

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program:
Studijní obor:

P2301 Strojní inženýrství
2301V007 Průmyslové inženýrství a
management

DIZERTAČNÍ PRÁCE

Metodika ergonomického návrhu pracovišť při
vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému
a funkce systému

Autor:

Ing. Tomáš GÖRNER

Školitel:

doc. Ing. Michal ŠIMON, Ph.D.

Akademický rok 2013/2014

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě dizertační práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni

Prohlašuji, že jsem dizertační práci na téma:

Metodika ergonomického návrhu pracovišť při vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému

vypracoval samostatně, pod odborným dohledem školitele a za použití pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této dizertační práce.

V Plzni dne:

.....

Ing. Tomáš Görner

Upozornění

Podle Zákona o právu autorském. č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků písemné práce ke státní doktorské zkoušce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat školiteli doc. Ing. Michalu Šimonovi, Ph.D., a celému pedagogickému kolektivu katedry průmyslového inženýrství a managementu, hlavně pak doc. Ing. Milanu Edlovi, Ph.D., a panu Ing. Miroslavu Královi, za odbornou pomoc při zpracování této dizertační práce.

Moje velké díky patří také celé mojí rodině a partnerce, za jejich podporu.

Při zpracování dizertační práce byly využity výstupy projektů:

GAČR 402/08/H051 s názvem „*Optimalizace multidisciplinárního navrhování a modelování výrobního systému virtuálních firem*“, poskytnuté Grantovou agenturou České republiky.

OP VK č. CZ.1.07/2.3.00/09.0163 (VYZTYMDP) s názvem „*Kvalitní výzkumný tým zaměřený na problematiku řízení životního cyklu výrobku v prostředí digitálního podniku*“, který byl spolufinancován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky. Tento projekt byl řešen v rámci operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.

ANOTAČNÍ LIST DIZERTAČNÍ PRÁCE

AUTOR	Ing. Görner	Tomáš
STUDIJNÍ OBOR	2301V007 „Průmyslové inženýrství a management“	
VEDOUCÍ PRÁCE	doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Michal
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KPV	
DRUH PRÁCE	DIZERTAČNÍ	
NÁZEV PRÁCE	Metodika ergonomického návrhu pracovišť při vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému	

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KPV	ODEVZDÁNÍ	2013
----------------	---------	----------------	-----	------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	218	TEXTOVÁ ČÁST	183	GRAFICKÁ ČÁST	35
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS	<p>Práce s názvem „Metodika ergonomického návrhu pracovišť při vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému“ se řadí do oblasti průmyslového inženýrství a ergonomie. Ergonomické navrhování pracovišť je součástí uplatňování moderních metod navrhování výrobních systémů. Ergonomie byla většinou řešena v rámci pasivního přístupu. Vývoj přinesl přístup proaktivní, tedy možnost ovlivnění návrhu výrobního systému ve fázi projektování. Tato práce je věnována návrhu a tvorbě nové metodiky umožňující návrh pracovišť při vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému. Tyto aspekty byly dříve naplňovány pouze jako absolutní hodnoty dle legislativy. Jejich provázání zkoumáno nebylo. Následující práce se právě těmto problémům věnuje spolu s aplikací nových pohledů ve spojení s ergonomií. Jedná se o aplikaci <i>Teorie technických systémů a Řízení životního cyklu produktu</i>. Cílem práce bylo navrhnout metodiku ergonomického návrhu pracovišť při vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA	Ergonomie; Pracovní místo; Ergonomický návrh; Vyvažování;

SUMMARY OF DISSERTATION SHEET

AUTHOR	Ing. Görner	Tomáš
FIELD OF STUDY	2301V007 „Industrial Engineering and Management“	
SUPERVISOR	doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Michal
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV	
TYPE OF WORK	DISSERTATION	
TITLE OF THE WORK	<p>The thesis entitled "Methodology of ergonomic design of the workplace while balancing aspects of human health, system performance and system functions" belongs to the fields of industrial engineering and ergonomics. Ergonomic workplace design is part of the application of modern methods of designing production systems. Ergonomics were mostly resolved using passive approach. Development has brought a proactive approach, i.e. the possibility of influencing the design of a production system during the design phase. This thesis is dedicated to the design and creation of a new methodology to enable the design of a workplace while balancing aspects of human health, system performance and system functions. These aspects have been previously pursued only as absolute values according to legislation. Their connections had not been examined. The following thesis is devoted to these problems with the application of new perspectives in conjunction with ergonomics. It is an application of the Theory of Technical Systems and Product Lifecycle Management. The aim of this thesis is to propose a methodology for designing an ergonomic workplace while balancing aspects of human health, system performance and system functions.</p>	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED	2013
----------------	------------------------	-------------------	-----	------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	218	TEXT PART	183	GRAPHICAL PART	35
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION	
KEY WORDS	Ergonomics; Workplace; Ergonomic design; Blancing

KURZFASSUNG

AUTOR	Ing. Görner	Tomáš
STUDIENFACH	2301V007 „Industrielleengineering und Management“	
BETREUER	doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Michal
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV	
ART DER ARBEIT	DISSERTATION	
TITEL	Die Methodik des ergonomischen Entwurf der Arbeitsplätzen mit der Balancierung von Aspekten der Menschengesundheit, Systemleistung und Systemfunktion	

FAKULTÄT	Maschinenbau	KATHEDER	KPV	ABGEBEN	2013
-----------------	--------------	-----------------	-----	----------------	------

ANZAHL VON SEITEN (A4 and eq. A4)

TOTAL	218	TEXT TEILE	183	GRAFIK	35
--------------	-----	-------------------	-----	---------------	----

KURZBESCHREIBUNG	<p>Diese Arbeit genannt “Die Methodik des ergonomischen Entwurf der Arbeitsplätzen mit der Balancierung von Aspekten der Menschengesundheit, Systemleistung und Systemfunktion“ gehört in das Gebiet der Industrieengineering und Ergonomie. Der ergonomische Entwurf von Arbeitsplätzen gehört zu der Benutzung von modernen Methoden des Entwurfs von Produktionssystemen. Bisher wurde Ergonomie am meistens im Rahmen des passiven Zugriffs gelöst. Die Entwicklung wurde den proaktiven Zugriff ersetzt, durch die Möglichkeit der Beeinflussung des Entwurfs in der Projektierungsphase. Diese Arbeit ist dem Entwurf der Realisierung der neuen Methodik, die den Entwurf der Arbeitsplätze mit der Balancierung von Aspekten der Menschengesundheit, Systemleistung und Systemfunktion ermöglicht, gewidmet. Diese Aspekten wurden früher nur als absolute Werte legislativgerecht gefüllt. Ihre Verbindung wurde aber nicht geforscht. Die folgende Arbeit ist gerade diesen Problemen zusammen mit der Applikation den neuen Ansichten in Verbindung mit der Ergonomie gewidmet. Es handelt sich um der Applikation der <i>Theorie von technischen Systemen</i> und <i>Steuerung von dem Produktlebenszyklus</i>. Das Ziel der Arbeit wurde die Methodik des ergonomischen Entwurfs der Arbeitsplätzen mit der Balancierung von Aspekten der Menschengesundheit, Systemleistung und Systemfunktion entwerfen.</p>
SCHLÜSSELWÖRTER	Ergonomie, Arbeitsplatz, Ergonomisch Entwurf

OBSAH

1	Teoretická východiska práce	17
1.1	Ergonomie.....	18
1.1.1	Systémové pojetí ergonomie	24
1.1.2	Aspekty zdraví člověka	27
1.1.3	Metodiky řešení úloh ergonomického hodnocení pracoviště užívané v ČR	29
1.1.4	Současný stav ergonomie	37
1.2	Racionalizace	38
1.3	Členění výrobního procesu	39
1.4	Projektování výrobních systémů.....	40
1.4.1	Projektování výrobních procesů	41
1.4.2	Projektování výrobních procesů z hlediska ergonomie.....	42
1.4.3	Aspekty výkonu pracovního systému.....	45
1.5	Životní cyklus produktu.....	51
1.6	Shrnutí teoretických východisek práce	54
2	Cíl dizertační práce a stanovení hypotéz.....	56
2.1	Dílčí cíle dizertační práce	56
2.2	Předpoklady pro splnění cílů	56
2.3	Stanovení hypotéz.....	57
3	Použité vědecké metody zkoumání	59
3.1	Metody získávání faktů.....	59
3.2	Metody zpracování a vyhodnocování získaných materiálů	59
4	Vlastní práce	61
4.1	Identifikace pracovníků řešících problematiku ergonomie v podnicích.....	61
4.2	Návrh modelu komplexního přístupu k řešení ergonomických projektů	63
4.3	Hypotéza H1 – Možnost postihnout interakce mezi člověkem a technickým systémem	64
4.3.1	Aplikace přístupu Teorie technických systémů na ergonomii.....	65
4.3.2	Životní cyklus produktu dle Teorie technických systémů.....	72
4.3.3	Integrace životních cyklů technických systémů	74
4.3.4	Popis interakcí mezi člověkem a technickým systémem – aplikace ergonomického přístupu	76
4.3.5	Popis interakcí mezi člověkem a technickým systémem – technický přístup....	89
4.3.6	Formulace dílčích závěrů.....	100

4.4	Hypotéza H2 – Kvantifikace a určení váhy vlivů mezi člověkem a technickým systémem	100
4.4.1	Objektivizované posuzování experty – stanovení vah	100
4.4.2	Hodnocení významnosti kritérií pomocí vah	103
4.4.3	Stanovení významnosti a přiřazení vah ergonomickým kritériím	104
4.4.4	Stanovení ergonomického ukazatele	113
4.4.5	Formulace dílčích závěrů	114
4.5	Hypotéza H3 – Stanovení závislosti odezvy na základě vazby mezi technickým systémem a člověkem	114
4.5.1	Hluk na pracovišti a jeho vliv	117
4.5.2	Vibrace na pracovišti přenášené na člověka a jejich vliv	124
4.5.3	Tepelně vlhkostní mikroklima na pracovišti a jeho vliv	129
4.5.4	Formulace dílčích závěrů	144
4.6	Návrh metodiky	145
5	Přínosy dizertační práce	171
6	Doporučení pro další postup	173
7	Závěr a shrnutí	174
	Publikační a odborná činnost	182
	Seznam příloh	186

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1-1 Teoretická východiska práce</i>	17
<i>Obr. 1-2 Multidisciplinarita ergonomie</i>	19
<i>Obr. 1-3 Nejčastěji se vyskytující diagnózy hlášených případů nemocí z povolání (6)</i>	22
<i>Obr. 1-4 Struktura hlášených případů nemocí z povolání (6)</i>	22
<i>Obr. 1-5 Struktura hlášených případů nemocí z povolání dle důvodu vzniku (6)</i>	23
<i>Obr. 1-6 Organizace s nejvyšším počtem hlášených případů nemocí z povolání (6)</i>	23
<i>Obr. 1-7 Systém člověk – technika – prostředí (1)</i>	24
<i>Obr. 1-8 Příklad schématu ergonomického systému ČTP rozšířeného o konkrétní vazby (1)</i> 27	
<i>Obr. 1-9 Podoba Ebersova modelu zdraví (11)</i>	28
<i>Obr. 1-10 Etapy v konstrukčním postupu dle ergonomie (13)</i>	32
<i>Obr. 1-11 Výrobní systém (22)</i>	40
<i>Obr. 1-12 Co zahrnuje PLM (37)</i>	52
<i>Obr. 1-13 Životní cyklus z marketingového pohledu (38)</i>	53
<i>Obr. 1-14 Životní cyklus dle ISO 9004-1 (39)</i>	54
<i>Obr. 1-15 Nové schéma řešení dizertační práce</i>	55
<i>Obr. 2-1 Zobrazení hledaných vazeb hypotézy H1</i>	58
<i>Obr. 2-2 Schematický obrázek pro hypotézu H2</i>	58
<i>Obr. 2-3 Schematický obrázek pro hypotézu H3</i>	58
<i>Obr. 4-1 Návrh modelu komplexního přístupu k řešení ergonomických projektů – Koncept BGU</i>	63
<i>Obr. 4-2 Význam a princip transformace (45)</i>	65
<i>Obr. 4-3 Spojení řízeného systému a prvků akce do obecného modelu transformace (45)</i>	66
<i>Obr. 4-4 Obecný model Transformačního systému s Transformačním procesem (45)</i>	67
<i>Obr. 4-5 Obecný model Transformačního systému (TrfS) s Transformačním procesem (TrfP) (45)</i>	68
<i>Obr. 4-6 Obecný model Transformačního systému (TrfS) s Transformačním procesem (TrfP) včetně Asistenčních operátorových procesů (AOTrfP) (45)</i>	68
<i>Obr. 4-7 Obecný model struktury Technického procesu jako Transformačního procesu včetně Transformačního systému (45)</i>	70
<i>Obr. 4-8 Obecný model Provozního systému s Provozním procesem (TS) – konkretizace Transformačního systému (TrfS) s Transformačním procesem (TrfP) (45)</i>	70
<i>Obr. 4-9 Tradiční členění životního cyklu TS se zřetelem k místu realizace (45)</i>	72
<i>Obr. 4-10 Životní cyklus, jako série Transformačních procesů s Transformačními systémy v etapách životního cyklu produktu (45)</i>	73

<i>Obr. 4-11 Životní cyklus TS_{LC} jako série Transformačních procesů s Transformačními systémy (TrfS), v jednotlivých etapách životního cyklu – zvýraznění vstupů a výstupů (45)....</i>	73
<i>Obr. 4-12 Integrace dvou životních cyklů (LC) výrobního pracoviště a vyráběného produktu</i>	74
<i>Obr. 4-13 Přiřazení subkritériím jednotlivým pilířům pomocí Ishikawa diagramu</i>	86
<i>Obr. 4-14 Vztah mezi životním cyklem, doménou REFLEKTIVNÍCH vlastností a třídami vlastností dle stanovených principů (45).....</i>	91
<i>Obr. 4-15 Vztah mezi životním cyklem, doménou REAKTIVNÍCH vlastností a třídami vlastností dle stanovených principů (45).....</i>	91
<i>Obr. 4-16 Vztah mezi životním cyklem, doménou DESKRIPTIVNÍCH vlastností a třídami vlastností dle stanovených principů (45).....</i>	92
<i>Obr. 4-17 Rozdělení vlastností na projektově invariantní a variantní (45)</i>	99
<i>Obr. 4-18 Ukázka podoby distribuovaného dotazníku pro zjištění významnosti ergonomických kritérií</i>	102
<i>Obr. 4-19 Možnost grafického zobrazení celkové váhy 8 hlavních kritérií.....</i>	108
<i>Obr. 4-20 Možnost grafického zobrazení váhy subkritérií 1.1 – 1.5 v rámci kritéria 1 – Pracovní prostor.....</i>	109
<i>Obr. 4-21 Test stability (56).....</i>	119
<i>Obr. 4-22 Minesotský test manuální zručnosti (57)</i>	119
<i>Obr. 4-23 Test dovednosti s ručním nářadím (58)</i>	120
<i>Obr. 4-24 Test koordinace rukou (59).....</i>	120
<i>Obr. 4-25 Rukavice se senzorem snímání vibrací (69).....</i>	125
<i>Obr. 4-26 Sedadlový senzor pro snímání vibrací celého těla (69).....</i>	125
<i>Obr. 4-27 Senzor pro snímání vibrací základů strojů (70).....</i>	126
<i>Obr. 4-28 Měření teploty v kanceláři kulovým stereoskopickým teploměrem (75).....</i>	130
<i>Obr. 4-29 Horní limit expozice tepelnému stresu bez narušení mentální výkonnosti (78).....</i>	132
<i>Obr. 4-30 Revidovaná hranice tepelného stresu dle předních autorů (78).....</i>	133
<i>Obr. 4-31 Revidované hranice tepelného stresu pro různé úkoly nenarušené mentální výkonnosti (82)</i>	133
<i>Obr. 4-32 Limity teplotního stresu pro bezchybné provedení různých úkolů (87).....</i>	134
<i>Obr. 4-33 Výsledné zóny výkonnosti jak je identifikoval Hancock a Verduyssen (90).....</i>	136
<i>Obr. 4-34 Výsledné limity lidské výkonnosti v (ET)/log_e (Čas) v Kartézském prostoru (91) .</i>	137
<i>Obr. 4-35 Limity lidské výkonnosti ve WGBT/log_e (Čas) v Kartézském prostoru (91).....</i>	137
<i>Obr. 4-36 Model maximální adaptability (94)</i>	139
<i>Obr. 4-37 Změny hluboké tělesné teploty během tepelné expozice teple (95).....</i>	142
<i>Obr. 4-38 Kyslíkový deficit při práci během expozice teple a změna pracovní kapacity (95)</i>	142

<i>Obr. 4-39 Kontrakce kyslíkového deficitu během expozice (95)</i>	143
<i>Obr. 4-40 Závislost zátěže na typu práce (1)</i>	145
<i>Obr. 4-41 Návrh metodiky</i>	146
<i>Obr. 4-42 Ukázka uživatelské tabulky pro volbu významnosti kritérií a subkritérií</i>	148
<i>Obr. 4-43 Ukázka tabulky s výsledky sběru uživatelského přiřazení významnosti (1 až 9) kritériím a subkritériím</i>	149
<i>Obr. 4-44 Ukázka - Výsledná tabulka pracující s hodnotami získanými ze Saatyho tabulek</i>	151
<i>Obr. 4-45 Ukázka - Spodní část výsledné tabulky pracující s hodnotami získanými ze Saatyho tabulek, zobrazující výsledný vliv subkritérií v jednotlivých pilířích práce</i>	152
<i>Obr. 4-46 Grafické vyjádření vlivu kritérií a subkritérií na základě výsledné tabulky</i>	152
<i>Obr. 4-47 Ukázka vyznačení oblasti zájmu – prolnutí dvou životních cyklů produktů, kdy je provozováním pracoviště vyráběn produkt</i>	153
<i>Obr. 4-48 Ukázka obecného jednoduchého modelu transformačního systému označeného jako Provozní systém (45)</i>	154
<i>Obr. 4-49 Ukázka užití tabulky s uvedením kritéria a příslušného parametru</i>	157
<i>Obr. 4-50 Ukázka užití tabulky s uvedenými obecnými ergonomickými zásadami a příslušnými kritérii, které by měly být dodrženy při ergonomickém návrhu pracoviště</i>	159
<i>Obr. 4-51 Ukázka kontrolního profesiografického listu (35)</i>	161
<i>Obr. 4-52 Ukázka vyhodnocení kontrolního profesiografického listu (35)</i>	161
<i>Obr. 4-53 Řešení pro snížení vzniku hluku a jeho šíření (98)</i>	167
<i>Obr. 4-54 Limity lidské výkonnosti v WGBT - \log_e (Čas) v Kartézském prostoru (91)</i>	169
<i>Obr. 0-1 Isodekrementální křivky pro výkonnost při duševních úkolech (86)</i>	189
<i>Obr. 0-2 Isodekrementální křivky pro výkonnost při psychomotorických úkolech (86)</i>	189
<i>Obr. 0-3 Revidované doporučené expoziční limity tepelného stresu pro aklimatizované pracovníky (76)</i>	190
<i>Obr. 0-4 Revidované doporučené výstražné limity tepelného stresu pro neaklimatizované pracovníky (76)</i>	190
<i>Obr. 0-5 Doporučené teplotně časové limity pro výkonnost duševních a jednoduchých úkolů (89)</i>	191
<i>Obr. 0-6 Doporučené teplotně časové limity pro výkonnost motorických úkolů (89)</i>	191
<i>Obr. 0-7 Ukázka - Elektronický dotazník pro sběr informací o významnosti kritérií a subkritérií</i>	196
<i>Obr. 0-8 Výsledná tabulka pracující s hodnotami získanými ze Saatyho tabulek</i>	200
<i>Obr. 0-9 Zjednodušená tabulka s váhovými vlivy kritérií a subkritérií</i>	201

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 – Blokové schéma řešení ergonomického úkolu (15)</i>	31
<i>Tabulka 2 – Klasická struktura technologického pracoviště (22)</i>	42
<i>Tabulka 3 – Vyjádření ergonomických kritérií (2)</i>	78
<i>Tabulka 4 – Vyjádření ergonomického kritéria pomocí hodnoty parametru (2)</i>	79
<i>Tabulka 5 – Checklist ergonomických kritérií pracovišť s prací u stacionárních strojů (2)</i> ...	83
<i>Tabulka 6 – Možnost určení subkritérií průmyslovým inženýrem (OKP 3) a jejich přiřazení jednotlivým pilířům (OKP 4)</i>	87
<i>Tabulka 7 – Přiřazení operátorů a domén vlastností dle zvolených ergonomických kritérií a Teorie technických systémů</i>	92
<i>Tabulka 8 – Přiřazení podtříd vlastností TS a Vlastností TS operátorům Ib Třídy Reaktivních vlastností</i>	98
<i>Tabulka 9 – Saatyho tabulka – stanovení významnosti subkritériím kritéria 1 a určení jejich vah</i>	104
<i>Tabulka 10 – Interpretace výsledků dle vah ergonomických kritérií a jejich příslušnosti k hlavním pilířům</i>	105
<i>Tabulka 11 – Interpretace výsledků dle vah ergonomických kritérií a jejich příslušnosti k hlavním pilířům</i>	109
<i>Tabulka 12 – Výsledky ovlivnění člověka působením faktorů pracovního prostředí (31)</i>	116
<i>Tabulka 13 – Výsledky ovlivnění výkonnosti hlukem</i>	122
<i>Tabulka 14 – Výsledky vlivu vibrací celého těla na výkonnost pracovníka</i>	128
<i>Tabulka 15 – Limitní hodnoty pro výkonnost různých úkolů a teplotní linie dle ET (jednotný sklon $b = 4,094$) (91)</i>	138
<i>Tabulka 16 – Limitní hodnoty pro výkonnost různých úkolů a teplotní linie dle WGBT (jednotný sklon $b = 5,435$) (91)</i>	138
<i>Tabulka 17 – Výsledky vlivu teploty na výkonnost pracovníka</i>	144
<i>Tabulka 18 – Ukázka Saatyho tabulky - stanovení významnosti subkritériím kritéria 1 a určení jejich vah</i>	151
<i>Tabulka 19 – Přiřazení kritérií vlastnostem dle domén vlastností a operátorů transformačního systému</i>	156
<i>Tabulka 20 – Klasifikace zatížení (1)</i>	163
<i>Tabulka 21 – Požadavky na manipulaci (1)</i>	164
<i>Tabulka 22 – Zásady ekonomie pohybů (14)</i>	165
<i>Tabulka 23 – Vliv hluku na výkonnost člověka</i>	166
<i>Tabulka 24 – Vliv vibrací celého těla na výkonnost pracovníka</i>	168
<i>Tabulka 25 – Vliv teploty na výkonnost pracovníka</i>	169

<i>Tabulka 26 – Limitní hodnoty pro výkonnost různých úkolů a teplotní linie dle WGBT – teploty vlhkého teploměru (jednotný sklon $b = 5,435$) (91)</i>	<i>170</i>
<i>Tabulka 27 – Hodnocení významnosti ergonomických kritérií a subkritérií</i>	<i>192</i>
<i>Tabulka 28 - Výsledky uživatelského přiřazení významnosti kritériím a subkritériím</i>	<i>197</i>
<i>Tabulka 29 – Tabulka obecných ergonomických zásad přiřazených ke kritériím pro ergonomický návrh pracoviště.....</i>	<i>202</i>
<i>Tabulka 30 – Profesiografický list (35).....</i>	<i>212</i>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AEnv	-	Active Environment – aktivní okolí
AIE	-	Advanced Industrial Engineering – pokrokové průmyslové inženýrství
BOZP	-	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
BPR	-	Business process reengineering – reengineering podnikových procesů
CEIT	-	Central European Institute of Technology – Středoevropský institut technologie
CAD	-	Computer Aided Design – počítačem podporované navrhování konstrukce
CAE	-	Computer Aided Engineering – počítačem podporované inženýrské navrhování
CAM	-	Computer Aided Manufacturing – počítačem podporovaná výroba
CIM	-	Computer Integrated Manufacturing – počítačově integrovaná výroba
CNC	-	Computer Numeric Control – číslicové řízení počítačem
CNS	-	Centrální nervová soustava
ČES	-	Česká ergonomická společnost
ČR	-	Česká republika
ČSN	-	Česká státní norma
ČTP	-	Člověk – Technika – Prostředí
E	-	Energy – energie
EDS	-	Engineering Design Science – Konstrukční nauka
ET	-	Efektivní teplota
Fb	-	Feedback – zpětná vazba
HuS	-	Human System – pracovníci, lidé
I	-	Information – informace
IEA	-	International Ergonomics Association – Mezinárodní ergonomická asociace
IS	-	Information System – informační systém
ISO	-	International Standard Association – Mezinárodní organizace pro standardizaci
L	-	Living – živé bytosti
M	-	Material – materiál
MgS	-	Management System – manažerský systém
MOST	-	Maynard Operation Sequence Technique – metoda nepřímého měření spotřeby času pracovní činnosti
MTM	-	Methods Time Measurement – metody pro stanovení spotřeby času, resp. práce
NC	-	Numerical Control – číslicové ovládání
OKP	-	Okrajové podmínky
OOPP	-	Osobní ochranné pracovní prostředky

PDCA	-	Plan – Do – Check – Act – plánuj, dělej, kontroluj, jednej
PLM	-	Product Lifecycle Management – životní cyklus produktu
PO	-	Pracovně organizační systém
PPS	-	Systémy plánování a řízení výroby
PTZ	-	Pracovně tepelná zátěž
QS	-	Quality system – systém kvality
SZU	-	Státní zdravotní ústav Praha
TP	-	Technický proces
TPV	-	Technická příprava výroby
TQM	-	Total quality management – totální management kvality – komplexní metoda řízení kvality
TrfP	-	Transformační proces
TrfS	-	Transformační systém
TS	-	Technical System – technický systém
TTS	-	Teorie technických systémů
VCT	-	Vibrace celého těla
VDA	-	Verband der Automobilindustrie – Sdružení automobilového průmyslu
WGBT	-	Wet Globe Bulb Temperature – teplota vlhkého kulového teploměru
WHO	-	World Health Organization – Světová zdravotnická organizace
ZKM	-	Systémové navrhování technických produktů

ÚVOD

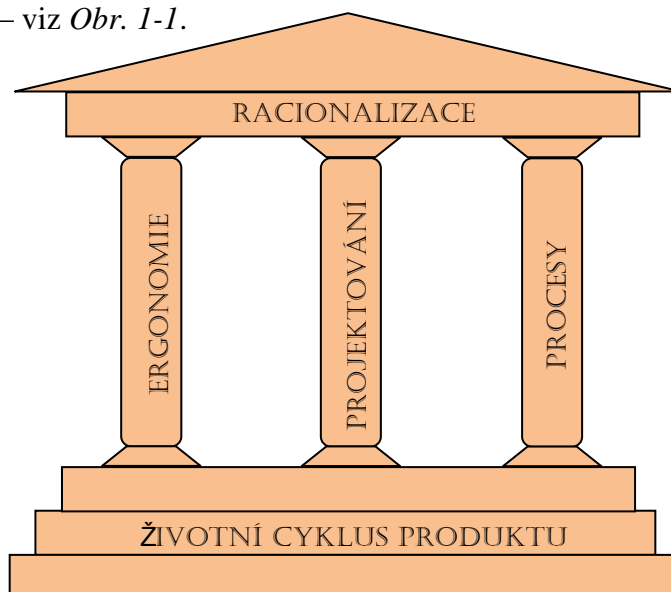
V dnešní době se dají podniky velmi obecně rozdělit do dvou základních skupin. Na podniky, které „pouze vyrábí“ a podniky, které vedle výroby realizují i vlastní výzkum a vývoj. Investice do high-tech technologií a výzkumu se ukazují jako zásadní konkurenční výhoda na trhu, která těmto podnikům pomohla přežít a vytvořit silnou konkurenční výhodu i do budoucna. S nástupem informačních technologií se začaly vyvíjet i nové přístupy k navrhování a řízení výroby v podnicích. Nastoupily další systémy od CAD, přes CAM, PPS, CIM, až po CAE, které měly za následek automatizaci výrobních procesů. Začalo docházet k zeštíhlování výrob, vlivem snižování nákladů a růstem konkurence na trhu. Podniky začaly přehodnocovat své výrobní programy a zaměřovat se na výrobky a činnosti s co nejvyšší přidanou hodnotou. Malé a střední podniky se začaly slučovat do kooperačních celků – klastrů, aby byly schopny konkurovat na trhu, kde se stala inovace produktu, spolu s řízeným životním cyklem produktu, hlavním bodem. Prostředkem pro tuto změnu přístupu podniků, ale i společnosti, kde se stala fenoménem globalizace, byl nástup informačních a komunikačních technologií, resp. celé doby na těchto technologiích založené. Výroba se od produktového pohledu řízení začala přesouvat k procesnímu řízení. Disciplíny jako je např. management inovací se spolu s vědomostmi a informacemi staly jednou z nejcennějších komodit podniků. Do popředí se též dostal trend řízení životního cyklu produktu od jeho návrhu přes výrobu, provozování až k jeho ekologické likvidaci. Efekty nasazení těchto disciplín, nástrojů a přístupů jsou již známy i s jejich konkrétními přínosy. Přes všechny jejich nesporné výhody je však člověk stále tou nejdůležitější součástí celého výrobního systému. Začala se tedy k němu obracet i pozornost podniků. Lidé se opět ukázali jako nejpružnější část výrobního systému, ale také jako velmi zranitelná část. Předkládaná práce se proto věnuje problematice ergonomie a její aplikaci na výrobní systémy. Je v ní zkoumána možnost aplikace nových přístupů (*Řízení životního cyklu produktu (PLM)* a *Teorie technických systémů*) v rámci ergonomie. To vše na pozadí stavu a přístupu k aplikaci ergonomie v České republice, který se odráží v neexistenci odborníků, ergonomů v podnicích. Výsledkem toho je zajištění ergonomických přístupů v podnicích s větším či menším úspěchem. Ten odpovídá zvládnutí vládních nařízení, technických a hygienických norem a dalších předpisů. Tato práce si klade za cíl vytvořit obecně platnou metodiku založenou na současném stavu teoretických znalostí, ale i praktických zkušeností a poznatků z oblasti racionalizace, ergonomie, navrhování výrobních systémů a řízení životního cyklu produktu. Vytvořená metodika by měla sloužit při ergonomickém návrhu pracovišť za vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému. Metodika je zaměřena na výrobní pracoviště v průmyslových podnicích. Jejím uživatelům by měla poskytnout vodítko kde a s jakým efektem mohou očekávat neplnění ergonomických přístupů. Vytvořená metodika by měla poskytnout obecný návod, jak zmírnit dopady nerespektování ergonomických přístupů, stejně jako to, kde je možné nalézt informační podporu ve formě ergonomických principů, technických norem, nebo vládních nařízení. Předkládaná práce také vychází ze stavu řešení problematiky ergonomie na pracovišti Katedry průmyslového inženýrství a managementu, Fakulty strojní, Západočeské univerzity v Plzni, kdy navazuje na již existující metodiku Ing. Marka Bureše, Ph.D. Návaznost spočívá v obecném analyzování stavu dodržování ergonomických přístupů na pracovišti a vytipování oblastí, kde, v jaké míře a s jakým efektem je možné očekávat nerespektování ergonomických přístupů. V rámci práce byl také vytvořen návrh modelu komplexního přístupu k řešení ergonomických projektů, který však nebyl hlavním cílem této práce.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

Tato kapitola uvádí teoretická východiska práce, ze kterých bylo vycházeno při jejím řešení.

1. Ergonomie,
 - jako jeden ze základních pilířů této práce je popsán od teoretického úvodu přes systémové pojetí ergonomie, užívané metodiky ergonomických úprav pracoviště až po popis současného stavu ergonomie.
2. Projektování výrobních systémů,
 - je oblastí, která přímo souvisí i s projektováním výrobních procesů, tedy i pracovišť. Ta by měla být navrhována dle ergonomických poznatků. Procesní přístup umožňuje hodnotit výkonnost podnikových procesů. Samotná výkonnost pracovního systému by měla být podpořena aplikací myšlenek ergonomie a racionalizace.
3. Procesy,
 - jejich propojením vzniká struktura systému a měřením jednotlivých procesů může být měřena výkonnost celého systému.
4. Racionalizace,
 - tvoří zastřešující prvek celé práce. Hlavní myšlenka racionalizace se promítá do celé práce, neboť nový přístup by měl přinést odstraňování ztrát, aktivní hledání a využívání rezerv za aplikace poznatků racionalizace.
5. Životní cyklus produktu,
 - je základem dnešního pohledu na produkt. Existují různé přístupy. Hlavní myšlenka spočívá v celostním pohledu na produkt od doby návrhu, přes jeho vznik, životnost, udržování až po likvidaci.

Pokud bychom chtěli graficky vyjádřit, jak bude problematika chápána a provázána, lze užít následující obrázek – viz *Obr. 1-1*.



