsou také provázány s představivostí, vizualizací, fantazií a tvořivostí. U dospělých osob se theta rytmus projevuje dvěma způsoby (Schacter, 1977; cit. dle Fiřová, 2013): první typ theta je rozšířený po celé lebce a souvisí s ospalostí a s neefektivním zpracováním informací spojeného s vyšší chybovostí. Druhý typ nazývaný fm theta je naopak propojen s mentálními aktivitami, které jsou přítomny u řešení složitých typů úloh vyžadujících mentální kalkulace, pracovní paměti, učení a pozornost, která je podmínkou pro zpracování velkého množství operací. (Asada, Fukuda, Tsunoda, Yamaguchi, Tonoike, 1999; cit. dle Fiřová, 2013). Přítomnost fm theta rytmu také pozitivně koreluje s přítomností pozitivně hodnocených emočních zážitků.

Gamma rytmus (25 – 100 Hz, obvykle 40 Hz) je vysokofrekvenční oscilací, která je díky filtračním vlastnostem lebky a kůže slabě rozeznatelná (zaznamenaná data tohoto rytmu bývají znehodnocena mnoha artefakty). Tento rytmus souvisí s vyšší duševní činností, s řešením problémů a s uvědomováním. Je také registrován ve spánkové fázi REM (spojené s vizualizací). Zdroj gamma rytmu opět „vyvěrá“ z thalamu. Gamma rytmus je považován za nástroj časové synchronizace, která tvoří stěžejní platformu vědomí. Engel (1999; cit. dle Fiřová, 2013) dochází ke gamma hypotéze, podle které může „synchronizace neuronových výbojů sloužit integraci rozptýlených neuronů do buněčných shluků, čímž dochází k procesům, jež mohou být podkladem pro výběr percepčně a behaviorálně relevantních informací“.

Na obecné rovině je metody EEG hojně využíváno jako fyziologického „markeru“ únavy, neboť měřením všech zmíněných mozkových vln o různých specifických frekvencích je primárně možné získat údaje o různých stupních bdělosti. V tomto směru je EEG

nejvyužívanější metodou; v praxi se proto většina metod určených pro měření únavy srovnává s EEG jakožto vzorovým nástrojem pro hodnocení únavy. Všeobecně totiž platí pravidlo, že vysoké frekvence či nízké amplitudy rytmu jsou spojeny s mozkovou aktivitou (např. s bdělostí či sněním v REM fázi), zatímco nízké frekvence či vysoké amplitudy rytmu souvisí s ospalostí nebo hlubokým spánkem v non REM fázi. Vícekrát bylo potvrzeno, že k nejvýraznějším změnám v neuronální aktivitě dochází při přechodu z bdělého (lucidního) stavu vědomí do ospalosti až spánku v alfa a, slaběji, v theta frekvenčních pásmech (především v zadních částech mozku). Omezením při zkoumání únavy je skutečnost, že útlum organismu není měřitelný z jednotlivých neuronů, neboť EEG je záznamem činnosti milionů neuronů současně, do které kromě únavy paralelně promlouvá celá řada jiných faktorů.

Bdělost (vigilanci) je možno klasifikovat dle více kritérií a do různých kategorií. Častá bývá klasifikace dle šesti tříd, od stavu vigily, přes 1. až 4. stav NREM, po REM spánek. Fáze usínání se dále rozlišují dle Rothovy klasifikace na stadium 1, kdy dochází k rozpadání aktivity alfa a vzniku somnolence (ospalosti), stadium 2 s narůstající aktivitou theta (o frekvenci 5-6 Hz), stadium 3 s 20 – 50% podílem delta vln při zachování dominující aktivity theta vln s frekvencí 3-4 Hz, stadium 4 nejméně s 50% podílem delta vln s vyšší amplitudou.

Biofeedback 2000 x-pert umožňuje měření EEG pomocí 5 elektrod (4 z nich jsou určeny ke snímání EEG a 1 je referenční, umístěná na nevodivém místě na těle). Běžně používané přístroje na měření EEG v klinické praxi však používají mezinárodní systém standardního rozmístění elektrod, systém tzv. 10/20. Na povrchu hlavy (skalpu) je umístěno dle předem definovaných pozic 21 elektrod, z toho 19 je snímacích a 2 referenční. Pozice byly odvozeny na základě mnohočetných studií podle morfologických a funkčních parametrů mozku (například dle Brodmanovy architektonické mapy mozku, dle anatomických bodů atd.). Číslo 10 a 20 značí relativní vzdálenost (v procentech) mezi polohami elektrod na obvodu lebky. Vzdálenost mezi elektrodami v systému 10/20 je u dospělého člověka cca 4,5 cm. Dodržení stálé vzdálenosti mezi elektrodami a jejich rovnoměrné rozmístění je ošetřeno pomocí speciální elektrodové „čepice“.

4.1.2 Svalové napětí

Změny elektrických svalových potencionálů zaznamenává elektromyograf (EMG). Svalové napětí kolísá ve spojitosti s velkým počtem faktorů. Při emočních zážitcích či při usilovné pozornosti se EMG aktivita výrazně zvyšuje (Švancara, 2003), při únavě snižuje, v průběhu zátěže zpravidla snižuje (svalové vyčerpání), nejedná li se o soustavu svalů, které jsou systematickou a pozvolnou zátěží stále více napínány do „křečových stavů“.

Kosterní svaly jsou inervovány axony motoneuronů (jejich těla se nalézají v mozku, popř. v předních rožích páteřní míchy). Z páteřní míchy vedou motorická nervová vlákna cestou spinálních nervů, ven z mozku pak směřují hlavovými nervy. V obou variantách se pak člení do periferního nervstva, odkud jsou zakončeny k příslušným příčně pruhovaným svalům. V blízkosti svalu se každé nervové vlákno dělí na terminály, které inervují jednotlivá svalová vlákna. Svalová vlákna inervovaná jedním motoneuronem se označují jako motorická jednotka. Jeden motoneuron může inervovat více svalových vláken, nicméně jedno svalové vlákno může být inervováno pouze jedním motoneuronem. Velikost motorické jednotky (např. 1:10, 1:50, 1:3000) je dána především funkcí svalu (flexe, extenze apod.) a jeho umístěním (anatomickou lokalizací). Čím je motorická jednotka menší, tím je větší počet motoneuronů, které sval inervují, a tím větší je také kontrola kontrakce. Například svaly ruky mají malé motorické jednotky, a tudíž mnohem přesnější kontrolu pohybu. Naopak u svalů, které mají velké motorické jednotky, není nutná přesná kontrola kontrakce (například zádové svaly udržující vzpřímený postoj). (Čmejla a kol., 2013).

Při aktivaci motorické jednotky vznikají a šíří se elektrické impulsy, které jsou hybnými jednotkami pro svalovou kontrakci. Přestože jsou elektrické impulsy vedené jedním svalovým vláknem velice malé ($< 100 \mu\text{V}$), větší počet simultánně aktivovaných vláken je již schopen vyvolat elektrickou změnu, kterou lze na kůži v blízkosti podrážděného svalu snímat. Z vlastností svalu dále vyplývá, že čím větší síla je od svalu požadována, tím rychlejší musí být impulsy, které z mozku do svalu přicházejí. Samozřejmostí je také to, že pro vyšší sílu je zapotřebí zapojení většího počtu svalových jednotek. Více svalových jednotek vytváří větší množství myopotenciálů, což se na záznamu EMG projeví větší amplitudou (Čmejla, 2013). Znázornění průběhu svalového napětí v elektromyogramu je zpravidla zpracováno pomocí interferenčního vzorce, který vzniká překrytím sumačních potenciálů většího počtu motorických jednotek. Nejedná se o prostou sumaci elektrického napětí v daném okamžiku,

ale je výsledkem vícečetných interferencí (překrývání) v prostorovém vodiči – sval, kůže, elektrody (Rodová et al., 2001).

Během svalové kontrakce se mění elektrická a chemická energie na energii tepelnou a mechanickou. Při této přeměně vznikají odpadní látky, zvláště, čerpá-li sval energii rychleji, nežli je schopna být dodána buněčným metabolismem. Transport energetických látek je zabezpečován pomocí krevního oběhu, ve kterém jsou odváděny jak odpadní produkty metabolismu (voda, CO₂, event. kyselina mléčná) z pracujícího svalu, tak přinášeny nové živiny (glukóza, ATP aj). Pokud nedochází k včasnému odplavování některých metabolitů, dochází k jejich kumulaci a chemické interferenci s procesem kontrakce, což výrazně urychluje klinické projevy únavy. Některé odpadní produkty mohou také v okolních tkáních stimulovat receptory volných nervových zakončení pro bolest, následkem čehož vzniká prostor pro vznik svalových křečí. Svalová křeč je obecnou známkou buďto nedostatečného krevního průtoku, nebo látek v krvi obsažených, stejně jako svalová únava, ke které dochází během déletrvající či opakované kontrakce z důvodu ischemie (nedostatku kyslíku) nebo lokálního vyčerpání některého z metabolických substrátů (Zwieck, 1994). Příčinami především bývá vyčerpání kreatinfosfátu a rezerv (ATP), či hromadění katabolitů, které ovlivňují pH, a tím i účinnost enzymů. Pokles síly bývá připisován uvolnění Ca²⁺ iontů a vazbě na troponin. Projevy svalové únavy je možné zachytit na spektrální změně elektromyografického signálu. Spektrální parametry mohou být dány některou z charakteristik frekvenčního spektra (průměrem, mediánem, modem) nebo poměrem nízkého a vysokého frekvenčního pásma či plochou integrovaného signálu korespondujícího s poklesem mediánu frekvence. De Luca (1997) doporučuje k hodnocení únavy použít medián frekvence, který považuje za optimální indikátor citlivosti na biochemické a fyziologické změny, a který je také relativně „rezistentním“ proti případným chybám v měření, například proti šumu a dalším nežádoucím artefaktům. Kolísání hodnot frekvenčního spektra elektromyografického signálu je především odvislé od sumačních akčních potenciálů motorických jednotek (MUAP) a od rychlostí šíření signálů z motorických jednotek. Součty akčních potenciálů motorických jednotek jsou pak například dány počtem detekovaných aktivovaných motorických jednotek, typem a průměrem svalových vláken, prostorovým umístěním aktivních svalových vláken uvnitř svalu, množstvím tkáně mezi elektrodami a aktivními motorickými jednotkami apod.) (Čmejla, 2013).

Kromě uvedeného elektromyografického signálu lze registrovat i tzv. svalovou mikrovibraci (Rohracher, 1943; cit. dle Švancara, 2003), která vzniká produkcí neustálých mikroskopických rytmických pohybů, jejichž frekvence u zdravého jedince činí 7-13 Hz a jejichž velikost se ve stavu optimálního svalového uvolnění pohybuje v rozmezí 0,5-5 mikronů (měřeno na povrchu kůže). Mikrovibrace je ve značné míře ovlivnitelná emocemi (emoční labilitou). Williamson například uvádí, že u jedinců s navozenou experimentální zátěží se amplituda mikrovibrace zvyšuje o 90% (cit. dle Švancara, 2003).

4.1.3 Respirace

Bazální funkcí dechového ústrojí je zásobení organismus kyslíkem, zbavení se přebytkého oxidu uhličitého a udržování stálého pH krevní plasmy. Na zabezpečení těchto funkcí se spolu s respirací podílí i kardiovaskulární systém. Dýchání je možno rozdělit na dvě části, a to na vnější ventilaci, při které v plicích dochází k výměně plynů z vdechnutého atmosférického vzduchu, včetně směny plynů mezi alveolárním prostorem a krví (Trojan, 2003), a na vnitřní dýchání, při kterém dochází k výměně dýchacích plynů mezi krví a buňkou svalu nebo jiné tkáně. Ventilace probíhá s přispěním pohybů hrudníku, které zabezpečuje hrudní svalstvo (Shubert, Ernest, 1991). Skládá se jak z aktivního vdechu – inspirace, vznikajícího stahem (kontrakcí) mezižebních svalů a bránice, tak z výdechu – expirace (Šedivý, 2006). Při inspiraci dochází ke stáhnutí bránice směrem dolů a zdvižení žeber, čímž se zvýší objemu hrudníku, přičemž tlak v alveolách klesne pod barometrickou hodnotu tlaku okolí (Silbernagl, 2004). Hodnota respiračního objemu je v klidovém stavu těla v průměru 0,5 l, inspiračním rezervním objemem lze tuto hodnotu navýšit (dodechnout) o dalších 2,5 l vzduchu. Frekvence inspirace je 10-16 Hz/min. Celková kapacita plic činí u žen v průměru 4,5 l, u mužů 6,5 l. Limity těchto kapacitních hodnot se posouvají v souvislosti s věkem, somatotypem a trénovaností člověka. Nejvyšší hodnoty vitální kapacity plic najdeme u aktivních sportovců, trubačů, zpěváků, sklářů (foukačů skel) apod. (Šedivý, 2006). Množství minutové inspirace se liší v závislosti na pohlaví (u mužů 16 a u žen 18), její frekvence však především souvisí s mírou tělesné i psychické aktivity (zátěže), kdy dochází k razantnímu navýšení spotřeby kyslíku.

Expirace (výdech) je dějem pasivním, při němž se hrudník vlastní vahou vrací z pozice inspirace do výdechové polohy. Dochází k uvolnění dýchacích svalů, ke zmenšení objemu hrudníku, bránice je v relaxační poloze a vyklenuje se opět směrem nahoru. Expirace je zakončena uvolněním – smrštěním vnitřních mezižeberních svalů (Hanzlová, Hemza, 2007). Při tělesné námaze nebo například při zakašlání se však expirace stává procesem aktivním, neboť závisí na kontrakci expiračních svalů, které svým stažením docílí stáhnutí žebor směrem dolů. Následně se sníží objem hrudního koše, se kterým je spojené stlačení plic.