Obr. 1-1 Teoretická východiska práce

1.1 Ergonomie

Tato část práce se věnuje pojmu ergonomie jako celku. Její jednotlivé části pak popisují:

- ergonomii obecně,
- systémové pojetí ergonomie,
- aspekty zdraví člověka,
- metodiky ergonomických úprav pracoviště užívané v ČR,
- současný stav ergonomie.

Ergonomie je vědním oborem, který je součástí průmyslového inženýrství. Ergonomie má několik definic. Velká výhoda ergonomie je paradoxně i její nevýhodou. Jde o její široký záběr, kdy ergonomie proniká do mnoha dalších vědních oborů. Je tak těžké vymezit pevné hranice. Pojem ergonomie je převzat z anglického „*ergonomics*“, který vznikl spojením řeckých slov **ergo** – práce a **nomos** – zákon, pravidlo.

Ekvivalentními názvy pro ergonomii jsou ve světě **Human engineering**, nebo používanější **Human factors**.

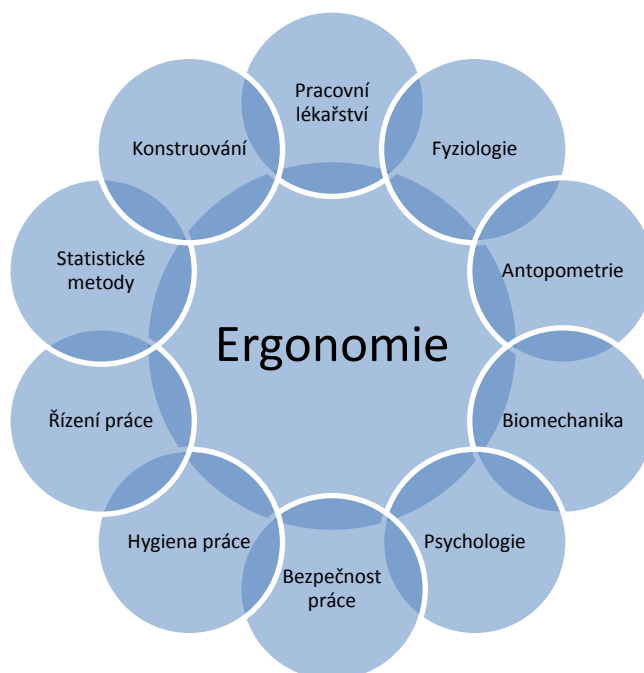
Podle významných představitelů ergonomie v ČR, je ergonomie definována jako:

- **Chundela (1)**
 - „*Ergonomie je interdisciplinární systémový vědní obor, který komplexně řeší činnost člověka i jeho vazby s technikou a prostředím, s cílem optimalizovat jeho psychofyzickou zátěž a zajistit rozvoj jeho osobnosti*“.
- **Matoušek a Gilbertová (2)**
 - tito autoři přejímají definici dle Mezinárodní ergonomické společnosti IEA z roku 2000, která uvádí, že: „*Ergonomie je vědecká disciplína, založená na porozumění interakcí člověka a dalších složek systému. Aplikací vhodných metod, teorie i dat zlepšuje lidské zdraví, pohodu i výkonnost*.“

Podle **České ergonomické společnosti ČES (3)** je ergonomie chápána jako:

- *vědecká disciplína, která se zabývá vztahy mezi člověkem, jeho činností a ostatními prvky pracovního systému. K tomu jsou využívány poznatky, údaje a metody určené k dosažení optimální pohody člověka, zvyšování efektivnosti lidské činnosti a k prevenci rizik zdravotního poškození.*

Multidisciplinaritu ergonomie zachycuje i následující obrázek – viz *Obr. 1-2*.



Obr. 1-2 Multidisciplinarita ergonomie

Výzkumný ústav bezpečnosti práce (4) uvádí několik definic ergonomie následovně:

- Ergonomie je vědní obor, který komplexně a systémově řeší systém člověk – technika – prostředí s cílem optimalizovat psychicko-fyzickou zátěž člověka a zajistit rozvoj jeho osobnosti při maximální efektivitě jeho činnosti.
- Ergonomie je interdisciplinární obor studující vztah člověka a pracovních podmínek při uplatnění nejnovějších poznatků věd biologických, technických a společenských. Jejím cílem je optimalizace postavení člověka v pracovních podmínkách, a to ve smyslu dosažení zdraví, pohody, bezpečnosti a optimální výkonnosti.
- (*definice ergonomie podle Mezinárodní ergonomické asociace z roku 2000*) Ergonomie je vědecká disciplína založena na porozumění interakcí člověka a dalších složek systému. Aplikací vhodných metod, teorie i dat zlepšuje lidské zdraví, pohodu i výkonnost. Přispívá k řešení designu a hodnocení práce, úkolů, produktů, prostředí a systémů, aby byly kompatibilní s potřebami, schopnostmi a výkonnostním omezením lidí. Ergonomie je systémově orientovaná disciplína, která prakticky pokrývá všechny aspekty lidské činnosti. V rámci holistického přístupu zahrnuje faktory fyzické, kognitivní, sociální, organizační, prostředí a další relevantní faktory.

Budeme tedy vycházet z definice **České ergonomické společnosti**, která vychází z definice **Mezinárodní ergonomické společnosti**.

Pokud se podíváme na ergonomii a její definice z hlediska použití, je nutné si uvědomit dvě možnosti, které mohou při práci ergonomů, nebo průmyslového inženýra nastat:

- ergonomický návrh neexistujícího pracoviště (procesu),
- ergonomická racionalizace pracoviště (procesu).

Při ergonomickém návrhu by měl být uplatněn tzv. proaktivní přístup, kdy je ergonomie brána v potaz již předem (oproti reaktivnímu, který řeší pouze nápravy již existujících ergonomických problémů). Tento proaktivní přístup je vhodnější, neboť jeho aplikace:

- stojí méně námahy člověka, který ergonomické přístupy aplikuje (nemusí problémy hledat v existujícím a většinou fungujícím provozu a není omezen jeho vazbami),
- stojí podnik méně financí oproti zásahu v rámci existujícího procesu (méně omezujících podmínek v návrhu oproti existujícímu provozu),
- přináší větší efekty uplatňováním ergonomických přístupů (oproti dodatečnému zahrnutí),
- ale především člověk není vůbec vystaven riziku, které nedodržení ergonomických přístupů přináší.

V rámci této definice by se nemělo zapomínat na optimalizaci psychicko-fyzické zátěže člověka za účelem zajištění rozvoje jeho osobnosti při maximální efektivitě jeho činnosti.

Pokud se zaměříme na tuto část definice, tak je velmi těžké dosáhnout psychické pohody nebo snížené psychické zátěže člověka již při návrhu. Je to tím, že většinou stoprocentně nevíme, co bude v rámci projektovaného pracoviště, resp. procesu, jejím zdrojem. Tyto vlivy se často projevují až při samotném provozu v kombinaci s člověkem. Také nevíme, jaký typ člověka bude práci provádět a tedy jak ji bude na tomto pracovišti snášet.

Na základě šířky záběru vědního oboru ergonomie je někdy těžké specifikovat, co tento pojem zahrnuje. Ergonomií je označována interdisciplinární nauka vzniklá spojením aplikovaných věd, jejichž předmětem studia jsou pracovní systémy. Jde o následující obory:

- Antropometrie včetně Biomechaniky,
- Filozofie práce,
- Psychologie práce a
- Hygiena práce.

Samotný pracovní systém se skládá z osob (pracovníci) a pracovního zařízení (stroje, nástroje), jejichž součinností v rámci pracovního procesu je plněn určitý pracovní úkol v daném pracovním prostředí a za okolností určených pracovním úkolem (ČSN EN ISO 6385 - 833510). Jedná se o systém **člověk – stroj – prostředí**. Z hlediska typu interakcí všech komponent, k nimž v pracovních systémech dochází, lze rozlišit dva směry působení:

- Jak pracovní prostředek, pracovní proces a prostředí působí na člověka.
- Jakým způsobem člověk využívá svou výkonovou kapacitu fyzickou, senzorickou a mentální při práci (5).

Ergonomie, stejně jako další vědní obory, obsahuje i výzkumnou část. V rámci výzkumu jsou pak předmětem ergonomie:

- Determinanty výkonnostní, resp. pracovní kapacity člověka, např. tělesné rozměry, rozsahy pohybů trupu a končetin, síly svalových skupin, kapacita zraku, sluchu, kapacita mentální.
- Problematika adaptace a reakce člověka na pracovní podmínky, např. směnová a noční práce, monotonie, vnucené pracovní tempo atd. včetně odezvy organismu na fyzikální, chemické a biologické faktory pracovního prostředí (hluk, vibrace, prach, mikroklimatické podmínky atd.).

Poznatky výzkumu jsou podkladem pro vytvoření soustavy ergonomických kritérií a parametrů pro různé pracovní systémy a jsou publikovány v právních předpisech, jejichž předmětem je ochrana zdraví zaměstnanců.

Autoři **Gilbertová a Matoušek (2)** a **IEA** uvádějí další dělení ergonomie:

- **Fyzickou ergonomií,**

- zabývá se vlivem pracovních podmínek a pracovního prostředí na lidské zdraví za uplatňování poznatků anatomie, antropometrie, fyziologie atp.,
- obsahuje pracovní polohy, manipulaci s břemeny, opakovatelné pracovní činnosti, onemocnění podpůrně pohybového aparátu zapříčiněná prací, uspořádání pracovního místa a bezpečnost práce.
- **Kognitivní (psychickou) ergonomii,**
 - zaměřena na psychologické aspekty pracovní činnosti,
 - patří sem paměť, usuzování, psychická zátěž, rozhodování, dovednosti atp.
- **Organizační ergonomii**
 - zabývá se optimalizací sociotechnických systémů a jejich organizačních struktur a strategií,
 - zahrnuje lidský systém v komunikaci, zajištění pocitu komfortu, týmová práce, sociální klima, režim práce a odpočinku atp.

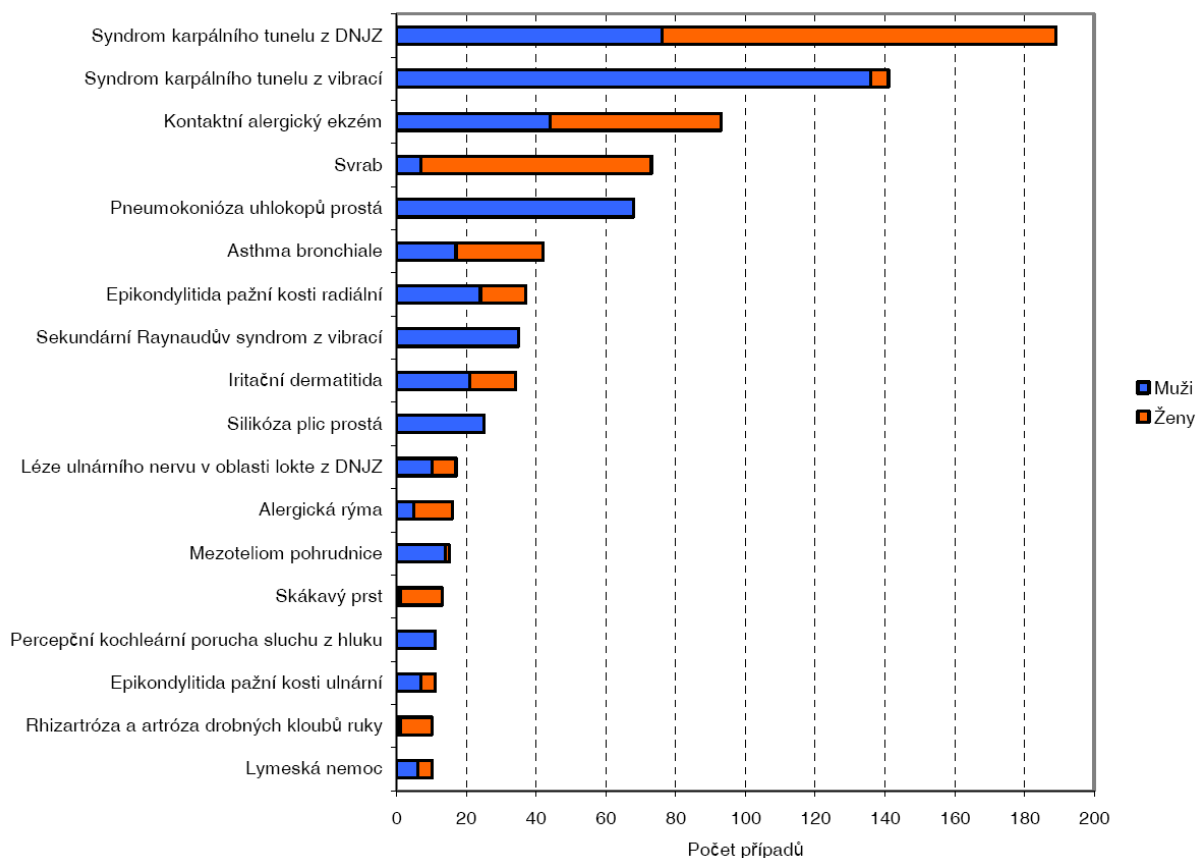
Na základě výše uvedených faktů, která dále dělí ergonomii do podskupin, je možné uvést další oblasti ergonomie:

Autoři **Matoušek, a Gilbertová (2)**

- **Myoskeletální ergonomie,**
 - zabývá se prevencí profesionálně podmíněných nemocí podpůrně pohybového aparátu z přetížení.
- **Psychosociální ergonomie,**
 - zabývá se psychologickými požadavky při práci a stresovými faktory. Na jejím základě se vybírají pracovníci na příslušná pracovní místa. Byl prokázán vliv i na myoskeletální ergonomii.
- **Participační ergonomie,**
 - pochází z Japonska a její podstata je spojena s participací pracovníků na úpravě jejich pracovišť. Pochopením souvislostí ergonomie s obtížemi vede na straně pracovníků k vyšší motivaci provádět změny, ale také je lépe přijmout.
- **Rehabilitační ergonomie,**
 - je zaměřená na profesní přípravu handicapovaných osob a technická opatření pracovních míst a jejich vybavení. To vše tak, aby byly v souladu s výkonovou kapacitou osoby a jejím psychicko-fyzickým stavem.

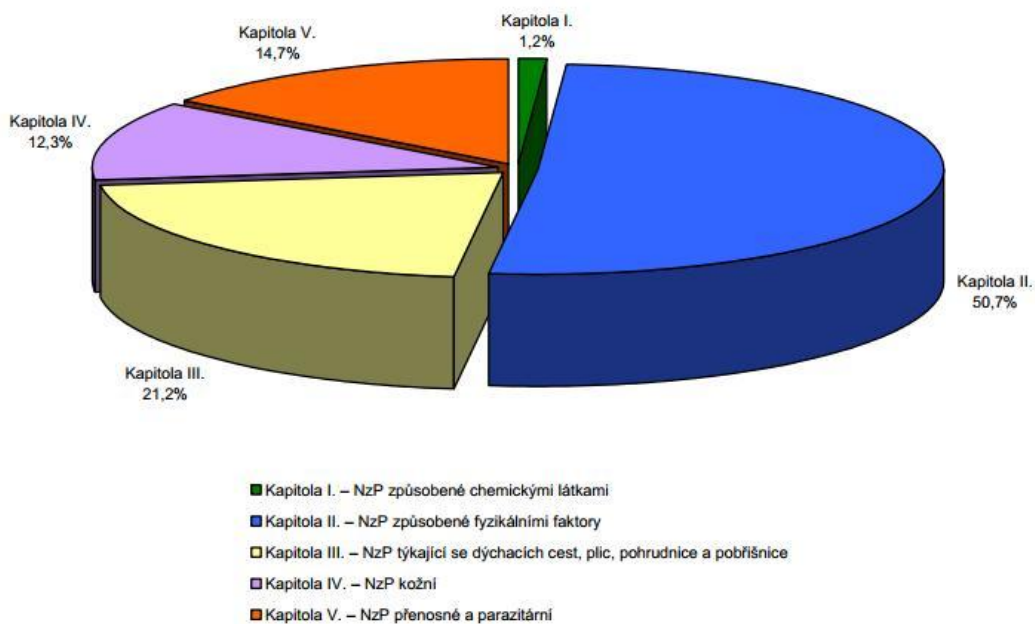
Na základě předchozích uvedených faktů, a také na základě dlouhodobého (1996 – 2012) sledování nemocí z povolání v České republice (Státní zdravotní ústav v Praze SZÚ), a také nejnovějších publikovaných výsledků v roce 2012, (6) je možné opět blíže specifikovat oblasti, které jsou zdrojem zdravotních problémů, resp. specifikovat oblast, kterou je nutné v rámci ergonomie řešit.

Z dlouhodobého sledování hlášených nemocí z povolání vyplývá, že největší problémy vznikají z přetěžování myoskeletálního systému a vysoké opakovatelnosti – viz *Obr. 1-3*.



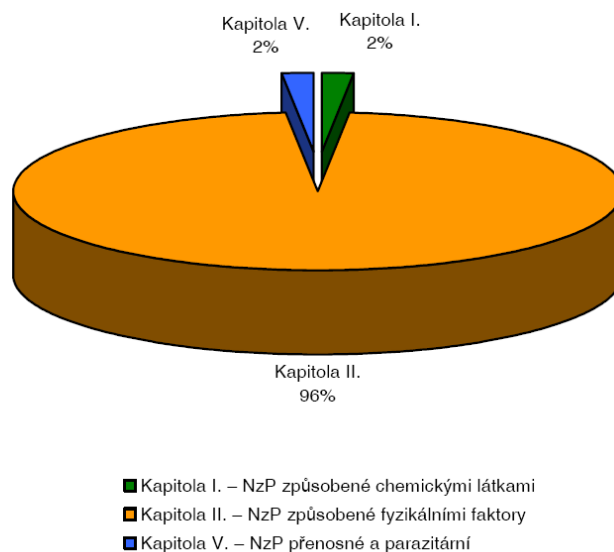
Obr. 1-3 Nejčastěji se vyskytující diagnózy hlášených případů nemocí z povolání (6)

Celkový počet nemocí z povolání klesá (oproti roku 2011 o 13,2 %). V absolutních číslech se projevuje pokles počtu nemocí z povolání vzniklých v důsledku přetěžování končetin a v důsledku vibrací. Rozložení dle struktury případů hlášených nemocí z povolání – viz Obr. 1-4.



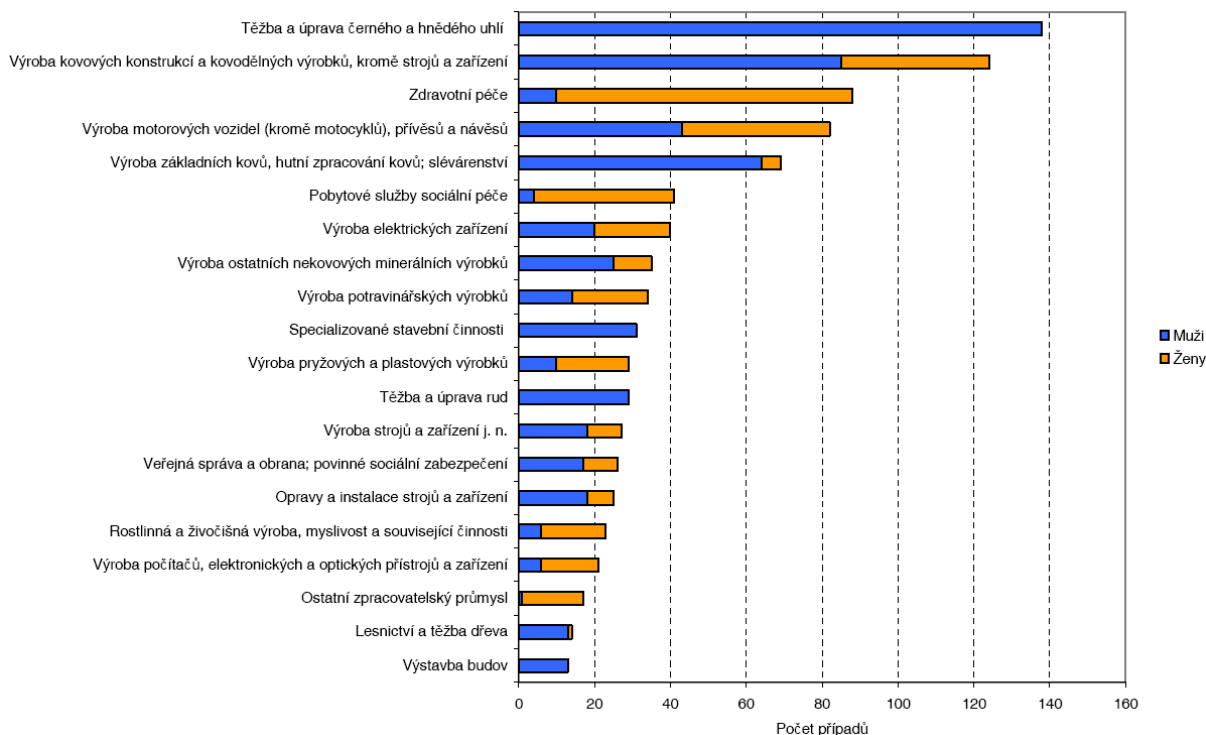
Obr. 1-4 Struktura hlášených případů nemocí z povolání (6)

Roste počet ohrožení nemocí z povolání způsobených fyzikálními faktory (prašnost, teplota, vlhkost, vytápění, větrání, hluk, vibrace, pole (el., mag., elmag.), osvětlení, záření).



Obr. 1-5 Struktura hlášených případů nemocí z povolání dle důvodu vzniku (6)

Na základě Obr. 1-3 je zřejmé, že z hlediska ergonomického návrhu pracovišť, nebo jejich hodnocení, vychází jako oblast k řešení, oblast fyzického přetěžování organismu. Jedná se o přetěžování, které je zapříčiněno přetěžováním organismu nadlimitním lokálním zatížením (síly a hmotnosti), ale i celkovým (kumulativní zatížení, vysoká opakovatelnost i s nižšími hmotnostmi). Na základě oblastí, na které se ergonomie dělí a kterými se zabývá, se dají naznačit další směry řešení dizertační práce v rámci specifikace odvětví, kde problémy nastávají.



Obr. 1-6 Organizace s nejvyšším počtem hlášených případů nemocí z povolání (6)

Vyjdeme-li z předpokladu zaměření oboru, kterým se zabýváme, vychází zaměření na oblast výrobních podniků. Tato oblast je „až druhá“ v rámci organizací a počtu hlášených nemocí z povolání – viz *Obr. 1-6*, avšak některá doporučení bude možné aplikovat i na jiné oblasti. Těmito oblastmi může být např. zdravotní a sociální péče, neboť problémy s ergonomií řešené v tomto odvětví, vznikají zejména z přetěžování člověka při manipulaci s pacienty. Ta po jisté korekci může čerpat z manipulace s břemeny, řešené v rámci podniků.

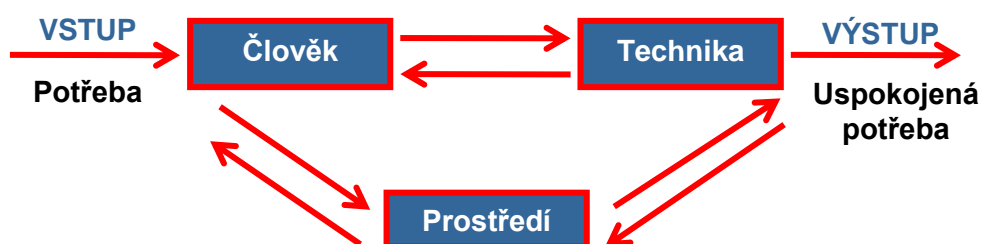
I přes systematické dlouhodobé sledování nemocí z povolání SZÚ v Praze (od roku 1973) se stále uvádí nešvar v podobě předpokladu, že počty hlášených profesionálních onemocnění jsou s vysokou pravděpodobností **podhodnoceny** a neodpovídají zcela realitě.

Následující podkapitola se věnuje systémovému pojetí ergonomie.

1.1.1 Systémové pojetí ergonomie

Všechny definice popisují ergonomii jako vědní obor, systém nebo moderní vědní disciplínu, která vznikla díky multidisciplinárnímu spojení několika jiných disciplín. Výsledkem tohoto propojení je synergický efekt, který přináší více, než efekty, které přináší jednotlivé vědní disciplíny tvořící ergonomii sami o sobě.

Dle (1) je definováno systémové pojetí ergonomie následovně:



Obr. 1-7 Systém člověk – technika – prostředí (1)

V tomto systému:

- **Člověk** představuje biologický pravděpodobnostní subsystém, který chce dosáhnout rovnováhy mezi svým vnitřním prostředím a prostředím vnějším.
- **Technika** je používána pro výkon činnosti člověka.
- **Prostředí** obklopuje člověka a člověk v něm existuje.

Člověk v tomto systému vystupuje sám jako subsystém. K těmto základním třem prvkům je dle (1) možné přiřadit ještě tři přístupy:

- Komplexnost – možnost chápání věcí v čase a prostoru.
- Systémovost – vychází z charakteristiky systému (společný cíl, vazby prvků a jejich hierarchie).
- Časovost (Ex Ante – prevence, Ex Post – racionalizace).

Na základě této definice je též možné obecně definovat systém jako:

- soubor několika prvků, složek, které jsou funkčně vzájemně propojeny a mezi nimiž existují vazby, které umožňují, aby z daných vstupů byly dosaženy zamýšlené výstupy – výsledky, v rámci daných omezujících podmínek.
- systém je účelově definovaná množina prvků a vazeb mezi nimi, které společně určují vlastnosti celku (1).

- v češtině je termínem soustava myšlen souhrn souvisejících prvků, sdružený do nějakého smysluplného celku. V latině a řečtině znamená **system** kombinovat, uspořádat, sdružovat (7).

Dále je možné definovat vlastnosti systému:

- stabilita – tendence udržovat hodnotu proměnných v daných mezích a v nich setrvat,
- spolehlivost – schopnost systému realizovat v daném procesu svou funkci v daných tolerancích a v určitém čase (1).

Systémy je také možné klasifikovat a třídít dle různých měřítek:

- složitosti – jednoduché (dělník s nástrojem) a složité (výrobní úsek),
- vzniku – přirozené (člověk při chůzi) nebo umělé (člověk – stroj),
- vztahu k okolí – otevřené (všechny) nebo uzavřené (v ergonomii neexistují) (1).

Tento přístup umožňuje kvalitativní pohled na analýzu nejslabšího článku systému – člověka – a podmínek jeho výkonnosti. Nelze však opomenout efektivnost technických a organizačních opatření ve shodě s vývojovými tendencemi moderní vědy (1).

Na základě výše uvedených faktů je zřejmé, že systém člověk – technika – prostředí (dále již jen ČTP) je:

- dynamicky otevřený systém,
- člověk je jeho součástí.

Dále zde vystupuje nejmarkantnější vliv, který je způsoben lidským faktorem. Tím pádem se dříve mechanocentrický přístup mění na antropocentrický. Základním hlediskem tohoto přístupu je fakt, že **člověk je chápán jako rozhodující limitující složka systému, která ovlivňuje jeho konečné chování.**

To ve svých publikacích potvrzuje i Chundela, kde se vyjadřuje o kvalitativním pohledu na tento systém. Je však nutné zavést i kvantitativní hodnocení tohoto systému. Pak je možné řešit dílčí vazby, na jejichž základě je možné řešit funkce mezi člověkem a technickým systémem. Toto je možné použít jak ve fázi návrhu nového systému, tak ve fázi hodnocení existujícího systému. Je tedy nutné tyto vazby nejprve popsat na základě předem daných aspektů, následně kvantifikovat vlivy prvků systému, resp. hledisek, podle nichž je systém hodnocen.

Systémové pojetí ergonomie umožňuje řešit následující typy úloh (1):

- ergonomickou analýzu – systém existuje, není známa struktura ani chování, experimentálně se zjišťuje chování, od kterého se určuje struktura,
- ergonomickou racionalizaci – systém existuje, je známa struktura i chování a hledají se parametry, při nichž se nastavuje chování systému dle určitého kritéria,
- ergonomické modelování – systém existuje nebo je známa struktura, následně se zjišťuje pravděpodobné chování systému,
- projekční ergonomii – systém neexistuje, má však předepsanou strukturu, aby vykazoval požadované chování s danou pravděpodobností.

Z uvedených faktů vyplývá, že systém je účelově definovaná množina prvků a vazeb mezi nimi, které společně určují vlastnosti celku. V rámci této práce budeme za systém považovat hlavně výrobní, nebo montážní strojírenský systém, z čehož vyplývají další fakta, jako například dominance vazby člověk – stroj.

Pokud tuto vazbu budeme více specifikovat, lze dle (1) rozeznávat následující vazby, kdy postupujeme od výrobního systému, přes výrobní proces až k výrobní operaci:

- **lidé – technika** – skupina lidí pracujících u jednoho zařízení – požadavky jsou kladeny hlavně na psychiku,
- **člověk – výrobní zařízení** – výrobu provádí zařízení a člověk má funkci rozhodovacího členu na základě zpracování informací,
- **člověk – technická zařízení** – vícestrojová obsluha – rostou nároky na kvalifikaci pracovníka a znalosti,
- **člověk – nástroj** – běžné užití pomůcek a nástrojů – požadavky na dynamiku a stereotypy,
- **člověk – automat** (speciální příklad) – v současné době rostou nároky na schopnosti obsluhy výpočetní techniky, která je u těchto strojů jako interface i řídicí prvek.

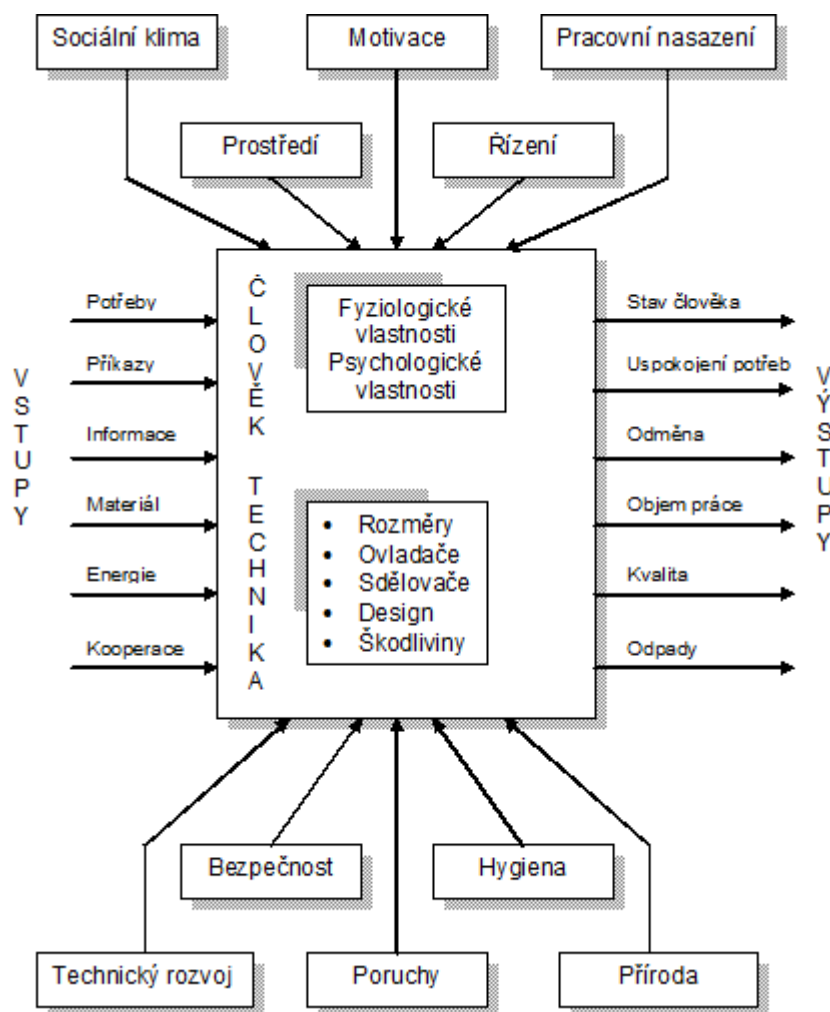
Na základě výše zmíněných faktů a pro potřeby této práce lze uvést, že v rámci dizertační práce bude dále řešena problematika **ergonomické racionalizace** – tedy systém existuje, je známa struktura i chování a hledají se parametry, při nichž se nastavuje chování systému dle určitého kritéria.

Dále lze blíže specifikovat vazbu mezi člověkem a technikou, kdy se budeme držet definice dle (1) a budeme se snažit postihnout vazbu od stupně:

- člověk – technická zařízení,
 - vícestrojová obsluha – rostou nároky na kvalifikaci pracovníka a jeho znalosti,
- člověk – nástroj,
 - běžné užití pomůcek a nástrojů – požadavky na dynamiku a stereotypy.

Neměly by být opomenuty ani další vazby, avšak z hlediska výrobního systému, toho kdo v praxi aplikuje ergonomické přístupy a na technické zaměření této práce, je možné se spíše věnovat technicko – fyzikálním vazbám, oproti psychickým, které však nelze opomenout. Vazba člověk – automat se dá svými specifiky přirovnat k vazbě člověk – počítač, která je již řešena. Je řešena z hlediska zobrazovacích jednotek (ČSN EN řady 9241), za které lze považovat monitory, ale také displeje strojů.

Pokud posuzujeme existující systém, je nutné ho krom obecného modelu specifikovat i se všemi vazbami. Příkladem takového schématu může být například rozšířené schéma ergonomického systému ČTP dle (1).



Obr. 1-8 Příklad schématu ergonomického systému ČTP rozšířeného o konkrétní vazby (1)

Ergonomie je vědní disciplína, která má velmi široký záběr. To co by mělo ergonomicky vhodné pracoviště zajistit, je i zdraví člověka.

1.1.2 Aspekty zdraví člověka

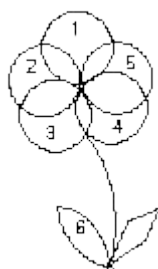
Podle (8) je zdraví jedním ze základních předpokladů šťastného a tvořivého života jednotlivců a společnosti. Zdraví člověka je výsledkem působení více činitelů kladně ovlivňujících život – působení hospodářských, sociálních, kulturních a zdravotnických opatření, kterými společnost přímo chrání, nebo nepřímo upevňuje zdraví svých občanů.

Dle (9) zahrnuje zdraví z hlediska ošetřovatelství více komponent:

- fyzické zdraví,
- psychické zdraví,
- spirituální zdraví,
- sociální zdraví,
- intelektuální zdraví,
- environmentální zdraví.

Státní zdravotní organizace (WHO – World Health Organization) v roce 1947 definovala zdraví „jako stav úplné fyzické, psychické a sociální pohody, a ne jen jako chybění nemoci či

slabosti“ (9). Významný je také pohled a definice zdraví například zdravotního personálu, jako poskytovatele péče za účelem udržení zdraví. Podle toho by měl personál poznat a chápat pojem zdraví, ale bez ohledu na to by měl vědět, co zdraví pro jedince znamená a co tedy od něj bude v případě péče očekáváno. I v medicíně se zdůrazňuje holistický pohled na zdraví jako celek a ne analýzu a oddělování jednotlivých oblastí zdraví. Zdraví je proces rozvíjení, používání a ochrana všech zdrojů lidského těla, mysli, duše, rodiny, komunity a prostředí (9). Stejně tak jako se začíná uplatňovat holistický model vnímání světa kolem nás, je tento trend patrný i v rámci ergonomie. Dřívější mechanocentrický přístup, kdy byl centrem dění stroj, se změnil na přístup antropocentrický, kdy je v centru dění člověk. Není však možné vnímat tyto části odděleně. Řešením tohoto problému je aplikace tzv. holistického přístupu, který je dle (10): „*přístup celistvý, zdůrazňující celek, který je považován za něco vyššího než jen souhrn částí*“. Pak tedy lze aplikovat mnohem lépe procesní pohled, který zahrnuje i racionalizační pohled s aspekty, které pak mohou být aplikovány obecně. V roce 1943 definoval americký psycholog **Abraham Harold Maslow** model pyramidy potřeb, která představuje hierarchii lidských potřeb (fyziologické potřeby, potřeba bezpečí, potřeba sounáležitosti, potřeba uznání, potřeba seberealizace). Z **modelu Maslowovi pyramidy** vychází **Ebersův model** zdraví (11). Tento model přináší holistický pohled na vnímání zdraví. Je znázorňován v podobě květu.



Obr. 1-9 Podoba Ebersova modelu zdraví (11)

Plátky květu v Ebersově modelu zdraví představují zdraví:

- Fyzické – odráží fungování celého těla, jako systému. Je důležité pochopit, jak a co podporuje fungování těla, aby jedinec mohl a dokázal rozpoznat, kdy je úplně zdravý a kdy není vše v pořádku.
- Mentální – vztahuje se na způsob, jakým jedinec dostává informace, kde je dostává, jaké informace potřebuje a jak je využije. Musí být schopen soustředit vědomosti z různých zdrojů a využít je tak, aby mohl dělat správná rozhodnutí týkající se jeho zdraví.
- Sociální – vztahuje se na to, jak jedinec vidí sám sebe, jako individualitu, jak vnímají ženy nebo muži, jak navazují vzájemné vztahy s lidmi. Musí vědět, co je skutečně potřebné pro jeho vztahy s přáteli, rodinou, partnerem, se všemi se kterými se stýká. Jedinec se má naučit zručnostem, které mu budou v těchto vztazích nápomocné.
- Emocionální – týká se porozumění vlastním pocitům a schopnosti je vyjádřit. Uvědomění si vlastních pocitů pomáhá jednotlivci vyjádřit tyto pocity formou pochopitelnou pro ostatní. Je důležité se příjemně cítit v celém emocionálním měřítku a věřit, že i ostatní jsou v pořádku.
- Osobnostní – vztahuje se k tomu, jak jedinec vidí sám sebe, jako individualitu, jak se vyvíjí jeho ego, tedy ta část osobnosti, která se potřebuje vyvíjet. Vyvíjet se musí i smysl naplnění společnosti, čemu jedinec věří, co chce dosáhnout, jak definuje vlastní úspěch. Každý jedinec si hledá sebenaplnění svojí vlastní cestou, kterou miní udělat něco pro sebe a pro společnost vlastním snažením.

Stonek, který květ vyživuje, představuje duchovní zdraví – představuje sílu a energii, vitálnost ve prospěch bytí. Je podstatou celé existence jedince, je tím, co ho drží „nad vodou“ a umožňuje mu porozumět sobě i ostatním.

Definice zdraví je velmi důležitá, jelikož se jedná o pojem, který lze rozčlenit do uvedených částí, které ho tvoří jako celek. Tyto jednotlivé části lze označit za aspekty, které je nutné naplnit, aby bylo dosaženo celkového efektu, tedy zdraví jedince. Tyto aspekty je možné použít i jako prvky, které by měly být naplněny v rámci ergonomické racionalizace. Pokud aplikujeme procesní přístup, měly by být tyto aspekty chápány jako aspekty pomocí jejichž dodržení by mělo být dosaženo „zdravého“ **pracoviště**.

Samotná podpora zdraví může po určité době přinést snížení krátkodobé i dlouhodobé pracovní neschopnosti, zlepšení spokojenosti a zdraví zaměstnanců vedoucí ke zvýšení produktivity práce. Za podporu zdraví na pracovišti je dle (12) považován souhrn organizačních, vzdělávacích, motivačních a technických aktivit a programů zaměřených tak, aby podporovaly zdravý životní styl a vedly zaměstnance a jejich rodinné příslušníky k ozdravení vlastního životního stylu. Prakticky se může jednat například o zavádění nekuřáckých programů, osvětové dny zdraví, zvyšování pohybové aktivity, prevenci traumatického poškození z práce, programy na zvládnutí stresu, prevenci a kontrolu obezity, ozdravení výživy, prevenci nádorových, kardiovaskulárních, akutních respiračních onemocnění apod. Takto uvedená celistvá a systematická podpora se v praxi vyskytuje jen ve velmi málo podnicích. Více reálné je zajištění fyzického a mentálního zdraví. Pokud se zkusíme tyto aspekty zdraví přiřadit k aplikaci ergonomie, tak by odpovídaly dodržování antropometrických fyziologických a psychologických ergonomických kritérií. To odpovídá i zaměření této práce, kromě psychologických kritérií, která však mohou mít velmi významný vliv. Právě problematika psychologie souvisí s psychickou zátěží, která je jednou z významných součástí ovlivňující výkon pracovníka v rámci pracovního systému – viz kap. 1.4.3.

Výše uvedená fakta také souvisí s problematikou ergonomie pracovišť, která je však různými autory různě vykládána. Následující podkapitola se věnuje metodikám ergonomických úprav pracoviště, které se používají v České republice, a které vycházejí z dlouhodobě obecně známých faktů týkajících se této problematiky.

1.1.3 Metodiky řešení úloh ergonomického hodnocení pracoviště užívané v ČR

V rámci České republiky existuje několik možných pohledů na metodiku návrhu a hodnocení pracoviště. Je možné se setkat s:

- technicko – konstrukčním přístupem,
- racionalizačním pohledem,
- čistě ergonomickým pohledem.

Na základě teoretického průzkumu metodik ergonomie, který v rámci svojí dizertační práce uvedl i **Bureš** (13), je možné se setkat s následujícími postupy a metodikami ergonomie užívanými v rámci ČR:

- Dle **Chundely** (14)
 - **Zadání**
 - vymezení řešené oblasti
dle plánu, příkazu či se dle vlastního uvážení zaměřit na nejslabší a nejhorší prvky,

- formulace konkrétního cíle
například snížení fyzické zátěže o 20 %,
- složení týmu
z odborníků nutných pro komplexní řešení a stanovení vedoucího,
- stanovení hloubky ergonomické racionalizace
stupně podrobnosti racionalizace na základě ekonomických aspektů,
času a kapacit,
- stanovení harmonogramu
tedy časového plánu s etapami, překrýváním, návaznostmi, kontrolami,
odpovědnými osobami, postihy a odměnami.
- **Sběr informací**
 - za účelem získání informací o řešené problematice, podkladů porovnání, údaje o světové úrovni, aplikacích v jiných oborech atp., přičemž zdrojem informací mohou být výrobní podklady, projekty, prospekty, výzkumné zprávy, předpisy, normy, podniková evidence, odborná a vědecká literatura, směrnice atp.
- **Analýza**
 - jako kritické zhodnocení získaných informací za užití matematicko-statistického zpracování spolu s grafickým schematickým znázorněním. Jedná se o analýzu získaných údajů, ukazatelů a parametrů, indexů apod. a to jak třídících (klasifikačních), vztahových (funkčních), příčinných (kausálních) a dialektických.
 - Cílem této etapy je:
 - výpočet základních stávajících parametrů,
 - vytipování kritických oblastí,
 - určení základních nedostatků.

Je-li analýza provedena špatně, je celý proces ergonomické racionalizace nevypovídající.
- **Návrh**
 - na základě zjištění nedostatků v předešlé etapě se zaměřuje na jejich řešení a odstranění.
 - Cílem této etapy je:
 - vypracovat alternativní řešení,
 - stanovení požadavků a nákladů na realizaci,
 - vypracovat ekonomické zhodnocení,
 - navrhnout plán realizace (harmonogram).
- **Realizace**
 - předpokládá schválení projektu příslušnými orgány,
 - zajištění potřebných zdrojů, včetně lidských,
 - zajištění organizačně – technických podmínek.

Zavedení projektu je úměrné jeho složitosti a je nutno počítat s dobou záběhu a ověřením technických i lidských faktorů systému.

Cílem realizace je ověření plnění plánovaných parametrů, postojů a názorů osob.

- **Stabilizace**

- udržení získaných podmínek.
- dle Krále (15)
 - **Formulace zadání a koncepce ergonomického úkolu**
 - vyjasnit a vyjádřit záměr, rozsah a cíle ergonomického úkolu. Určit ovlivňující činitele řešení a limitovat důležité podmínky řešení. Následné sestavení harmonogramu prací.
 - **Shromáždění podkladů a jejich utřídění z hlediska ergonomického úkolu**
 - shromáždít potřebné podklady, utřídít je, sestavit z nich statistické přehledy ve formě tabulek, grafů atp.
 - **Analýza podkladů a hlavní směry řešení**
 - důkladná analýza podkladů,
 - formulace hrubých a alternativních návrhů,
 - formulace hlavních směrů řešení,

aby byla zřejmá celková koncepce řešeného ergonomického úkolu. Závěrem vypracování technické zprávy jako podkladu pro další postup.

- **Zpracování komplexního návrhu ergonomického řešení**
 - posouzení předložených návrhů,
 - zhodnocení aspektů, umožňujících sestavení dokumentace v rozsahu potřebném pro realizaci řešení,
 - vypracování realizačního projektu s patřičnými náležitostmi.
- **Realizace a stabilizace**
 - zahájení zajišťování realizačního projektu po stránce
 - technické,
 - organizační,
 - personální atd.

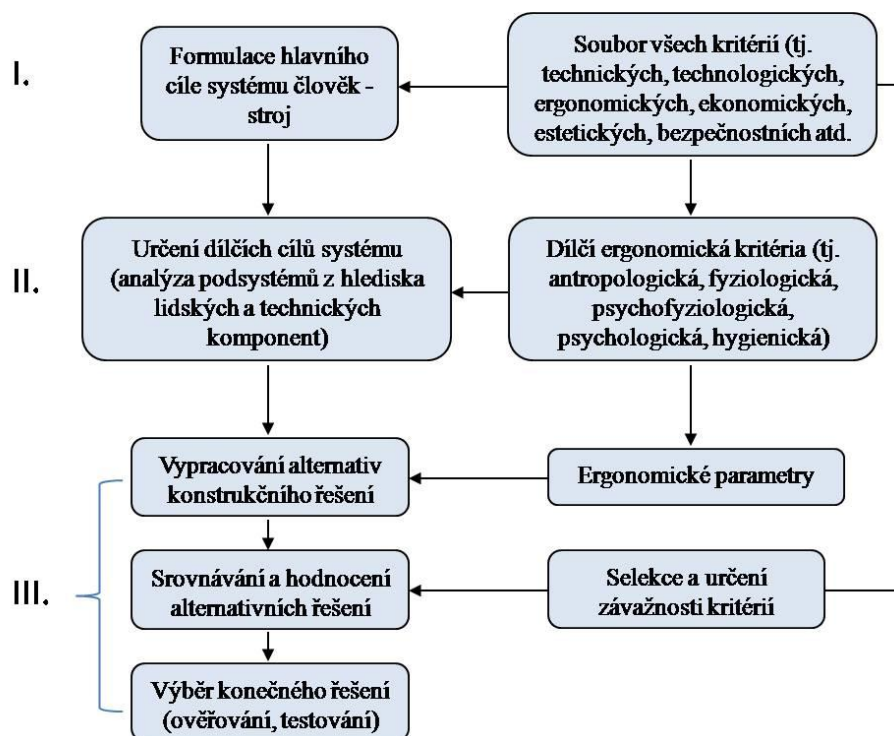
Závěrem ukončení realizace je zhodnocení dosažení požadovaného cíle řešení a tím i splnění zadaného ergonomického úkolu, dále pak zajištění sledování a udržování přijatých opatření.

Tabulka 1 – Blokové schéma řešení ergonomického úkolu (15)

Základní etapy prací a jejich členění aplikované při řešení ergonomického úkolu v rámci pracovního systému			
1. ETAPA	2. ETAPA		3. ETAPA
- průzkum - výběr úkolu - cíl řešení	ANALYTICKO – SYNTETICKÁ		- plán realizace - řízení a kontrola realizace - udržení nápravného opatření
	ANALÝZA	SYNTÉZA	
	- sběr informací - rozbor současného stavu	- zpracování alternativních řešení formou kritických studií	
VÝBĚR OPTIMÁLNÍCH ŘEŠENÍ OPONENTURA NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ			

- dle **Matouška a Zastávky (16)**:
 - **Celkové (obecné) vymezení konstrukčního úkolu**
 - formulace hlavního cíle kvalitativními a kvantitativními ukazateli, jejichž splnění má být zajištěno.
 - **Určení dílčích cílů**
 - z obecně formulovaného cíle určit cíle dílčí,
 - uvažovat příslušná dílčí ergonomická kritéria,
 - musí být uvažovány souřadné prvky, elementy technické a lidské, jež z hlediska posuzování systému tvoří jednotu.
 - **Výběr konečného řešení**
 - vypracování alternativ konstrukčního řešení,
 - jejich porovnávání,
 - zhodnocení a výběr konečné alternativy,
 - ověření a testování alternativ i prototypu dle kritérií stanovených v zadání úkolu.

Schematicky je postup činnosti konstruktéra a návaznost k ergonomickým kritériím a parametrům následující:



Obr. 1-10 Etapy v konstrukčním postupu dle ergonomie (13)

Tento postup ukazuje na pohled konstruktéra. Dle konstrukce stroje je nutné řešit i návrh pracoviště – pokud nelze technologii uzpůsobit.

- dle metodiky **REFA (17)** – metodický postup projektování pracovního systému:
 - **Analýza**
 - stanovení informací, které je třeba získat, způsob získání a způsob vyhodnocení.
 - **Stanovení cílů**

- vychází se z výsledků analýzy, aby se získala odpověď, co se v zájmu vyřešení problému musí změnit a jaké jsou cíle od změny očekávané a jak jsou tyto cíle měřitelné.
- **Návrh alternativních pracovních systémů, vyhodnocení a výběr optimálního systému**
 - alternativní pracovní systémy se připraví formou ideového projektu a výběr optimální varianty se provádí na základě vyhodnocení definovaných kritérií, jako náklady, produktivita, pružnost systému, bezpečnost nebo působení na rozvoj pracovníků atp.
- **Zpracování projektu**
 - realizace projektu
 - radikální změna (reengineering), která představuje dramatické zlepšení podnikových procesů,
 - postupné, průběžné zlepšování (Kaizen), které sleduje optimalizaci individuálních funkcí v rámci existujícího systému.
- **Realizace projektu**
 - zavedení stanovených technických a organizačních změn,
 - příprava a zácvik pracovníků k uplatňování nových postupů,
 - ověření reálnosti změnových opatření.
- **Kontrola a provedení nezbytných úprav**
 - hodnocení výsledků realizace.
 - Přínosy mohou být:
 - ekonomické,
 - snížení pracnosti, růstu produktivity práce, úspora nákladů,
 - lze je hodnotit dle ekonomických ukazatelů,
 - doba návratnosti investic,
 - rentabilita investic,
 - celkové výnosy na pracovníka atp.
 - technicko-organizační,
 - např. vyšší flexibilita,
 - kratší průběžné doby,
 - kratší dodací lhůty.
 - sociální,
 - projevují se:
 - zlepšením pracovního prostředí,
 - snížením stupně monotonie práce,
 - snížením pracovní zátěže,
 - zvýšením obsahu práce,
 - rozvojem pracovníků.

Technicko-organizační a sociální přínosy mají příznivé ekonomické dopady, ale je složité jejich vyčíslení.

- dle **Hlavenky (18)** – racionalizační pohled
 - **Diagnostika (orientační průzkum)**
 - odhalení hlavního okruhu nedostatků na základě průzkumů a otázek,
 - získání přehledu o řešené situaci,
 - určuje další směr pro ostatní etapy (sběr informací, rozbor),
 - diagnostika by měla být prováděna velmi zkušenými pracovníky,

- s dobrou znalostí technologií podniku,
 - metod racionalizace.
 - **Sběr informací**
 - dle diagnostiky,
 - orientace na základní problémové oblasti,
 - další etapa rozboru.

Kvalitě informací odpovídá získaná přesnost rozboru, přičemž při racionalizaci technologických procesů využíváme dvou skupin informací:

 - *informací z evidence* – z provozních deníků, směnových výkazů, pracovních postupů apod.
 - *informací z pozorování* – technicko-inženýrské měření, provozní studie, dopravní studie, kapacitní studie apod. - Získané informace je nutné:
 - roztřídit,
 - upravit statistickými výpočty,
 - vyloučit chyby,
 - graficky znázornit.

Užité metody sběru informací jsou závislé na metodě rozboru informací.
 - **Podrobným rozbořem**
 - zjistíme jednotlivé nedostatky,
 - vytýčíme způsoby jejich odstraňování – tedy směry racionalizace.

Rozbor je základním předpokladem kvalitního řešení návrhu vysoké inovační úrovně a představuje rozkládající, do hloubky problému vnikající formu logického zkoumání jevů.

Nejvyšším cílem rozboru je odhalovat podstatu zákonitosti jevů.

 - strojírenského podniku můžeme oblast racionalizace rozdělit do úseků:
 - výrobek,
 - výrobní program,
 - technologie výrobního procesu,
 - organizace výrobního procesu,
 - organizace výroby,
 - řízení výroby.
- **Návrh a zpracování racionalizačního projektu – tvůrčí práce řešitelů**
 - využívání výsledků rozboru,
 - logických postupů,
 - metod tvorby aplikací,
 - nových návrhů.

Výsledkem této etapy je komplexní návrh nového řešení, včetně propočtu ekonomické efektivity, plánu realizace atd.
- **Realizace a sledování průběhu racionalizační akce**
 - dovršení racionalizačního procesu,
 - zkušební část návrhu.

Nedostatky projektové přípravy se projeví v průběhu realizace a vady v koncepci a ekonomickém hodnocení se objeví v počátečním provozu. Realizací a předáním nového návrhu do provozu úkol řešitele nekončí. Je vhodné akci ještě sledovat a pomáhat při provozu, odstraňování

nedostatků, hodnocení provést znovu po roce provozu a vybrat prvky a zkušenosti pro zobecnění.

- Dle **Bureše (13)**:
 - **Formulace cílů**
 - návrh nového, nebo úprava existujícího pracoviště,
 - charakteristika základních cílů.
 - **Diagnostika pracoviště**
 - získávání informací,
 - rozhovory,
 - náměty,
 - pozorování,
 - analýza pracoviště,
 - specifikace požadavků na nové pracoviště.
 - **Sběr dat**
 - sběr dostupných informací,
 - měření,
 - analýza získaných dat.
 - **Návrh řešení**
 - využití získaných dat,
 - využití zkušeností řešitele,
 - tvorba variantních řešení.
 - **Digitální model pracoviště**
 - tvorba digitálního modelu na základě získaných dat a navržených řešení,
 - aplikace ergonomických analýz.
 - **Výběr optimální varianty**
 - výběr z variantních řešení,
 - posouzení proveditelnosti řešení,
 - výběr optimálního řešení.
 - **Vypracování dokumentace**
 - popsání všech kroků postupu, hlavně pak:
 - z důvodu popsání zjištěných nedostatků,
 - popsání návrhů na zlepšení stavu.
 - **Realizace**
 - provedení navržených změn v reálu.
 - **Kontrola a korekce**
 - kontrola provedení změn,
 - sledování,
 - korekce na základě sledování dějů,
 - uzavření projektu.

Náměty z této metodiky byly využity i při tvorbě jednoho z e-booků (19) projektu VYZTYM DP (OP VK č.CZ.1.07/2.3.00/09.0163), určeného pro pracovníky výzkumu a vývoje jak výzkumných institucí, tak podniků. Následně bylo na metodiku myšlenkově navázáno při tvorbě modelu *BGU*.

- Dle **CEIT SK – ErgoDesign (20)**:
 - **Získání vstupních údajů**
 - sběr údajů s využitím progresivních technik,
 - ověření pravdivosti údajů,
 - analýza sesbíraných údajů.
 - **Tvorba projektu – zpracování existujících údajů**
 - vytvoření 3D modelu prvků pracoviště,
 - spojení operátor – pracoviště – korekce s využitím metod moderní ergonomie – hodnocení prostorových podmínek a kolizních stavů,
 - animace činností operátora,
 - tvorba zátěžových analýz – monotonie, břemena atd.,
 - hodnocení aktuálního stavu rizika zátěže,
 - hodnocení výkonových možností operátora – časové analýzy,
 - zohlednění logistiky,
 - zohlednění kvality.
 - **Návrh nápravných opatření – návrh řešení**
 - eliminace rizik fyzické zátěže operátora,
 - minimalizace spotřeby času operací,
 - zabezpečení příznivých podmínek pro práci operátora,
 - zabezpečení vysoké kvality výrobního procesu a výroby.

Uvedená metodika byla vytvořena na základě studia problematiky a praktických zkušeností v oblasti řešení ergonomických projektů v průmyslové praxi. Původně byla metodika rozvíjena jako model pro analýzu ergonomických faktorů, které ovlivňují produktivitu práce výrobní organizace. Následně byl model doplněn o prvky, které se řeší v digitálním prostředí.

Pokud provedeme shrnutí uvedených metodik, lze říci:

- Autor **Chundela** uvádí **racionalizační pohled**, kdy na počátku uvedené metodiky uvádí konkrétní cíl, kterého má být dosaženo a v jaké oblasti. Následně se zaměřuje na stanovení oblasti a hloubky racionalizace a harmonogramu. Dále pokračuje dle obecného projektového postupu, tedy sběrem informací, analýzou, návrhem řešení, realizací a stabilizací.
- Autor **Král** se pak vyznačuje spíše více **ergonomickým pohledem**, kdy na počátku uvedené metodiky uvádí formulaci a koncepci **ergonomického úkolu**. Následně pak pokračuje shromážděním podkladů, opět z hlediska ergonomie, a jejich tříděním. Dále dle analýzy těchto podkladů stanovuje směry řešení a následně zpracovává komplexní návrh ergonomického řešení. Následuje jeho realizace a stabilizace.
- Autoři **Matoušek** a **Zastávka** jsou představiteli spíše **konstrukčního pohledu**, kdy se zaměřují na vymezení **konstrukčního úkolu**. Na jeho základě pak určují dílčí cíle za respektování dílčích ergonomických kritérií a kritérií technických. Jako poslední krok autoři uvádí výběr konkrétního řešení dle daného postupu.
- Metodika **REFA** pak uvádí **postup obecně projektový**. Na základě stanovení cílů stanovuje alternativní systémy, ze kterých vybírá optimální. Poté následuje zpracování projektu, jeho realizace, kontrola a provedení úprav.
- Autor **Hlavenka** se řadí k **racionalizačním pohledům**. Nejprve provádí diagnostiku, čímž objeví problémy. Dále následuje sběr informací z dokumentace, které jsou podrobeny rozboru. Poté autor navrhuje provedení racionalizačního návrhu, po kterém následuje realizace.

- Autor **Bureš** se od uvedených autorů odlišuje tím, že uvádí již **konkrétněji jednotlivé úkony**, které je nutné provádět, což dokumentoval v rámci vypracovaných karet. Obecný postup ergonomického návrhu obsahuje formulaci cílů, diagnostiku pracoviště, sběr dat a návrh řešení. Dále autor uvádí novou část postupu, tedy vytvoření digitálního modelu pracoviště, k čemuž využívá nástrojů digitálního podniku, resp. jeho ergonomických modulů. Poté navrhuje výběr optimální varianty, vypracování dokumentace, realizace, kontrolu a provedení korekcí.
- **ErgoDesign** od **CEIT SK** začíná sběrem údajů, následuje tvorba projektu a na základě získaných údajů návrh opatření a návrh řešení.

Uvedené metodiky se specializují na stanovení postupu v rámci řešení ergonomických problémů na základě jednotlivých pohledů (racionalizačního, konstrukčního, ergonomického). Přístup **Bureše** a **ErgoDesign** se vyznačuje již popisem konkrétnějších kroků v rámci metodiky. Následující podkapitola popisuje současný stav ergonomie. Na základě tohoto popisu stavu ergonomie obecně, i v ČR, je možné stanovit jak požadavky na pracovníky provádějící ergonomické úpravy pracovišť, tak na metodiku, se kterou budou zacházet. Metodika by měla být těmto pracovníkům „navržena na míru“ tak, aby vycházela ze současných trendů, ale i úrovně vědomostí, aby byly její nové přístupy a trendy aplikovatelné právě z hlediska úrovně současných odborných vědomostí těchto pracovníků.

1.1.4 Současný stav ergonomie

Současný stav ergonomie je svým způsobem „závislý na stavu trhu“, na který vstupuje produkt. Produkt, který si přeje zákazník, což je naprosto určující. Tomu, co si zákazník přeje, resp. produktu se podřizuje vše i v rámci výroby.

Pokud se tedy podíváme na dnešní trh produktů, tak jej lze specifikovat následujícími znaky:

- dynamicky se rozvíjející,
- turbulentní,
- zákaznický orientovaný,
- s co nejkratšími lhůtami dodání,
- s co největší modularitou produktu dle požadavků zákazníka,
- za co nejnižší cenu atd.

Výrobci jsou nuceni používat co nejvyspělejší technologie. Samotné technologie ve vazbě na požadavky zákazníků, které kladou na produkt, však mohou jít v protikladu s ergonomií pracoviště, resp. celého výrobního systému. Výsledkem toho je pak přetížení člověka na základě fyzických i psychických faktorů, vysoké opakovatelnosti nebo monotonie.

Dnešní doba se v rámci ČR vyznačuje stavem, kdy se neustálým zlepšováním výrobních procesů opět začínáme dostávat na hranice lidských možností. Efekty simulace nebo aplikace přístupů lean production – štíhlé výroby jsou již známé, zvládnuté a do hledáčku se začíná dostávat člověk.

Ten se v rámci nejrychlejší a nejsnadnější adaptability na změny ukazuje jako nejdůležitější prvek, ale na základě požadavků na něj kladených, také jako „nejzranitelnější“ prvek celého výrobního systému.

Získat, udržet a vyškolit kvalitního pracovníka, který je nositelem know-how, je v době vzdělanostních ekonomik tím nejcennějším, co podnik má, a je proto nutné výrobní systémy tomuto faktu uzpůsobit, resp. je upravit.

Tomu odpovídají i trendy, které se dají rozdělit do dvou skupin:

- moderní přístupy k řešení ergonomie za pomoci sofistikovaných nástrojů za podpory výpočetní techniky,
- tvorba jednoduchých nástrojů postavených na „nových ergonomických metodách“ (vývoj v západní Evropě).

První z uvedených přístupů využívá moderních nástrojů digitálního podniku, které v rámci svojí funkcionality obsahují i moduly pro řešení ergonomických problémů. Tyto moduly obsahují databáze lidských postav a populací. V kombinaci s ergonomickými analýzami, možností simulace pohybů a zatížení člověka, představují tyto produkty velmi silný a užitečný nástroj v rukou projektantů, konstruktérů a průmyslových inženýrů, kteří mohou jejich funkcionality využít jak při návrhu produktu, tak při návrhu výrobních systémů. Nevýhodou těchto nástrojů je jejich vysoká cena a nutnost vysoce školeného personálu. Také se začínají objevovat neduhy, kdy si management podniku myslí, že pokud analýza vyjde v rámci mezí, které analýza uvádí, je vše v pořádku. Bohužel tomu není tak a je nutné, aby výsledky byly porovnány s platnou státní legislativou a byly korektně interpretovány odborníkem na problematiku ergonomie. Jedná se o nástroje DELMIA a Tecnomatix Jack.

Druhý z uvedených přístupů vychází z předpokladu toho, že mnoho lidí ještě o efektech ergonomických přístupů neví, čímž pádem neví ani o problémech a rizicích, které mohou vzniknout, pokud ergonomické přístupy nejsou respektovány. Dalšími předpoklady jsou, že ne každý podnik si může dovolit vyškoleného ergonomu, nebo nemůže vlastnit nástroje využívající výpočetní techniku a obsahující ergonomické nástroje.

V rámci toho provádí Evropská unie snahy, vyúsťující v rámci projektů, kdy se snaží vytvářet jednoduché nástroje a diseminovat je spolu s příklady tzv. „dobré praxe“ v rámci malých a středních podniků.

Tyto nástroje fungují na základě ergonomických metod a slouží k jednoduchému a rychlému stanovení toho, zda v rámci vykonávané činnosti hrozí pracovníkovi riziko vzniku nemoci z povolání, nebo ne. Na základě toho může management podniku zajistit návštěvu školených odborníků, kteří by měli vytvořit opatření a vypracovat návrhy na odstranění faktů, které způsobují riziko.

Ergonomie ať již v klasickém pojetí, tak také v moderním evropském pojetí jde vždy ruku v ruce s racionalizací práce, aby byly upravovány jen činnosti, které přinášejí maximální přínosy s minimálními náklady. Právě racionalizaci je věnována následující kapitola.

1.2 Racionalizace

Tato kapitola je věnována racionalizaci jako celku. Slovo racionalizace má svůj původ z latinského „*racio*“ = rozum. Je to tedy činnost, kterou chceme s využitím rozumu dosáhnout maximálního cíle s minimální spotřebou (nákladů, času, námahy, energie, prostoru atd.). Dnešní komplexní racionalizaci charakterizujeme jako soustavnou cílevědomou činnost za dosažení co největší účelnosti, metodičnosti, systematičnosti a hospodárnosti v jakémkoliv konání. Racionalizace výroby je poměrně rozsáhlý pojem, pod kterým se skrývá spousta dílčích metod optimalizace výroby. Jinými slovy racionalizací výrobního procesu rozumíme soubor technicko-organizačně-psychologických metod, postupů a opatření, vedoucích ke zvýšení produktivity práce na takovou úroveň, která při stávajících podmínkách není ani představitelná. Komplexní racionalizaci můžeme dle **Hlavenky** (18) členit z různých hledisek, například:

- racionalizaci technicko-organizační,
- racionalizaci práce,
- racionalizaci řízení.

Tento pohled ve své práci uvádí i **Bureš** (13).

Racionalizací práce se podle **Malého, Krále a Hanákové** (5) rozumí zdokonalování fyzické a duševní lidské činnosti metodami, zajišťujícími efektivnější postupy výsledky práce.