Respirace je řízena z mozkových center uložených v prodloužené míše a v mozkovém kmeni. Nervové impulzy se odtud šíří cestou míšních nervů k jednotlivým respiračním a inspiračním svalům (Hanzlová, Hemza, 2007). Dýchání je též regulováno cestou chemickou, kterou je možno do jisté míry modulovat psychikou, například vůlí, záměrnou pozorností apod. (Rokyta, 2008). Základní vzorec dýchání může být ovlivněn rovněž únavou. Ukazatelem únavy dýchacích svalů jsou změny ve vzorcích dýchání, které vypovídají o změnách poměrů nádechových a výdechových objemů. Únava respiračních svalů se při zátěži a s ní související únavou projevuje rychlým a mělkým dýcháním, jinak řečeno, zátěží dochází ke zvýšení frekvence a snížení amplitudy respirace (objemu plic). Tato skutečnost byla mimo jiné také vícekrát potvrzena v našich výzkumech, ve kterých byly pomocí psychofyziologických funkcí (včetně respirace) zkoumány projevy zátěže u operátorů lesnických harvestorů a forwarderů (Fiřo, 2010, 2013). Předpokládá se dále, že v případě fyzického zatížení vysoké intenzity (běh na 100 metrů) je limitem výkonu (výkonnosti) především kapacita plic, potažmo dýchacích svalů. Průběh (křivky) respirace může ovlivnit celá řada dalších faktorů, například situačních, které nemusí mít dlouhého trvání. Tak například při nenadálém podnětu (úleku) může dojít k přechodné zástavě dechu. Je také známo, že u většiny emocí (zvláště u krátkodobých afektů silné intenzity) se dýchání zrychluje a prohlubuje, je porušena pravidelná frekvence.

V odborné literatuře se setkáváme s popisem tří druhů dýchání, a to klavikulárního (klavikula – klíční kost), žeberního a abdominálního (bráničního). Klavikulární (horní hrudní) a žeberní (dolní hrudní) typy dýchání bývají někdy spojovány do celkové hrudní čili thorakální (torakální) respirace (např. u popisované metody Biofeedback 2000 x-pert). Klavikulární dýchání se uskutečňuje pomocí mezižeberních svalů a šikmých svalů krku, charakteristické je pro něj zvedání ramen a klíční kosti, které se děje při nádechu. Jedná se o respiraci mělkou (povrchní), která zajišťuje ventilaci pouze horní části plic. Z toho důvodu je posuzována spíše

jako nevhodný typ dýchání, neboť výměna vzduchu probíhá pouze v plicních hrotech a díky tomu nedochází k tak výraznému „okysličení“ krve. Klavikulární dýchání však nemá jen samá negativa, mezi klady patří jeho výpomoc při astmatických záchvatech a zánětech horní části plic.

Nádech žeberního (dolního hrudního) dýchání, při kterém dochází k roztažení žeber a zvětšení hrudního koše (Van Lysebeth, 1984), je způsoben interkostálními svaly. Tento styl dýchání je namáhavější nežli dýchání abdominální, neboť naplňuje střední část žeber, které tvoří větší protitlak, nežli břišní – brániční krajina. I když se v případě žeberní respirace dostává do plic relativně malé množství vdechnutého vzduchu, ve spolupráci respirací brániční je s to zajistit dostatečnou ventilaci plic (Van Lysebeth, 1984). Tento typ dýchání slouží jako prevence onemocnění srdce a krevního oběhu.

Při abdominálním (bráničním) dýchání dochází ke stažení, poklesu a vyklenutí bránice, břišní krajina se nadouvá, čímž se otevírá cesta k téměř maximálnímu nádechu a výdechu vzduchu a jeho cirkulaci v plících. Přijatý kyslík se dostává do spodních částí plic (Van Lysebeth, 1984), díky čemuž dochází k vyššímu okysličení organismu a menší koncentraci odpadních metabolitů v plících a krvi, které mohou být příkladně zdrojem únavy, příčinami změn nálad a vzniku nervozity (metabolické změny při emocích lze sledovat zejména na spotřebě kyslíku, Švancara, 2003).

Registrovat frekvenci dechu a jeho hloubku a zjišťovat poměr vdechu a výdechu je možné pomocí poměrně jednoduchého snímače – pneumografu. V porovnání s pneumografem je výhodou aparatury Biofeedback 2000 x-pert elektronický záznam digitálních dat, z kterých je možno získat oddělené údaje jak o celkové torakální či abdominální respiraci, tak o dílčích údajích dýchání – amplitudě a frekvenci, dle kterých lze snáze detekovat míru únavy (viz „mělký a rychlý“ styl dýchání versus „hluboký a pomalý“). K nejčastěji měřeným parametrům plic a jejich respirace se dále řadí objem (kapacita) plic (k měření se používá spiometr), množství vydýchaného plynu (ventilometrie), energetický výdej (měřený podle rozboru vydýchaných plynů pomocí nepřímé kalorimetrie; Šedivý, 2006). Pomocí měření spotřeby kyslíku a produkce oxidu uhličitého lze také s jistou mírou přesnosti měřit hodnoty hustoty tepelného toku (metabolismu), které jsou dány jak respiračním koeficientem (molekulovým poměrem vydechovaného oxidu uhličitého a

vdechovaného kyslíku, tak objemovým množstvím spotřebovaného kyslíku při teplotě 0 °C a tlaku 101,3 kPa [$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$] a plochou lidského těla [m^2]. Ke stále častějšímu měření také patří měření změn teploty vydechovaného vzduchu a stanovení poměru $^{13}\text{CO}_2$ a $^{12}\text{CO}_2$ hmotnostní spektrometrií nebo infračervenou absorpční spektrometrií (Gasparič, Hyšpler, Tichá, 2004). Nejznámější metodou založenou na uvedeném principu měření je ureázový test, který je určen k měření přítomnosti nežádoucí bakterie *Helicobacter pylori* v žaludku, jenž je jednou z hlavních příčin vzniku žaludečních vředů).

4.1.4 Kožně galvanická reakce

Pro snímání bioelektrické aktivity kůže se používá nejčastěji galvanometrické nebo elektronické techniky. Lapidárně řečeno se díky dvěma nebo více elektrodám přiloženým k pokožce měří voltmetrem odpor pokožky (povrchem těla je veden konstantní „neinvazivní a bezbolestný“ elektrický proud). Kolísání míry pocení registrované na povrchu těla se mění ve spojitosti s mnoha faktory jak psychické, tak fyzické povahy. Zvýšení sekrece potu vede ke snížení odporu pokožky (vodivost potu je zesílena jeho slaností), kde odporem se myslí klasický elektrický odpor vyjádřený Ohmovým zákonem $R=U/I$ (míru pocení je také možné měřit přímo množstvím vyloučené vody).

Kolísání kožní vodivosti je odvislé například od emočních stavů. „Při každém emočním vzrušení i při každém novém podnětu dojde po latenci asi jedné sekundy k přechodnému zvýšení vodivosti; tento výkyv se označuje jako psychogalvanický reflex (PGR) nebo kožně galvanická reakce (KGR)“. (Švancara, 2003). Na výzkumu bioelektrické aktivity kůže v souvislosti s problematikou motivace, psychického zatížení a interindividuálních rozdílů se zejména podíleli Machač (1954) a Severová (1966), na Slovensku pak Uherík (1965), Stančák (1972) a další. Z výsledků je mimo jiné možné učinit vcelku předvídatelný závěr, že při fyzické únavě dochází k nárůstu pocení (vodivosti), a tím ke snížení odporu kůže. Pozor při analýze dat kožní vodivosti si musíme dát na (nežádoucí) vlivy okolní venkovní teploty, která výrazně do míry pocení „promlouvá“. Výrazné změny v záznamu bioelektrické aktivity kůže se mohou objevit také při již dříve zmíněném zakašlání (manifestace tohoto jevu je samozřejmě patrná také na záznamu pořízeného pneumografem). V laboratorních podmínkách je

nicméně se značnými úspěchy možné zajistit izolovanou a relativně přesnou registraci jednotlivých proměnných.

Opřeme-li se o nálezy z našich výzkumů zátěže operátorů lesnických harvestorů a forwarderů, můžeme s velkou dávkou obezřetnosti konstatovat, že úroveň kožní vodivosti se zdá být vhodným ukazatelem míry zátěže, neboť s ní vykazuje relativně velkou a ve smyslu diagnostickém „citlivou“ spojitost. Z našich výsledků totiž vcelku jasně vyplývá, že dopoledne (na relativním počátku pracovní směny), tj. při prvním časově kategorizovaném měření trvajícím tři a půl hodiny, je pocení prstů na ruku (kožní vodivost) nejmenší, v poledne dosahuje středních hodnot a odpoledne na závěr pracovní činnosti je největší. Velké rozdíly v průměrných hodnotách navíc najdeme v návaznosti na práci operátora za denního světla a při osvětlení umělém. Během práce za tmy při zapnutých reflektorech (světlech) strojů vzroste jeho průměrná kožní vodivost (pocení) až trojnásobně (Fiřo, 2013)!

4.1.5 Tělesná teplota

Tělesná teplota je jednou z nejčastějších fyziologických charakteristik, které se ve spojitosti se zátěží zkoumají; je citlivým indikátorem fyzikálních a biochemických procesů probíhajících v organismu (za klidových podmínek se na produkci tepla více než z jedné poloviny podílejí vnitřní orgány, svaly a kůže pouze z jedné pětiny).

Kolísání teploty je zapříčiněné jak vnějšími tak vnitřními vlivy. Mezi vnější vlivy se zpravidla řadí teplota okolí, vlhkost a proudění vzduchu, tepelné a světelné záření apod. Mezi vnitřní vlivy patří především aktivita organismu (aktivita zvyšuje jak metabolismus organismu, tak teplotu těla). Rovněž sekrece některých hormonů se podílí na oscilaci teploty, například progesteron u žen zvyšuje vaginální teplotu po ovulaci o 0,5°C; růstový hormon, adrenalin a testosteron se také účastní na teplotním vzrůstu (Rokyta, 2008). Teplota vnitřního prostředí kolísá v průběhu dne, nejnižší je ráno (nejnižší tělesnou teplotu naměříme kolem 3. – 4. hodiny ráno) a nejvyšší v podvečer (cit. dle Šedivý, 2006). Teplota také situačně osciluje dle druhů emocí. Paul Ekman rozlišil základní emoce na základě dvou jednoduchých kritérií pulsu a teploty kůže (Švancara, 2003). Rychlý puls a vyšší teplotu najdeme u emoce hněvu, kombinace rychlého pulsu s nižší teplotou se vyskytuje u emocí

strachu a smutku a konečně pomalý puls bez návaznosti na teplotní výkyvy se objevuje u štěstí, odporu a údivu.

Podněty z termoreceptorů (Krausova a Ruffiniho tělíska) nesené nervovými drahami jsou zpracovávány v hypotalamu. Ten může zpětně, prostřednictvím míšních motorických a sympatických drah, teplotu regulovat pomocí různých termoregulačních dynamických dějů, jakými jsou například svalový třes, chemická termogeneze (látková přeměna v játrech a hnědé tukové tkáni), stažení či roztažení cév v kůži, zrychlení dýchání, pocení atd.

Ve větší míře bývá snímána tzv. hloubková teplota, např. orální, rektální, nicméně získávání povrchové teploty, např. ušní, podpažní, rovněž není výjimkou. Čidlo (sonda), které teplotu těla měří, bývá v novějších experimentech spojeno s počítačovým systémem, umístěným vně experimentální jednotky, který nepřetržitě zaznamenává průběžná data (např. s frekvencí 10 záznamů za sekundu) a navíc paralelně vyhodnocuje průměrné hodnoty jednotlivých minut. K specifickým systémům měření tělesné teploty se v současnosti řadí měření za pomoci infračerveného záření, které je bezkontaktně pořízeno termovizní kamerou s možností znázornění ve 2D formátu. Je důležité poznamenat, že zkoumané osoby nejsou z důvodu případného negativního vlivu biofeedbacku o aktuálních naměřených hodnotách zkoumaných proměnných informovány. Obvyklý způsob měření teploty je však stále v podpažní jamce, do sucha vytřené, kde je naměřená teplota nejnižší (nad 36°C). V ústech pod jazykem se teplota pohybuje kolem 35,5°C, teplota kůže je pak většinou nejméně o 0,5°C nižší podle místa měření (vyšší teplota je v místech krytých šatem).

Lidský organismus si udržuje v určitém rozmezí stálou teplotu. Při této teplotě probíhají v organismu optimální biochemické děje. Při tělesné práci se značná část vydané energie uvolňuje jako teplo, které se v organismu hromadí a je pomocí fyzikální termoregulace (odpařováním potu kůží, tkáněmi) odváděno do okolního prostředí. Krev, která zde plní funkci tepelného média, se v podkožních cévách ochlazuje a udržuje tak organismus v teplotním optimu (teplo se nejprve kumuluje ve svalech, s určitým zpožděním se dostává krví do celého těla, což nejprve vede ke zvýšení teploty tělního jádra v břišní a hrudní dutině a následnému oteplení obalových vrstev organismu a kůže). Přes všechny regulační mechanismy se intenzivní tělesnou prací teplota těla zvyšuje až o 2°C (při maximálních výkonech i o několik desetin stupně více). V určitém teplotním rozmezí dokonce existuje přímo úměrná závislost mezi intenzitou fyzické zátěže a tělesnou teplotou

(Havlíčková, 2004). Díky zvýšené tělesné teplotě je člověku umožněno podání vyššího výkonu, neboť dochází ke zvýšení aktivity enzymatických systémů a s tím spojené vyšší rychlosti uvolňování energie. Pracující svaly se při fyzické zátěži podílí až 90% na celkové produkci tepla, přičemž v nich vzniká až 15 – 20 krát více tepla nežli při klidovém režimu.

Vzestup tělesné teploty tedy zrychluje metabolické pochody až po určitou hranici, pak dochází (např. při horečce – febris, tj. 38,1 °C – 40 °C) k jejich zpomalení či zástavě (hyperpyrexie; 40,1 – 42 °C). Pokles tělesné teploty metabolické děje postupně zpomaluje, až zastavuje (hypotermie; 34 °C – 35,9 °C). Průměrná tělesná teplota člověka se pohybuje přibližně kolem 37°C (36 – 36,9 °C; tzv. normotermie). Klesne-li tělesná teplota pod hodnotu 34 °C, nebo stoupne-li naopak nad 42 °C, hrozí člověku vážné nebezpečí v podobě ireversibilních (nevratných) poškození (orgánových systémů), nebo případně smrt. Přestože má člověk dobré adaptační mechanismy, měl by se vyvarovat dlouhodobému pobytu v extrémních teplotách). (Šedivý, 2006).

Experimentálně ověřeno bylo krátkodobé narušení rytmicity tělesné teploty (resp. rozdílu mezi teplotami oka a nosu) díky zatížení organismu fyzickou nebo duševní prací (Tůma, 1989). Například studenti s vynikajícími studijními výsledky (předpokládá se u nich velká psychická námaha) měli rozdíl teplot 9,5 °C, zatímco u studentů s průměrnými výsledky byl naměřen teplotní rozdíl 2,5 – 4 °C. Studenti s horším prospěchem vykazovali rozdíl 1 – 2 °C. Celkové výsledky měření navíc ukazují přímo úměrnou závislost rozdílu teplot na okamžité schopnosti k dosažení určitého výkonu v porovnání s pocitem únavy, resp. stupněm kvality výsledné práce.

V celé řadě aplikovaných výzkumů bývá zkoumán vliv teplotních podmínek na výkonnost. Např. Enanderová (1987) uvádí, že chlad má většinou lokální účinky; ovlivňuje především manuální činnosti a koncentraci pozornosti, přičemž rychlost podchlazení závisí na hmotnosti svalů. Rovněž bylo zjištěno, že se za vysoce teplých podmínek (hraniční teplota signifikantního poklesu výkonu byla 32 °C) zhoršuje výkon v manuálních, percepčních i intelektových úlohách. Studie Enanderové a Hyggeho z roku 1990 ukazují, že hloubková teplota těla, která je závislá na termoregulaci, je hlavním determinujícím činitelem výkonu.

4.1.6 Puls

Pulem (tepem) rozumíme tlakovou vlnu, která je vyvolaná vypuzením krve z levé srdeční komory do srdečnice (aorty). Série těchto vln se nazývá srdeční frekvence (rytmus), která udává počet srdečních stahů za minutu (klidová srdeční frekvence je u dospělého zdravého člověka 60-90 tepů/min). Srdeční rytmus nebývá snad u žádného z nás zcela pravidelný, nicméně na základě různorodosti a velikosti odchylek od této „teoretické“ pravidelnosti lze v praxi odvodit míru zátěže a reakce srdce na ni. Proto bývá oscilace mezi po sobě následujícími srdečními stahy, tzv. variabilita srdeční frekvence (heart rate variability, zkratka HRV), tak často pomocí elektrokardiogramu měřena (EKG). Hodnocení zátěže (únavy) z EKG zpravidla zahrnuje pravidelnost tepu, dobu mezi po sobě jdoucími úderů srdce (frekvenci) a vazbu mezi těmito úderů srdce (tzv. plnost).

Funkční parametry (frekvence – puls, amplituda objemu (síly) krevního pulsu – síla tlakové vlny, celkový krevní tlak apod.) srdce jsou hlavní měrou řízeny a kontrolovány srdcem samotným, nicméně do jisté míry, kterou lze i vědomým tréninkem zvyšovat, jsou regulovány rovněž autonomním nervovým systémem (vegetativním nervstvem sympatickým a parasympatickým). Kardiovaskulární systém díky tomu dokáže přizpůsobit tyto funkční parametry řadě vnitřních (např. věk, pohlaví, dýchání, fyzické a psychické zatížení, stres, změny polohy těla, celkový zdravotní stav) a vnějších (denní doba, působení farmak, nadmořská výška a tlak) podmínek. Díky tomuto systému propojení s vegetativním nervstvem je zaručena vyšší úroveň dynamické stability. Tyto vnější a vnitřní vlivy představují podněty pro spuštění rytmických eferentních (vedoucích vzruch směrem od centra k periférii) fluktuací nervových impulsů, které se manifestují v pomalých a rychlých oscilacích srdeční periody. Srdeční frekvence se pak na nově vzniklé situace přizpůsobuje zrychlením nebo zpomalením (Fráňa 2005). Snížená variabilita srdeční frekvence (HRV) je tudíž považována za citlivý a včasný indikátor přechodu mezi zdravím a nemocí (esenciální arteriální hypertenze, cukrovka, dyslipidémie a metabolický syndrom, ischemická choroba srdeční včetně stavů po infarktu myokardu, chronické srdeční selhání, poruchy srdečního rytmu (arytmie, tachykardie), syndrom spánkové apnoe atd.) (Kautzner, Malik, 1998).

Biofeedback 2000 x-pert umožňuje měření jak celkového srdečního pulsu (počet úderů srdce za minutu uváděných v jednotkách BPM – beats per minute), tak, zjednodušeně

vyjádřeno, jeho dílčích parametrů, z kterých je složen, a to z objemu (síly) krevního pulsu – průměrného toku krve, který je v poměru s maximálním rozpětím naměřených hodnot a z amplitudy objemu (síly) krevního pulsu – získanou z hodnot hrotů (špiček) objemu krevního pulsu, opět poměrově staženou k maximálnímu rozpětí naměřených hodnot.

Zřetele hodná skutečnost z našich výzkumů fyziologických funkcí operátorů harvestorů a forwarderů je jistě ta, že právě variabilita fyziologické funkce – amplituda objemu (síly) krevního pulsu nejvíce ze všech zkoumaných fyziologických funkcí měřených pomocí aparatury Biofeedback 2000 x-pert souvisí s výzkumnými faktory (typ kabiny stroje, povaha terénu, doba měření a druh osvětlení), a to z 65 %, což je ve srovnání s ostatními funkcemi v průměru 3x více (Fiľo, 2010). Soudíme proto, že amplituda objemu (síly) krevního pulsu se zdá být spolu s kožní vodivostí nejcitlivější ze zkoumaných fyziologických funkcí v detekci pracovní zátěže. Tento náález je potvrzením výsledků z předchozích (Fiľo, 2010) i navazujících výzkumů (Fiľo, 2013) autora příspěvku, ve kterých jednak křivky všech zkoumaných fyziologických charakteristik vykazovaly u zaučovaných operátorů („učňů“) ve srovnání s operátorem s dlouholetou zkušeností práce s harvestorem vyšší amplitudy a častější, dynamičtější a méně rytmické (arytmické) změny a jednak především v amplitudě objemu (síly) pulsu bylo v případě operátora harvestoru zvláště patrné výrazné snížení amplitudy této fyziologické funkce a její „zrytmizování“ po počátečním rozkolísání (Fiľo, 2010).

Pro upřesnění, na změny v amplitudě objemu (síly) krevního pulsu má největší vliv druh osvětlení, ale také téměř stejnou měrou čas měření a nezanedbatelný podíl vlivu na průběhu této funkce má rovněž typ stroje (forwarderu). Konkrétně, v poledne při práci operátora za přirozeného denního osvětlení dosahuje amplituda objemu (síly) jeho pulsu nejnižších hodnot. Za umělého osvětlení, při použití reflektorů během práce, jsou ranní hodnoty objemu (síly) pulsu operátora mnohonásobně menší v porovnání s hodnotami z večerního měření, zvláště pak z večerního měření, které proběhlo na stroji s otočným typem kabiny.

Zjištění z roku 2013 (Fiľo, 2013) posouvají ta předchozí ještě do širších souvislostí. Ukazuje se totiž, že rozdíly průměrných hodnot „dané“ práci za dne (denního světla) a za tmy jsou u této funkce mnohem menší, nežli rozdíly mezi průměry hodnot v rámci srovnání dvou měření (účinnosti dvou typů reflektorů u dvou forwarderů) za tmy. Konkrétně při použití reflektorů forwarderu se stacionární kabinou v průběhu práce za tmy najdeme výrazně nižší hodnoty této funkce nežli v případě užití reflektorů forwarderu s otočnou kabinou. Tento

vzájemný rozdíl navíc umocňuje skutečnost, že amplituda objemu (síly) krevního pulsu byla nejnižší a nejvyšší v těchto měřeních i vzhledem k porovnání s měřeními za denního světla, ve kterých nebyly zaznamenány takové extrémní hodnoty (odlišnosti průměrných hodnot směrem „nahoru a dolů“).

Zdá se, že tato fyziologická funkce, nebo lépe řečeno dílčí parametr fyziologické funkce – pulsu, souvisí jak se stránkou fyzickou, tak stránkou psychickou. Amplituda objemu krevního pulsu, tedy intenzita vypuzené – „vystříknuté“ krve při jednom stahu, se statisticky významně snižuje po poslechu nelibých zvuků (sedmiminutový záznam zvuku motorové pily v průběhu běžné práce s ní), zatímco po expozici zvuků nahraných v lese („šumění lesa“, „zpěv ptactva“), které můžeme označit za libé, zůstává konstantní (Fiřo, Kořínková, v tisku).

4.1.7 Krevní tlak

Pro zajímavost uvádíme úvodem jeden z brněnských nálezů: Siegllová a kol. (1993) vycházela z některých odborných lékařských zjištění. Ukazuje se, že i přes početné regulační mechanismy neexistuje žádná fyziologická hodnota, která v průběhu 24 hodin tak silně kolísá jako krevní tlak. Podíl pracovní činnosti na kolísání krevního tlaku v průběhu 24 hodin je dle autorky velmi významný.

Krevní tlak je také dosti citlivým „prediktorem“ na chronickou úzkost. Pod jejím vlivem může být jeho zvýšení relativně trvalé (cit. dle Švancara, 2003).

Sarmány (1993) zmiňuje výzkum Kleina a Armitageho (1979), ve kterém byl rytmus napětí/uvolnění (aktivity/odpočinku) nazývaný BRAC (basic – rest – activity – cycle) objeven také u srdeční činnosti, vigilance a fantazijních obsahů při denním snění (Sarmány, 1993). Tento rytmus je primárně spojen s preferencí hemisférových funkcí (při dominanci jedné hemisféry dochází k útlumu druhé) a zdá se, že vstupuje do výkonů v úlohách, které je třeba řešit v rámci zapojení obou hemisfér asymetricky.

U zkoumání fyziologických funkcí je zapotřebí se zvýšenou ostražitostí optimálně ošetřit fakt, v jakých časových úsecích (periodách) se jednotlivé oscilace (rytmy) dílčích funkcí pohybují. Stále častěji se totiž v odborné literatuře setkáváme se striktnějším rozlišováním mezi biorytmy ultradiánními (s periodou kratší než 20 hod.; např. nervová aktivita probíhající v milisekundách, srdeční puls měřený v sekundách, v minutách sledované dýchání, či aktivity

některých žláz s vnitřní sekrecí, které jsou počítány v hodinách) a rytmy cirkadiánními (s periodou 20-28 hod.; známé je zkoumání pohybové aktivity a cirkadiánní kolísání hodnot většiny žláz s vnitřní sekrecí apod.).

4.1.8 Motilita, lokomotorická aktivita

Další důležitou proměnnou, která bývá hojně monitorována, je aktivita zkoumaných osob. Locomotorická aktivita se zpravidla nepřetržitě zaznamenává pomocí elektrických kontaktů, které jsou skrytě umístěny na podlaze pod koberci nebo pomocí videokamer. Perioda odpočinku je odvozována od pozorování (skrytými kamerami) tzv. „spánkového chování“ (spánkových návyků), kterým se míní např. uléhání na lůžko, ztráta tělesné aktivity, subjektivní pocit ospalosti apod.

Změny v motorických aktivitách je možné zkoumat i u zvířat. Z experimentů, ve kterých byla měřítkem aktivační úrovně krys jejich srdeční frekvence, vyplynulo, že v 27 - 72 hodinovém intervalu bez přísunu tekutin srdeční frekvence výrazně stoupala, zatímco aktivita v bludišti Skinnerova boxu vzrůstala do 48 hodin a pak zase klesala. Tento náález je možné interpretovat v rámci aktivačně motivačního Yerkes-Dodsonova zákona (cit. dle Švancara, 2003), podle kterého se vysvětluje vztah mezi úrovní motivace a výkonem: řečeno zjednodušeně, při nízké úrovni motivace je i úroveň výkonu nízká. Se vzrůstající motivací se zvyšuje i intenzita výkonu, ale jen do okamžiku, kdy míra motivace přesáhne určitou hranici. Po překročení této meze dochází opět ke snížení výkonu.

4.2 Hormony a neurotransmitery

Na pracovním výkonu se podepisuje také množství a složení moči, hormonů (např. adrenokortikotropního, růstového, thyreotropního hormonu, vasopresinu, kortizolu apod.), či některých neurotransmiterů (např. dopaminu, adrenalinu, noradrenalinu, serotoninu, melatoninu atd.). Snímání těchto charakteristik přispívá k integrativnímu poznání a pochopení systému aktivity/odpočinku. Například sekrece růstového hormonu je ve srovnání se sekrecí kortizolu značně ovlivňována vnějšími vlivy - stresem, námahou apod. (Micieli a kol. in Redfern, Campbell, Davies, Martin, 1985).

Určování výkonnosti je více závislé na pravidelnosti měření než na počtu měření (předpokládá se, že pro získání reprezentativního průběhu pracovní výkonnosti stačí 8 měření, které se opakují se stejným intervalem). Hledání výkonnosti v psychické činnosti se navíc promítá ponejvíce ve výběru adekvátní metodologie. Na rozdíl od klasických experimentů, které zkoumají fyziologické charakteristiky organismu, jsou výkonové úkoly, sloužící především ke zjištění rychlosti a přesnosti zpracování zadaných úloh, časově méně náročné. Testování kognitivních funkcí bývá doprovázeno postupy, které postihují změny nálad a subjektivních pocitů aktivace (popř. únavy, zatížení apod.).

5. Měření psychických funkcí

Pro účely ergonomických výzkumů bývá vhodné použití takových testů kognitivních funkcí, které v co možná nejmenší míře podléhají zcviku a vlivu monotonie. Mezi nejfrekventovanější se řadí testy určené na zkoumání

- a) disjunktivního (výběrového) reakčního času sdruženého s procesy pozornosti, rozhodování a myšlení (analýza, syntéza)
- b) krátkodobé paměti (jedná se často o analogii známého Wechslerova inteligenčního sutestu „opakování čísel“, cit. dle Svoboda, 1999)
- c) krátkodobé paměti spojené s prostorovou představivostí (topografická paměť).