Cílem racionalizace je pak dle uvedených autorů:

- skloubit výsledky vědy a techniky v pracovním procesu s možnostmi člověka tak, aby materiální, finanční a pracovní zdroje byly co nejlépe využity,
- vytvořit pro člověka co nejpríznivější podmínky v pracovním procesu tak, aby jeho zdraví nebylo poškozováno, ale naopak posilováno,
- vychovávat a vzdělávat člověka tak, aby dosahoval co nejvyšší profesionality ve své profesi.

Racionální je tedy buď rozumný, vědecký nebo také rozumně uspořádaný.

Pracoviště je pak podle (5) definováno jako prostor, nebo jeho část, vymezená pracovníkovi nebo skupině pracovníků, v němž vykonávají své pracovní úkoly.

Pokud se tedy na základě těchto uvedených definic pokusíme o definici vlastní, novou, mohla by být **ergonomická racionalizace** chápána jako:

„Řízený proces, zaměřený na tvorbu příznivých pracovních podmínek na pracovišti za dodržení ergonomických norem, které vyplývají z ergonomických faktorů.“

1.3 Členění výrobního procesu

Pomocí normování a racionalizace práce se určí potřeba lidské práce, strojní práce, doby trvání činností ve výrobě, resp. ve výrobním procesu.

Výrobní proces je pak tvořen souhrnem všech organizovaných a řízených dějů ve výrobních jednotkách, kde probíhá transformace vstupů na výstupy.

Základem **výrobního procesu** jsou dvě složky (21):

- **Technologický proces**
 - je část výrobního procesu, v níž dochází ke kvalitativním i kvantitativním změnám pracovního předmětu (změna tvaru, chemického složení atd.).
- **Pracovní proces**
 - je souhrn činností, kdy lidé prací pomocí pracovních prostředků (stroje a nástroje) přetvářejí pracovní předměty na výrobky, resp. vstupy na výstupy.

Výrobní proces je tvořen výrobními operacemi, které jsou sestaveny do výrobních postupů.

Technologický postup je tvořen činnostmi v rámci určité technologie výroby.

Pracovní postup je sled činností tvořený pracovními operacemi.

Výrobní operace jsou základem výrobního procesu. Z nich se vychází v rámci organizace a řízení výroby. Z hlediska hodnocení a projektování práce se výrobní operace dělí:

- ruční operace,
- strojně-ruční operace,
- strojní operace,

- aparaturní operace,
- automatizované operace.

Operace se dále dělí:

- z hlediska zařazení do technologického procesu na:
 - technologické operace (hlavní v rámci výrobního postupu),
 - netechnologické operace (vytváří podmínky pro technologické operace – manipulace, kontrola atp.).
- z hlediska racionalizace, normování a projektování se dělí:
 - úsek – soubor charakteristických činností v rámci operace,
 - úkon – část operace s určitým charakterem činnosti,
 - pohyb – nejmenší a dále nedělitelná část pracovních postupů.

V rámci této práce se budeme zabývat hlavně pracovním procesem, který je součástí výrobních systémů.

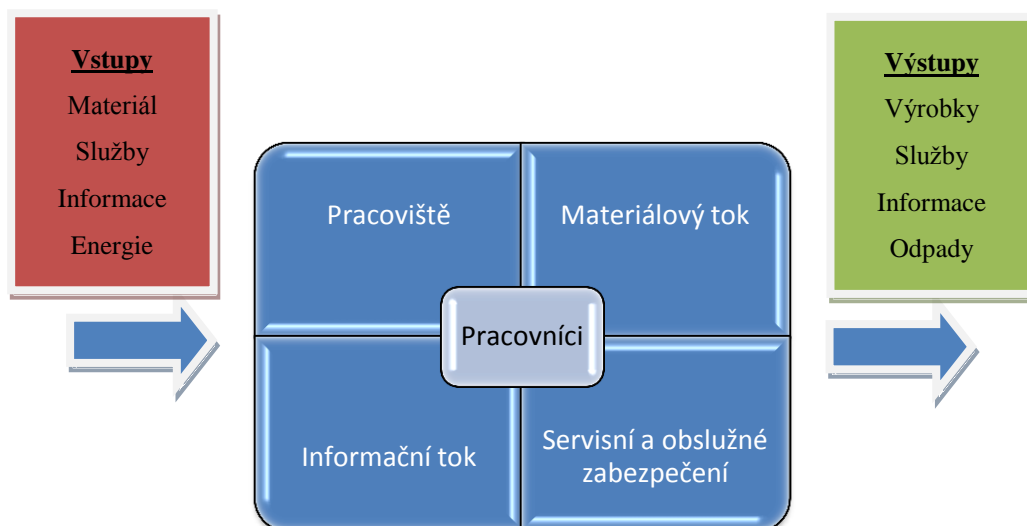
1.4 Projektování výrobních systémů

Pokud se podíváme na definici výrobního systému, kterou uvádí autoři **Gregor, Košturiak, Mičieta a Matuzsek** (22) je výrobní systém definován jako:

- systém, který se skládá ze základních podsystémů:
 - pracovišť (přidávání hodnoty),
 - materiálových toků (přeprava, manipulace, skladování),
 - informačních toků (přenos, archivace a zpracování informací, řízení),
 - servisního a obslužného zabezpečení,
 - pracovníků (manažeři, mistři, výrobní pracovníci),

které přeměňují vstupy na výstupy.

Na následujícím obrázku je možné si prohlédnout schéma výrobního systému.



Obr. 1-11 Výrobní systém (22)

Projektování výrobních systémů patří do oblasti technické přípravy výroby *TPV* a patří sem:

- metody pro analýzu výrobního systému, sběr a přípravu údajů,
- metody pro analýzu, měření a projektování práce (*MTM*, *MOST*),
- metodiky projektování:
 - metody pro stanovení výrobní kapacity, rozbor materiálových toků, řešení výrobní dispozice (layout), projektování pracovišť, projektování materiálových toků, projektování informačních toků, projektování pomocných a obslužných provozů,
- metody plánování a řízení výroby,
- metody počítačové simulace,
- metody projektového řízení,
- metody pro kontinuální zlepšování (moderování a vizualizace myšlenek, hledání tvořivých řešení).

Pokud se podíváme na současné projektování výrobních systémů, je nutné uvést, kterým oblastem je žádoucí se věnovat:

- pohled na výrobní systém v celém jeho životním cyklu (podobnost ve sledování životního cyklu výrobku – *Product Lifecycle Management PLM*),
- projektování nejen výrobního systému, ale i jeho okolí (kooperace s dodavateli, odběrateli, systémem kvality, logistikou a dalšími oblastmi),
- využívání systémového inženýrství, které využívá metody a modely pro projektování a provoz komplexních technických systémů spolu se specifickým způsobem myšlení a všeobecné metodiky, analýzy a řešení složitých problémů,
- interdisciplinární způsob práce s týmovou organizací projektu.

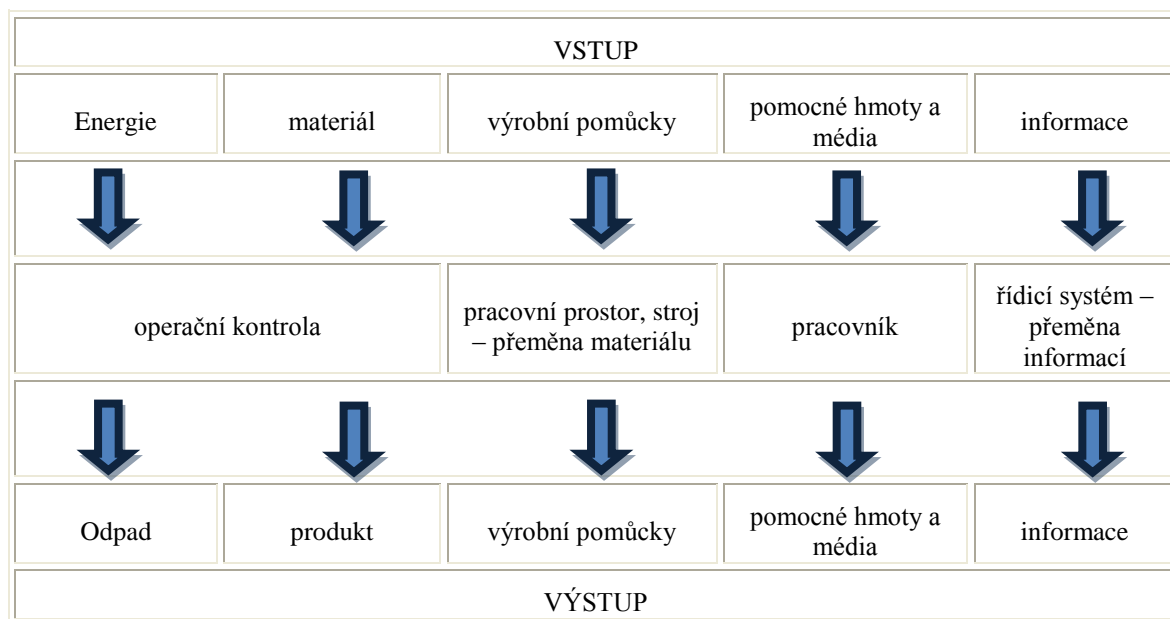
Následující podkapitola se věnuje projektování hierarchicky nižších celků, tedy výrobním procesům, které jsou obsaženy ve výrobních systémech.

1.4.1 Projektování výrobních procesů

Každý systém se skládá z jednotlivých procesů. Právě jejich propojením vzniká procesní struktura systému. Je tedy nutné se zabývat i těmito nižšími hierarchickými stupni – procesy. Výstupem projektování výrobních procesů může být například pracoviště spolu s postupy, nutnými k tomu, aby na pracovišti, jako na nejnižší úrovni procesního pohledu, mohlo docházet k transformaci vstupů na výstupy na základě jednotlivých činností. Tato detailní činnost následuje poté, co jsou vyřešeny koncepční otázky týkající se:

- kapacit,
- návrhu výrobního systému,
- etap týkajících se ergonomie – projektování pracovišť,
- dalších etap – projektování pracovníků, projektování materiálového toku, projektování informačního toku a systému řízení, projektování servisních činností pro výrobu (22).

Tabulka 2 – Klasická struktura technologického pracoviště (22)



Z hlediska ergonomie uvádí autoři (22) následující obecná pravidla:

- v centru dění by měl být člověk, resp. tým lidí a ne stroj,
- pracoviště uzpůsobit k možnosti rotace pracovníků v rámci vykonávané práce,
- vycházet z fyziologických a antropometrických vlastností pracovníků, kteří budou na pracovišti pracovat,
- brát v úvahu rozbor pohybů,
- detailní řešení provádět přímo s pracovníky pracoviště.

Po volbě strojového zařízení, způsobu zásobování, následují další kroky:

- umístění pracoviště,
- návrh manipulačního a pedipulačního prostoru,
- osvětlení a barevné řešení pracovního prostoru,
- umístění pracovních pomůcek a komponent.

K provedení těchto kroků se využívají poznatky somatografie, simulačních metod v rámci ergonomie, ergonomických analýz, virtuální reality nebo vizuálního managementu. Cílem je navrhnout pracoviště pohodlné, přehledné, uspořádané, bezpečné, hygienické a estetické.

Následující podkapitola je věnována projektování výrobních procesů z hlediska ergonomie.

1.4.2 Projektování výrobních procesů z hlediska ergonomie

Tato podkapitola se věnuje ergonomickému projektování. Tento metodický postup vychází z české státní normy ČSN EN 614-1. (23) Tato norma popisuje postup, který by měl být dodržen při ergonomickém projektování.

Tento postup uvádí i **Chundela** (1).

- Zajistit a ujasnit zadané specifikace – zjistit jaký má být přínos ergonomie, aby byl systém výkonný, bezpečný a zdravý.
- Určit skupinu populace pro obsluhu – stanovit specifické charakteristiky obsluhy, která bude pracovní prostředky používat.

- Provést rozbor pracovního úkonu – stanovit dělbu funkcí mezi obsluhou a pracovním prostředkem.
- Stanovit požadované ergonomické údaje – potřebné k hodnocení určitého projektu – vychází z norem, odborné literatury a vládních nařízení.
- Stanovit požadovanou původní dokumentaci – vyhledat informace, které mají být uvedeny v dokumentaci pro obsluhu, např. v příručkách pro údržbu a v návodech k používání.
- Stanovit požadavky na školení a výcvik – uvážit výsledky rozboru úkolů a podle nich stanovit speciální požadavky na školení a výcvik obsluhy.
- Zvolit metodu hodnocení – stanovit metody, kterých se má použít k hodnocení požadovaných ergonomických údajů, z hlediska požadavků daného projektu, např. použití norem, projektování s podporou počítače, simulace pracovních úkolů a pracovního prostředí.
- Zhodnotit vypracovaný projekt – použít zvolených metod hodnocení ke zjištění, zda jsou ergonomické požadavky v přijatelných mezích dle stanovených ergonomických údajů.
- Zhodnotit výsledky rozboru – rozhodnout, zda bylo dosaženo rozumného kompromisu mezi technickými a ergonomickými požadavky. Pokud nebylo realizováno, uvážit možnost opakování kroků od provedení rozboru pracovního úkonu až po volbu metody hodnocení, s přepracovaným projektem.
- Zhodnotit projekt s obsluhou – použít modelů pracovního prostředku ke zhodnocení projektu se skutečnou obsluhou.
- Zhodnotit výsledky zkoušek s obsluhou a provést změny – znovu zhodnotit projekt, provést změny dle praktických zkoušek a dle potřeby provést úkony od rozboru pracovního úkonu až po hodnocení projektu s obsluhou.

Uvedený postup je obecně platný. Protože norma je pouze doporučení k určitému chování, které norma popisuje, a není zákonem, nařízením, nebo vyhláškou vlády, není právně vynutitelná. Dalším faktem je, že v době vzniku této normy ještě nebyl rozšířený pohled na produkt v rámci řízení životního cyklu produktu, tedy PLM. Je zřejmé, že tento postup je všeobecně platný, avšak je vhodné ho modifikovat dle nových a moderních poznatků v oblasti průmyslového inženýrství.

Autoři **Gilbertová** a **Matoušek** (2) naopak neuvádí konkrétní postup, ale uvádí důležitá **ergonomická kritéria** a **parametry**, dle kterých lze provést ergonomické hodnocení pracovních systémů. Jedná se o následující kritéria:

- Podlahová plocha pro jednoho pracovníka.
- Světlá výška pracoviště nad podlahou – při denním osvětlení a bez denního osvětlení a s umělým ovzduším.
- Vzdušný prostor – minimální vzdušný prostor na jednoho pracovníka při denním osvětlení, při umělém osvětlení a s umělým ovzduším.
- Pracovní prostor vzhledem k tělesným rozměrům pracovníka, s ohledem na přístup na pracoviště, pracovní polohu, vykonávané pohyby, umístění zdrojů informací, typy a umístění ovladačů, rozměry strojů, rozměry technických zařízení, vzdálenosti mezi technickými zařízeními, vzdálenosti mezi pracovními místy, rozměrům dveří a chodeb pro volný pohyb.
- Manipulační rovina, resp. vzdálenost lokte nad podlahou.
- Pedipulační rovina, aby byl možný volný pohyb dolních končetin.
- Pracovní poloha – nejlépe střídání sedu a stoje.

- Pracovní pohyby – nejvhodnější je střídat takové, aby bylo možné zapojovat různé svalové skupiny horních i dolních končetin se sníženým podílem statické práce.
- Statická a dynamická práce – odpovídá střídavé aktivaci svalových skupin – napětí a uvolnění.
- Fyzická namáhavost, hodnotí se např. pomocí spotřeby energie.
- Ovládací síly.
- Manipulace s břemeny – stanovuje limity hmotnosti břemene dle dráhy pohybu při přemísťování, vzdálenosti od těla, pracovní poloze, frekvenci manipulace, úchopových možnostech, pohlaví a věku atd.
- Zrakové podmínky – stanovují se na základě nároků při požadované činnosti, rovnoměrnosti a velikost kritického detailu.
- Barevné řešení prostředí.
- Zrakové zdroje informací.
- Akustické podmínky.
- Mikroklimatické podmínky – řeší parametry podmínek, ve kterých pracovník provádí pracovní činnost. Jde o teplotu, vlhkost a proudění vzduchu.
- Psychosociální podmínky – řeší příčiny stresorů, ovlivňujících pracovní pohodu, spokojenost, duševní rovnováhu.

Jedná se o ergonomická kritéria (např. podlahová plocha, světlá výška pracoviště atp.) a určení jejich parametrů (např. rozměr) pro jednotlivé oblasti. Tento uvedený přístup vychází z dlouholeté a bohaté praktické zkušenosti autorů.

Další skupina autorů, **Slamková**, **Dulina** a **Tabaková**, nejprve uvádí ergonomické požadavky, které by mělo ergonomicky vhodně navržené pracoviště splňovat a následně uvádí postup při projektování pracoviště. Jako poslední uvádí organizaci pracoviště (24).

- **Ergonomické požadavky na pracoviště**
 - přehledné, pohodlné, uspořádané, hygienické, bezpečné, esteticky příjemné.
- **Projektování pracoviště – faktory ovlivňující ergonomii**
 - rozměry lidského těla a možnost pohybu jeho jednotlivých částí, počet zaměstnanců, faktory týkající se uživatele (věk, pohlaví, fyzická zdatnost, atp.), bezpečnostní a hygienické předpisy, normy, směrnice a nařízení, psychologicko – fyziologické informace, nutná délka pobytu v prostoru, četnost používání prostoru (vliv škodlivin na člověka), charakter vykonávané pracovní činnosti v prostoru, pracovní poloha, vybavení pracoviště.

Celý proces projektování pracoviště je možné shrnout do čtyř základních okruhů činností a páté oblasti, obecné ergonomické organizace pracoviště.

- Stanovení optimální velikosti pracovního prostoru.
- Určení optimální hodnoty základních rozměrů pracoviště.
- Navržení optimálního uspořádání pracoviště.
- Navržení estetického řešení pracovního prostoru.
- Ergonomická organizace pracoviště.

Dodržení těchto principů má za následek tvorbu ergonomicky vhodných pracovišť. Tato pracoviště by pak měla vykazovat optimální využití kapacit člověka a techniky interagujících v určitém prostředí. Toto využití je pak nutné hodnotit a měřit. Z hlediska zaměření této práce je důležitá výkonnost pracovního systému, který je součástí pracovního procesu a je tedy nutné stanovit, co má vliv na výkonnost pracovního systému.

1.4.3 Aspekty výkonu pracovního systému

Pracovní systém je součástí pracovního procesu. Proces sám je definován jako přeměna, nebo transformace, vstupů na výstupy. Jestliže se na nich podílí člověk, jedná se o proces s přímou účastí člověka, tedy o pracovní proces (25). Pracovní proces slouží k přeměně vstupů na výstupy za prostorového a časového působení člověka a pracovního prostředku (17). Samotný pracovní proces je prováděn v rámci pracovního systému.

Základními prvky pracovního systému dle (5) nebo (26) jsou:

- *Pracovní úkol* – je pracovním systémem plněn, je jeho cílem a specifikuje činnosti, kterých má být dosaženo – např. rozebrat zařízení, smontovat zařízení.
- *Pracovník* – je aktivním prvkem, který má znalosti, schopnosti a motivaci.
- *Pracovní prostředky* – jsou technologickým vybavením procesů.
- *Pracovní postup* – udává způsob provedení pracovního úkolu v čase, prostoru, v rámci působení pracovníků, pomocí pracovních prostředků a vstupů, které jsou transformovány na výstupy.
- *Pracovní prostředí* – je tvořeno fyzikálním, chemickým, biologickým, fyziologickým a socioekonomickým a organizačním prostředím, které působí na pracovníka.
- *Vstupy* – suroviny, materiál, energie, informace.
- *Výstupy* – transformované vstupy ve formě výrobku, služby, ale také vedlejší nechtěné výstupy ve formě např. zplodin, tepla.

Hlavním aspektem výkonu pracovního systému je výkon jeho nejslabšího článku, kterým je sám člověk. Samotný výkon je determinován mnoha činiteli. Samotný pracovní výkon dle (27) ve smyslu množství práce vykonané za jednotku času je výchozím bodem při zjišťování specifického podílu všech výkonových determinant, zejména somatických a psychických procesů a vlastností, které pracovní činnost člověka ovlivňují. Samotné množství práce nebo výkon je vlastně úrovní splnění pracovního úkolu.

Z hlediska psychologie,

- dle (27) není výkon veličina stálá a je ovlivňován:
 - kvalifikací pracovníka,
 - délkou praxe v oboru,
 - motivací ke konkrétní pracovní činnosti,
 - schopnostmi pracovníka,
 - vztahem pracovníka k podniku,
 - kvalitou pracovních nástrojů,
 - kvalitou pracovního prostředí.

Technické a ekonomické podmínky se dle (27) promítají v:

- systému řízení a organizace práce,
- systému odměňování a hmotné zainteresovanosti pracovníků,
- technologii výroby,
- kvalitě uspořádání pracovního místa a v míře optimality pracovního prostředí.
- autor (28) uvádí:
 - vnitřní dispozice pro mentální a motorické výkony = výkonnost + další činitelé a vnější okolnosti,
 - horko,
 - tlak,
 - hluk,
 - osvětlení,

- pracoviště,
- sociální vztahy,
- styl řízení vedoucími pracovníky.

Z hlediska ergonomie,

- autoři (5) uvádí závislost pracovního výkonu na následujících souvislostech:
 - Osobní předpoklady jedince (vychází z psychologie práce)
 - tělesné a duševní schopnosti, kvalifikace, zdravotní stav, pracovní motivace,
 - posouzení zdravotní způsobilosti,
 - pracovní podmínky (teplota, vlhkost, prašnost, osvětlení, hlučnost, toxické látky, tempo (rychlé, monotonie), pracovní poloha, jednostranné zatížení ...).
 - Obecné předpoklady pracovního výkonu
 - zásoba energie (z hlediska energetického výdeje),
 - ventilace a respirace,
 - odsun metabolických zplodin,
 - dlouhodobě lze pracovat na 1/3 funkční kapacity,
 - krátkodobě na 2/3 kapacity,
 - výjimečně na 80 % (+ 10 % rezerva pro „boj o život“).
 - Pracovní výkon je ovlivňován
 - věkem,
 - pohlavím,
 - tělesnou výškou,
 - dosahem pohybů,
 - vnímavostí na dráždivé látky,
 - nervovou stabilitou – stresem,
 - koordinací jemných pohybů,
 - monotonii.

Obecné poznatky o výkonnosti:

- Dle (27):
 - V létě je větší výkonnost fyzická, v zimě psychická.
 - Během týdne je pondělní minimum způsobeno poklesem, útlumem dynamických stereotypů a nižší koncentrovaností člověka.
 - Ve středu bývá výkonnost maximální, páteční pokles není způsoben pouze únavou, ale také poklesem soustředění, psychickou „přípravou“ na dny volna.
 - Charakteristiky výkonnostní křivky:
 - Typ lidí „skřivani“ má křivku výkonnosti posunutou o 1 – 2 hodiny kupředu, tzn., že jsou aktivní již kolem 5. a 6. hodiny ranní.
 - Tzv. „sovy“ jsou aktivní později – kolem 9. a 10. hodiny.
 - Maximální výkonnost během dne má dvě údobí – dopoledne mezi 9. a 12. hodinou, potom následuje útlum a odpolední maximum je od 15. do 17. hodiny.
 - Výkonnost během směny. Po údobí zapracovávání se dosahuje maxima denní produktivity kolem 3. hodiny směny, pak nastává útlum a je vhodné zařadit přestávku. Druhý vrchol výkonnosti kolem 6. hodiny směny je již nižší.

- Velký vliv na pracovní výkonnost mají také sociálně psychologické podmínky výkonnosti, např. společenské prostředí pracovníka (skupina, typ mezilidských vztahů), prestiž pracoviště, konkrétní situace na pracovišti, náročnost pracoviště na psychosociální adaptabilitu.
- Výkonný a úspěšný pracovník bývá současně pracovníkem adaptovaným. Přizpůsobený pracovník plní kvalitně své úkoly, a to i v potřebné kvantitě, je pracovně aktivní, iniciativní, samostatný a spokojený.
- Úroveň skutečného výkonu může podstatně ovlivnit také úroveň aspirace pracovníka. Pracovníci, kteří mají jasné, zřetelné a reálné cíle položené poněkud výše než dosud dosahované výsledky práce, byli výkonnější.
- Záleží také na stupni identifikace pracovníka s pracovištěm, pracovní skupině a jejich normách. Jednotliví pracovníci skupiny by neměli pracovat podstatně více než jiní pracovníci, jinak jejich pracovní spokojenost trpí.

Přístupy dalších autorů se vydávají hlavně cestou psychologie. Drží se však rozdělení faktorů do dvou hlavních skupin:

- okolnosti působící z vnějšího prostředí – systém organizace a řízení, vybavení pracoviště a pracovní prostředí, technologie, zpracovávaný materiál, motivační podněty, mezilidské vztahy a sociální prostředí.
- okolnosti závislé na osobnostních předpokladech pracovníka – zdravotní stav, odborná připravenost, tělesné a duševní schopnosti, morální a charakterové vlastnosti a motivace.

Obecně se jedná jak o kvalitativní znaky, tak znaky kvantitativní. Psychologové ve svých publikacích uvádějí také předpis pro rovnice výkonu:

- **Provazník (29):**
 - $V = f(S \cdot M)$
 - kde V – výkon; S – schopnosti člověka; M – motivace k práci.
- **Tureckiová (30):**
 - $PV = f(M \cdot K \cdot P)$
 - kde: PV – pracovní výkonnost, M – motivace, K – kvalifikace, P – pracovní podmínky.

Další vliv na výkon mají vlastnosti, osobnostní rysy pracovníka, jeho inteligence, temperament. Dále pak schopnosti smyslových orgánů motoriky, dovednosti, znalosti, postoje a motivace, kterým se však z hlediska této práce nebudeme věnovat, avšak celkově by neměly být opomenuty.

Pokud shrneme uvedené přístupy, tak hlavní prvky, které mohou ovlivnit výkon pracovního systému, jsou člověk, jeho schopnosti, motivace a prostředí, ve kterém práci vykonává. Samotné psychologické aspekty, které mají vliv na výkonnost pracovního systému, by měly být brány v úvahu, avšak z hlediska této práce se na ně musíme podívat z pohledu ergonomie. Ergonomie řadí psychologické aspekty mezi rizikové faktory, které ovlivňují člověka.

Samotného člověka může při výkonu práce ovlivňovat mnoho rizikových faktorů. Ty mají vliv na jeho zdraví. Důvodem, proč je působení rizikových faktorů uvedeno v této části práce a ne v části věnující se zdraví je skutečnost, že mají vliv na pracovní systém a že:

- **rizikovým faktorem** dle (31) rozumíme **každou okolnost, podmínku, činitele či vlastnost pracovního systému**, která může být příčinou pracovního úrazu, nemoci z povolání, otravy či jiného poškození zdraví.

K rizikovým faktorům je možné přiřadit i uspořádání pracoviště, organizační opatření, či jiné aspekty související s pracovní činností.

Rizikové faktory vymezuje nařízení vlády **361/2007 Sb.:**

- Nepříznivé mikroklimatické podmínky (zátěž teplem a chladem).
- Chemické faktory (karcinogeny, olovo, azbest, atp.).
- Biologické činitele.
- Fyzická zátěž
 - celková (vysoké přetěžování),
 - lokální svalová zátěž (opakované zatěžování stejných svalů – staticky nebo dynamicky),
 - pracovní polohy (nevhodné pozice těla při práci),
 - ruční manipulace s břemeny (překračování hygienických limitů).
- Fyzikální faktory
 - hluk,
 - vibrace,
 - záření (ionizující a neionizující).

Další rizikové faktory, jejichž účinky se musí hodnotit, uvádí vyhláška 432/2003 Sb.:

- Prach (s různými druhy účinku).
- **Psychická zátěž** (stres, napětí a další vlivy na duševní pohodu pracovníka).
- Zraková zátěž (hlavně oslnování a specifické světelné podmínky atp.).

Tyto rizikové faktory mohou mít dlouhodobým účinkem zásluhu na vzniku nemoci z povolání.

Právě **Psychická zátěž** a její vliv je zvýrazněn záměrně, protože její hodnocení v českých podnicích není běžné, i když má významný vliv na pracovní systém z hlediska oblasti psychologie – viz podkapitola 1.1.

Vliv psychické zátěže a jeho nárůst je odrazem naší doby. Mnoho práce za nás vykonávají stroje, avšak lidský faktor začíná nabývat na důležitosti, protože člověk musí tyto stroje obsluhovat a rozhodovat. Plně automatizované provozy totiž ztrácejí další nutnost dnešní doby a tou je vysoká flexibilita. Největší flexibilitu vykazuje stále člověk. Také existují odvětví, kde je lidská práce nutná a její význam je patřičně oceněn. Jedná se o výrobu luxusních vysoce individualizovaných produktů, nebo hudebních nástrojů. Další skupinou, na kterou je kladen větší nárok z hlediska psychického tlaku, jsou manažeři. Psychický tlak je způsoben požadavky na snižování nákladů a zkracování času. To vše ve spojení se složitějšími, komplexnějšími technologiemi, které mají vytvářet sofistikovanější produkty. Na základě tohoto rostoucího tlaku na pracovníky je možné očekávat růst zátěže a chyb.

Samotná **psychická zátěž** se dle (32) skládá z:

- Senzorické zátěže – vyvolaná požadavky na činnost periferních orgánů a jim příslušících částí centrální nervové soustavy.

- Mentální zátěže – vytvářena požadavky na zpracování informací, které kladou nároky na psychické funkce (pozornost, představitivost, paměť, myšlení a rozhodování).
- Emocionální zátěže – požadavky vyvolávající afektivní odpověď.

Vzhledem k tomu, že je každý člověk jedinečný, tak i jeho způsob prožívání zátěže je rozdílný a je závislý na úrovni percepce – vnímání, cítění a hodnocení situací.

Tuto skutečnost potvrzuje i (17), která uvádí, že se i při použití stejné pracovní metody, stejného pracovního postupu, stejného pracovního zařízení, materiálu a stejných pracovních podmínkách může doba určité pracovní úlohy lišit. Dokonce je uváděn i rozptyl výkonu při standardizovaných podmínkách, který může v práci činit 1 : 1,5 až 1 : 2 a za zvláštních podmínek i větší.

Na základě toho je zřejmé, že psychická zátěž představuje jeden z nejzávažnějších problémů, který je nutné řešit komplexně za působení odborníků psychologie, ergonomie, hygieny, personalistiky, managementu a pracovního lékařství.

Samotná psychická zátěž je způsobována následujícími faktory:

- obavami z nezvládnutí nové technologie (zařízení, software, postup),
- zkracujícím se časem na dokončení zakázky (dílní činnosti i celkový čas zakázky),
- konkurencí,
- častou reorganizací výroby a rostoucí administrací,
- prodlužováním pracovní doby,
- nevhodnou ergonomií pracovního místa,
- vysokou úrovní odpovědnosti,
- kumulovanou prací atd.

Samotní pracovníci si na základě provedených dotazování (31) stěžují na:

- nutnost trvalého soustředění,
- monotónní pracovní proces,
- časový a výkonnostní tlak atp.

Vysoká psychická zátěž má pak za následek reakci, kterou je **psychický stres**. Ten se opět dělí dle faktorů vzniku (31), (5):

- náročná práce,
- obavy ze ztráty zaměstnání,
- vysoký stupeň odpovědnosti,
- mobbing (šikana na pracovišti).

Jak odstraňovat psychickou zátěž je uvedeno v přílohách – viz **Příloha č. 1**.

Stresovaný pracovník pak vykazuje větší chybovost v práci, není schopen přijímat jednoznačná rozhodnutí atp.

Samotnou odezvou stresu jsou pak jak duševní choroby, ale také nemoci kardiovaskulárního systému, nervového systému, trávicího systému, spánku nebo syndrom trvalé únavy (31).

Jak odstraňovat stres dle (33) a (32) je uvedeno v přílohách – viz **Příloha č. 1**.

Jak již bylo uvedeno výše, tak další složkou, která má vliv na **výkonnost pracovního systému** je **pracovní prostředí**, které člověka obklopuje a působí na něj. Toto prostředí ovlivňuje člověka prostřednictvím působení faktorů většinou pracovního prostředí. Ty však

nikdy nepůsobí samostatně, ale společně a jedná se pak o **kumulativní působení faktorů pracovního prostředí**.

Vliv tohoto působení je závislý na způsobu expozice a odezvě člověka. Je proto velmi těžké provádět zobecňování. Tímto kumulativním působením faktorů prostředí se zabýval autor Bullinger (34).

Totéž potvrzují i autoři (31). Jako východisko je doporučena analýza a hodnocení rizik, to však není tématem této práce.

Jestliže se daří postihnout vlivy faktorů prostředí pomocí stanovení jejich kumulativního vlivu, následuje stanovení pracovního zatížení a náročnosti práce.

Tím se zabývá **profesiografie**, která dle (31) umožňuje stanovit optimální pracovní zátěž a prvky pracovního prostředí za splnění požadavků pracovního procesu. Dle (5) profesiografie umožňuje popis konkrétní činnosti a stanovení požadavků určitého povolání a podmínek, za nichž je toto povolání vykonáváno.

Samotná metoda vychází z pozorování, které má tři fáze (31):

- Popis činnosti s obecnou charakteristikou, výčtem a sledem vykonávaných operací, nástrojů, strojů, zařízení a užívaných materiálů.
- Popis faktorů, podmínek a prostředí, za nichž je činnost prováděna.
- Odvození požadavků na pohybové, smyslové a mentální zatížení.

Popis práce je prováděn dle daných kritérií (*profesiografické schéma*) a na jeho základě je možné vytvořit **profesiogram** určitého povolání (5).

Profesiografické schéma může obsahovat (31) různá kritéria (podrobnější dělení kritérií na subkritéria viz **Příloha č. 2**):

- Kritéria pro hodnocení smyslové činnosti
 - O náročnosti smyslové činnosti rozhoduje množství a trvání informací, jejich významnost a důležitost v rozhodujících procesech (rozhodnutí o provozuschopnosti zařízení), rušivé vlivy ovlivňující kvalitu a spolehlivost prováděného úkonu.
- Kritéria pro hodnocení mentální činnosti
 - Posuzují se psychické složky zátěže a emocionálních faktorů při práci. Rozhodují nároky zejména na poznávací a rozhodovací procesy, stupeň koncentrace a pozornosti. Vliv má i tzv. psychické nasycení, jehož projevem může být snížená výkonnost, pocity unavenosti, tendence k odmítnutí a hněv.
- Kritéria pro hodnocení pohybové činnosti
- Kritéria pro posuzování pracovního prostředí
- Kritéria pro posuzování provozních prostředků a pracoviště

Tato kritéria pak slouží pro sestavení profesiogramu. Ten dle (5) obsahuje:

- Označení a popis pracovní činnosti – spočívá ve vymezení pracovního prostředku, pracovního předmětu, pracovní metody, výsledku pracovní činnosti a pracovních podmínek.
- Soupis nároků, které klade činnost na – znalosti a dovednosti pracovníka.
- Stupeň pracovní zátěže – nároky na psychické a fyzické funkce pracovníka, rozsah odpovědnosti vykonávané práce a vyplývající požadavky na pracovníka.

Podkladem pro sestavení profesiogramu je analýza práce pomocí řady rozborových metod (5):

- časové a pohybové studie,
- fyziologická měření,
- psychologická vyšetření pracovníka,
- normy a pracovní předpisy,
- rozbor bezpečnosti a hygieny práce,
- údaje získané rozhovorem s pracovníky.

Při rozboru pracovní činnosti člověka je důležité získat popis činností, který charakterizují následující základní otázky (5):

- Co pracovník dělá?
- Jak to dělá?
- Za jakým účelem to dělá?
- Jaké dovednosti jsou v činnosti obsaženy?

Samotné profesiogramy se dle (35) používají k různým účelům např.:

- z pohledu ergonomie jako ukazatel pro srovnání profesí a činností se zřetelem na fyzickou, smyslovou či mentální zátěž (zátěž fyzikálními faktory, chemickými faktory a faktory prostředí, resp. míru rizikovosti práce),
- jako podklad při normování,
- racionalizaci,
- tvorbě inovací atd.

Při sestavování profesiogramu je proto nutné brát v potaz kritéria, která mají pro sledovaný úkol rozhodující význam.

Výsledkem profesiogramu získáme posouzení pracovního zatížení a nároků na pracovníky. Jedná se však pouze o orientační kvalitativní subjektivní informaci. I tato informace je však vhodná pro další detailnější posouzení jednotlivých kritérií pracovního zatížení.

Dalším postupem je stanovení nápravných opatření nežádoucích faktorů a přiřazení priorit jejich řešení.

1.5 Životní cyklus produktu

Na základě Lisabonského summitu EU z roku 2000 byla stanovena tzv. „road map“ (cestovní mapa) výzkumu a vývoje. Mezi jednu z oblastí patří i tzv. *inteligentní produkty*, nebo *koncepce výroby, adaptivní výroba, digitální vývoj produktů a konstruování* atd. Již na základě této „cestovní mapy“ je vidět směr výzkumu. Tím je nejen zefektivnění výrobních procesů, ale i zaměření se na prvky umělé inteligence, ekonomickou a ekologickou efektivitu, digitalizaci, adaptabilitu a modularitu v **jednotlivých fázích životního cyklu produktu**. Ve většině těchto oblastí má a musí mít svoji nezastupitelnou roli i ergonomie. A právě implementace ergonomických přístupů a pohledů v rámci těchto nových koncepcí je nesmírně důležitá. Je však nutné si uvědomit, o čem tyto nové koncepce pojednávají.

Abychom mohli analyzovat řízení životního cyklu produktu (PLM – Product Life cycle Management), a následně na to implementovat ergonomické principy, je nejprve nutné osvětlit význam pojmu produkt. Produkt je cokoli, co může být nabídnuté na trhu k uspokojení potřeb nebo přání zákazníka. Podle **Kotlera** (36) je produkt jakýkoliv hmotný statek, služba nebo myšlenka, která se stává předmětem směny na trhu a je určena k uspokojení lidské potřeby a přání.

Produkty mohou být:

- materiální povahy (lokomotiva, letadlo, automobil),
- služby (pohostinství, půjčovna),
- myšlenky (např. návrh algoritmu),
- osoba (resp. transformované veřejné mínění, které někdo vytvoří – politika),
- místo (resp. transformované postoje veřejnosti k určitému místu – turismus).

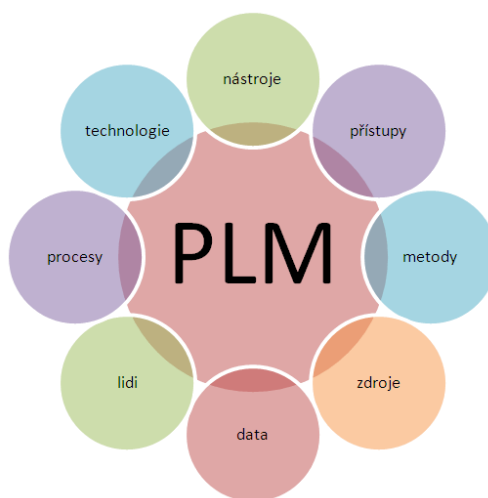
Samotný produkt má několik úrovní a platí, že čím vyšší úroveň má, tím má produkt vyšší důležitost (36):

- obecná prospěšnost a užitečnost (z důvodu této prospěšnosti a užitečnosti si zákazník produkt kupuje),
- základní produkt (transformuje produkt z užitečnosti na konkrétně použitelný výrobek, či službu),
- idealizovaný očekávaný produkt (ideální představa produktu v očích zákazníka),
- přídavek k produktu (či rozšířený produkt, je něco navíc, co překonává očekávání zákazníka),
- potenciální produkt (zahrnuje veškeré rozšíření a přídavky, které lze vyvíjet v budoucnosti).

U produktu je možné také mluvit o jeho udržitelnosti. Znamená to, že vývoj takového produktu je vždy v souladu s principy ekonomické, sociální i environmentální udržitelnosti. Samotný vývoj udržitelného produktu popisuje komplexní soubor řešení, postupů a technologií, které umožňují navrhovat, vyvíjet a vyrábět produkty s minimálním dopadem na životní prostředí. Právě tato myšlenka je zakotvena při implementaci řízení životního cyklu produktu, kdy nejde pouze o uspokojení technicko-ekonomických požadavků zákazníka, ale také o naplnění sociálně-environmentálních potřeb.

PLM – Product Lifecycle Management

V klasickém pohledu na tvorbu produktu panuje představa, že řízení produktu končí jeho výrobou a expedicí zákazníkovi. Tento pohled je zastaralý a je nutné do něj též zařadit servis a likvidaci produktu. PLM lze tedy definovat jako proces řízení „života“ produktu od koncepcie, přes výrobu a servis, až po likvidaci. Také je možné na něj nahlížet jako na informační strategii společnosti, integrující lidi, data, procesy, systém řízení a technologie. Tento přístup integruje systémy, postupy a nástroje pro řešení realizace jak nového, tak inovovaného produktu (37).



Obr. 1-12 Co zahrnuje PLM (37)

Na samotné řízení životního cyklu produktu je možné nahlížet mnoha pohledy. Může jít o pohled z hlediska odbytového množství, tedy marketingový pohled. Další může být pohled z hlediska životnosti produktu, nebo pohled z hlediska transformačních procesů.

Pokud PLM zkoumáme z hlediska nejčastějšího a nejnámějšího marketingového pohledu, tedy životnosti produktu, lze jeho jednotlivé fáze popsat pomocí následujících kroků.

Analýza potřeb → koncept produktu a prototyping → vývoj produktu → příprava výroby → výroba → prodej a distribuce → údržba a opravy produktu → likvidace a recyklace produktu.

Je tedy nutné nahlížet na produkt jako na celek, **od nápadu na jeho realizaci**, až po **jeho likvidaci**. Zákazníci si tento pohled začali uvědomovat, až když začali platit recyklační poplatky, resp. poplatky, který odráží schopnost konstruktérů vymyslet produkt, který bude lépe, nebo naopak hůře, recyklovatelný.

V dnešní době kolem sebe také stále častěji slyšíme pojmy jako *procesy*, *procesně orientovaná organizace*. I na PLM a ergonomii je možné aplikovat procesní pohled. Abychom mohli ergonomii dobře aplikovat na životní cyklus produktu, je nutné zvolit adekvátní vyjádření právě životního cyklu.

Na samotný životní cyklus produktu existuje několik základních pohledů.

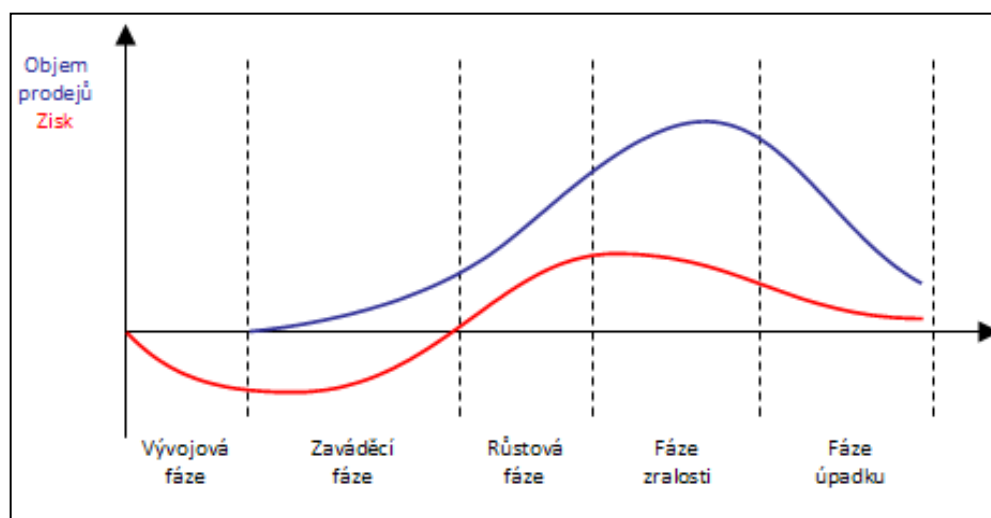
Definicí životního cyklu produktu, resp. jeho řízení, je několik. Obecně lze životní cyklus produktu chápat jako moderní přístup, který zahrnuje činnosti související s:

- návrhem produktu,
- návrhem výrobního systému produktu,
- produkcí produktu,
- užívání produktu,
- likvidace produktu.

Můžeme však uvést konkrétní základní pohledy na životní cyklus produktu.

- Marketingový pohled na životní cyklus

Jedná se o nejčastěji používaný pohled sledující to, jaký zisk produkt ve svých životních fázích přináší. Fáze životního cyklu jsou vázány na vývoj tržeb v čase.

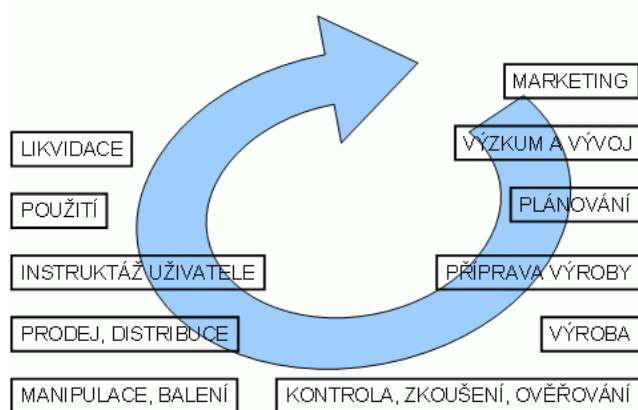


Obr. 1-13 Životní cyklus z marketingového pohledu (38)

Tento model vyhovuje z hlediska marketingu. Z hlediska ergonomie není vhodný, protože není možné určit oblast vlivu a aplikace ergonomických přístupů. Je z něho možné určit, v jaké fázi je podnik ochoten investovat do produktu, a tedy např. i do ergonomie pracoviště. Jedná se o růstovou fázi a fázi zralosti, kdy již produkt začíná podniku přinášet zisk.

- Pohled na životní cyklus dle ISO 9004-1

Tento pohled se vyznačuje přístupem k životnímu cyklu produktu z hlediska kvality. Vychází z předpokladu, že dosažení kvality produktu není jen úkolem výroby, ale i ostatních etap životního cyklu produktu. Vnímání životního cyklu je v podobě spirály, a neustále se opakuje, přičemž začátek je vždy na vyšší úrovni kvality (39).



Obr. 1-14 Životní cyklus dle ISO 9004-1 (39)

Tento model se vyznačuje neustálým zlepšováním produktu. Každá další generace produktu musí mít minimálně kvalitu předchozí. Každý však může vnímat kvalitu rozdílně. Pro zákazníka se může jednat o kvalitu, kterou vykazuje produkt při užívání, pro které byl produkt navržen. Pro podnik však může kvalita ležet jinde – např. kvalitní výroba bez zmetků.

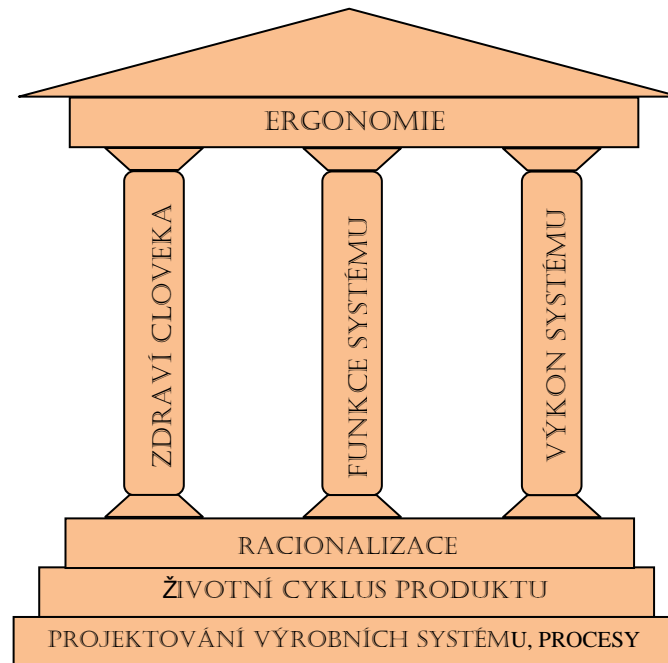
1.6 Shrnutí teoretických východisek práce

Aby bylo možné stanovit cíle práce, kterých by mělo být dosaženo, je nutné provést zhodnocení teoretických východisek práce:

- Uvedené metodiky řešení úloh ergonomického hodnocení a návrhu pracoviště uvádějí obecný postup činností, které je nutné provést, aby bylo dosaženo požadovaného cíle – pracoviště respektující ergonomické přístupy.
- Tyto metodiky nepočítají s faktem, že ergonomie v podnicích není řešena ergonomy a že tito lidé nemusí mít o ergonomii a s ní spojenými principy dostatečné poznatky, aby mohli tyto metodiky užívat, nebo aby věděli kdy a jak je nasadit.
- Z podstaty vzdělání těchto lidí plynou i specifika jejich pohledu na problematiku ergonomie. Tato specifika je nutné popsat, protože mohou ovlivňovat aplikaci ergonomických přístupů v praxi.
- Nasazení uvedených metodik tedy souvisí i s nutností se orientovat ve velkém množství dokumentů, které jsou v podobě vládních nařízení, norem a další odborné literatury týkající se ergonomie.
- Uvedené metodiky neberou v potaz moderní přístupy členění jednotlivých částí života produktu dle přístupů řízení životního cyklu produktu – tzv. PLM.

- Vzhledem ke třem základním úkolům ergonomie (zaručení výkonnosti člověka, pohody člověka a jeho zdraví) je nutné za jejich dodržení navrhnout metodiku, která by měla umožnit vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a jeho funkce.

Původní obrázek se pak změnil na následující.



Obr. 1-15 Nové schéma řešení dizertační práce

2 CÍL DIZERTAČNÍ PRÁCE A STANOVENÍ HYPOTÉZ

Na základě poznatků, řešení problematiky ergonomie byla provedena rešerše informačních zdrojů a na jejím základě byl stanoven cíl dizertační práce. Tato kapitola popisuje hlavní a následně i dílčí cíle, jejichž naplněním dojde k jejich transformaci na výstupy. Na základě rešerše informačních zdrojů a doposud získaných faktů byl stanoven hlavní cíl dizertační práce.

Cílem dizertační práce je:

Navrhnout metodiku ergonomického návrhu pracovišť při vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému.

Aby bylo možné naplnit hlavní cíl práce, je nutné stanovit dílčí cíle.

2.1 Dílčí cíle dizertační práce

Naplněním dílčích cílů práce dojde k naplnění hlavního cíle. Byly stanoveny následující dílčí cíle:

- identifikovat pracovníky řešící problematiku ergonomie v podnicích,
- zpracování návrhu systémové identifikace aspektů zdraví člověka, výkonu systému, funkce systému ve vazbě na plnění ergonomických přístupů,
- definování ergonomických kritérií a parametrů užívaných při ergonomické racionalizaci strojírenských výrobních a montážních pracovišť s interakcí člověk – technika – prostředí (ČTP),
- využití poznatků TTS při stanovení technického pohledu a aplikace ergonomie na definování klíčových prvků a jejich vzájemné interakce v rámci přístupu k ergonomickému systému ČTP,
- vytvoření metodiky ergonomického návrhu pracovišť, při vyvážení klíčových definovaných aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému,
- ověření validity.

Aby bylo možné dílčí cíle splnit, je vhodné si určit předpoklady, které pomohou při plnění cílů a také přesněji vymezí „prostor“, který by měl být vyplněn novými přístupy, řešeními a teoretickými poznatky.

2.2 Předpoklady pro splnění cílů

Na základě cíle práce byly stanoveny dílčí cíle práce, které by měly být naplněny za stavu, který popisují následující okrajové podmínky:

- nalezení a prozkoumání přístupů k řešení problematiky ergonomického návrhu výrobních systémů,
- aplikace *Engineering Design Science* (EDS) na základě *Teorie technických systémů*,
- nalezení možnosti aplikace nových přístupů na ergonomii.

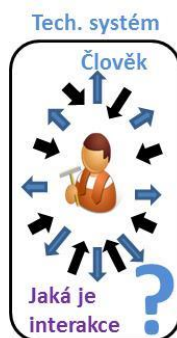
2.3 Stanovení hypotéz

Základním východiskem bylo chápání ergonomie dle uznaného modelu ČTP. Tento model je stále obecně platný a mělo by se z něj vycházet. Dalším rozšířením bylo uplatnění tří přístupů komplexnosti (v rámci chápání problému, času a prostoru), systémovosti (v rámci charakteristiky systému) a časovosti (Ex Ante a Ex Post). Respektováním prvních dvou přístupů je možné předpokládat synergické efekty. Třetí princip je pak možné užít pro stanovení přístupu, který v podnicích dnes převládá. Bohužel se jedná spíše o přístup Ex Post, tedy až po vzniku problémů. Pokud problémy řešíme až po jejich vzniku, existuje zde velká pravděpodobnost toho, že tyto problémy mohly pro pracovníky představovat bezpečnostní riziko, mohly zhoršovat psychicko-sociální pohodu na pracovišti, mohly ovlivňovat kvalitu práce pracovníka, avšak největší problém představuje riziko ohrožení zdraví pracovníka a možnost vzniku nemoci z povolání. Následně bylo nutné stanovit, které předpoklady bude možné naplnit v rámci zaměření řešení problematiky této práce. K tomu bylo využito základních osm principů ergonomie, jak je uvádí (1):

- Plošnost – v rámci práce zaměření hlavně na výrobní a montážní systémy (např. bez kanceláří, které přináší specifika např. v rámci zobrazovacích jednotek).
- Průřezovost – je nutné brát v úvahu všechna ergonomická kritéria týkající se vymezené oblasti výrobních a montážních pracovišť strojírenských podniků.
- Přizpůsobení – základní a nejdůležitější princip ergonomie, protože člověk je nejslabší prvek celého systému a je nutné se na tuto skutečnost soustředit.
- Populace – předpokládáme práci zletilých pracovníků obou pohlaví, v produktivním věku.
- Prostředky – jsou nutné k vykonávání práce člověkem a jsou součástí pracovního systému.
- Prostředí – tato problematika spadá do oblasti techniky prostředí, která je řešena vládní legislativou a její měření je prováděno hygienickými stanicemi. Tato problematika musí být brána v úvahu.
- Pohoda – za dodržení předchozích principů by měla být naplněna fyzická pohoda pracovníka a pak tedy zbývá jeho psychická pohoda. Tato problematika spadá spíše do oblasti personalistiky a psychologie, tedy pracovního systému a ovlivňuje jako jeden z mnoha prvků jeho výkonnost.
- Produktivita – tento princip by opět měl být naplněn pomocí dodržení výše popsaných ergonomických přístupů (vazba mezi ergonomií a produktivitou).

Na základě těchto zjištění vyvstaly následující otázky a na jejich základě i hypotézy:

- **Hypotéza H1:**
 - **Při úrovni daných znalostí je možné postihnout interakci mezi člověkem a technickým systémem.**
 - Lze tuto interakci popsat pomocí poznatků *Engineering Design Science*, aplikovaných na *Teorii technických systémů*, tedy technickým přístupem?
 - Lze tento popis aplikovat na pracoviště?



Obr. 2-1 Zobrazení hledaných vazeb hypotézy H1

• Hypotéza H2:

- Je možné kvantifikovat, určit váhu, vlivů mezi člověkem a technickým systémem.
 - Je možné popsat vlivy interakce mezi člověkem a technickým systémem a přiřadit jim důležitost?
 - Je možné vyvažovat vybrané aspekty?

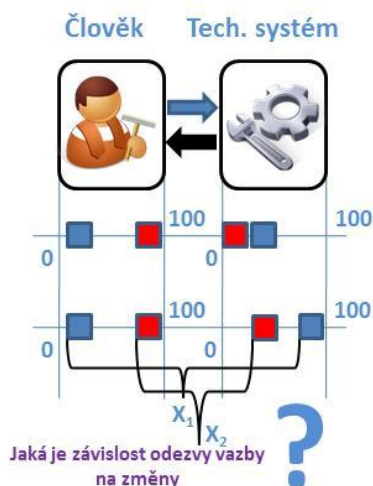


Jaká je váha vlivu
a jeho důležitost

Obr. 2-2 Schematický obrázek pro hypotézu H2

• Hypotéza H3:

- Je možné stanovit závislost odezvy na základě vazby mezi technickým systémem a člověkem.
 - Jaká je závislost vazby mezi odezvou pracovního systému a člověkem na základě úrovně naplnění ergonomických přístupů.



Obr. 2-3 Schematický obrázek pro hypotézu H3

3 POUŽITÉ VĚDECKÉ METODY ZKOUMÁNÍ

Tato kapitola se věnuje metodám, které byly částečně využity v rámci psaní rigorózní práce a jejichž použití je předpokladem pro kvalitní zpracování dizertační práce:

- metody získávání faktů,
 - literární metoda a metoda obsahové analýzy,
- metody zpracování a vyhodnocování získaných materiálů,
 - matematicko-statistické metody,
 - metody věcné analýzy,
 - metody logických závěrů (analýza a syntéza, indukce a dedukce),
 - metoda systémového přístupu,
 - simulační metody.

3.1 Metody získávání faktů

Do této skupiny metod patří metody, které umožňují:

- shromažďování,
- fixaci,
- klasifikaci,
- zevšeobecnění,

výchozího materiálu, resp. informací pro zpracování teoretických poznatků a závěrů jiných autorů.

Literární metoda, jinak také označovaná jako studium literatury, je dle (40) považována za metodu přípravy vědecko-výzkumné činnosti. Používá se při studiu literárních pramenů (odborné publikace, vědecké studie, články atp.), legislativních dokumentů, norem atp. Provádí se z důvodu získání základních poznatků o řešené problematice a provedení stručné analýzy.

Obsahová metoda se dle (41) zaměřuje na obsah textu. Ten následně vyhodnocuje po kvalitativní i kvantitativní stránce.

3.2 Metody zpracování a vyhodnocování získaných materiálů

Získané materiály je nutné zpracovat. Až na základě tohoto zpracování získávají nashromážděné informace svoji hodnotu. K tomu slouží také matematicko-statistické metody, metody věcné analýzy a metody logických závěrů (analýza, syntéza, indukce, dedukce atd.), dále pak heuristické metody a další (42).

- Matematicko-statistické metody

Pokud chceme kvantifikovat určité jevy a jejich výskyt na základě statistiky, je nutné použít matematicko-statistické metody, s jejichž pomocí lze získat kvantitativní popis jevů a vztahů mezi nimi. (43) Na základě těchto dat je možná interpretace pomocí tabulek a grafů, které mohou být srozumitelnější.

- Metody věcné analýzy – mezi tyto metody patří analýza a syntéza.

Analýza procesů a jevů je dle (43) myšlenkové rozčlenění celku na jednotlivé části, což umožňuje rozlišit podstatné od nepodstatného, náhodné jevy od trvalých, spolu s možností identifikace vlastností jevů, procesů a členění jejich etap.

Po analytické části následuje syntetická část, která pomáhá pomocí myšlenkového spojování analýzou vyčleněných částí opět dosáhnout celku.

Analýza byla aplikována na hodnocení ergonomických přístupů a na metody hodnocení, resp. měření výkonnosti procesů.

Metoda syntézy byla použita pro vyvození závěrů a následně pak při stanovování hypotéz pro tuto práci.

- Metody logických závěrů – patří sem metoda indukce a dedukce.

Indukce a dedukce jsou prezentovány vždy spolu. Jedná se o dva podmiňující se prvky dialektického procesu poznávání.

Indukcí se rozumí úsudek od dílčího k všeobecnému. Dochází přitom k vyvozování hypotetických závěrů na základě známých tvrzení, jevů, faktů a událostí, které jsou získávány při pozorování (43).

Metoda indukce se používá k vyvozování všeobecných závěrů za účelem zkoumání jevů a jejich zákonitostí.

Metoda dedukce se užívá při dedukování důsledků z hypotéz, jejichž pravdivost se ověřuje a odůvodňuje, nebo se z všeobecných zásad odvozují specifické příklady.

- Metoda systémového přístupu

Tato metoda a její aplikace je klíčová pro zajištění komplexnosti a holistického přístupu k metodice. Systémový přístup definuje **Molnár** (44), jako postup, kdy na předmět našeho zájmu nahlížíme jako na systém a zvažujeme všechny jeho děje a části ve významných souvislostech. Systémem se přitom rozumí neprázdná množina prvků, vazeb mezi nimi, přičemž vlastnosti prvků a vazeb mezi nimi určují vlastnosti celku.

4 VLASTNÍ PRÁCE

Tato kapitola popisuje práce a činnosti, které vedly k činnostem týkajícím se naplňování dílčích cílů, hypotéz a následně i ke splnění hlavního cíle.

V rámci řešení vlastní práce bylo nutné vyspecifikovat pracovníky, kteří jsou v praxi za plnění ergonomických přístupů odpovědní. Důvodem toho je, aby bylo možné užít v praxi výstup této práce – metodiku. Celou práci také formoval návrh modelu komplexního přístupu k řešení ergonomických projektů. Vzhledem k rozsáhlosti ergonomie jako takové byly navrženy okrajové podmínky, které vymezují oblast řešenou v rámci práce. Jednotlivé okrajové podmínky jsou uvedeny v příslušných kapitolách z důvodu zachování konzistence celé práce. Označeny jsou jako **OKP** a příslušným číselným indexem. V přílohách je pak obsažen list se všemi **OKP (Příloha č. 3)**. Následně byly řešeny jednotlivé hypotézy. V rámci hypotézy H1 se jedná o možnost postihnout interakce mezi člověkem a technickým systémem pomocí aplikace *Teorie technických systémů*. Byla zkoumána vazba mezi člověkem a technickým systémem, resp. transformačním procesem, a zda je tato vazba vyjádřitelná jako dílčí nebo souhrnná. V transformačním systému byla nalezena analogie mezi prováděcím systémem a třemi základními prvky, mezi nimiž ergonomie zkoumá interakci (jedná o člověka, techniku a prostředí). V rámci *Teorie technických systémů* se jedná o prováděcí systém tvořený *HuS* (člověkem), *TS* (Technickým systémem) a vše v rámci *AEnv* (Aktivního a reaktivního okolí). Dále byly zkoumány vazby na životní cyklus produktu, resp. jejich zapojení v rámci *PLM – Product Life Cycle Management*. Z hlediska ergonomie a zkoumání jejího vlivu se ukázalo jako nejvhodnější aplikovat na tvorbu životního cyklu produktu transformační systémy oproti klasickému pohledu se zřetelem k místu realizace jednotlivých etap. Na základě nalezených vazeb mezi člověkem a technickým systémem bylo nutné provést kvantifikaci a určení váhy vlivů mezi nimi, což je obsahem hypotézy H2. Hypotéza H3 pak řeší otázku toho, jak lze stanovit závislost odezvy vazby mezi technickým systémem a člověkem. Naplněním jednotlivých hypotéz dojde k naplnění dílčích cílů i cíle hlavního, který spočívá v navržení metodiky ergonomického návrhu pracovišť při vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému.

4.1 Identifikace pracovníků řešících problematiku ergonomie v podnicích

Kapitola 1 uvádí klasické postupy uplatňování ergonomie a jejích ergonomických přístupů v rámci ergonomických metodik. Právě tyto metodiky vychází z možného rozdělení, resp. vydefinování klíčových skupin, ergonomie. Jelikož by dizertační práce měla přinést nové přínosy jak do oblasti vědy, tak do oblasti praktické, je nutné si uvědomit, kdo je v praxi, tedy v podnicích v rámci ČR, za ergonomii odpovědný a kdo ji aplikuje. Za rozhodnutí aplikovat ergonomické přístupy je odpovědný, stejně jako například u politiky jakosti, management podniku. Pokud se podíváme níže v rámci organizační struktury podniků, je ergonomie nejčastěji uplatňována v rámci výroby, skladů atp. V rámci managementu a odpovědnosti se tedy dostáváme k výrobním ředitelům. Ti pak využívají odbornosti oddělení průmyslového inženýrství nebo přímo ergonomů.

- Vrcholový management,
 - střední management,
 - výrobní ředitel,
 - odborníci na jednotlivé oblasti,
 - průmyslový inženýr, ergonom nebo pracovník BOZP.

Z hlediska tohoto členění a zkušeností z řešení praktických projektů je velmi pravděpodobné, že za praktické aplikace ergonomických přístupů, ale i za jejich tvorbu jsou nejčastěji odpovědní průmysloví inženýři nebo pracovníci BOZP. Důvodem je skutečnost, že pracovní pozici ergonomů má v ČR pouze několik podniků. To je zase způsobeno neexistencí studijních oborů a chybějícím vzděláváním ergonomů jak obecným, tak odvětvovým (každé odvětví průmyslu má svoje specifika, která by měla být obsažena specializací ergonomů – např. lesní průmysl, strojírenství). Dle toho je tedy nutné také vycházet z toho, jaké vzdělání a schopnosti tito lidé mají.

Pokusme se sestavit specifikaci pracovníka, většinou průmyslového inženýra, nebo specialisty na BOZP, se kterým se můžeme v podnicích setkat, a který má aplikaci ergonomických přístupů na starosti.

Specifikace pracovníka:

- středoškolské nebo vysokoškolské vzdělání,
- většinou technický směr – strojař,
- vzdělání v rámci průmyslového inženýrství, nebo řízení výroby a BOZP,
- základní povědomí o ergonomii – dva nebo jeden semestr.

Z tohoto je jasné, že pokud by měl být ergonomický problém řešen komplexně, je žádoucí, aby si tito pracovníci doplňovali vzdělání, neboť ergonomie má velmi rozsáhlý vědomostní záběr, který zasahuje do několika odvětví. Další možností je využívání služeb ergonomů, nebo odborníků na jednotlivé oblasti, které je nutné zvládnout z důvodu komplexního pojetí a aplikace ergonomických přístupů. Pokud však pracovníci podniků nemají dostatečné odborné znalosti z oboru ergonomie, nebo nemají možnost využívat školených odborníků, vyskytnou se nové komplikace. Těmito komplikacemi je fakt, že tito pracovníci někdy ani neví, že se problémy spojené s ergonomií na pracovištích vyskytují.