5.1 Reakční čas

V minulosti již bylo dostatečně prokázáno, že se mění v závislosti na denním čase a zátěži téměř všechny měřitelné fyziologické a psychologické funkce (Menzel, 1962 a další; cit. dle Pöppel, Aschoff, Giedke, 1970). Autoři mj. uvádějí rané výzkumné závěry, které se týkají problematiky jednoduchých reakčních časů (Cattell, 1886; Hollingworth, 1914), dokumentují okruhy otázek souvisejících s výběrovými reakčními časy (Blank, 1934) a úrovní percepční vigilance (Buck, 1966). V Kesseho výzkumu (1972) byla prokázána signifikantní pozitivní korelace mezi jednoduchými reakčními časy a pocitem bdělosti.

Bdělost (vigilance) byla často také zkoumána v souvislosti s kritickou frekvencí splývání světla (v metodě flickeru), s potřebou pohybu a aktivity, s pocitem únavy a s emocemi (Poirel, 1995). Tyto charakteristiky totiž vykazují s bdělostí vysoké korelační koeficienty.

V diskusi k výsledným hodnotám reakčních časů bývá autory zdůrazňováno, že výsledky se liší vždy dle modality podnětů. Prakticky v nich nelze zachytit pouze vliv denních změn na výkon.

Je známo, že nárůst výkonu vlivem cviku vede postupně k poklesu motivace. Při měřeních dochází ke standardním chybám – ty jsou dány zejména rozdíly, způsobenými typy měření: průběžné měření vs. diskrétní měření (např. po 2 hodinách). Vliv učení u reakcí na akustické signály je vůči vlivu učení u reakcí na signály optické zřetelný. Na výsledná data má rovněž zřejmý vliv očekávání (např. délky trvání celého experimentu) a volního úsilí pracovat na maximum. Rychlost reakcí taktéž závisí na rytmu dechu, srdce a vegetativního systému. Callaway a Yeager (1960) prokázali dokonce výkyvy reakčních časů v závislosti na určitých fázích mozkového alfa rytmu.

5.2 Paměť

V 50. - 60. letech minulého století dochází k opětovnému oživení zájmu o rytmicitu výkonnosti psychických funkcí díky biologickým výzkumům v této oblasti. Přímý podnět byl dán v souvislosti se zkoumáním výkonů v práci ve směnném provozu. Tyto studie byly ze začátku hojně podporovány americkým a britským námořnictvem (Colquhoun, Blake, Edwards 1968 a, 1968 b, 1969, Kleitman, Jackson, 1950, Wilkinson, Edwards, 1968; cit. dle Colquhoun, 1971). Zdá se pravděpodobné, že obnovený zájem byl zčásti způsoben také díky nové interpretaci denní výkonnosti v závislosti na tzv. arousal teorii.

Kleitman (1963) pozoroval významný paralelizmus mezi rytmicitou tělesné teploty a úspěšností výkonu při odpovědích na určitý typ otázek. Např. v případě otázek založených na vizuálním vnímání byl výkon zkoumaných osob ihned po probuzení nízký a naopak maximum dosahoval přibližně ve stejnou dobu jako tělesná teplota, tj. okolo 17. – 19. hodiny. Kleitman tento jev vysvětluje tak, že mentální procesy buď samy o sobě reprezentují chemické reakce, nebo rychlost myšlení závisí na stupni metabolické aktivity buněk mozkové kůry, přičemž zvýšení metabolické aktivity souvisí s nárůstem tělesné teploty.

Kleitman zmíněný jev interpretuje v rámci modelu invertované U funkce, jež se vztahuje k míře výkonu vzhledem k úrovni arousalu. V zásadě by se podle této teorie měl zároveň s narůstající úrovní aktivace zlepšovat i výkon řešených úloh až k optimální úrovni aktivace. Za tímto optimem by pak měl další vzrůst aktivace způsobovat zhoršení výkonu. Jak velikost, tak i směr účinku změn aktivační úrovně na výkon by měl záviset na „bodě začátku“. Důkazy podporující tuto teorii byly rovněž prezentovány také u dalších faktorů myšlení (Folkard, 1975). Monk a Folkard (Monk, 1991) naměřili nejvyšší hodnotu aktivity během dne ve 12 hodin v poledne, maxima tělesné teploty byla zaznamenána ve 20 hodin; mezi maximy obou registrovaných charakteristik se objevil 8 hodinový fázový posun. Navíc vztah mezi nimi nelze popsat jako jednoduše monotónní, a to proto, že v době, kdy se objevil nejvyšší stupeň aktivity, dosahovala tělesná teplota svého průměru. Tento fakt opět svědčí ve prospěch pokusů zavádět model (zákonitost) tzv. „invertovaného U“ za účelem vysvětlení vztahů průběhu tělesné teploty a aktivace (psychologických charakteristik složitější povahy).

5.3 Počítačový program ERTS

Testy parciálních a kombinovaných schopností jsou často orientované na zjišťování pozornosti a pracovní způsobilosti v různých profesích. Jsou proto oblíbené a používané při volbě povolání, při výběru pracovníků do složitějších pracovních funkcí atd. Jsou to vesměs výkonové testy, které nevyžadují použití aparatury (mají formu „tužka-papír“), nebo (v menší míře) se jedná o speciálně upravené přístroje, které jsou ovšem v dnešní době již převedeny do tzv. počítačové formy. Takovouto „software“ metodou je i námi používaný program ERTS (jedná se o program německé provenience od firmy Berisoft), určený k vyšetření komplexních psychomotorických a rozhodovacích procesů v podnětově i reakčně složitějších situacích a ke zjištění schopnosti osvojovat si nové prvky nestereotypního chování v modelové situaci. Takováto komplexní šetření, běžně užívaná např. při výběru profesionálních strojníků, řidičů, operátorů atd. se dotýkají vzájemných vztahů a vazeb schopností a dalších psychických charakteristik. ERTS umožňuje zkoumat všechny kognitivní funkce, od ultrakrátkodobé paměti (např. Sperlingův design experimentu, cit. dle Sternberg, 2002), přes funkce myšlení a různé aspekty pozornosti, po disjunktivní reakční čas.

Německý program ERTS je určen k měření a demonstraci kognitivních psychických funkcí, které výrobce označuje takto:

1. centrální psychické procesy:
 - 1.1. pozornost (překlápění, distribuce pozornosti)
 - 1.2. senzorická interference (flexibilita kognitivních procesů – např. rychlost přeučení)
 - 1.3. vyhledávání symbolů (senzorická koordinace)
 - 1.4. matematické úkoly (součást IQ testů)
 - 1.5. paměť (pracovní; ultrakrátkodobá, krátkodobá, dlouhodobá paměť)
 - 1.6. úsudky, soudy
 - 1.7. prostorová představivost
2. motorické funkce
3. senzorické funkce
4. procesy vyhodnocování

Vyšetření jednotlivých kognitivních funkcí obsahuje přibližně 10 subtestů, ve kterých je pevně dán počet a druh jednotlivých programových kroků administrace experimentu.

5.3.1 Program ERTS: opakování čísel

„Opakování čísel“ v programu ERTS (třetí subtest Wechslerova inteligenčního testu pro dospělé – WAIS-R, 1981; cit. dle Svoboda, 1999) je paměťovou úlohou, která je známá mj. již z Binet-Simonovy škály otázek (1911; cit. dle Svoboda, 1999). Úkolem zkoumané osoby je opakovat čísla dopředu i pozpátku. Tento subtest je obtížnější zejména pro starší probandy, má nejnižší korelace s celkovým výsledkem v testu. Test opakování čísel je dobrým vodítkem při nižších úrovních inteligence, horším ukazatelem inteligence vyšší. Pro některé rozumově vyspělé osoby je úkol málo zajímavý a tomu pak následně odpovídá úsilí při zapamatování čísel. Subtest zachycuje navíc kvality pozornosti, zejména její rozsah. Jedná se o kapacitu krátkodobé verbálně-auditivní paměti, kterou lze označit jako součást paměti potřebné při myšlení či jiné kognitivní nebo motorické činnosti. Rozsah verbálně-auditivní paměti se snižuje při negativních emocích, únavě (u dětí a starších lidí zvláště), u neurotiků a depresivních probandů. Výkon v testu opakování čísel je závislý také na strategii paměti

(grupování čísel do dvojic, trojic). Zvláštní potíže při opakování čísel mají diagnostický význam.

Opakování čísel pozpátku obsahuje na rozdíl od prostého opakování rekonstrukci kognitivního procesu podle určitého kritéria. Vedle krátkodobé paměti a myšlenkových operací zahrnuje opakování čísel pozpátku větší zapojení prostorové představivosti. U starších probandů je subtest opakování čísel obzvláště citlivý na jejich sluchové poruchy.

Při běžné expozici opakování čísel se v programu ERTS každá část úlohy objevuje na monitoru počítače vyšetřovanému zvlášť. Obě úlohy (tedy opakování čísel i opakování čísel pozpátku) zahrnují dva pokusy, při selhání probanda v obou pokusech v kterékoli z úloh se dále nepokračuje. 2 body se skórují za úspěšné opakování čísel v obou pokusech, 1 bod za úspěch v jednom pokuse (0 bodů za selhání v pokusech obou). U přímého opakování čísel i u opakování pozpátku obsahuje první úloha k zapamatování 1 číslo, poslední je ukončena druhou chybou zkoumané osoby.

Program ERTS v subtestech přímého opakování čísel i opakování čísel pozpátku exponuje probandům stále jiné číselné řady.

5.3.2 Program ERTS: topografická paměť

Významný mezník v historii výzkumu v oblasti paměti představují experimenty Ebbinghausovy (1885; cit. dle Coloquhoun, 1971). Jeho smysluprosté (bezesmyslné) slabiky a paměťové metody učení představují základ pro objektivní a kvantitativní přístup ke zkoumání lidské paměti. Dnes je měření úrovně paměti součástí mnoha komplexních testů (testů inteligence, testů pro výběr zaměstnání atd.) i metod, diagnostikujících pouze určité charakteristiky paměti (rozsah bezprostřední paměti, úroveň znovupoznání, délky retence atd.). Mnoho metod, určených k měření jiných psychických funkcí, je syceno v různé míře i paměťovými činiteli. Paměťové testy se také uplatňují jako součásti celých testových baterií. Mnoho autorů se navíc domnívá, že je to právě paměť, která je ústřední nositelkou integrace a konzistence osobnosti.

Reliabilita paměťových testů však není vysoká. S paměťovými výkony interferují zejména oscilace pozornosti, navíc tyto metody nejsou způsobilé zachytit celou širokou funkci paměti.

Test topografické paměti lze použít při hledání úrovně paměti, jako schopnosti nervové soustavy uchovat a oživit stopy po zrakových podnětech. Pomůckami jsou notebook (monitor), počítačová klávesnice. Nejprve je vyšetřovanému exponována po dobu 5 sekund vzorová předloha, ze které je zapotřebí zapamatovat si rozmístění znaků (čtverců). Po skončení expozice předlohy následuje expozice druhá, ve které je úkolem probanda vybrat ze 4 předloh tu předlohu, která byla před tím exponována samostatně jako vzor. Počítač zaznamenává do protokolu reakční čas, potřebný k označení předlohy, a počet chyb.

5.3.3 Program ERTS: disjunktivní reakční čas

Další metoda, kterou jsme vybrali z baterie testů programu ERTS, představuje měření disjunktivního reakčního času. Zkoumané osoby v ní odpovídají stlačením kláves podle polohy a vztahů mezi podnětovým kolečkem, šipkami a středovou vertikální čarou. Konkrétně mají za úkol stisknout levou či pravou klávesu v dolní řadě klávesnice podle toho, objeví li se na monitoru vychýlení kolečka od středové čáry směrem doleva či doprava. V momentě, kdy se analogicky zobrazí šipky ukazující opět ve směrech od středové vertikální čáry napravo či nalevo, mají probandi za úkol stisknout v co nejkratším čase klávesy (levou či pravou) horní řady klávesnice. Vyskytnou li se na monitoru oba podněty zároveň (jak pohyb kolečka od středové čáry směrem ke krajům, tak výskyt šipek nalevo nebo napravo), mají probandi za úkol stisknout vícero kláves současně dle směru odchýlení podnětů. Registrován je opět počet chyb a reakční čas.

Jsme si vědomi skutečnosti, že při vyšetřeních dochází rovněž ke zjišťování úrovně paměťových aktivit, což je způsobeno mnohačetným opakováním úkolových položek.

5.3.4 Program ERTS: koncentračně výkonový test

Koncentračně výkonový test KVT (autorem je Abels) patří k tzv. třídícím testům. Metoda sestává ze 60 karet zobrazených na monitoru, na kterých je v řadách rozmístěno 36 dvoumístných čísel. Proband zasunuje jednotlivé kartičky do označených polí podle předem stanovených pravidel (podle výskytu vyhledaných dvoumístných čísel). Vyhodnocení testu má kvalitativní (druh chyb, rozložení chyb v průběhu činnosti) a kvantitativní interpretaci

(výkon, vyjádřený v čase, počet chyb, kombinované hodnocení). Test měří mj. také úroveň psychomotorického tempa, orientačně i psychické tempo, odvozeně i osobnostní rysy, jakými může být impulzivnost, neuroticismus atd.

5.3.5 Program ERTS: sčítací test

Jedná se o poměrně prostou metodu, při které opakováním prudce stoupá výkon. Tento faktor je značně nepříznivý pro studium stupňů únavy, při zjišťování neuropsychické zátěže, biorytmicity atd. Poměrně dlouhý zácvik před vlastním výzkumem sice tento činitel částečně eliminuje, nicméně i tak se zde projevuje časté kolísání výkonu, které bývá objasňováno na základě výsledků faktorové analýzy charakteristik celé osobnosti. Kraepelin hledal již koncem předminulého století míru únavy vyšetřovaných osob pomocí sčítacího testu. Původní Kraepelinův sčítací seznam byl Paulim modifikován na 2000 položek. Kromě stupně únavy byla hledána také cvičitelnost, metoda byla později chápána také jako test osobnostní. Původní verze, která sečítá sériově 2 jednomístná čísla, byla později nahrazena o něco složitějším sečítáním a byla rovněž měněna další kritéria (časová délka pro sčítání, počet úseků či řad atd.). Byly analyzovány křivky pracovního výkonu, výška jeho vzestupu, úroveň vrcholu, počáteční výkon, počet chyb atd., Kraepelin, 1902.

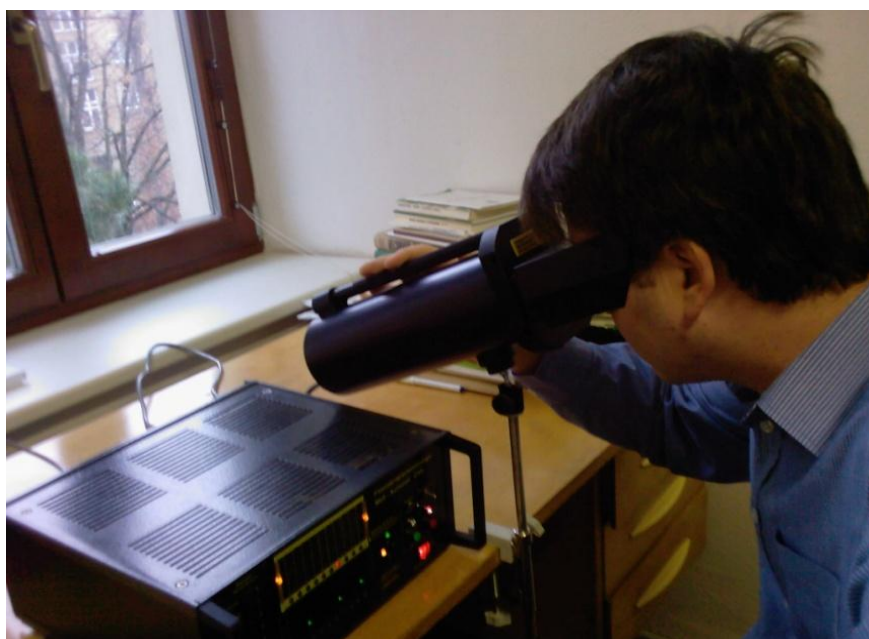
Podle dosavadních zkušeností s metodou sčítacího testu, která prokazuje vesměs vysokou stabilitu v čase, reliabilitu (půlením testu a samozřejmě střídáním položek), je možno kolísání výkonu poněkud snížit zkrácením testu a zvýšením jeho obtížnosti. Použít lze tento test v upravené podobě: zatímco plné verze obsahují devět řádků po deseti sčítáních vesměs tří dvojčíferných čísel, při každém vyšetření je možné použít pouze řádek jeden (avšak s přidáním počtu řádků stejných parametrů). Měření je výsledný čas a u dětí a starších probandů navíc i počet chyb (u dospělých po zácviku je počet chyb naprosto zanedbatelný).

5.4 Flicker

Rozlišování dvou světelných podnětů, následujících bezprostředně za sebou, je závislé na intenzitě a jasů světelného zdroje, na časové délce expozice podnětu, na úhlu dopadu podnětu na sítnici, únavě, stáří a celkovém zdravotním stavu vyšetřovaného, a patří mezi základní funkce zrakové diskriminace. Předpokládá se, že čím vyšší je frekvence, při které proband už nevidí blikání a kterou nazýváme kritickou frekvencí splývání, tím vyšší je analytická schopnost zrakového analyzátoru. Kritická frekvence splývání světla se nachází zpravidla na úrovni okolo 30 Hz. Úlohou zkoumané osoby je uvést, kdy se jí stimulační pole (blikající žárovka, doutnavka, výbojka, dioda) jeví jako stálé, již neblinkající. Bylo prokázáno, že při nízkých intenzitách světelného zdroje se úroveň kritické frekvence splývání světla prudce snižuje; naopak vzrůstá se zvětšováním se plochy blikajícího světla. Neméně důležitý je i tvar blikající plochy, její pohyb a umístění ve zrakovém poli (výkonnost oka vzrůstá při přemísťování podnětu zleva doprava, při dopadu světla na periferní části sítnice). Rozhodující je i barva podnětu, pozadí a míra adaptace na světlo či na tmu (kritická frekvence splývání je vyšší u očí adaptovaných na tmu). Postupujeme-li při vyšetřování od nízkých frekvencí k vyšším, dosahují probandi lepších výsledků, nežli je tomu v případě opačném (tato skutečnost je připisována setrvačnosti perceptivního pole a sítnicovému zaostávání za podněty). Zatímco dříve se předpokládalo, že splývání světelných stop je záležitostí funkce periferních částí zrakového analyzátoru, zejména sítnice, v dnešní době je prokázán úzký vztah kritické frekvence splývání a mozkové kůry a také retikulární formace mozkového kmene. U člověka byl zjištěn rozsah výše kritické frekvence splývání od 2 do 82 Hz v závislosti na podmínkách měření.

Automatický blikáč (flicker) od firmy ZAK umožňuje prezentovat i tzv. předpokus, ve kterém vyšetřovaného přístroj automaticky zařadí do určité dekády frekvencí (obr. č. 5).

Obrázek č. 5: automatický blikáč (flicker) od firmy ZAK



Vyšetřovaný pozoruje při úplné tmě (speciální otvor v tubusu) čtveřici zelených diod, z nichž má nastavením terče rozhodnout, která je blikající. Tubus obsahuje speciální čočkový systém, který vyvolává akomodaci oka na dálku. Experimentátor má možnost sledovat vyšetřovaného tak, aby bylo vyloučeno náhodné určení blikání. Po ukončení předpokusu následuje tzv. hlavní pokus (dekády Hz jsou exponovány vzestupně), kdy jednotlivé frekvence blikání jsou probandovi v rámci vybrané dekády Hz exponovány nepravidelně, a to pětkrát. Konečný výsledek hlavního měření přístroj vypracuje pomocí grafu s přesným průběhem rozložení Hz v příslušné dekádě Hz a označí hodnotu kritické frekvence splývání v Hz.

5.5 Lokalizátor podnětů

Lokalizace sluchových podnětů je umožněna především binaurálním slyšením, stejně jako i binokulární vidění výrazně zvyšuje úroveň lokalizace signálů optických. Senzomotorická koordinace a faktor analýzy plochy a prostorová orientace jsou dalšími předpoklady k úspěšnému zvládnutí této metody. V konečné rovině je u probanda dobře rozlišena rychlost a přesnost přijímání a zpracování informací, stejně jako zpracování a realizace reakcí. Při únavě, zatěžování organismu atd. dochází především ke zpožděným, ale i chybným reakcím (při expozici fixního času na odpověď).

Lokalizátor signálů umožňuje náhodné generování auditivních a optických podnětů v režimech „video“ (pouze světelné), „audio“ (pouze zvukové) a „kombi“ (kombinovaně oba druhy podnětů). Na expozičním panelu jsou umístěny ve dvou řadách zdroje podnětů a pod nimi odpověďová tlačítka. Proband při vyšetření diferencuje mezi 7 možnými zdroji signálů a zmáčkne v povoleném časovém intervalu příslušné tlačítko (obrázek č. 6).

Obrázek č. 6: lokalizátor signálů



Délka podnětu i délka pauzy (mezi dvěma za sebou následujícími podněty) jsou nastavitelné palcovými přepínači od 0,1 do 9,9 sekundy po 0,1 sec., počet kroků (tj. počet podnětů a intervalů mezi nimi) od 1 do 999. Vyhodnocení reakcí zkoumaného provádí elektronika přístroje. Na registrační části přístroje sledujeme počty správných, nesprávných, opožděných, nadbytečných a vynechaných reakcí.

Pro běžné potřeby bývá stanovena hranice 20 podnětů, a to pro každý režim práce. Při vyšetřování lokalizace optických podnětů bývá doba expozice jednoho signálu omezena na 0,5 sec. (interval mezi signály 0,3 sec.), při vyšetřování lokalizace akustických signálů 0,7 sec. (interval 0,5 sec.) a konečně při kombinovaném generování obou druhů signálů 0,6 sec. (interval 0,4 sec.).

5.6 Luxmetr

V ergonomii se často setkáváme s měřením intenzity osvětlení. Samozřejmě se nejedná o metodu, která měří psychické charakteristiky člověka, nicméně její zařazení na toto místo jsme zvolili proto, že intenzita osvětlení psychiku člověka dosti mění. Intenzita osvětlení se měří a udává v luxech (lx). Schopnost přizpůsobení lidského oka intenzitě osvětlení je „téměř“ neomezená. Tento fakt však může při nedostatečném osvětlení znamenat velké zatížení očí. Je-li tma nebo je-li okolí nedostatečně osvětleno, může lidské oko plnit svou funkci „vidění“ jen s vynaložením velké námahy, což může mít za následek poruchy vidění, poškození zraku a nemoci očí (v místnostech s nižším osvětlením než 30 lx existuje vážné nebezpečí poškození zraku a choroby očí). Pomocí luxmetru lze kdykoliv a kdekoliv rychle zkontrolovat, zda je při pracovních činnostech k dispozici dostatečné osvětlení. „Vidět“ a vnímat znamená poznávat a rozlišovat různé intenzity jasu, barevné detaily a různé tvary, sledovat pohyby a odhadovat vzdálenost. Jen při správné intenzitě okolního osvětlení může lidské oko plnit potřebné požadavky, které jsou na něj kladeny. Z tohoto důvodu je nejdůležitější optimální osvětlení pracoviště (tmavé prostory kromě toho napomáhají vyvolávat nelibé emoce a s tím spojené stavy podráždění). Osvětlení ovlivňuje informace, které lidské oko předává dále do mozku. Například starší lidé potřebují pro svůj život více světla, neboť jejich zraková ostrost a rozlišovací schopnost je částečně snížena. Šedesátiletý člověk potřebuje přibližně dvakrát tolik světla než člověk třicetiletý. V tabulce č. V uvádíme pro rychlou orientaci v intenzitě osvětlení přítomné v „každodenním životě“ ukázky směrných hodnot.

Tabulka č. V: ukázky směrných hodnot intenzity osvětlení

Ukázky směrných hodnot intenzity osvětlení	lx
Schodiště, sklepy půdy	30
Garáže, chodby, skladiště a odstavné prostory	60
Kuchyně, obývací pokoje a jídelny, domácí pracovní prostory, čekárny	250
Příprava jídel, kuchyňské a modelářské práce, kancelářské a laboratorní práce	500
Haly, šatny, WC, koupelny, dětské pokoje, spíže	720
Čtení, psaní, školní a ruční práce, modelářství a hobby, malování (kreslení), kosmetika	750
Technické kreslení, precizní práce, přesné zkoušky, určování barev	7000

V našich ergonomických výzkumech jsme použili digitální luxmetr HD450 od firmy Extech instruments, se záznamníkem a s připojením k PC, který se dle našich zkušeností a

dle porovnání s ostatními přístroji může označovat jako přístroj určený k profesionálnímu zjišťování intenzity osvětlení. Pomocí tohoto luxmetru lze změřit intenzitu osvětlení, kterou vyzařují různé zdroje světla. Do vnitřní paměti tohoto přístroje (do záznamníku) lze uložit až 16 000 naměřených hodnot, které je posléze možné převést pomocí přiloženého programu HD540 do osobního počítače (notebooku), kde lze tyto naměřené hodnoty dále vyhodnotit a zpracovat. Displej samotného měřicího přístroje je schopen zobrazit až 99 označených naměřených hodnot, které je možné uložit do jeho paměti. Označené naměřené hodnoty mohou být rovněž převedeny do počítače. Přesnost měření je testována ve výrobním závodě, kde je přístroj přezkoušen a kalibrován; rozsah měření intenzity osvětlení: 0 – 400 000 luxů (lx), rozlišení intenzity osvětlení: 0,1 lx, přesnost: $\pm 5\%$. (obrázek č. 7)

Obrázek č. 7: digitální luxmetr HD450 od firmy Extech instruments



5.7 Posuzovací stupnice, inventáře, dotazníky

Dotazníky a inventáře (inventáře se od dotazníků liší v podstatě pouze tím, že místo otázek předkládají tvrzení – výroky) jsou založené na subjektivních výpovědích zkoumaných osob. Jejich konstrukce tedy vychází z principu introspekce založené na zkušenostech, postojích, ale i předsudcích, které mohou hodnocení značně zkreslit. Dotazníky a inventáře mohou být rovněž zkresleny záměrně, ať již ve smyslu vědomého nadhodnocování nebo

podhodnocování sebe sama, nebo tím, že zkoumané osoby volí z různých důvodů (pokles motivace) stále stejné odpovědi (tzv. chyba centrální tendence či chyba extrémů).

Posuzovací stupnice nejsou v užším slova smyslu testy (Svoboda, 1999), byť mohou obsahovat charakteristiky metrických metod (reliabilita, validita atd.). „Posuzovací stupnici lze definovat jako vymezené kontinuum nebo rozměr, na němž nebo kolem něhož se umísťují úsudky. Je to metoda, sloužící k záznamu jednotlivých vlastností posuzované osoby nebo posuzovaného předmětu posuzovatelem, a to způsobem, který zajišťuje určitou objektivnost a dovoluje kvantitativní zachycení jevu.“ (Svoboda, 1999). Posuzovací stupnice mohou být numerické (hodnotí se na škále například 1,2,3,4,5), bipolární (příkladně -1, -2, -3, 0, +3, +2, +1), grafické, kumulativní (jevu se přiřazují adjektiva), do kterých spadají i check-list metody, posuzovací škály s nucenou volbou (respondenti musí vybrat z více možností tu variantu, která nejlépe vystihuje posuzovanou skutečnost) atd.