Na základě výše zmíněného je tedy nutné určit:

- kde vznikají problémy v rámci organizací,
- kde vznikají problémy v rámci oboru, ve kterém je tato práce řešena,
- kdo v rámci organizací řeší problematiku ergonomie.

Tudíž je možné opět blíže specifikovat oblasti ergonomie, které vstupují do úvahy v rámci řešení. Jedná se o oblasti:

- fyzické ergonomie,
- organizační ergonomie,
- myoskeletální ergonomie,
- participační ergonomie.

Ostatní oblasti ergonomie nejde samozřejmě zanedbat, avšak vzhledem k uvedeným faktům to bude problematické.

Další skutečností, která sice nesouvisí přímo s tématem dizertační práce, avšak formovala její řešení, je stav řešení oblasti ergonomie v rámci řešitelského pracoviště Katedry průmyslového inženýrství a managementu v Plzni. To vyústilo v návrh modelu komplexního přístupu k řešení ergonomických projektů.

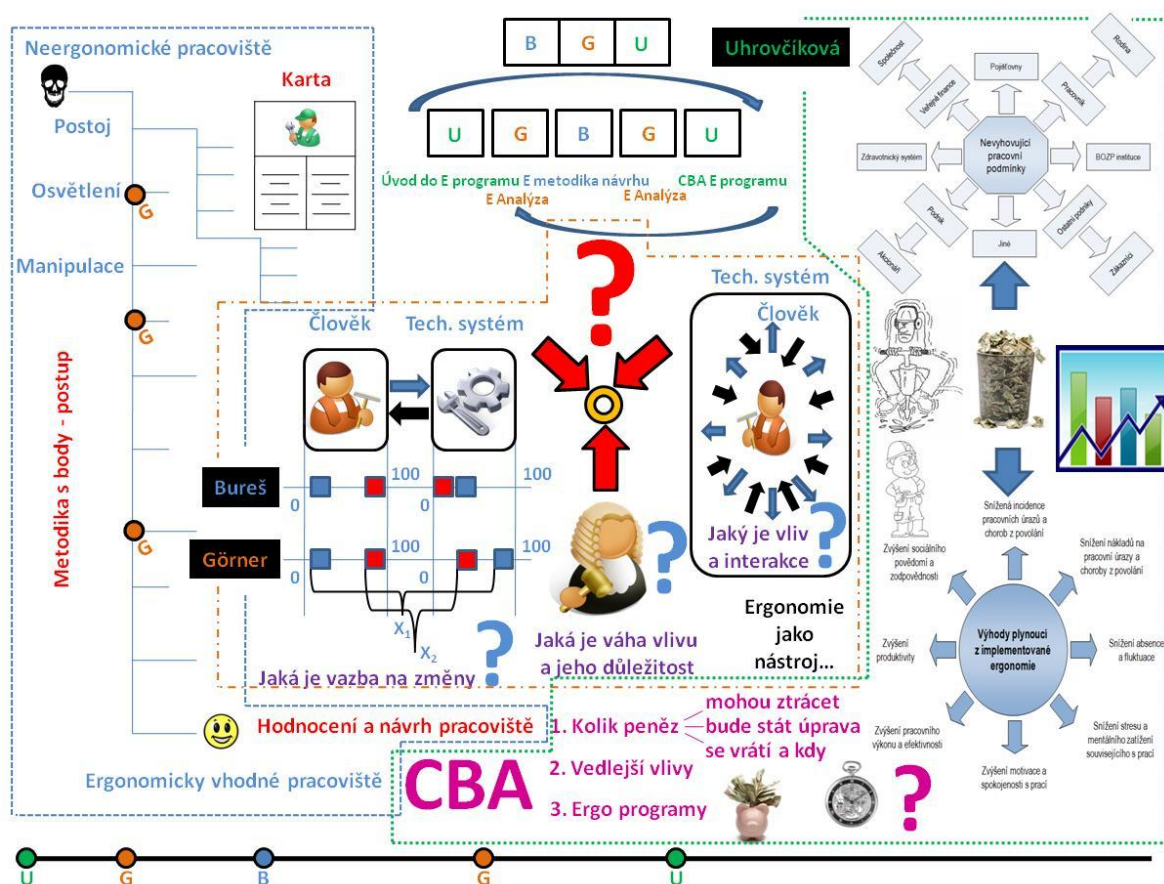
4.2 Návrh modelu komplexního přístupu k řešení ergonomických projektů

Návrh tohoto modelu byl nazván **pracovně „Konceptem BGU“** a vychází z přístupů tří dizertačních prací, které byly nebo jsou řešeny na Katedře průmyslového inženýrství a managementu v Plzni.

Písmena z názvu *Konceptu BGU* vychází z počátečních písmen doktorandů, řešících problematiku ergonomie:

- Ing. Marek **B**ureš, Ph.D.
 - Metodika digitálního ergonomického návrhu a hodnocení pracovišť ve strojírenských podnicích
- Ing. Tomáš **G**örner
 - Metodika ergonomického návrhu pracovišť při vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému.
- Ing. Petronela **U**hrovčíková
 - Hodnocení ergonomických projektů pomocí Cost Benefit analýzy.

Uvedená tři témata a jejich kroky uvádí schematické zobrazení – viz *Obr. 4-1*



Obr. 4-1 Návrh modelu komplexního přístupu k řešení ergonomických projektů – Koncept BGU

Východiskem práce **Bureše** je stav, kdy na počátku existuje pracoviště, které neplní ergonomické požadavky. Následně pomocí metodiky digitálního ergonomického návrhu a hodnocení pracovišť za podpory znalostní báze karet může být navrženo ergonomicky vhodné pracoviště. Na *Obr. 4-1* je toto znázorněno v levé části a ohraničeno modrou čárkovanou čarou.

Východiskem předložené práce **Görnera** je stav, kdy existující obecné metodiky nijak konkrétně neuvádějí možnosti vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému. Dále pak je vycházeno ze specifikace pracovníků, kteří ergonomické přístupy v praxi aplikují. Na základě toho se také může stát, že nemusí být zřejmé, kde se problémy s neplněním ergonomických přístupů vyskytují i z hlediska dlouhodobých trendů výskytu nemocí z povolání, které mohou sloužit jako vodítko. A jako poslední lze uvést snahu o využití technického pohledu k popsání problematiky týkající se ergonomie. Na *Obr. 4-1* je toto znázorněno v prostřední části a ohraničeno okrovou čerchovanou čarou.

Východiskem práce **Uhrovčikové** je stav, kdy podniky nejsou schopny sledovat, kde a kolik ztrácejí finančních prostředků. Ztráty jsou spojeny s nerespektováním ergonomie jak na jednotlivých pracovištích, tak v celých výrobních systémech. K hodnocení ergonomických zásahů jak na pracovišti, tak v rámci celých výrobních celků používala Cost Benefit analýzu, která se ukázala jako vhodná z hlediska aplikace na tuto problematiku. Hodnotí totiž jak finanční, tak i nefinanční přínosy.

Spojením všech tří přístupů by došlo k transformaci Konceptu BGU a k získání Modelu a následně Metodiky komplexního řešení ergonomických projektů. Ten by spočíval v následujících krocích:

- Aplikace metodiky **Uhrovčikové** by připravila komplexní ergonomický projekt. Dále by prvotně analyzovala, kde podnik může potenciálně ztrácet finanční prostředky na základě nerespektování ergonomie.
- Aplikace metodiky **Görnera** by poté odhalila, kde se mohou problémy z hlediska dlouhodobých trendů např. výskytu nemocí z povolání objevovat. Dále by určila jakým způsobem vyvážit aspekty zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému (včetně zjištění závislých proměnných).
- Poté by těchto poznatků bylo použito pro cílenou aplikaci **Bureše**.
- Následuje prověření nového stavu opět metodikou **Görnera**.
- Jako poslední by byla nasazena metodika **Uhrovčikové**, která by provedla konečné finanční zhodnocení, jak z hlediska nákladů, tak také z hlediska možných finančních úspor. Následovalo by dokončení celkového ergonomického projektu jak pracovišť, tak celého výrobního systému.

Tento postup je zobrazen ve spodní části *Obr. 4-1* ve formě bodů s písmeny B, G, U na jakési časové ose. V horní části je pak celkový postup zobrazen jako cyklus, vycházející z přístupu PDCA, tedy, že tento cyklus nikdy nekončí a je možné ho stále opakovat, dokud není dosaženo maximálního přípustného využití kapacit člověka, techniky i prostředí, avšak takovým způsobem, aby neohrožilo riziko poškození zdraví nebo dokonce nemoci z povolání.

4.3 Hypotéza H1 – Možnost postihnout interakce mezi člověkem a technickým systémem

Řešení hypotézy H1

- Je možné při úrovni daných znalostí postihnout interakci mezi člověkem a technickým systémem?
 - Vliv na zdraví člověka
 - Zdraví a bezpečnost

Na základě předchozího zkoumání přístupu *Teorie technických systémů* (představitelé Hubka, Eder, Hosnedl), dále pouze *TTS*, se ukázala vhodnost tohoto přístupu z hlediska aplikace

ergonomie a životních cyklů produktu. Vědecky se výzkumem poznatků racionálního konstruování, ze kterých *Teorie technických systémů* vychází, zabývá Konstrukční nauka – *Engineering Design Science*. Uvedené informace vycházejí z materiálů k přednáškám předmětu ZKM – Systémové navrhování technických produktů, které nebyly v češtině doposud uceleně knižně publikovány a z toho důvodu jsou uvedena i některá teoretická fakta (45). V zahraničí jsou tyto poznatky publikovány v rámci *EDS* – (46) a (47). Uvedené informace, schémata a postupy jsou nezbytně nutné pro pochopení postupů, které vedly k naplnění hypotézy H1.

4.3.1 Aplikace přístupu Teorie technických systémů na ergonomii

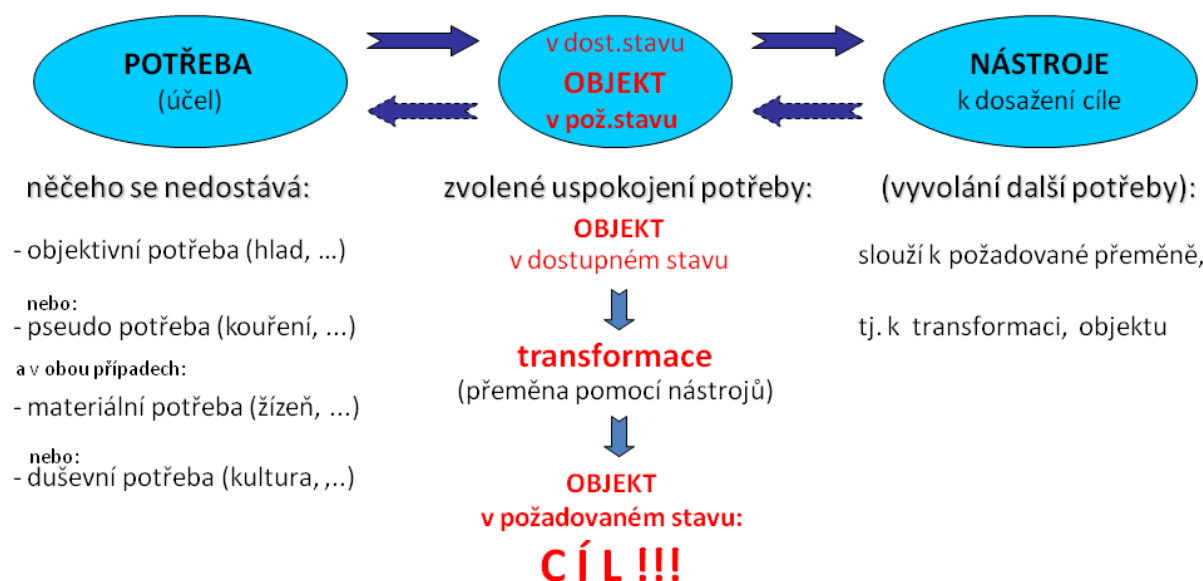
Aby bylo možné dopracovat se až k aplikaci *Teorie technických systémů* na ergonomii, bylo nutné projít přes určité milníky.

- **Význam transformace**

Základním výchozím principem je uspokojování potřeb. Tento základní princip spolu s existencí objektů ve skutečném stavu, cíle (požadovaného stavu) a nástrojů jako prostředků přeměny je možné vysvětlit pomocí následujícího obrázku popisujícího tuto přeměnu, resp. transformaci:

Význam transformace

- uskutečnění procesu:

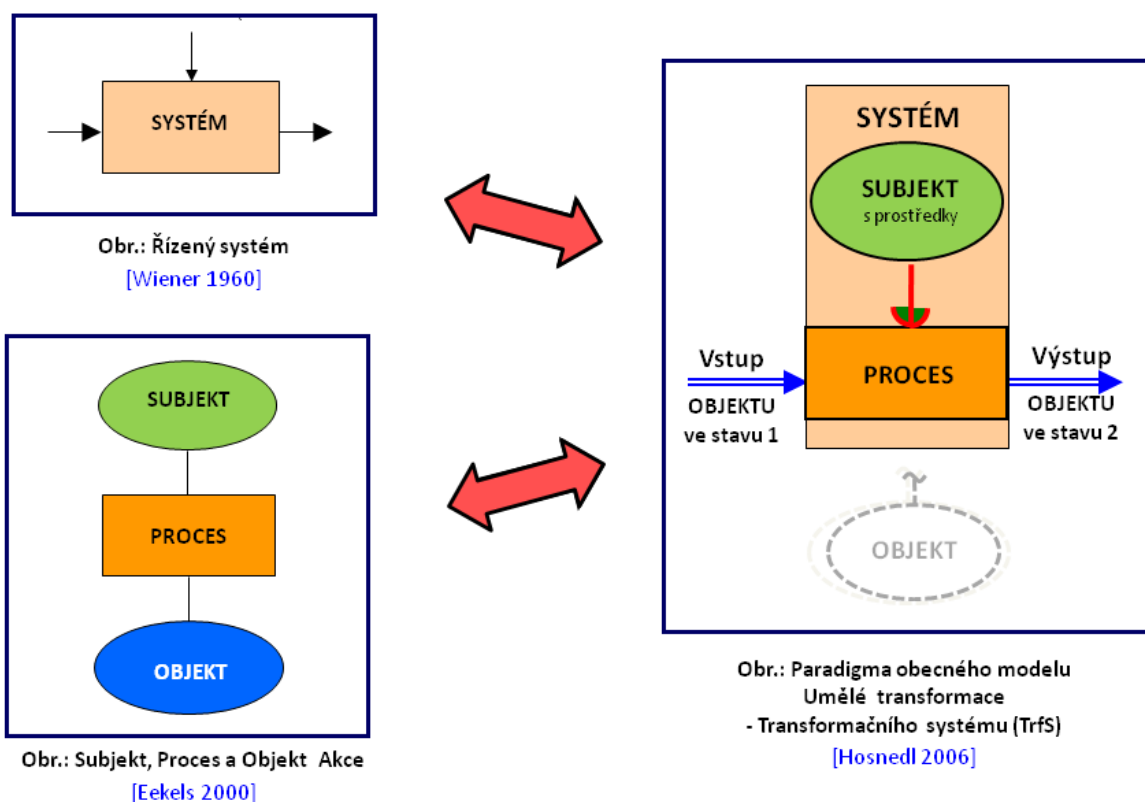


Obr. 4-2 Význam a princip transformace (45)

Pomocí základního modelu transformace lze určit i účel transformace – lidské **potřeby** jsou uspokojovány velkým počtem **transformací** tj. **Transformačních procesů** – *TrfP*. Cílem transformace je pak změna stavu objektu ze stavu dostupného na stav požadovaný. Typy transformací:

- Samovolné přírodní transformace – pomalý průběh transformačních procesů bez možnosti většího řízení.
- Umělé transformace – existují v rámci transformačních systémů a obsahují transformační procesy – jsou řízené a probíhají v reálném čase.

Pokud propojíme řízený systém (*soubor vzájemně souvisejících nebo vzájemně působících prvků* (45)) s procesním přístupem, získáme obecný model transformace, transformačního systému – *TrfS* – viz následující obrázek.



Obr. 4-3 Spojení řízeného systému a prvků akce do obecného modelu transformace (45)

• Obecný model transformačního systému

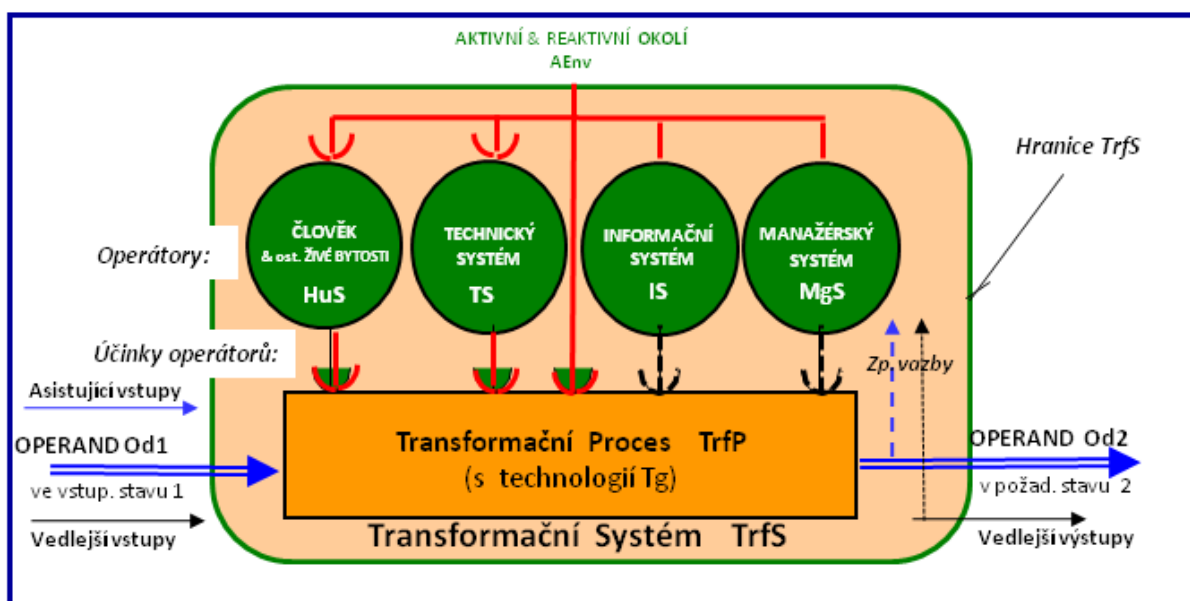
Z paradigmatu obecného modelu umělé transformace – Transformačního systému *TrfS* byl vytvořen *Obecný model umělého transformačního systému (TrfS)* s *Transformačním procesem (TrfP)*, což je znázorněno na dalším obrázku. V tomto modelu vstupuje *Operand* v dostupném stavu do *Transformačního systému*, kde se odehrává *Transformační proces*, působením (účinky) základních operátorů. Z *Transformačního systému* pak *Operand* vystupuje v požadovaném stavu. Základními operátory se svými účinky jsou:

- člověk a ostatní živé bytosti – *HuS*,
- technický systém – *TS*,
- aktivní a reaktivní okolí – *AEnv*,
- informační systém – *IS*,
- manažerský systém – *MgS*.

Informační systém *IS* a manažerský systém *MgS* jsou určitou „podporou“ nebo i omezením (vytvářejí rámec řešení) pro *HuS* a *TS*.

Operand se skládá z materiálu (*M*), energie (*E*), informací (*I*) a živých bytostí (*L*). Jedna ze složek může být dominantní, avšak obecně dochází k transformaci stavu všech složek. **Operátory se také skládají** ze základních složek. Jedná se o biologickou hmotu (*L*) u člověka, technickou neživou hmotu (*M*) u technických prostředků, odborné informace a

poznatky (*I*) u informačního systému a řídicí (věcné, časové a ekonomické) informace (*I*) u řídicího systému. Aktivní a reaktivní okolí obsahuje všechny prvky.



Obr. 4-4 Obecný model Transformačního systému s Transformačním procesem (45)

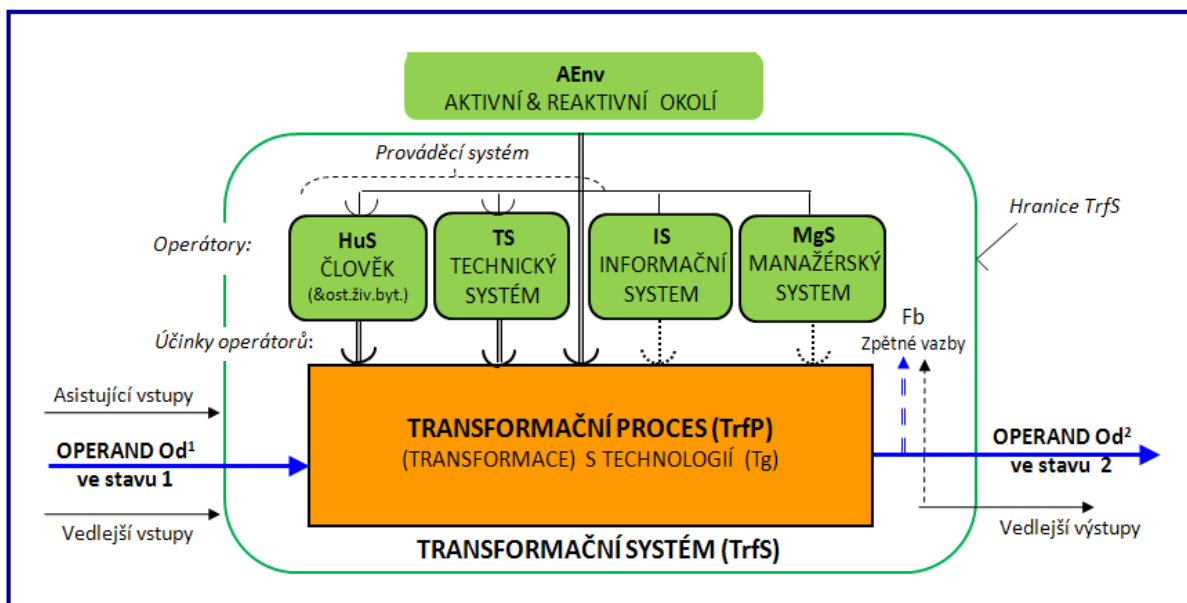
Za hlavní operátory, působící svými účinky operátorů, lze označit:

- člověka a živé bytosti – *HuS*,
- technický systém – *TS*,
- aktivní a reaktivní okolí – *AEnv*.

Tyto operátory (*HuS*, *TS*, *AEnv*) působí na operand svými účinky, za podpory a rámce informačního systému *IS* a manažerského systému *MgS*. *HuS*, *TS*, *AEnv* souhrnně označit jako *Prováděcí systém* – viz Obr. 4-5. Do transformačního systému vstupují

- operandy v dostupném stavu
- asistující vstupy
- vedlejší vstupy (žádoucí i nežádoucí) – po průchodu transformačním procesem vystupují jako vedlejší výstupy.

Od hlavních i vedlejších vstupů a také od transformačního procesu vznikají *Zpětné vazby*. Tyto zpětné vazby jsou znázorněny (viz Obr. 4-5) (45) jako *Fb* pouze na výstupu transformačního systému, avšak musí probíhat a probíhají i průběžně.

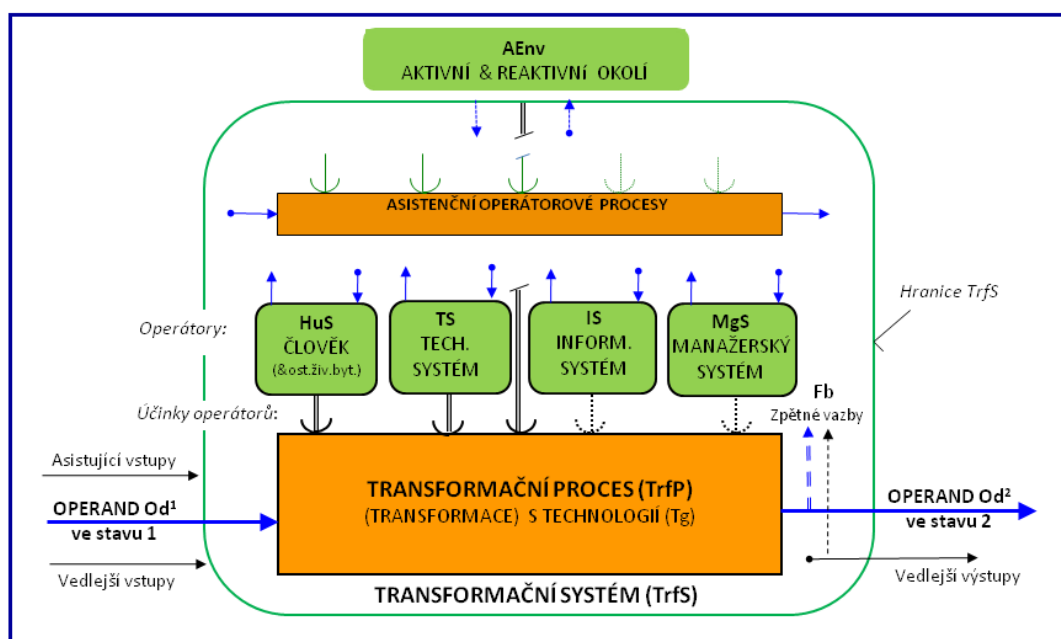


Obr. 4-5 Obecný model Transformačního systému (TrfS) s Transformačním procesem (TrfP) (45)

V této fázi řešení vyvstaly následující otázky:

- Na operand působí účinky prováděcího systému ($HuS + TS + AEnv$). Přenos účinků člověka na operand probíhá přes TS . Existuje zpětná vazba z TS na člověka – HuS ?
 - Vznikají reaktivní účinky od operandu jako výsledek působení operátoru.
 - Stejně tak vznikají zpětné reakce i mezi jednotlivými prvky $TrfS$.
- Existuje také zpětná vazba mezi Transformačním procesem a Technickým systémem, stejně jako člověkem, neboli HuS ?
 - I tyto vazby existují a jsou znázorněny na výstupu $TrfS$, a probíhají průběžně.

Operátory jsou připraveny, uvedeny a udržovány – *Asistenční operátorové procesy AOTrfP*.



Obr. 4-6 Obecný model Transformačního systému (TrfS) s Transformačním procesem (TrfP) včetně Asistenčních operátorových procesů (AOTrfP) (45)

Při transformaci dochází k transformaci hlavních složek (M, E, I, L). Vznikají tak obvyklé změny stavu (transformace) operandu (45):

- změna vnější – výroba – změna tvarů, rozměrů, povrchů atp.,
- změna vnitřní – zpracování – změna vnitřní struktury – pevnost,
- změna polohy – manipulace – doprava,
- změna v čase – skladování.

Asistující vstupy bývají většinou žádoucí. *Vedlejší vstupy*, jsou většinou nežádoucí a po průchodu transformačním procesem se z nich stávají *Vedlejší výstupy*, které jsou opět nežádoucí.

Provedeme-li shrnutí:

- Co se transformuje? (M, E, I, L) – Operand
- Jak se transformuje? – pomocí technologie
- Kým/Čím se transformuje? (potřebné účinky na operand) – Operátory

Následně se dostáváme od obecného transformačního procesu k technickému transformačnímu procesu.

- **Technický proces**

Jedná se o příklad umělé transformace ($TrfP$) operandu s dominantním využitím (jako operátoru) technických prostředků (TS). Dominují zde technické prostředky. Pomocí nich je pak role člověka (HuS) podpořena. Technologii lze chápat jako principy obrábění, tváření, kalení atp., ale i jako postupy s nástroji pro dosažení změny operandu. Také je možné provést větší konkretizaci operátorů transformačního procesu:

- člověk (pracovníci),
- technické prostředky (nástroje, stroje a zařízení) – jsou dominantní – proto TP ,
- aktivní a reaktivní okolí (v daném místě a čase),
- informační prostředky (odborné),
- manažerské prostředky (řídící).

Dochází též ke konkretizaci asistujících vstupů, vedlejších výstupů, i výstupů TP :

- asistující vstupy – stimulující, např. přívod vzduchu do ohně pro lepší hoření,
- vedlejší vstupy – většinou nežádoucí (tedy bez změny) – např. déšť na oheň,
- vedlejší výstupy – obvykle nežádoucí (tedy opět bez změny) – třísky po opracování obrobku.

Samotné technické procesy se dají dále dělit (45):

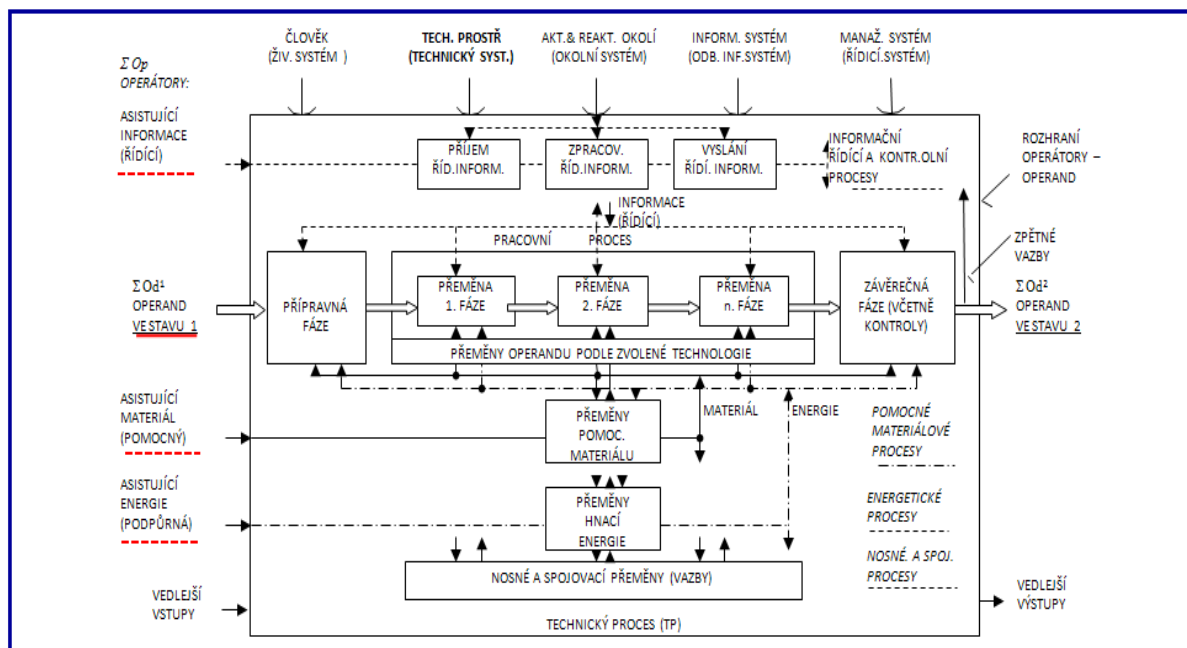
- Dle hierarchie – dílčí procesy, operace atd.
- Dle postupu – přípravná fáze, prováděcí (transformační) fáze, závěrečná fáze,
- Dle hierarchie procesů a tím i účinků/transformačních funkcí operátorů:
 - Hlavní (transformační) procesy
 - pracovní procesy (přeměny operandu).
 - Podpůrné (asistující) procesy
 - pomocné (přeměny pomocných materiálů).
 - pohonné (přeměny energie).
 - řídicí, regulační a automatizační (přeměny informací).

- nosné a spojovací (přeměny dílčích procesů a operací na integrovaný TP, tj. jejich vzájemné propojení a spojení s operandem a s okolím TP).

Další dělení TP je do kategorií je například podle:

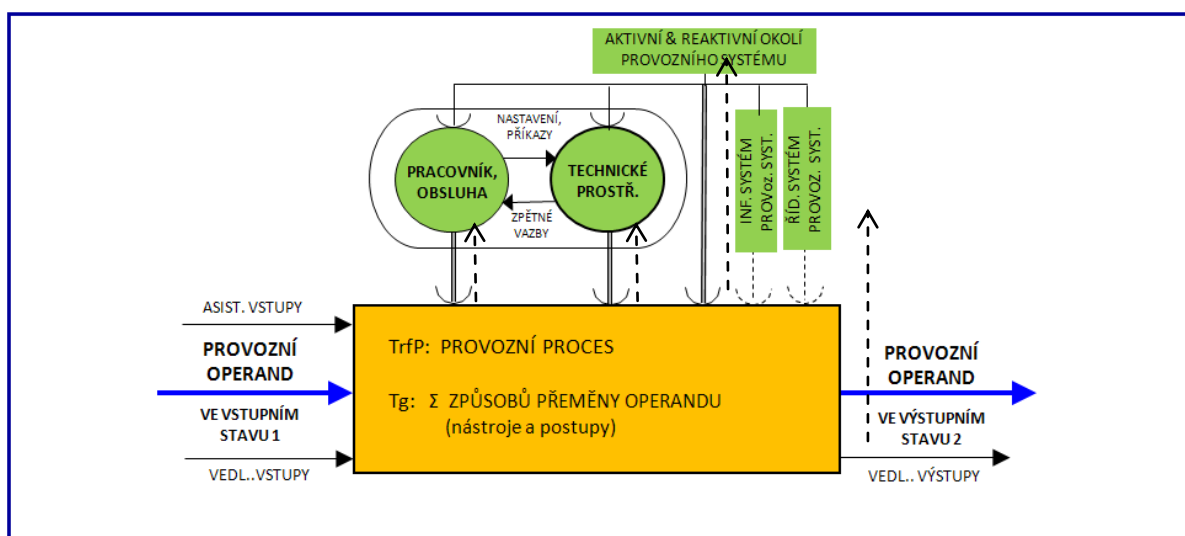
- Druhu operandu (materiálové, energetické, informační)
 - dle druhu procesu (zpracování, výroba, doprava, skladování)

Obecný model struktury **Technického procesu** jako Transformačního procesu, včetně Transformačního systému – viz Obr. 4-7



Obr. 4-7 Obecný model struktury Technického procesu jako Transformačního procesu včetně Transformačního systému (45)

Z toho vychází schéma provozního systému a provozního procesu technického produktu.