5.7.1 Posuzovací stupnice

Posuzovací stupnice (sebehodnotící škály) jsou v souvislosti se zkoumáním výkonnosti zpravidla zaměřeny na charakteristiky bdělosti (vigilance), aktivity, únavy a ospalosti. Jako metody, zjišťující pocit ospalosti, event. aktivity (ostrážitosti) a ospalosti, se např. používají Standforská škála ospalosti (SSS) a Vizuální analogická (grafická) škála (VAS), respektive její modifikace, sloužící především pro měření nálady a míry vytýčených symptomů (Bond, Lader, 1974; Folstein, Lurija, 1973, cit. dle Monk, 1991). Výhodou VAS je především rychlá administrace a oblíbenost u zkoumaných osob, které se nemusí během vyplňování rozhodovat mezi dvěma póly (ano, ne), či přemýšlet nad ratingovým hodnocením (například provedeným v podobě číselných řad vyjadřujících míru zkoumané charakteristiky). Příkladně Monk (1991) použil při svém bádání čtyři charakteristiky čilosti (aktivity) – aktivita, ospalost, úsilí, únava a čtyři charakteristiky emocí – štěstí, smutek, klid, napětí.

5.7.1.1 Subjektivní škála aktivace

Jedná se o jednoduchou metodickou pomůcku, ve které vyšetřovaný v deseti předložených tvrzeních popisuje momentální psychický stav. Jednotlivá tvrzení jsou polaritní,

stupnice má rozsah 1 – 11 bodů. Jednotlivá tvrzení jsou záměrně nepravidelně předložena se stoupajícím nebo klesajícím stupněm míry aktivace. V podstatě metoda zjišťuje vlastní subjektivní hodnocení momentální aktivace zkoumaných osob (viz obrázek č. 8).

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. Příslušný 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 | pocit'uji napětí |
| 4. | cítím se vyčerpaný | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 | cítím, že mám dostatek energie |
| 5. | dobře se soustřed'uji | 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. | pocit'uji únavu | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 | jsem odpočatý |

5.7.1.2 Subjektivní grafická škála

Pro naše výzkumné potřeby jsme sestavili jednoduchou výzkumnou metodu (Fiřo in Neruda a kol., 2010), která je navíc u vyšetřovaných osob oblíbená pro svou názornost a přehlednost, totiž subjektivní grafickou škálu. Výhodou těchto škál je, že probandi se nemusejí rozhodovat mezi předem stanovenými stupni škály, které navíc nemusí plně vyjadřovat míru jejich prožívání. Na pomyslné 100 stupňové úsečce (101 stupňové: 0 – 100; 200 mm dlouhé) jsou analogicky pod sebou řazeny charakteristiky, které mají vyjádřit míru momentální psychické a fyzické způsobilosti či stavu probanda. Zatímco bod 0 představuje maximální míru skleslosti, únavy, nechutě se do „něčeho“ pustit, nízkou výkonnost, nezáměr o probíhající vyšetřování (při skórování uděleno 200 mm), bod 100 naopak maximum aktivace (při skórování uděleno 0 mm). Vyhodnocování provádíme pomocí milimetrového pravítka.

Vyšetřování pomocí těchto grafických škál se velmi rozšířilo v 60. a zejména v 70. letech minulého století (Sarason, Bond, Lade, Folstein, Lurija) a je dodnes některými autory považováno za jedno z nejpřesnějších a nejvýstižnějších, navíc spojujících prvky operantního i respondentního měření (viz obrázek č. 9).

Vizuální (grafická) škála

Datum:

Čas:

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
únava	_____	_____
	0	100
fyzická síla	_____	_____
	0	100
pozornost	_____	_____
	0	100
paměť	_____	_____
	0	100
myšlení	_____	_____
	0	100
učení	_____	_____
	0	100
vztah k tomuto vyšetření	_____	_____
	0	100

5.7.2 Posuzovací stupnice: check-list

Jak již bylo uvedeno dříve, metoda check-list se formálně řadí mezi posuzovací stupnice. Jedná se o jeden z typů posuzovacích škál, konkrétně o škály kumulativní (jevu se přiřazují adjektiva), nebo v menší míře o posuzovací škály s nucenou volbou (respondenti musí vybrat z více možností tu variantu, která nejlépe vystihuje posuzovanou skutečnost). V ergonomické praxi bývá check-list hojně používán. Jeví se jako rychlý a vcelku přesný nástroj, který se hodí všude tam, kde je zapotřebí provést spíše povrchní povšechné zmapování situace, nežli na detail zaměřené měření. Níže uvedeme jednu ze vzorových předloh check-listu s názvem OWAS, která se v ergonomii v posledních desetiletích řadí mezi nejpoužívanější.

5.7.2.1 OWAS (Ovakův systém hodnocení držení těla)

Co se obecného popisu a vývoje metody týče, metoda OWAS byla vyvinuta ve Finsku v ocelářské společnosti Ovako Oy v roce 1973 k zachycení pracovní zátěže pracovníků při generálních opravách železných tavících pecí (Karhu, 1977). K tomuto účelu byl rovněž vyvinut přenosný počítačový systém s názvem WinOWAS pro kódování a analýzu dat z této metody (Kivi, Mattila, 1991). Metoda je používána k detekci a rozlišení nejběžnějších pracovních pozic, konkrétně se jedná o 4 pozice zad, 3 pozice paží, 7 poloh nohou a 3 kategorie manipulací s nákladem s přihlédnutím k jeho hmotnosti (tabulka č. VI). Výsledné celkové nastavení „držení těla“ je definováno čtyřmístným kódem obsahujícím 3 zmíněné tělesné partie a 1 kategorii manipulace s náklady. Šíře variability kódu je tedy dána násobky všech možných kombinací – k dispozici dostaneme 252 různých variací tělesných pozic. Ty bývají posléze dle ergonomických požadavků zpravidla vztahovány ke čtyřem kategoriím činností. Pozorování by měla být uskutečněna ve formě snímků, které by měly být zaznamenány – tzv. vzorkovány v konstantních časových intervalech.

Tabulka č. VI: deskriptory vystavení zátěži

Vystavení	Popis vystavení	Rozsah/amplituda	Trvání	Frekvence
Tělesná pozice	4 tělesné pozice na zádech, 3 tělesné pozice na horních končetinách, 7 tělesných pozic na dolních končetinách			
Pohyby				
Vnější síly	Hmotnost nákladu menší než 10 kg; hmotnost=10-20 kg; hmotnost větší než 20 kg			
Vibrace	Použití vibrujícího nářadí			
Kontaktní síly	Lokalizované stlačení na anatomických oblastech rukou nebo předloktí			

Kódování dat a analýza výsledků

Četnost tělesných pozic je obvykle počítána (kódována) dle kategorií činností a dle úkonu/typu práce, přičemž výsledné hodnocení rizika se provádí právě dle četnosti tělesných pozic v jednotlivých kategoriích činností. Častou pomůckou bývá to, že pozorované kombinace pozic mohou být rozděleny do čtyř ordinálních škál kategorií činností, jež jsou založeny na expertních odhadech zdravotních rizik každé pracovní pozice nebo kombinace pozic (Mattila, 1993).

O shrnutí silných a slabých stránek metody (lapidárně řečeno obsahové validity) se pokusili například autoři Karhu (1977) a Louhevaara a Suurnäkki (1992):

Silné stránky metody

1. Metoda je hojně používaná, díky čemuž jsou relativně přesně zdokumentovány zjištění z ní plynoucí (viz reliabilita, validita metody a tvorba standardů).
2. Obsah metody je relevantní vzhledem k očekávanému hodnocení.
3. Pozorované položky mají zvukový doprovod.
4. Zvuková operacionalizace položek určených k pozorování.

5. Zvukové procesy doprovázející sběr dat.
6. Zvukový doprovod při vytváření výstupu sbíraných dat. [Pozn.: zakládá se na četnosti rozložení dat, nepočítá se s trváním individuálních pracovních sekvencí.]

Slabé stránky metody

- a. Neodděluje zatížení pravé a levé horní končetiny. Chybí hodnocení krku a loktů/zápěstí.
- b. Kódování tělesných pozic je velmi přibližné.
- c. Neposkytuje přehled o uplynulém čase.
- d. Neumožňuje posoudit opakování nebo časové trvání následných tělesných pozic.
- e. Arbitrárně domluvená pravidla rozhodování jsou založena na rozložení četností.
- f. Užití metody OWAS vyžaduje důkladný zcvik pozorovatelských technik stejně jako dovedností nutných k vytvoření strategie pozorování.

Kromě diskutovaných pozitiv a negativ byla o této metodě samozřejmě provedena řada validizačních studií. Například s využitím empirické validity (porovnávání platnosti metody s podobnými metodami) bylo doloženo, že většina výsledků hodnocení rizika nevhodného držení těla pomocí této metody je v souladu s výsledky analýz vyplývajících z dalších metod (shoda je více jak z 80%). Jako příklady uveďme srovnání metody OWAS s Borgeho RPE škálou a Škálou diskomfortu tělesných partií (Olendorf, Drury, 2001) nebo s metodami RULA a REBA, kde shody v posuzování jednotlivých hodnocení držení těla napříč metodami dosahovaly až 97,3%. Zkoumána byla rovněž prediktivní validita, a to, s jakou přesností lze metodu použít k odhadu pravděpodobnosti onemocnění pohybového aparátu (zkoumán byl vztah mezi zátěží jednotlivých tělesných pozic a případnými symptomy nemoci – Burdorf, 1991). Vnitřní reliabilita byla zaměřena na skutečnost, zda li se pomocí této metody u jednoho posuzovatele opakovaně dochází ke stejným výsledkům; zjišťováno například bylo pozorování tělesných pozic z promítaných fotografií po 3 týdnech (Kee, Karwowski, 2007), či po 4 týdnech a 3,5 měsících (de Bruijn, 1998) atd. Kappa hodnoty ze všech opakování byly vyšší jak 0,6. Konečně konspekční reliabilita (reliabilita mezi více pozorovateli) dosahovala koeficientů reliability od 85% do 97% (Mattila, 1993), přičemž

například v jedné z nejvýznamnějších studií bylo celkově uskutečněno více jak 36 240 pozorování 52 úloh (Kivi, Mattila, 1991).

Aplikace metody ve vybraných pracovních pozicích

Metoda našla uplatnění opravdu v široké paletě pracovních odvětví a pracovních pozic. Měření pomocí ní byli: pracovníci ocelářského průmyslu (Burdorf, 1991); stavební dělníci (Burdorf, 1991; Kivi, Mattila, 1991; Mattila, 1993); zdravotní pracovníci (de Bruijn, 1998); pracovníci dopravních firem (jeřábníci, řidiči tahačů a administrativní pracovníci); řidiči kamiónů se zvedací plošinou, pracovníci údržby a opravy automobilů, pracovníci předškolního vzdělávání (modifikovaný OWASm), pracovníci manufaktur, truhláři, pracovníci sedavých zaměstnání (Burdorf, 1991), pracovníci obsluhy stanic pohonných hmot, skladníci, řidiči jeřábů, kancelářští pracovníci, dělníci na pile a mechanici dřevoobráběcího průmyslu, baliči květin, rybáři, zemědělci, poštovní třídíči, stavební dělníci a inspektoři osobních vozidel, zaměstnanci pečovatelských služeb, pracovníci silniční údržby, profesionální rybáři, pracovníci údržby lodí, pracovníci na ústřednách, chemici, pracovníci distribučního centra atd.

5.7.3 Inventáře

Inventáře mají ve srovnání s dotazníky formu oznamovacích vět. Věty bývají tvrzeními, jež jsou zkoumanými osobami hodnoceny. Hodnocení se mohou týkat míry souhlasu (nesouhlasu), třídění od minima k maximu (například hodnocení výroku – tvrzení na škále od „nejméně vystihuje“ po „vystihuje nejvíce“), výběru z alternativ apod. Výhodami inventářů a dotazníků je, v porovnání s jinými metodami, rychlá a snadná administrace (sběr dat) a vyhodnocování (u standardizovaných inventářů bývají u vyhodnocení k dispozici šablony či klíče se „správnými“ odpověďmi apod.). Dotazníky a inventáře mají také přednost v tom, že mohou být administrovány skupinově, což zmíněnou výhodu rychlosti sběru dat značně umocňuje. U skupinového (hromadného) vyplňování inventářů a dotazníků je však důležité dohlédnout na to, zda li všichni respondenti pochopili zadání – instrukce, neboť míra „pozornosti“ respondentů nebývá před započítáním skupinové administrace na požadované

„optimální“ úrovni. Tuto skutečnost je zvláště důležité ošetřit ve chvílích, kdy jsou dotazníky rozesílány za pomoci médií, například internetu, ve kterých nebývá zvykem použití osobní komunikace.

5.7.3.1 Inventář pracovní výkonnosti operátorů lesnických harvestorů a forwarderů

Pro zajímavost uvádíme rovněž jeden z našich dalších ad hoc vytvořených inventářů, použitých ve výzkumech v roce 2009 – 2010 (Fiřo in Neruda a kol., 2010). Jedná se o inventář pracovní výkonnosti operátorů lesnických harvestorů a forwarderů, sestavený se zřetelem na zkoumání variability průběhu pracovní výkonnosti v čase zmíněných operátorů (viz obrázky č. 10 a 11). Pomocí inventáře byla umožněna registrace širokého pásma faktorů vyskytujících se při práci operátorů harvestorů a forwarderů. Faktory, které bylo účelné zkoumat kontinuálně a které bylo možné nepřímě vztahovat k výsledkům průběhu fyziologických funkcí naměřených pomocí aparatury Biofeedback 2000 x-pert, byly registrovány každou půl hodinu počínaje začátkem pracovní směny. Data z inventáře byla podrobena analýze se zřetelem na detekování a rozlišení možných příčin změn zkoumaných fyziologických funkcí operátorů, které jsou s pracovní výkonností úzce spjaté. Faktory bylo možné lapidárně kategorizovat do následujících skupin: faktor počasí, faktor času při pracovní činnosti (začátek, konec pracovní činnosti, délka pracovní směny; zkoumán byl především vliv biorytmů), faktor terénu, faktor aktivní relaxace, faktor aktuálního fyzického a psychického stavu operátora obsahující rovněž pitný a stravovací režim, faktor věku operátora, faktor praxe v operátorské činnosti, faktor anamnestických údajů operátora (počet nehod za poslední 3 roky a výčet dřívějších vážných onemocnění), faktor aktuálního výkonu za směnu, faktor výrobce a typu harvestoru a faktor příčin technických přestávek během práce.