Obr. 4-8 Obecný model Provozního systému s Provozním procesem (TS) – konkretizace Transformačního systému (TrfS) s Transformačním procesem (TrfP) (45)

Pokud se zaměříme na konkrétní popis obrázku, je vhodné jej demonstrovat na jednoduchém příkladu – Kování výkovku:

- Provozní operand ve vstupním stavu 1 – polotovár.
- Asistující vstupy – oheň, teplo, vzduch.
- Vedlejší vstupy – prach, vzdušná vlhkost.
- Transformační proces – kování.
- *HuS* – pracovník.
- *TS* – Technický systém – kladivo, kleště, kovadlina atp.
- Aktivní a reaktivní okolí – kovárna v hale.
- Informační systém – operační návodka kování výkovku, výkres.
- Řídicí systém – pracovní příkaz ke kování výkovku.
- Provozní operand ve výstupním stavu 2 – výkovek.
- Vedlejší výstupy – okuje, odpadní teplo, hluk, saze a dým z koku atp.

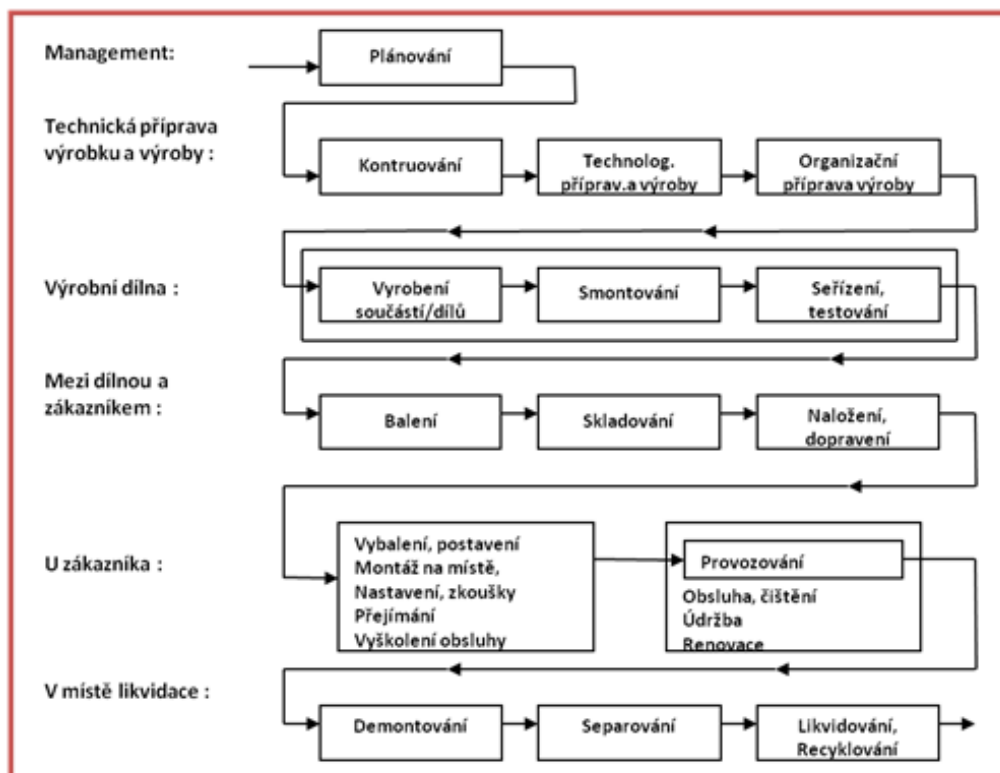
Vazba mezi *Pracovníkem* a *Technickým prostředkem* označená jako *Nastavení, Příkazy*, je v našem příkladu např. **schopnost**, nebo **dovednost člověka kovat kladivem** (*Technickým prostředkem*). **Zpětná vazba** mezi *Technickým prostředkem* a *Pracovníkem*, je v našem příkladu fakt, že se **Operand mění**, resp. **reaguje na působení Technického prostředku**. Stejně jako v obecném modelu *Transformačního systému (TrfS)* s *Transformačním procesem (TrfP)* včetně *Operátorových procesů (AOTrfP)* – viz *Obr. 4-6*, existuje i u *Obecného modelu Provozního systému s Provozním procesem (TS)*, resp. konkretizací *Transformačního systému (TrfS)* s *Transformačním procesem (TrfP)* – viz *Obr. 4-7*, *Zpětná vazba Fb*. Tato zpětná vazba může být celková a působit od operandu ve výstupním stavu 2 a vedlejších výstupů. Tato celková Zpětná vazba však může působit přímo od *Transformačního procesu* ve formě jednotlivých zpětných vazeb na jednotlivé operátory – například:

- účinky na člověka – hmotnost kladiva vyvozuje fyzické namáhání svalů, hluk působí na sluch atp.
- účinky na technický prostředek, kování opotřebovává kladivo, kovadlinu, kleště apod.
- účinky na okolí, vytváření hluku, přílišného tepla, odpadu ve formě prachu, okují atp.
- účinky na *IS*, při kování můžeme dojít ke zjištění, že informace uvedené např. na výkresu, nebo v technologickém postupu, nejsou úplné nebo dokonce chybné,
- účinky na *MgS*, při kování můžeme dojít ke zjištění, že např. pracovní příkaz ke kování výkovku pomocí jednoho člověka 4 h před koncem směny není vhodný, nebo že jeden člověk není schopen tento výkovek za dané technologie vykovat sám atp.

Samotný *Transformační proces* se odehrává v rámci *Transformačního systému*. Jeho projevem je transformace *Operandu*. Od této transformace vzniká *Zpětná vazba*, resp. dílčí zpětné vazby. Právě tyto zpětné vazby pak ovlivňují jednotlivé *Operátory*. V rámci ergonomie a jejího klasického schématu člověk – technika – prostředí se v rámci užití modelu *Obecného transformačního systému* budeme držet vlivů na *HuS* (člověka a ostatní živé bytosti) *TS* (technický systém) a *AEnv* (Aktivní a reaktivní okolí). Samotný produkt a pracoviště, na kterém vzniká, resp. plnění jejich ergonomických kritérií a požadavků, by mělo být splněno po celou dobu životnosti jak pracoviště, tak i produktu. A to nejen při užívání pracoviště, resp. výrobě produktu. Touto problematikou se zabývá *PLM – Product Lifecycle Management – Řízení životního cyklu produktu*.

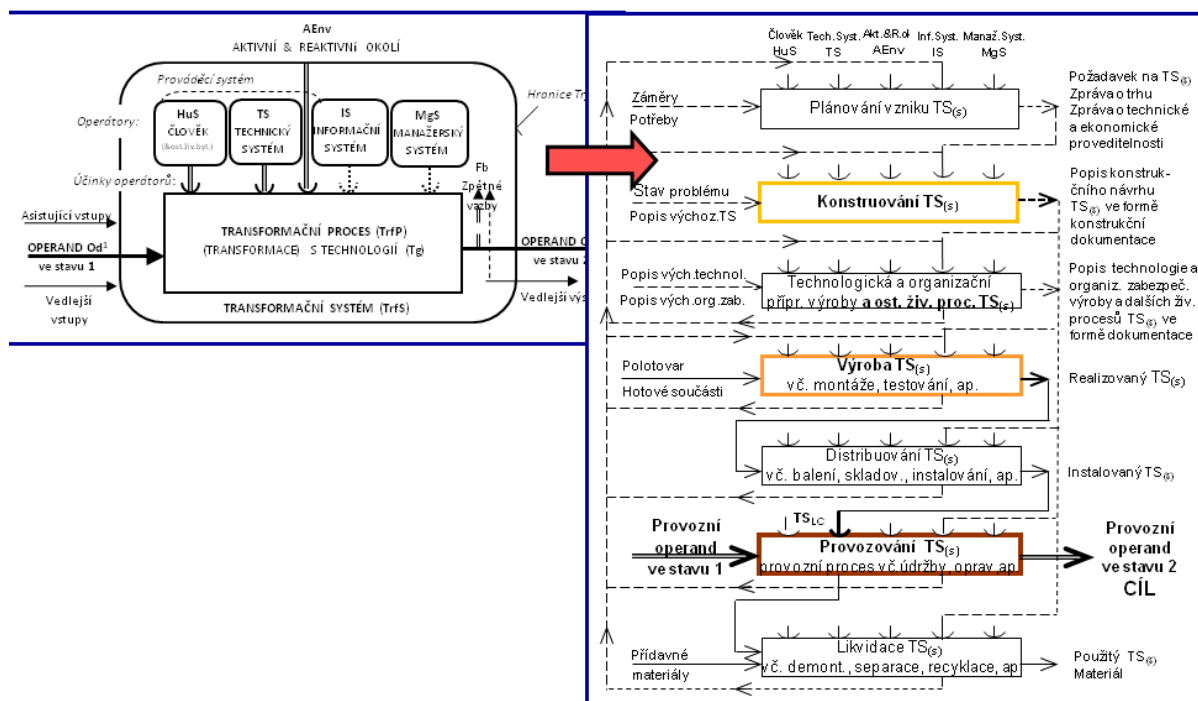
4.3.2 Životní cyklus produktu dle Teorie technických systémů

Základní užívané pohledy na životní cyklus byly uvedeny – viz kapitola 1.5 – Životní cyklus produktu. Tento pohled na životní cyklus vychází z hlediska *Technického systému* dle místa realizace jednotlivých etap.



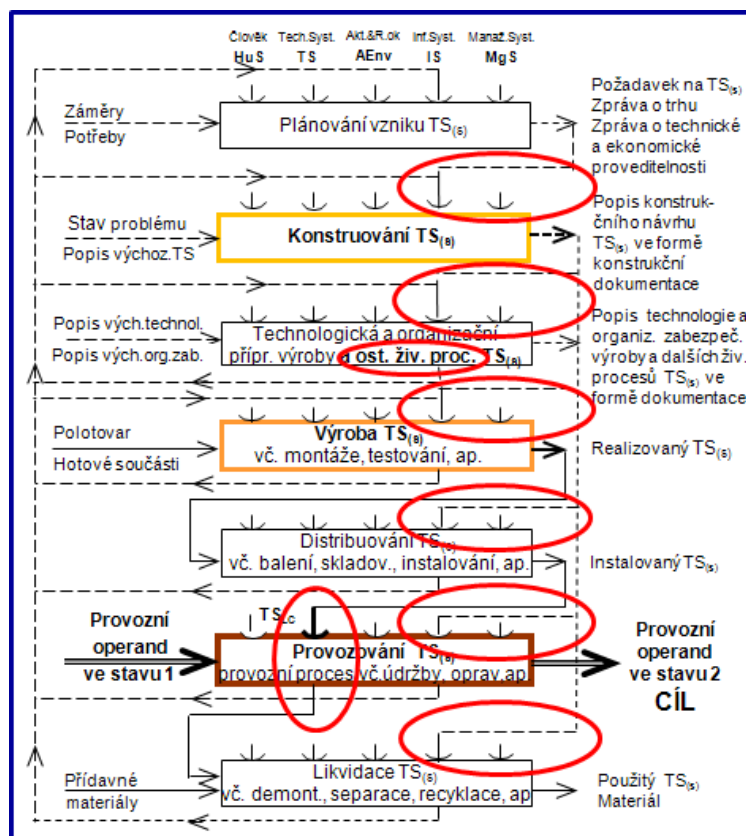
Obr. 4-9 Tradiční členění životního cyklu TS se zřetelem k místu realizace (45)

Vhodnější se jeví jeho rozdělení do transformačních systémů. To umožňuje zahrnout řadu dalších hledisek, jako požadavky na jednotlivé operátory (např. člověka, technické prostředky) v jednotlivých etapách (např. výrobní, provozní). Životní cyklus produktu lze znázornit jako sled navazujících transformačních systémů. Výstup jednoho transformačního cyklu je vstupem následujícího.



Obr. 4-10 Životní cyklus, jako série Transformačních procesů s Transformačními systémy v etapách životního cyklu produktu (45)

Toto pojetí životního cyklu produktu je mnohem vhodnější pro lepší možnost zachycení jednotlivých vlivů jak operátorů, tak na operátory, než pojetí klasické dle místa realizace. Tento přístup vyhovuje i aplikaci a uplatňování ergonomických přístupů.

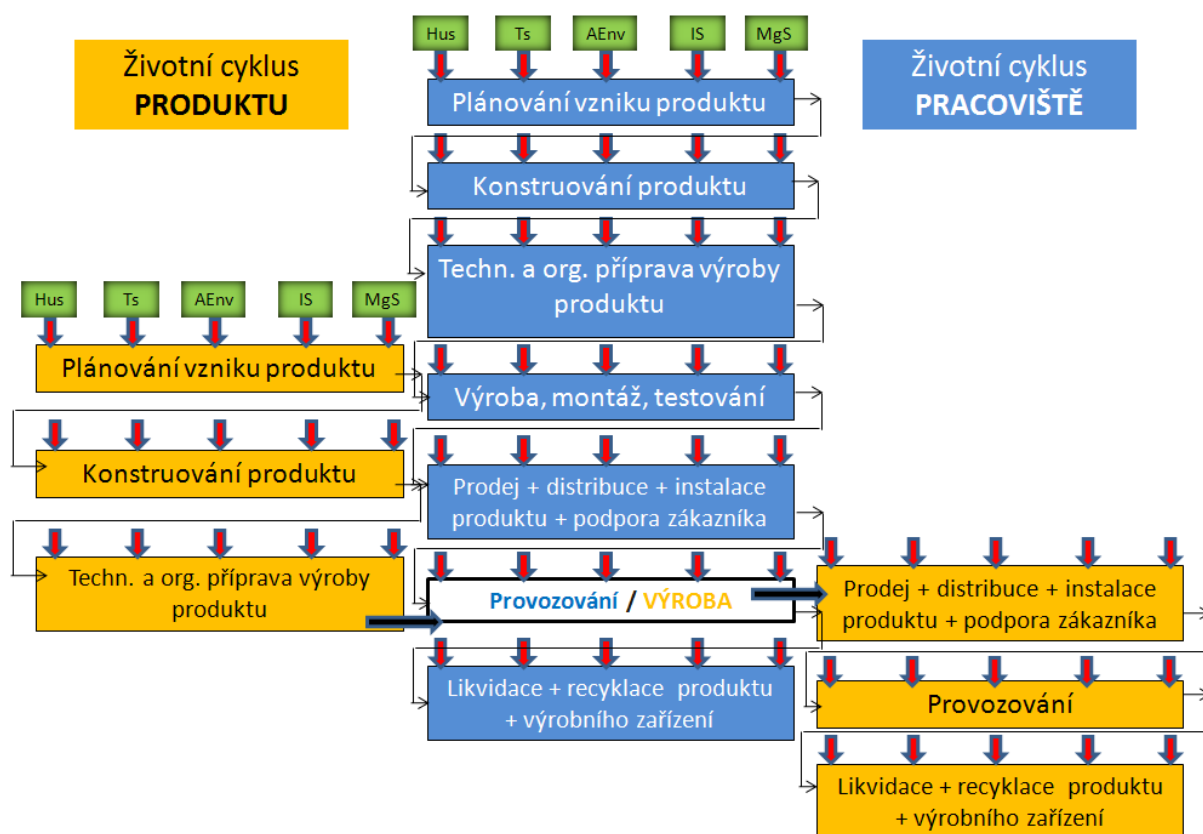


Obr. 4-11 Životní cyklus TS_{LC} jako série Transformačních procesů s Transformačními systémy (TrfS), v jednotlivých etapách životního cyklu – zvýraznění vstupů a výstupů (45)

Znázorněný životní cyklus *Technického produktu/TS*, Obr. 4-11 má v počáteční fázi formu informací – čárkované toky, které se pak výrobou mění do hmotné formy. Právě tento pohled na model životního cyklu produktu umožňuje také prolínání, resp. integraci několika životních cyklů technických systémů.

4.3.3 Integrace životních cyklů technických systémů

Propojení dvou životních cyklů dvou produktů – pracoviště a produktu na něm vyráběném. Tato myšlenka vznikla na základě tvrzení, že člověk není ovlivněn jenom úrovní naplnění ergonomických kritérií týkajících se pracoviště, ale také úrovní naplnění těchto kritérií u produktu, který je na pracovišti vyráběn (montován). Samotné pracoviště je tedy možné chápat jako produkt, který prochází stejnými fázemi životního cyklu jako produkt, který je na pracovišti vyráběn (montován). Pro zjednodušení pochopení tohoto přístupu je možné využít následujícího obrázku, Obr. 4-12, který vznikl integrací dvou životních cyklů – produktu a pracoviště. Prolnutí pak je v oblasti, kdy **provozováním pracoviště** dochází k **výrobě produktu**.



Obr. 4-12 Integrace dvou životních cyklů (LC) výrobního pracoviště a vyráběného produktu

Samotná úroveň plnění ergonomických kritérií by měla být brána v potaz ve **všech fázích** životního cyklu jak pracoviště (možno chápat také jako produkt), tak produktu na něm vyráběném:

- Plánování vzniku produktu – již této etapy by se měl účastnit člověk ergonomie znalý – zachycení problémů, které mohou vznikat nerespektováním ergonomických kritérií v předvýrobních etapách, stojí méně finančních prostředků.

- Konstruování produktu – dochází k prvním návrhům konstrukce a mělo by se opět prověřit, zda je v souladu s ergonomickými kritérii a přístupy.
- Technologická a organizační příprava výroby – v této fázi se dá ovlivnit jak volbou technologie, tak návrhem pracovišť míra splnění ergonomických kritérií.
- Výroba - je oblastí, kde dochází k největšímu ovlivnění pracovníka, který pracuje na pracovišti a vyrábí (montuje produkt).
- Prodej, distribuce, instalace, podpora zákazníka – je oblast, kde se například ukazuje, jak myšlení konstruktéra ovlivní logistické operace, instalaci produktu a například i jeho zprovoznění (u větších technologických celků) nebo servis. I zde se projevují vlivy plnění ergonomických kritérií a respektování ergonomických přístupů.
- Provozování – je oblast, kde se projeví zejména vlivy na uživatele.
- Likvidace a recyklace – je oblastí, ve které přichází do kontaktu s produktem opět člověk a ukazuje se například, jaký má vliv konstrukce na možnost likvidace, kterou opět provádí člověk – jeden z prvků systému ČTP.

V rámci uplatnění aplikace ergonomie, se nabízejí hlavně dvě oblasti, kde je dnes ergonomie řešena:

- návrh nových pracovních míst
- **hodnocení stávajících pracovních míst.**

Vzhledem k tomu, že:

- Tato práce myšlenkově vychází z *Návrhu modelu komplexního přístupu k řešení ergonomických projektů – Obr. 4-1* a existence metodiky **Bureše – Metodika digitálního ergonomického návrhu a hodnocení pracovišť ve strojírenských podnicích**, stejně jako existence dalších ergonomických metodik, je možné konstatovat:
 - Pomocí této metodiky **Bureše** je za podpory digitálních nástrojů možné provést jak ergonomický návrh nového pracoviště, tak hodnocení stávajícího.
 - Tato metodika vede uživatele instruktivně a při jejím užití dojde k naplnění ergonomických přístupů týkajících se pracoviště.
 - Při užití této metodiky se však předpokládá, že bude užita celá a vzhledem k instruktivnímu přístupu a jednotlivým krokům a podpoře není nutné, aby její uživatel měl širší povědomí o ergonomii.
 - Tato metodika také nezohledňuje vývoj nemocí z povolání, nebo názory odborné veřejnosti týkající se aktuálních problémů týkajících se nedodržování ergonomických přístupů.
 - Na základě uvedených faktů tato metodika neumožňuje jakési „prvotní nasměrování“ člověka řešícího problematiku ergonomie při hledání potenciálně problematického pracoviště.
 - Jako poslední specifikum této metodiky lze uvést, že na jejím základě není možné pomocí plnění ergonomických principů vyvažovat předem stanovené aspekty.
- Dále se v rámci řešení problematiky ergonomie se v ČR setkáme spíše s reaktivním přístupem (hodnocení a náprava již existujících pracovišť) než s proaktivním přístupem (uplatňování ergonomických přístupů již při návrhu pracoviště).
- V případě uplatnění proaktivního přístupu (návrhu nového pracoviště) je možné rovnou použít metodiku **Bureše** a mělo by být rovnou dosaženo navržené ergonomicky vhodného pracoviště – avšak bez možnosti vyvažování uvedených aspektů této práce (zdraví člověka, funkce systému, výkon systému).

Jako více vhodná se jeví aplikace budoucí metodiky na hodnocení pracovišť, a v rámci jejího nasazení na návrh nových pracovišť dojde k získání jakéhosi „vodítka“ pro označení možných problémových oblastí v rámci ergonomického návrhu. Těmto skutečnostem odpovídá zaměření se na oblast integrace dvou životních cyklů produktů, tedy kdy provozováním pracoviště vzniká výroba produktu – viz *Obr. 4-12*. Dále se tedy budeme zabývat touto oblastí životních cyklů. Při každé lidské činnosti dochází k interakci mezi ním, pracovním nástrojem a prostředím, ve kterém se vše odehrává. Jedná se tedy o popis interakce mezi základními třemi prvky systému ČTP. Pokud se tedy vrátíme ke třem základním pilířům práce (*Obr. 1-15*) a zaměříme se na to, co je jejich naplňováním nebo nerespektováním ovlivněno, získáme následující:

- zdraví a bezpečnost – aspekty zdraví,
- výkon systému (maximalizace) – aspekty ergonomické,
- funkce – aspekty ovlivňující funkci pracovního systému.

Dále bylo nutné stanovit pohled, kterým jsme se na tyto aspekty dívali. Vzhledem k tomu, kdo ergonomii v praxi aplikuje a kdo o její aplikaci rozhoduje (viz podkapitola 4.1), byla zvolena aplikace dvou přístupů:

- ergonomického,
- technického (technický pohled na vnímání ergonomie).

Na základě aplikace těchto dvou pohledů byly hledány společné a rozdílné znaky, aby bylo v následné metodice co nejvíce dosaženo synergického efektu kombinací obou těchto pohledů.

4.3.4 Popis interakcí mezi člověkem a technickým systémem – aplikace ergonomického přístupu

Tento pohled vychází z ergonomických faktorů, jež stanovují ergonomická kritéria, která se využívají k hodnocení pracovního místa. Ergonomická kritéria jsou hlediska determinující úlohu člověka při hodnocení pracovních prostředků (stroje, nástroje a pomůcky). Cílem je vytvořit a zajistit rovnováhu mezi výkonovou kapacitou člověka a požadavky a nároky, jež vyžaduje práce s technickým zařízením. Mělo by tím být zajištěno zvýšení produktivity a spolehlivosti pracovního systému. Samotná tato spolehlivost může být definována jako (48):

- snížení chyb a selhání,
- snížení výskytu pracovních úrazů,
- odstranění potenciačních rizik poškození zdraví.

Ergonomické faktory jsou součástí ochrany zdraví a života pracovníků. Ergonomické faktory jsou limitovány člověkem a vymezené normou ČSN EN 614-1 se zřetelem na antropometrii, biomechaniku a aspekty psychofyziologické, svými účinky v pracovním procesu ovlivňují pracovní pohodu. Ergonomické faktory se vztahují se k:

- tělesným rozměrům,
- pracovní poloze,
- pohybům těla,
- svalovým silám,
- mentálním a senzorickým schopnostem.

Samotné ergonomické faktory souvisejí s vlastnostmi a s výkonovou kapacitou člověka, tj. s:

- jeho tělesnou stavbou,

- rozměry těla a končetin,
- rozsahy pohybů,
- pohybovými stereotypy (dráhy pohybů, jejich přesnost a rychlost),
- svalovou silou,
- tělesnou zdatností (ve vazbě na věk a pohlaví),
- kapacitou smyslových orgánů (schopnost vnímat a rozeznávat podněty),
- kapacitou myšlenkových procesů a funkcí CNS (paměť, představivost, zátěžová tolerance, emoce, spolehlivost a další).

Při projektování pracovišť se využívají pravidla konkrétních, nebo obecných postupů ergonomického projektování pracovišť. Při aplikaci těchto postupů je nutné dodržovat daná „ergonomická fakta“. Tato „fakta“ se nazývají **ergonomická kritéria**, která jsou vázána na ergonomické faktory a parametry. Ergonomická kritéria jsou **odvozována od funkcí člověka v pracovním systému** se zřetelem na jeho senzory, mentální, pohybovou a energetickou kapacitu (souhrnně výkonovou kapacitou). V technické praxi se týkají řešení pracovního prostoru a prostředí, pracoviště, pracovního zařízení – strojů a pracovního procesu. Tato kritéria dávají rozměrový a rozsahový rámec ergonomickým faktům. Jejich stanovení proběhlo na základě dlouholetých měření odborníků na pracovní lékařství a ergonomii. Jejich vyjádření uvádí jak normy, tak předpisy. Ergonomická kritéria jsou určující měřítka umožňující hodnotit a srovnávat vhodnost a účinnost pracovního systému jako celku nebo různých variant řešení jeho prvků. Kvantifikace ergonomických kritérií je jejich vyjádření **v měřitelných veličinách, parametrech**. Komplexní ergonomické kritérium je možné dělit na dílčí ergonomická kritéria:

- antropologická,
- fyziologická,
- psychofyziologická,
- psychologická,
- hygienická.

Hranice mezi nimi nebyly, nejsou a patrně nebudou ostře vymezeny. Ergonomická kritéria musí být konkrétní. Musí odpovídat sledovaným cílům a musí umožňovat hodnocení jevů s ohledem na požadovanou důležitost. K ergonomickým kritériím se přiřčují měřitelné veličiny, tj. parametry, které jsou kvantitativními hodnotami ergonomických kritérií a charakterizují podstatné vlastnosti jevu (např. při hodnocení strojních zařízení, náročnosti práce aj.) tak, aby sloužily k odlišení jejich různých úrovní mezi sebou nebo stanovení jejich maximálních, minimálních, nebo průměrných, případně jinak požadovaných hodnot (rozměrových, časových, výkonových aj.). Ergonomická kritéria a parametry jsou všeobecně považovány za nedílnou součást projektování a hodnocení výrobků, přesto neexistuje dosud jednota v jejich používání (5). Následující tabulka uvádí 18 základních kritérií i s jejich základním popisem.

Tabulka 3 – Vyjádření ergonomických kritérií (2)

KRITÉRIUM	POPIS KRITÉRIA
Podlahová plocha	Vyjadřuje velikost pracovní nezastavěné plochy v závislosti na základě typu osvětlení a ovzduší
Světlá výška pracoviště nad podlahou	Vyjadřuje velikost světlé výšky nad podlahou, která závisí na denním osvětlení
Vzdušný prostor	Vyjadřuje velikost vzdušného prostoru v závislosti na typu osvětlení a typu ovzduší
Pracovní prostor	Vyjadřuje velikost prostoru dle jednotlivých pohybů a dalších parametrů
Manipulační rovina	Vyjadřuje výšku pracovní roviny, respektive vzdálenost lokte nad podlahou
Pedipulační rovina	Vyjadřuje prostorové nároky na volný pohyb dolních končetin
Pracovní poloha	Vyjadřuje typ polohy, která vyhovuje člověku z hlediska vykonávání pracovních úkolů
Pracovní pohyby	Vyjadřuje typ pohybů horních i dolních končetin, které zatěžují svalové skupiny nižším podílem statické práce
Statická a dynamická práce	Odpovídá aktivaci svalových skupin
Fyzická namáhavost	Vyjadřuje fyzickou namáhavost práce na základě energetického výdeje a pohlaví
Ovládací síly	Vyjadřuje velikost ovládacích sil například ovladačů
Manipulace s břemeny	Vyjadřuje limity hmotnosti břemen dle určitých parametrů
Zrakové podmínky	Vyjadřují minimální nároky na světlo
Barevné řešení prostředí	Vyjadřuje barevné řešení dle pracovního místa, činnosti atp.
Zrakové zdroje informací	Vyjadřuje polohu informačního zdroje vůči pracovníkovi v úhlu 15 – 40 stupňů
Akustické podmínky	Vyjadřuje maximální limity dle činnosti
Mikroklimatické podmínky	Vyjadřuje hodnoty prostředí, ve kterém se práce provádí
Psychosociální podmínky	Vyjadřují vliv stresorů ovlivňujících spokojenost pracovníků

Všechna uvedená kritéria mají svůj parametr, hodnotu, kterou je kvantifikováno příslušné kritérium, resp. pomocí parametru nabývá určité měřitelné hodnoty. Některé parametry se dají

vyjádřit pouze slovním popisem a ne konkrétním číslem. Tento slovní popis však určuje velikost tohoto parametru, a tato velikost je měřitelná. Tyto hodnoty uvádí následující tabulka.