Obrázky č. 10 a 11: Inventář pracovní výkonnosti operátorů lesnických harvestorů a forwarderů, 1. a 2. strana

Inventář pracovní výkonnosti v čase u operátorů lesnických harvestorů a forwarderů

Datum:	ZO č.:	Čas měření						Pauza													
Faktor	Doplňující údaje	1	1:30	2	2:30	3	3:30	4	4:30	5	5:30	6	6:30	7	7:30	8	8:30	9	9:30	10	
Čas																					
Čas začátku pracovní činnosti:																					
Čas konce pracovní činnosti:																					
Čas (hlavní) přestávky:																					
Terén [Inventář dle prof. Ulricha]																					
Počasí																					
Stav oblačnosti; srážky:																					
Dohlednost:																					
Teplota venkovní:																					
Teplota uvnitř harvestoru:																					
Vlhkost vzduchu venkovní:																					
Vlhkost vzduchu uvnitř harvestoru:																					
Tlak venkovní (k nadmořské výšce):																					
Intenzita osvětlení:																					
Fáze měsíce:																					
Relaxace																					
Relaxační cvičení:																					
Biofeedback cvičení:																					
Poznámky:																					

Inventář pracovní výkonnosti v čase u operátorů lesnických harvestorů a forwarderů

Datum:	ZO č.:	Čas měření								Pauza										
Faktor	Doplňující údaje	1	1:30	2	2:30	3	3:30	4	4:30	5	5:30	6	6:30	7	7:30	8	8:30	9	9:30	10
Operátor																				
Aktuální zdravotní stav:																				
Délka spánku před pracovní činností:																				
Kouření během práce:																				
Pitný režim během práce (litr):																				
Stravovací režim během práce (KJ):																				
Věk:																				
Počet odpracovaných hodin:																				
Počet úrazů za poslední 3 roky:																				
Dřívější vážná onemocnění:																				
Výkon operátora																				
Počet stromů za hodinu/směnu																				
Počet kubíků za hodinu/směnu																				
Harvestor																				
Výrobce a typ harvestoru:																				
Hluk uvnitř harvestoru:																				
Vibrace uvnitř harvestoru:																				
Hodnoty CO ₂ vně/uvnitř harvestoru:																				
Technické přestávky:																				
Výměna řetězu																				
Prasklá nebo uvolněná hadice																				
Údržba stroje																				
Jiné:																				
Poznámky:																				

5.7.3.2 Inventář faktorů bezpečnosti práce s harvestory/forwardery

Z vlastní ergonomické praxe do skript zařazujeme ještě jeden ad hoc vytvořený inventář určený k zmapování hodnocení důležitosti zkoumaných příčin nehod a případné spojitosti mezi těmito příčinami. Inventář byl rozdán k vyplnění dvaceti operátorům harvesterů a forwarderů ve věku od 19 do 61 let, (průměrný věk respondentů byl 39,6; nejčastější věk byl 27 let) s pěti a víceletou praxí s řízením těchto strojů. Sběr dat probíhal kontinuálně po celý rok 2011 (nejednalo se o zcela náhodný výběr, ale o náhodný výběr zkoumaných osob z předem zvoleného vzorku populace; vzorek byl vymezen seznamem obchodních společností a osob s živnostenským listem, které uzavírají pracovní poměr s operátory harvesterů a forwarderů s minimálně tří a víceletou praxí s těmito stroji).

Data z vyplněných inventářů byla překódována do matice. Posléze byla provedena deskriptivní statistika (především převedení deskriptivních údajů na procenty vyjádřené údaje o výskytu možných příčin nehod) a Spearmanova neparametrická korelace mezi těmito faktory a demografickými údaji operátorů (věk, délka praxe). Sestrojeny a analyzovány byly rovněž grafy (koláčový graf, popř. sloupcový graf).

Ad hoc vytvořený dotazník obsahuje výčet 23 nejčastěji zmiňovaných nejdůležitějších faktorů, které mohou zapříčinit nehody při práci operátorů s harvestory a forwardery. Operátoři harvesterových technologií (zkoumané osoby) měli za úkol dle vlastního názoru posoudit důležitost faktorů, které se podílejí na zvýšení pravděpodobnosti vzniku nehod při práci s harvestorem/forwarderem. Při vyplňování dotazníku postupovaly zkoumané osoby podle následujícího klíče: dle svého soudu přiřadily uvedeným dvaceti třem faktorům procenta v závislosti na tom, jakou měrou mohou zvýšit pravděpodobnost nehod ve srovnání s ostatními faktory. Součet procent všech obodovaných faktorů musel tvořit 100 procent. Pokud měly zkoumané osoby za to, že se některý z uvedených faktorů vůbec nepodílí na případné možnosti vzniku nehody, mohly určenému faktoru přidělit 0 procent. Údaje ze všech vyplněných dotazníků byly sečteny a převedeny na celková procenta vyjadřující odhadovanou míru důležitosti všech posuzovaných příčin (faktorů) na případném vzniku nehod. Do skript nezařazujeme rozsáhlý koláčový graf zobrazující procentuální zastoupení všech faktorů, ale pouze menší tabulku s prvními sedmi nejdůležitějšími faktory (tabulka č. VII).

Tabulka č. VII: možné příčiny nehod seřazené dle pořadí důležitosti do pětiprocentní hranice důležitosti

Pořadí	Příčina nehody	Posuzovaná důležitost v %
1.	Počet odpracovaných hodin operátora (praxe)	24,42
2.	Délka spánku před pracovní činností operátora	15,76
3.	Charakter stromu	6,95
4.	Svah po spádnici	6,61
5.	Infrastruktura příjezdových a odjezdových cest	6,12
6.	Charakteristiky harvestoru podle výkonu (motoru)	5,97
7.	Náklon harvestorové kabiny ve spojitosti s podvozkem	5,04

Z tabulky lze vyčíst, že za nejdůležitější možnou příčinu vzniku nehod bylo zkoumanými osobami posuzováno malé množství odpracovaných hodin operátora (praxe), a to z 24,42 %. Dále je operátory za důležitou posuzována délka spánku před pracovní činností, která zaujímá 15,76 %. Tyto dvě možné příčiny nehod se v porovnání s ostatními výrazně liší, řečeno zjednodušeně, jsou pro zkoumané osoby ve srovnání s ostatními dvakrát až čtyřikrát důležitější. Za zmínku také stojí charakter stromu (6,95 %) a svah po spádnici (6,61 %) a v neposlední řadě infrastruktura příjezdových a odjezdových cest (6,12 %) či charakteristika harvestoru podle výkonu motoru (5,97 %). Pětiprocentní hranici posuzované důležitosti uzavírá náklon harvestorové kabiny ve spojitosti s podvozkem, a to z 5,04 %. Ostatní posuzované příčiny se pohybovaly v rozpětí hodnocení důležitosti mezi 4,11 % (překážky v terénu) a 0,49 % (mlha – dohlednost při práci).

Níže závěrem skript uvádíme samotný inventář (obrázek č. 12) s názvem „Inventář faktorů bezpečnosti práce s harvestory/forwardery“ (Fiľo, Gajdošík, 2013).

Obrázek č. 12: Inventář faktorů bezpečnosti práce s harvestory/forwardery

Datum: _____ Věk: _____ Číslo inventáře (ZO): _____ Zaměstnavatel: _____
 Počet nehod za posledních 5 let při práci na harvestoru/forwarderu: _____
 Příčiny nehod při práci (pokud možno vyberte z uvedených faktorů): _____

 Počet odpracovaných hodin na harvestoru/forwarderu: _____
 Výrobce a typ harvestoru/forwarderu: _____
Instrukce:
 Posuďte prosím dle vlastního názoru důležitost faktorů, které se podílejí na zvýšení pravděpodobnosti nehod při práci s harvestorem/forwarderem. Postupujte podle následujícího klíče: podle vašeho soudu přiřaďte prosím uvedeným faktorům procenta v závislosti na tom, jakou měrou zvyšují pravděpodobnost nehod ve srovnání s druhými faktory. Součet procent všech faktorů musí tvořit 100 %. [Poznámka: pokud máte zato, že některý z níže uvedených faktorů se vůbec nepodílí na případné nehodě, můžete napsat 0%.]

	PROCENTA	%
1. svah po spádnicí (náповěda: povolený limit ve směru dolů max. 45%, na bok max. 8%)	_____	_____
2. složení podloží (náповěda: poměr kamení v půdě, písčité, hlinité, jílovité povrch (nejvíce nebezpečný))	_____	_____
3. vrstva sněhu	_____	_____
4. déšť – množství vody na ml (cm ³)	_____	_____
5. půdní vlhkost v %	_____	_____
6. vítr	_____	_____
7. mlha – dohlednost při práci	_____	_____
8. překážky v terénu (náповěda: limitem jsou kameny větší jak ½ m, příkopy vyšší jak 1 m)	_____	_____
9. charakter porostu (náповěda: zakménéni – hustota stromů/1ha, zmlazení – počet malých stromů/1 ha)	_____	_____
10. charakter stromu (náповěda: nejčastěji se jedná o smrk, borovici, buk, modřín, ostatní listnaté)	_____	_____
11. charakter větví (náповěda: zavětvení, průměr větví, hrozí nebezpečí prokluzu harvestorové hlavičky)	_____	_____
12. bajonetová špička vrcholu stromu (náповěda: nebezpečí vyvrácených nebo zlomených stromů)	_____	_____
13. stáří porostu, probírka / mýtní těžba (náповěda: diagnostika průměru kmene ve výši prsou, cca 1,3 m od země)	_____	_____
14. infrastruktura příjezdových a odjezdových cest (náповěda: brody, mosty, nejkratší trasy při transportu harvestoru na návěsu)	_____	_____
15. charakteristiky harvestoru podle výkonu (motoru) (náповěda: hluk, vibrace, klimatizace, intenzita osvětlení harvestorovými světly)	_____	_____
16. náklon harvestorové kabiny ve vazbě na podvozek (náповěda: náklon v kabině operátora zvyšuje stres operátorů)	_____	_____
17. počet odpracovaných hodin operátora (náповěda: hodnocení důležitosti faktorů nehod je ovlivněna praxí operátorů)	_____	_____
18. délka spánku před pracovní činností operátora (náповěda: celková únava operátora, aktivita versus útlum)	_____	_____
19. příprava porostu podle GPS (dostupnost signálu GPS) (náповěda: schopnost načíst data pohybu a práce v porostu – harvestor i forwarder)	_____	_____
21. příprava porostů s vyznačením linek páskováním nebo barvou	_____	_____
22. práce v lesním porostu bez přípravy (operátor vyznačuje sám)	_____	_____
23. jiné uveďte.....	_____	_____

6. Literatura

- Azevedo et al., 2009: Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *The Journal of comparative neurology*. Apr. 10; 513(5), 532-541.
- Birbaumer, N., Schmidt, R. F., 1991: *Biologische Psychologie*, 2. Auf. Berlin, Heidelberg, Springer, 2126 s. ISBN 3-540-25460-9.
- Brown, F. M., Graeber, R. C. (eds.), 1982: *Rhythmic aspects of behavior*. New Jersey, London, Lawrence Erlbaum Associates.
- Burdorf, A. et al., 1991: Postural load and back pain of workers in the manufacturing of prefabricated concrete elements. *Ergonomics*, 34 (7), 909-918.
- Bušek, P. (16.2.2001). Fyziologická podstata vzniku EEG signálu a limity rutinního EEG vyšetření. *Epilepsie*. Staženo dne 18. 4. 2013 z www.medicine.com (zdravotnický odborný portál).
- Callaway, E, Yeager, C. L., 1960: Relationship between reaction time and EEG alpha phase. *Science* 132, No. 3441, 1765–1766.
- Colquhoun, W. P. (ed.), 1971: *Biological rhythms and human performance*, London+New York, Acad. Press.
- Čmejla, R., 2013: *Biologické signály - textové verze přednášek*. Praha, ČVUT FEL.
- Čmejla, R., Bergl, P. Rusz, J., Janča, R., 2013: *Zpracování biologických signálů - návody k laboratorním úlohám*. Praha, ČVUT FEL.
- de Bruijn, I. et al., 1998: A simple method to evaluate the reliability of OWAS observations. *Applied Ergonomics*, 29 (4), 281-283.
- De Luca, C. J., 1997: The use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of applied biomechanics*, 13, 135-163.
- Enander, A. E., 1987: Effects of moderate cold on performance of psychomotor and cognitive tasks. *Ergonomics*, 30, 1431–45.
- Enander, A. E., Hygge, S., 1990: Thermal stress and human performance. *Scand. J. Work. Environ. Health.*, 16, 44–50.
- Engel, A. K., Fries, P., Koenig, P., Brecht, M., Singer, W., 1999: Temporal Binding, Binocular Rivalry, and Consciousness. *Consciousness and Cognition*, 8,(2).
- Eysenck, M. W., Keane, M. T., 2008: *Kognitivní psychologie*. Academia: Praha.

- Ferjenčík, J., 2002: Úvod do metodologie psychologického výzkumu. Praha, Portál.
- Fiřo, P., Kořínková, M., v tisku: Spojitost akustických podnětů s fyziologickými funkcemi a subjektivním posuzováním.
- Fiřo, P., 2013: Srovnání ergonomických charakteristik otočných a stacionárních kabin testovaných forwarderů John Deere 1110E a John Deere 1110D: výzkumná zpráva k inovačnímu voucheru. Brno, vlastním nákladem.
- Fiřo, P., Gajdošík, M., 2013: Analýza příčin pracovních nehod operátorů harvestorů a forwarderů: dílčí výzkumná zpráva k řešení projektu TIP v roce 2012. Brno, vlastním nákladem.
- Fiřo, P., 2012: Srovnání ergonomických charakteristik stacionárních a otočných kabin testovaných vyvážecích traktorů: výzkumná zpráva k inovačnímu voucheru. Brno, vlastním nákladem.
- Fiřo, P., 1990: Zjišťování dynamiky psychických funkcí u náročných dělnických profesí v lesním hospodářství: závěrečná výzkumná zpráva. Brno, LF VŠZ v Brně.
- Fiřová, P., 2013: Neurofyziologické procesy a hudební vědomí v experimentu s Mozartovým efektem. Disertační práce. Brno, vlastním nákladem.
- Folkard, S., 1975: Diurnal variation in logical reasoning. Br. J. Psychol., 66, 1, 1–8.
- Fráňa, P., Souček, M., Řiháček, I., Bartošíková, L., Fráňová, J., 2005: Hodnocení variability srdeční frekvence, její klinický význam a možnosti ovlivnění. Farmakoterapie, č. 4, s. 1-3.
- Gasparič, J., Hyšpler, R., Tichá, A., 2004: Vydechovaný vzduch a poruchy metabolismu. Analýza těkavých látek v dechu. Vesmír 83, 283–285.
- Geréb, G., 1974: Výzkum vlivu monotónní činnosti v průmyslu umělých hmot. Psychologie v ekonomické praxi, VIII., 1, 18–23.
- Gilbertová, J., Plamínek, J., 1979: Hodnocení monotónní práce. Psychologie v ekonom. praxi, XIV., 3-4, 199–208.
- Hanák, K. a kol., 2002: Zpřístupňování lesa – Vybrané statě 1. MZLU v Brně, 154 s. ISBN 80-7157-639-5.
- Hanzlová, J., Hemza, J., 2007: Základy anatomie soustavy dýchací, srdečně cévní, lymfatického systému, kůže a jejich derivátů III. Brno, Masarykova univerzita, 122 s. ISBN 978-80-210-4360-2.
- Havlíčková, L. a kol., 2004: *Fyziologie tělesné zátěže I*. Obecná část. Praha, Karolinum, 203 s. ISBN 80–7184–875–1

- Hunt, M., 2010: Dějiny psychologie. Praha, Portál. 708 s. ISBN: 978-80-7367-814-2
- Husserl, E., 1928: Vorlesungen zur Phänomenologie des inneren Zeitbewusstseins, Jahrbuch für Philosophie und phänomenologische Forschung 9. Halle, Max Niemeyer Verlag.
- Chmelař, V., Osecký, P., 1970: Diference chybových skóre aktivní optické a akustické pozornosti. Psychologie v ekonomické praxi, V., 3, s. 132–143.
- Karhu, O. et al., 1977: Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. Applied Ergonomics, 8 (4), 199-201.
- Karwowski, W. (ed.), 2006: International encyclopedia of ergonomics and human factors. 2. vyd., sv 3. Boca Raton: CRC Press Taylor&Francis Group. 3531 s. ISBN 978-0-415-30430-6.
- Kautzner, J., Malik, M., 1998: Variabilita srdečního rytmu a její klinická použitelnost, I. část. Cor Vasa, s. 182–187.
- Kee, D., Karwowski, W., 2007: A comparison of three observational techniques for assessing postural loads in industry. Int J Occup Saf Ergon, 13 (1), 3-14.
- Kerlinger, F. N., 1972: Základy výzkumu chování. Praha, Academia, 708 s.
- Kess, E., 1972: Aktivitätszeit, Zeitschätzung, subjektive Vigilanz und akustische Reaktionszeit bei frei laufender Circadianrhythmik unter Zeitgeberausschluß. Marburg: Philipps-Universität Marburg.
- Kivi, P., Mattila, M., 1991: Analysis and improvement of work postures in the building industry: application of the computerised OWAS method. Applied Ergonomics, 22 (1), 43-48.
- Klimo, E., 2000: Lesnická pedologie. MZLU v Brně, 259 s. ISBN 80-7157-306-X.
- Klíma, M., 1971: Príručka o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci. Bratislava, Práca.
- Kleitman, N., 1963: Sleep and wakefulness. Chicago: Univ. of Chicago press.
- Kopčaj, A., 1997: Košatění bohatství. Ostrava, Silma '90, 186 s. ISBN 80-902358-0-8
- Kraepelin, E., 1902: Die Arbeitskurve. Leipzig, Engelmann.
- Kraepelin, E., Hylan, J. P., 1902: Über die Wirkung kurzer Arbeitszeiten. Psychologische Arbeiten 4, 454–494.
- Louhevaara, V., Suurnäkki, T., 1992: OWAS: a method for the evaluation of postural load during work. Training publication no 11 Helsinki Institute of Occupational Health and Centre for Occupational Safety.
- Máček, M., 1995: Únava. Praha, Victoria Publishing, 95 s. ISBN 80-85865-73-4.
- Machač, M., Macháčová, H., 1991: Psychické rezervy výkonnosti. Praha, Univerzita Karlova. ISBN 80-7066-485-1.

- Machač, M., Machačová, H., Hoskovec, J., 1988: Emoce a výkonnost. 2. vyd., Praha, SPN, 283 s.
- Machač, M., 1971: Psychická zátěž, únava a zotavení. Psychologie v ekonomické praxi, VI., 2, 72–79.
- Mairovský, J., 1993: Nemocnost žen pracujících na železnici v turnusové službě. In: Člověk a železniční doprava, Loučeň, VŠDS Žilina, 157–158.
- Malík, V., Dvořák, J., 2007: Harvesterové technologie a vliv na lesní porosty. Praha. Forestalia 5, Lesnická práce, 84 s. ISBN978-80-86386-92-8.
- Mantlíková, H., Kunz, K., Musil, J., 1974: Pocit únavy a velikost zátěže. Psychologie v ekonomické praxi, VIII., 2-3, 152–159.
- Mattila, M. et al., 1993: Analysis of working postures in hammering tasks on building construction sites using the computerized OWAS method. Applied Ergonomics, 24 (6), 405-412.
- Mill, J. S., 1967: Systém deduktívnej a induktívnej logiky. In: Antológia z diel filozofov. Pozitivismus. Voluntarizmus. Novokantovstvo. Bratislava, VPL, s. 126–138.
- Mill, J. S., 1843: A System of Logic, Ratiocinative and Inductive: Being a Connected View of the Principles of Evidence and the Methods of Scientific Investigation. London, John W. Parker.
- Monk, T., 1991: Sleep, Sleepiness and Performance. Pittsburg, John Wiley & Sons Ltd.
- Neruda, J., Ulrich, R., Gebauer, R., Janata, P., Fišer, P., Martinková, M., Nevrla, P., 2010: Vybrané faktory užití těžebně dopravních strojů. 1. vyd. Ediční středisko Mendelovy univerzity v Brně: Mendelova univerzita v Brně, 77 s. ISBN 978-80-7375-461-7.
- Neruda, J. a kol., 2008: Harvesterové technologie lesní těžby. MZLU v Brně, 149 s. ISBN 978-80-7375-146-3.
- Neruda, J., Šimanov, V., 2006: Technika a technologie v lesnictví. MZLU v Brně, 324 s. ISBN 80-7157-988-2.
- Neruda, J., Valenta, J., 2004: Determinace poškození lesních porostů těžebními technologiemi. LDF MZLU v Brně, 61 s. ISBN 80-7157-820-7.
- Olendorf, M. R., Drury, C. G., 2001: Postural discomfort and perceived exertion in standardized box-holding postures. Ergonomics, 44(15), 1341-1367.

Pflanzer, R., Uyehara, J. C., McMullen, W., 2000: Physiology Lessons for use with Biopac Students Lab. Manual Revision PL3.6.7-ML3.0.7/061903. Biopac Systems, Inc. 42 Aero Camino, Goleta, CA 931117.

Plamínek, J., 1969: Podíl technologie, pracovního prostředí a biologických vlivů na spotřebu času. Psychologie v ekonomické praxi, IV., 4, 181–188.

Poche, V., 1993: Režim práce a odpočinku zaměstnanců v dopravě a kultura cestování. In: Člověk a železniční doprava. Loučeň, VŠDS Žilina, 149–153.

Poirel, Ch., 1995: Evidence for two asynchronous circadian systems of emotionality: Theoretical aspects in Comparative Psychology. Journal of General Psychology, 122, 4, 401–425.

Pöppel, E., Aschoff, J. C., Giedke, H., 1970: Tagesperiodische Veränderungen der Reaktionszeit bei Wahlreaktionen. Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie, XVII., 4, 537–552.

Redfern, P. H., Campbell, I. C., Davies, J. A., Martin, K. F. (eds.), 1985: Circadian Rhythms in the Central Nervous System. London: International Union of Pharmacology.

Rehák, Š., Janský, L., 2000: Fyzika pôdy I – Základné fyzikálne vlastnosti pôdy. Univerzita Komenského v Bratislavě, 108 s. ISBN 80-223-1544-3.

Rodová, D., Mayer, M., Janura, M., 2001: Současné možnosti využití povrchové elektromyografie. Rehabilitace a fyzikální lékařství, roč. 8, č. 4, s. 173-177.

Rokyta, R., 2008: Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, ošetřovatelství, přírodovědných, pedagogických a tělovýchovných oborech. 2. vyd. Praha, ISV, 426 s. ISBN 9788086642482

Rónay, E., Dejmal, J., 1991: Lesná ťažba. Bratislava, Príroda, Vydavateľstvo kníh a časopisov, n.p., 356 s. ISBN 80-07-00432-7.

Rónay, E., Bumerl, M., 1982: Doprava dreva. Bratislava, Príroda, Vydavateľstvo kníh a časopisov, n.p., 320 s.

Sarmány, I., 1993: Biorytmy v školskej činnosti – príspevok k školskej ergonómii. Čs. psychologie, XXXVII., 6, 481–490.

Schubert, E., 2002: Physiologie des Menschen. Verlag Wissenschaftliche Scripten. 222 s.

Sieglová, J. a kol., 1993: Cirkadiánní variabilita krevního tlaku u pacientů v administrativě. In: Člověk a technika očima ergonomů, Brno, VŠZ v Brně, 30.

- Silbernagl, S., 2004: Atlas fyziologie člověka. 3. vyd. Praha, Grada Publisher, 435 s. ISBN 80-247-0630-X.
- Sirois, W. G., Moore-Ede, M., 1996: Review article: Preventing Fatigue and Human Error in Around-the-Clock Operations. *SSA Journal*, 10, 31–38.
- Sirois, W. G., 1996: Achieving Shiftwork Excellence: Maximizing Health, Safety and Operating Efficiency in Round-the-Clock Operations. Cambridge, Circadian Technologies.
- Smékal, V., 2002: Malý úvod do vědecké práce. Brno, FSS MU.
- Spironelli, Ch., Angrilli, A., 2009: EEG delta band as a marker of brain damage in aphasic patients after recovery of language. *Neuropsychologia*, vol. 47, Is. 4, pp. 988-994.
- Sternberg, R. J., 2002: Kognitivní psychologie. Praha, Portál, 636 s. ISBN 80-7178-376-5.
- Svoboda, M., 1999: Psychologická diagnostika dospělých. Praha, Portál. ISBN 80-7178-327-7
- Šedivý, V., 2006: Ergonomie a bezpečnost a ochrana zdraví při práci. Brno. Mendlova univerzita v Brně, 319 s.
- Švancara, J., 2003: Emoce, motivace, volní procesy. Brno, Psychologický ústav FF MU v Brně. ISBN 80-86633-11-X
- Štikar, J., Rymeš, M., Riegel, K., Hoskovec, J., 2000: Metody psychologie práce a organizace. Praha, Univerzita Karlova – Karolinum, 188 s. ISBN 80-246-0048-.
- Trojan, S. a kol., 2003: Lékařská fyziologie. 4. vyd., Praha, Grada Publisher, 772s . ISBN 80-247-0512-5.
- Tůma, V., 1989: Povrchové teploty lidského těla jako indikátory regulačních a dispozičních schopností lidského organismu. *Čs. psychologie*, XXXIII., 4, 345–360.
- Ulrich, R. a kol., 2010: Praktické uplatnění družicových navigačních systémů k navigaci a logistice těžebně dopravních strojů. MZLU v Brně, 58 s. ISBN 978-80-7375-413-6.
- Ulrich, R. a kol., 2009: Harvesterové technologie v podmínkách lesního hospodářství ČR: Metodika ekologického způsobu práce těžebně dopravních strojů při správném hospodaření v lesích. Brno, Tribun EU, s. r. o., 46 s. ISBN 978-80-7399-638.
- Ulrich, R. a kol., 2006a: Harvesterové technologie a jejich optimální užití v praxi. MZLU v Brně, 79 s. ISBN 80-7375-012-0.
- Ulrich, R. a kol., 2006b: Možnosti uplatnění sortimentních technologií ve správě LČR, s.p. MZLU v Brně, 340 s. ISBN 978-80-7375-051-0.

Ulrich, R. a kol., 2004: Harvestorové technologie v lesním hospodářství v rámci programu SAPARD: Krátkodobý seminář pro odborné pracovníky. Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 80-213-1154-1.

Ulrich, R. a kol., 2003: Použití harvestorové technologie v probírkách. MZLU v Brně, 98 s. ISBN 80-7157-631-x.

Urbánek, T., 2002: Základy psychometrie. Brno, Masarykova univerzita. ISBN 80-210-2797-5.

Van Lysebeth, A., 1984: Jóga. 3. vyd. Praha, Olympia, 275 s.

Wever, R. A., 1979: The Circadian System of Man. New York, Heidelberg, Berlin, Springer-Verlag.

Woodworth, R. S., Schlosberg, H., 1960: Experimentálna psychológia. Bratislava, SAV.

Zwieck, E. B., Kollmitzer, P., 1994: Zeit Frequenzanalysen (TFA) des oberflächen – EMGs des M. soleus beim Gehen. Berlin, EMG Meeting 94 – Beilag



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tato studijní pomůcka vznikla v průběhu řešení projektu operačního programu Inovace technických a dřevařských disciplín pro vyšší konkurenceschopnost, CZ.1.07/2.2.00/28.0019. Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Název titulu	Nové metody v ergonomii
Vydavatel	Mendelova univerzita v Brně v rámci projektu TechDrev, Inovace technických a dřevařských disciplín pro vyšší konkurenceschopnost, CZ.1.07/2.2.00/28.0019
Vydání	první, 2013
Náklad	200 ks
Tisk	ASTRON studio CZ, a.s., Praha
©	PhDr. Petr Fišer, Ph.D. neprošlo jazykovou úpravou
ISBN	978-80-7375-970-7