Tabulka 4 – Vyjádření ergonomického kritéria pomocí hodnoty parametru (2)

KRITÉRIUM	VYJÁDŘENÍ PARAMETRU
Podlahová plocha	S denním osvětlením - minimální nezastavěná podlahová plocha 2 m ²
	Bez denního osvětlení s umělým ovzduším je to 5 m ²
Světlá výška pracoviště nad podlahou	2,5 m do 20 m ² plochy
	2,6 m do 50 m ² plochy
	Minimální světlá výška při denním osvětlení
	2,7 m do 100 m ² plochy
	3 m do 2000 m ² plochy
	3,25 m nad 2000 m ²
	3 m při ploše do 100 m ²
	Bez denního osvětlení a umělým ovzduším
	3,5 m při ploše do 2000 m ²
	4,5 m při ploše nad 2000 m ²
Vzdušný prostor	12 m ³ / 20 m ³ při práci vsedě
	15 m ³ / 25 m ³ při práci vstoje
	18 m ³ / 30 m ³ při těžké tělesné práci
Pracovní prostor	Musí odpovídat tělesným rozměrům pracovníka, s ohledem na přístup na pracoviště
	Musí odpovídat pracovní poloze
	Musí odpovídat vykonávaným pohybům
	Musí odpovídat umístění zdrojů informací
	Musí odpovídat typu a umístění ovladačů
	Musí odpovídat rozměrům strojů
	Musí odpovídat rozměrům technických zařízení
	Musí odpovídat vzdálenosti mezi technickými zařízeními
	Musí odpovídat vzdálenosti mezi pracovními místy
	Musí odpovídat rozměrům dveří a chodeb pro volný pohyb
Manipulační rovina	vstoje pohybuje v rozmezí 95 – 120 cm
	vsedě 20 – 35 cm nad sedadlem

	zvýšené nároky na zrak zvýšení o 10 – 20 cm nad loktem páce s těžkými břemeny, snížení o 10 – 20 cm pod loktem
Pedipulační rovina	minimální výška 60 cm nad podlahou (optimum 65 – 70 cm) minimální šířka 50 cm (optimum 100 cm) hloubka 50 cm (optimum 70 cm)
Pracovní poloha	Fyziologicky nejlepší je střídání sedu a stoje. Pokud nastane nefyziologická poloha, je žádoucí ji střídat fyziologickou polohou nebo zavést přestávky.
Pracovní pohyby	Nejvhodnější je střídání takové pohyby, aby bylo možné zapojovat různé svalové skupiny horních i dolních končetin se sníženým podílem statické práce. Horní končetiny by měly vykonávat pohyby dle přirozených pohybových stereotypů (obloukové dráhy). Dosahy vsedě – pohyb ruky vpřed a do stran, vstoje od zápěstí po rameno. Při využití obou končetin – rozložení zatížení rovnoměrně se stejnými drahami pohybů. S rostoucími nároky na přesnost by mělo klesat zatížení.
Statická a dynamická práce	Fyziologicky nejlepší je střídání sedu a stoje. Pokud nastane nefyziologická poloha, je žádoucí ji střídat fyziologickou polohou nebo zavést přestávky.
Fyzická namáhavost	muži 4,5 – 6,8 MJ ženy 3,4 – 4,5 MJ
Ovládací síly	Tlačítka klávesnice 0,25 – 1,5 N Tlačítka ovládaná jeden prst 1 – 8 N Tlačítko ovládané rukou 4 -16 N Přepínač ovládaný 2 prsty 2 – 10 N Nožní pedál 30 -100 N Klika – jedna ruka 0,6 – 80 Nm Klika – obě ruce 10 – 160 Nm Kolo 2 – 60 Nm
Manipulace s břemeny	stanovuje limity hmotnosti břemene dle dráhy pohybu při přemísťování, vzdálenosti od těla, pracovní poloze, frekvenci manipulace, úchopových možnostech, pohlaví a věku atd.
Zrakové podmínky	minimum je 200 lx

	bez denního osvětlení a pro stálou práci 300 lx	
	rovnoměrnost – nejmenší/průměrná hodnota = min 0,65	
	10 % hodnoty osvětlení zajištěno celkovým osvětlením	
	jas – místo úkolu / okolí úkolu / vzdálené okolí = 10 / 4 / 3	
	osoby nad 40 let vyžadují více světla	
	velikost kritického detailu	
Barevné řešení prostředí	Dle činnosti	
	Dle velikosti	
	Dle tvaru prostoru	
	Barevně zpracovaných předmětů	
	Dle světelných podmínek	
	Odrazivost	Strop 70 – 90 %
		Stěny 50 – 60 %
Podlaha 10 – 30 %		
Místo sledované zrakem 50 – 60 %		
Zrakové informace zdroje	Zorné vzdálenosti	
	Přesné detaily 12 -15 cm	
	Zvýšené zrakové nároky 25 – 35 cm	
	Umístění sdělovačů	Běžné nároky 35 -50 cm
		Viditelnost z prac. pozice
Vhodnost pro danou funkci		
	Vhodné kódování	
Akustické podmínky	řeší limity zvuku na základě činnosti, kterou pracovník provádí – duševní práci se limit snižuje	
	max 85 dB	
	tvořivé myšlení 40 dB	
	složitá a náročná práce rutinní práce 50 – 55 dB	
	duševní práce s dorozuměním 60 – 65 dB rutinní práce 70 – 75 dB	

Mikroklimatické podmínky	řeší optimální teplotu, vlhkost vzduchu a jeho proudění	letní teplota 23 – 26 °C zimní teplota 20 – 24 °C vlhkost 40 – 60 % proudění vzduchu 0,1 – 0,3 m·s ⁻¹
Psychosociální podmínky	Stresory – nespokojenost	kompetence časový tlak odpovědnost monotonie

V rámci psychosociálních podmínek je nutné blíže specifikovat některé termíny a popsat jejich vliv na pohodu člověka při pracovním procesu:

- kompetence – rozsah samostatnosti rozhodování – zde se pohybujeme v rozmezí striktně určeného pracovního postupu až po vysoký stupeň kompetence (samostatné určování úkolu, plánu, rozhodování i samokontroly).
- časový tlak – opět existuje rozmezí – tempo vynucené strojem (pohyb pásu, dopravníku), vynucené spolupracovníkem, výkonovou normou, termínovanými úkoly až po volné pracovní tempo.
- odpovědnost – hmotná, morální atp. – rozmezí běžná (malá selhání – malé následky) až po vysokou (malá selhání – velké následky).
- sociální aktivity – rozmezí – sociální izolace (práce na odloučeném pracovišti) až po časté jednání s lidmi (řešení konfliktních situací).
- monotonie – jednotvárná pracovní činnost charakteristická jednotvárností vnitřních i vnějších podnětů, které vedou k negativním pocitům (únava, ospalost, podrážděnost, pokles zájmu o práci, nízká schopnost reakcí atp.). Opakovatelnost v rozmezí menším než 30 s.
- pracovní směny – od nepřetržitého pracovního provozu, turnusové směny, rotaci, trvalé noční směny, nedostatečnou dobu odpočinku, nerovnoměrné rozložení úkolů atp.

Pokud není možné stanovit rozsah kritéria pomocí jeho měřitelného parametru, je možné si najít příslušný parametr v normách, zabývajících se ergonomií. Pokud se zaměříme na pouhé vyjádření ergonomického faktu, tak **bez číselného určení** se jedná o **kritérium**, ke kterému je navázáno jeho **kvantifikované vyjádření**, tedy **parametr**. Samotná kritéria a následně jejich parametry jsou napojena na jednotlivé ergonomické faktory.

Ergo Faktor → Kritérium → Parametr

Vzhledem k tomu, že má ergonomie velmi velký záběr, existuje i velmi mnoho kritérií. Při hodnocení pracovního místa je nutné si sestavit seznam kritérií, která budeme hodnotit a která nepřicházejí v úvahu. Samotné hodnocení pracoviště většinou probíhá pomocí určitých vybraných kritérií. Tato kritéria se dají sestavit do určitých souborů dle typu hodnoceného pracoviště. Takto sestavené seznamy kritérií mohou být zaměřeny například na skupinu strojů, nebo technických zařízení – dle společných znaků. Pomocí těchto společných znaků

dojde ke snížení počtu kritérií, které lépe postihují charakteristické rysy posuzovaného pracovního místa.

OKP 1 – vyspecifikovat příslušná kritéria, která odpovídají určitému typu pracovního místa.

Aby bylo možné tyto seznamy sestavit, je nutné poznat výrobní systém, resp. pracoviště. Výsledkem tohoto poznání jsou vazby mezi pracovištěm a výrobním systémem, neboť některé vlivy na pracovišti souvisí s jeho vazbami na výrobní systém. Tím je možné vytipovat a vysledovat konkrétní znaky s ohledem na funkci uživatelů tohoto pracovního systému, resp. pracovního místa. Sledují se hlavně možné příčiny:

- pracovního přetížení,
- vzniku pracovních úrazů,
- či jiné příčiny.

Pro jednoduché vysledování těchto znaků můžeme použít nejjednodušší formy – tedy tzv. checklisty v papírové formě. Na základě čtyř typů tzv. kontrolních listů pro orientační hodnocení pracovních míst, které vypracoval Státní zdravotní ústav v Praze:

- u stacionárních strojů – odpovídá klasickému pracovišti,
- mobilních strojů (pracovně pojižděcí) – speciální stroje,
- řídicích center, velínů a dozoren – velíny,
- u zobrazovacích terminálů – tato problematika byla již řešena, kdy byly porovnávány normy ČSN, týkající se zobrazovacích terminálů a zda tyto normy vyhovují direktivě EU,

bylo možné vytvořit přehled ergonomických kritérií (sub-kritérií), která budou následně hodnocena. Právě tento uznaný checklist je možné použít pro vydefinování ergonomických kritérií pracovního místa.

OKP 2 – v rámci této práce se věnujeme pouze pracovištím ve výrobních a montážních podnicích. Následně je tedy věnována pozornost pouze kritériím, která se týkají pracovišť s prací u stacionárních strojů (výrobní linka, stroj atp.).

Tabulka 5 – Checklist ergonomických kritérií pracovišť s prací u stacionárních strojů (2)

Kritérium		N	VČ	VZ
1	Pracovní prostor			
	1.1 Velikost nezastavěné podlahové plochy			
	1.2 Světla výška			
	1.3 Vzdušná kubatura			
	1.4 Přístup na pracovní místo (schody, plošiny)			
	1.5 Volnost pohybu na pracovním místě			
2	Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu			
	2.1 Výška manipulační roviny nad podlahou - práce vsedě			
	2.2 Dosahové oblasti horních končetin na manipulační rovině vsedě			
	2.3 Dosahové oblasti ve vertikální rovině vsedě			
	2.4 Dosahové oblasti při práci vstojе			

	2.5	Viditelnost míst zrakem přímo sledovaných			
	2.6	Viditelnost sdělovačů na a mimo stroj			
	2.7	Sedadlo pro trvalý sed, občasný odpočinek			
3	Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti				
	3.1	Hmotnost ručně zvedaných a přenášených břemen			
	3.2	Vertikální vzdálenost zdvihu břemene			
	3.3	Kumulativní hmotnost břemen za směnu			
	3.4	Úchopové možnosti při zvedání a přenášení břemen			
	3.5	Umístění ručních a nožních ovladačů – síly			
	3.6	Umístění zásobníků s dílci na pracovní rovině			
	3.7	Umístění přepravek, kontejnerů atp.			
	3.8	Typ ručních vozíků			
	3.9	Manipulace s výměnnými součástmi stroje			
4	Zrakové a sluchové sdělovače				
	4.1	Vhodnost typů zrakových sdělovačů pro sledované funkce			
	4.2	Umístění zrakových sdělovačů s ohledem na význam a frekvenci sdělovaných informací			
	4.3	Čitelnost údajů na zrakových sdělovačích			
	4.4	Způsob hodnocení údajů – symboly, barvy			
	4.5	Zraková a sluchová signalizace mimořádných stavů			
	4.6	Rozlišení zvukové signalizace podle závažnosti stavu			
	4.7	Uspořádání funkčně souvisejících sdělovačů a ovladačů			
5	Osvětlení				
	5.1	Celková světelnost pracoviště			
	5.2	Místní osvětlení s ohledem na zrakovou náročnost			
	5.3	Barva světla vzhledem na rozlišování barev			
	5.4	Kontrast mezi pozorovaným místem a okolím			
	5.5	Rovnoměrnost osvětlení na pracovišti			
	5.6	Nouzové osvětlení			
6	Hluk a vibrace				
	6.1	Technická opatření snižující hlučnost zdrojů – protihlukové stěny atp.			
	6.2	Protihlukové obložení stropů a stěn			
	6.3	Používání OOPP proti hluku			
	6.4	Slyšitelnost řečových komunikací na hlukovém pozadí – šum			
	6.5	Technická a režimová opatření proti přenosu vibrací na tělo a ruce			
7	Mikroklima – ovzduší				
	7.1	Teplota v letním a v zimním období s ohledem na fyzickou namáhavost práce			

	7.2	Proudění vzduchu			
	7.3	Relativní vlhkost			
	7.4	Množství přiváděného vzduchu			
	7.5	Podávání náhradních nápojů			
	Riziko pracovních úrazů				
8	8.1	Pevné, pohyblivé kryty pohybujících se částí a technických zařízení			
	8.2	Kryty zabraňující odletu úlomků třísek a odpadu			
	8.3	Ochrana proti nežádoucímu spuštění			
	8.4	Ochrana proti riziku stříhu, vtažení, zachycení atp.			
	8.5	Signalizace mimořádných stavů pomocí akustických sdělovačů			
	8.6	Barevné či jiné označení rizikových míst			
	8.7	Zabránění dosahu horních končetin do rizikových míst			
	8.8	Ochranné zábrany a překážky zabraňující přístupu do nebezpečného prostoru			

Podle uvedeného kontrolního listu lze provést výběr kritérií dle okrajové podmínky **OKP 3**.

OKP 3 – v rámci této práce se dále budeme věnovat vymezení hlavně těch kritérií, která je schopen kontrolovat a ověřovat ergonom, průmyslový inženýr. Ostatní kritéria nelze pominout.

U kritérií, která jsou těžce posouditelná průmyslovým inženýrem, byla jejich váha určena také, avšak v praxi je nutné, aby se jimi zabývali specialisté na techniku prostředí. Následně je též možné stanovit **OKP 4**, neboť ne všechna kritéria mají silnou vazbu na základní tři pilíře této práce, specifikované na jejím počátku.

OKP 4 – v rámci 3 hlavních pilířů této práce je nutné dále vyspecifikovat kritéria, která na ně mají vliv.

Jednotlivým pilířům, resp. jejich vlivům na jednotlivé aspekty, můžeme přiřadit pro vyšší přehlednost číslo, pomocí kterého budeme moci provést jeho propojení na příslušné kritérium.

- Aspekty zdraví člověka (souvislost s řešením H1) - 1
- Aspekty výkonu systému (souvislost s řešením H3) - 2
- Aspekty funkce systému (souvislost s řešením H2) - 3

Některá kritéria se svým zařazením překrývají, nebo se nedají jednoznačně zařadit jen do jediného pilíře, ani vyjádřit. Tím pádem mohou vystupovat ve více jak jednom pilíři, avšak v každém pilíři mohou mít kritéria jiný význam, resp. jinou váhu. Na základě **OKP 3** a **OKP 4** lze opět provést jak vyznačení obtížně měřitelných kritérií pro průmyslového inženýra, ale také vyspecifikování vlivu jednotlivých kritérií na základní tři pilíře. To lze provést pomocí Ishikawa diagramu příčin a následků.

Přirazení kritérií jednotlivým pilířům, resp. jejich vlivům na jednotlivé aspekty, stejně jako možnost jejich určení uvádí *Tabulka 6*.

Tabulka 6 – Možnost určení subkritérií průmyslovým inženýrem (OKP 3) a jejich přiřazení jednotlivým pilířům (OKP 4)

Kritérium		OKP 3	OKP 4
Pracovní prostor			
1	1.1	Velikost nezastavěné podlahové plochy	1, 2, 3
	1.2	Světlá výška	1, 3,
	1.3	Vzdušná kubatura	1, 2
	1.4	Přístup na pracovní místo (schody, plošiny)	1, 2
	1.5	Volnost pohybu na pracovním místě	1, 2
Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu			
2	2.1	Výška manipulační roviny nad podlahou – práce vsedě	1, 2
	2.2	Dosahové oblasti horních končetin na manipulační rovině vsedě	1, 2, 3
	2.3	Dosahové oblasti ve vertikální rovině vsedě	1, 2, 3
	2.4	Dosahové oblasti při práci vstoje	1, 2, 3
	2.5	Viditelnost míst zrakem přímo sledovaných	1, 2
	2.6	Viditelnost sdělovačů na a mimo stroj	1, 3
	2.7	Sedadlo pro trvalý sed, občasný odpočinek	1, 2
Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti			
3	3.1	Hmotnost ručně zvedaných a přenášených břemen	1, 2
	3.2	Vertikální vzdálenost zdvihu břemene	1, 2
	3.3	Kumulativní hmotnost břemen za směnu	1, 2
	3.4	Úchopové možnosti při zvedání a přenášení břemen	1, 2
	3.5	Umístění ručních a nožních ovladačů – síly	2, 3
	3.6	Umístění zásobníků s dílci na pracovní rovině	2, 3
	3.7	Umístění přepravek, kontejnerů atp.	2, 3
	3.8	Typ ručních vozíků	1, 2
	3.9	Manipulace s výměnnými součástmi stroje	3
Zrakové a sluchové sdělovače			
4	4.1	Vhodnost typů zrakových sdělovačů pro sledované funkce	2, 3
	4.2	Umístění zrakových sdělovačů s ohledem na význam a frekvenci sdělovaných informací	2, 3
	4.3	Čitelnost údajů na zrakových sdělovačích	2, 3
	4.4	Způsob hodnocení údajů - symboly, barvy	2, 3
	4.5	Zraková a sluchová signalizace mimořádných stavů	1, 3
	4.6	Rozlišení zvukové signalizace podle závažnosti stavu	1, 3
	4.7	Uspořádání funkčně souvisejících sdělovačů a ovladačů	2, 3
Osvětlení			
5	5.1	Celková světelnost pracoviště	1, 2, 3
	5.2	Místní osvětlení s ohledem na zrakovou náročnost	1, 2, 3

	5.3	Barva světla vzhledem na rozlišování barev		1, 2
	5.4	Kontrast mezi pozorovaným místem a okolím		1, 2
	5.5	Rovnoměrnost osvětlení na pracovišti		1, 2
	5.6	Nouzové osvětlení		1
Hluk a vibrace				
	6.1	Technická opatření snižující hlučnost zdrojů – protihlukové stěny atp.		1
	6.2	Protihlukové obložení stropů a stěn		1
6	6.3	Používání OOPP proti hluku		1
	6.4	Slyšitelnost řečových komunikací na hlukovém pozadí – šum		1, 3
	6.5	Technická a režimová opatření proti přenosu vibrací na tělo a ruce		1, 2
Mikroklima – ovzduší				
	7.1	Teplota v letním a v zimním období s ohledem na fyzickou namáhavost práce		1, 2, 3
7	7.2	Proudění vzduchu		1, 2
	7.3	Relativní vlhkost		2
	7.4	Množství přiváděného vzduchu		1
	7.5	Podávání náhradních nápojů		1, 2, 3
Riziko pracovních úrazů				
	8.1	Pevné, pohyblivé kryty pohybujících se částí a technických zařízení		1, 3
	8.2	Kryty zabraňující odletu úlomků třísek a odpadu		1, 3
	8.3	Ochrana proti nežádoucímu spuštění		1, 3
8	8.4	Ochrana proti riziku stříhu, vtažení, zachycení atp.		1, 3
	8.5	Signalizace mimořádných stavů pomocí akustických sdělovačů		1, 3
	8.6	Barevné či jiné označení rizikových míst		1
	8.7	Zabránění dosahu horních končetin do rizikových míst		1, 3
	8.8	Ochranné zábrany a překážky zabraňující přístupu do nebezpečného prostoru		1, 3
VYSVĚTLIVKY K BAREVNÝM VÝZNAMŮM				
<p>V rámci OKP 3 lze využít tři barev semaforu, kdy zelená barva je bez problémů, žlutá barva znamená problémy, například s jednoduchým posouzením, nebo měřením parametrů kritéria a červená barva signalizuje stav, že kritérium je pro průmyslového inženýra těžce hodnotitelné.</p>				
<p>V rámci OKP 4 jsou jednotlivým kritériím přiřazeny čísla podle toho, do jakého pilíře vstupují. Číslo může být jediné, ale i všechna.</p>				

Pomocí výše uvedeného postupu byla vydefinována měřitelná kritéria a byl jim přiřazen jejich vliv na jednotlivé pilíře resp. jejich vliv na jednotlivé aspekty. Jako další možný přístup je možné volit přístup technický.

4.3.5 Popis interakcí mezi člověkem a technickým systémem – technický přístup

Pokud se podíváme na technické systémy, tak tyto systémy musí plnit určité požadavky. Tyto požadavky jsou odrazem vlastností. Samotných vlastností může být však celá řada a je nutné je nějakým způsobem uspořádat. Samotným uspořádáním, resp. tříděním se zabývá *Taxonomie vlastností*. V rámci představení jednotlivých pohledů na třídění vlastností budou pro lepší názornost uvedeny i vlastnosti, které se netýkají ergonomie, přičemž dále se pak budeme zabývat hlavně vlastnostmi týkajícími se ergonomie. Na třídění vlastností existuje opět mnoho pohledů:

- Směrnice třídění vlastností a požadavků na technický systém (49).
 - uvádí následující kritéria třídění:
 - Prostor,
 - Geometrie – velikost, výška, šířka, délka atp.
 - Mechanika,
 - Kinematika – druh pohybu, směr pohybu, rychlost, zrychlení atp.
 - Síly – směr síly, velikost, frekvence, zatížení atp.
 - Veličiny,
 - Energie, Materiál, Signály atp.
 - Člověk,
 - Bezpečnost,
 - Přímé bezpečnostní systémy, provozní bezpečnost a bezpečnost okolí.
 - Ergonomie,
 - Vztah člověk – stroj, druh ovládání, ovládací výška, přehlednost uspořádání, komfort sezení, osvětlení, tvarová kompatibilita.
 - atp.
 - Třídění vlastností technických systémů dle ČSN EN ISO 9000
 - Tento přístup uvádí znaky jako rozlišovací vlastnosti produktu a dělí je na kvalitativní nebo kvantitativní.
 - Samotné znaky se uvádí v následujících třídách znaků, resp. vlastností produktu:
 - Hmotné – mechanické, elektrické, chemické, biologické.
 - Smyslové – týkající se při posuzování čichu, hmatu, chuti, zraku a sluchu.
 - Týkající se chování – zdvořilost, čestnost, pravdomluvnost.
 - Časové – dochvilnost, bezporuchovost, pohotovost.
 - Funkční – např. nejvyšší přípustná rychlost.
 - **Ergonomické** – fyziologické znaky, znaky týkající se bezpečnosti atp.

Oba uvedené přístupy vykazují jistou neúplnost a neuspořádanost třídění at' už vlastností (dle (49)), nebo znaků, rozlišujících vlastnosti (ČSN EN ISO 9000).

Další z přístupů je třídění vlastností technických systémů dle *EDS*.

- Třídění vlastností technických systémů dle *EDS*

Jak uvádí (45) a (46) samotný technický systém má hlavní funkci, tedy působit při transformaci na operand. Navíc musí mít další schopnosti (parametry účinku, schopnost

pracovat v předpokládaném prostředí, být dobře obsluhovatelné atd.). Aby toto mohlo být splněno, musí mít technický systém (dále *TS*) vhodnou pevnost, tuhost, korozivzdornost atd., což přímo souvisí na jeho vhodné struktuře prvků, vhodných materiálech prvků, tvarech (technický konstruktérský pohled na *TS*, který je navrhován – konstruován). To je předurčeno jeho funkčními principy, pracovními způsoby atd.

Na základě výše uvedeného je možné rozdělit vlastnosti *TS* do **tří domén vlastností**:

- Doména *Reflektivních vlastností*,
 - vlastnosti vyjadřují reflexe *TS* okolím na základě následujících domén – např. uchopitelné, bez ostrých rohů, přenositelné,
- Doména *Reaktivní vlastností*,
 - vlastnosti vyjadřují reakce *TS* na působící zatížení – např. odezva na působící sílu, odezva na působení koroze,
- Doména *Deskriptivní vlastností*,
 - vlastnosti vyjadřují popis *TS*, případně jeho charakteristiku – např. 1 m vysoký, 30 mm široký, drsnost povrchu atp.

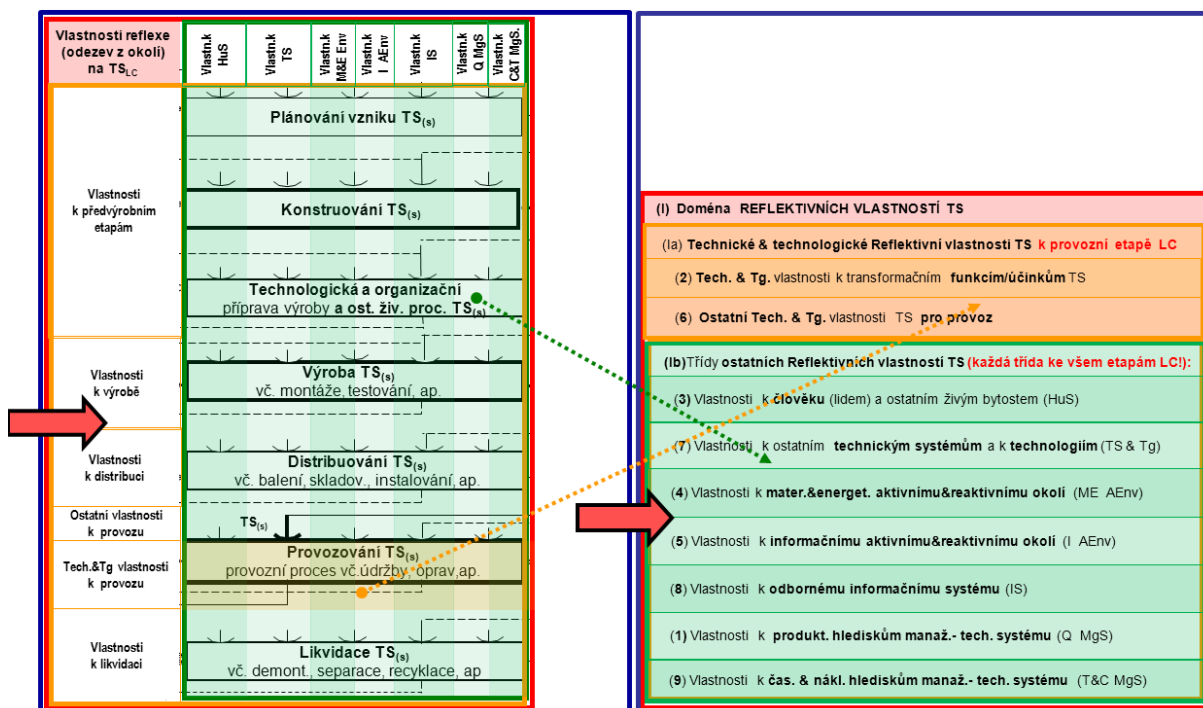
Další autoři uvádějí různé variace členění vlastností do domén. Pro potřeby této práce nejlépe vyhovuje přístup dle (45). Samotné domény vlastností *TS* se dále člení na *Třídy vlastností TS*:

- Třídy *Reflektivních vlastností*,
 - dle životního cyklu *TS* ve formě transformačních systémů *TrfS*.
- Třídy *Reaktivních vlastností*,
 - dle přírodních a inženýrských věd/oborů, které je studují.
- Třídy *Deskriptivních vlastností*,
 - axiomatické členění dle (50)

Výše uvedené informace spolu s východiskem životního cyklu produktu vyjádřeného pomocí transformačních systémů *TrfS* (viz *Obr. 4-10*) shrnují obrázky *Obr. 4-14* až *Obr. 4-16*. Římská čísla domén a následně arabská čísla tříd vlastností odpovídají obecným rámcovým prioritám jejich pořadí při konstruování *TS*.

Doména REFLEKTIVNÍCH VLASTNOSTÍ *TS* – (I) = (Ia + Ib):

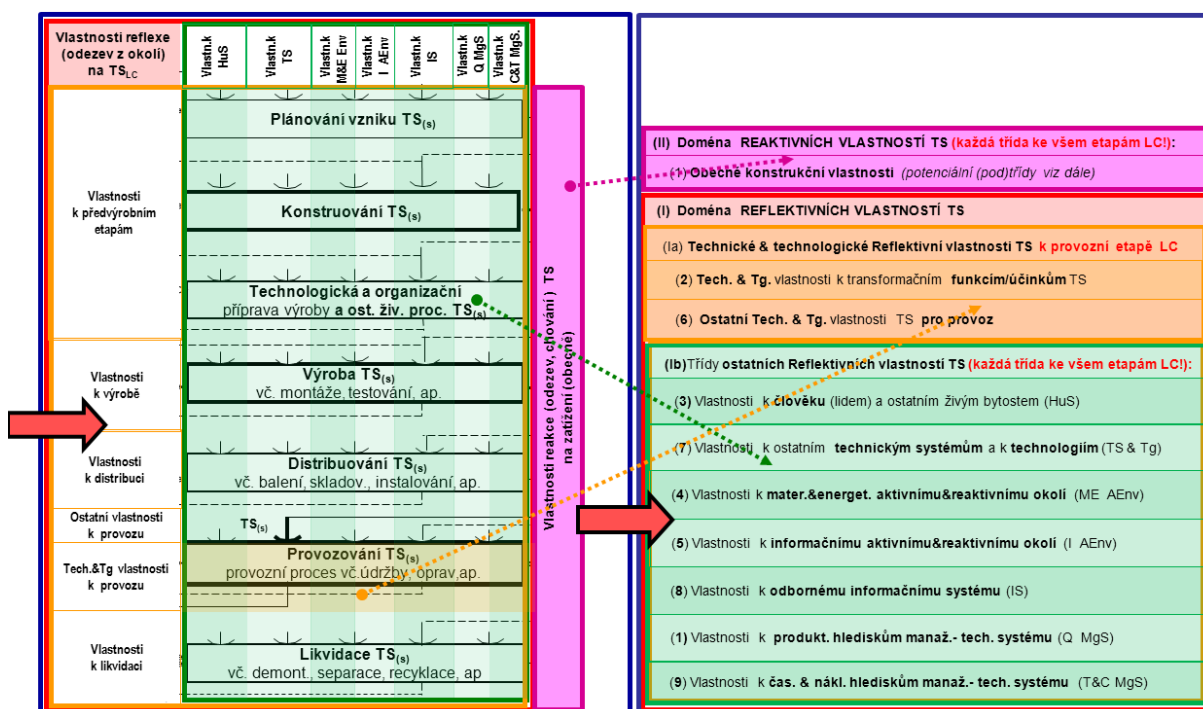
- vlastnosti týkající se pouze operátorů oblasti provozování *TS* (etapa, která nejvíce konstruktéra zajímá) = Provozní etapa $LC = I_a = (2), (6)$.
- oblast týkající se operátorů všech etap životního cyklu všechny etapy $LC = I_b = (3), (7), (4), (5), (8), (1), (9)$.



Obr. 4-14 Vztah mezi životním cyklem, doménou REFLEKTIVNÍCH vlastností a třídami vlastností dle stanovených principů (45)

Doména REAKTIVNÍCH VLASTNOSTÍ TS – (II):

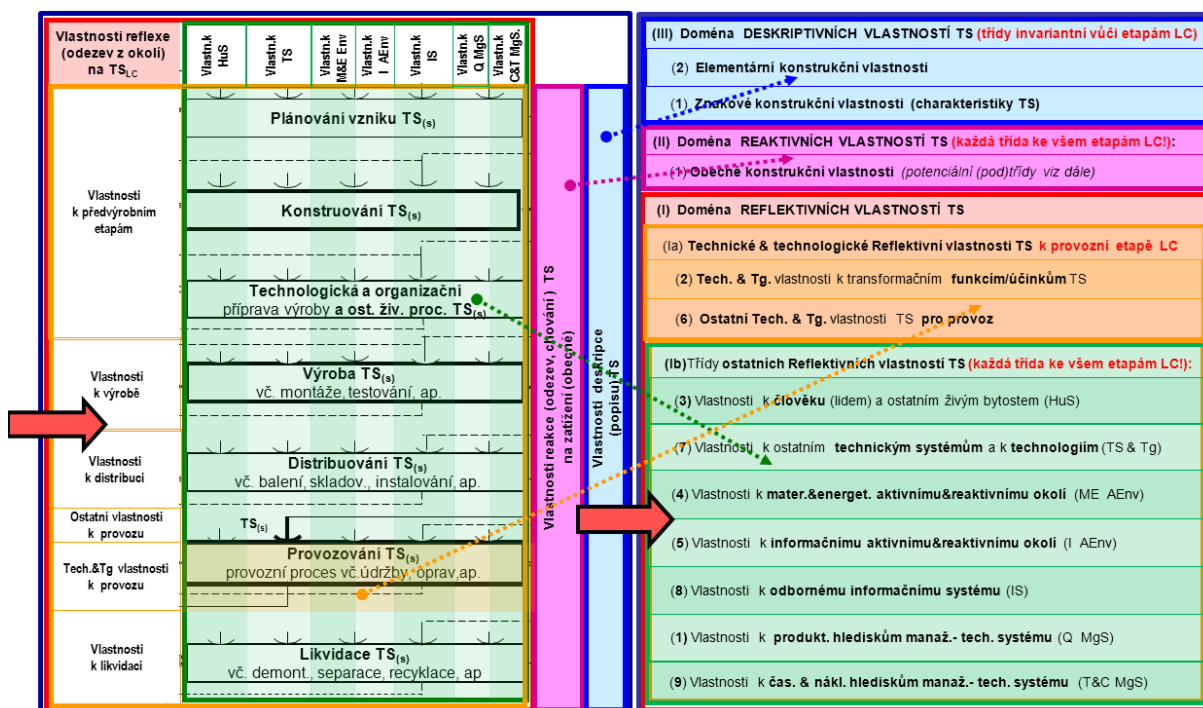
- tuto doménu nelze rozčlenit do obecně platných tříd – žádný TS není zatěžován všemi potenciálně možnými způsoby zatížení,
- lze uvést **obecný přehled** reálných tříd a podtříd dle přírodních věd,
- vlastnosti týkající se operátorů všech etap LC = (1).



Obr. 4-15 Vztah mezi životním cyklem, doménou REAKTIVNÍCH vlastností a třídami vlastností dle stanovených principů (45)

Doména DESKRIPTIVNÍCH VLASTNOSTÍ TS – (III):

- vlastnosti týkající se operátorů všech etap LC = (2), (1).
- popisné vlastnosti TS.



Obr. 4-16 Vztah mezi životním cyklem, doménou DESKRIPTIVNÍCH vlastností a třídami vlastností dle stanovených principů (45)

Aby bylo možné stanovit, které domény vlastností, resp. třídy vlastností, se jeví jako vhodné pro potřeby této práce, bylo nutné ke zvoleným ergonomickým kritériím přiřadit nejprve operátory, které je ovlivňují a následně dle těchto operátorů přiřadit domény vlastností, které jim přísluší.

Tabulka 7 – Přiřazení operátorů a domén vlastností dle zvolených ergonomických kritérií a Teorie technických systémů

Kritérium		Operátor	DRefVI	DReaVI	DDesVI
1	Pracovní prostor		AEnv	4, 5	Všechny etapy životního cyklu a všechny operátory
	1.1	Velikost nezastavěné podlahové plochy			
	1.2	Světlá výška			
	1.3	Vzdušná kubatura			
	1.4	Přístup na prac. místo (schody, plošiny)			
2	Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu		HuS	3	Všechny etapy životního cyklu a všechny operátory
	2.1	Výška manipulační roviny nad podlahou - práce vsedě			
	2.2	Dosahové oblasti horních končetin na manipulační rovině vsedě			
	2.3	Dosahové oblasti ve vertikální rovině			

		vsedě			
	2.4	Dosahové oblasti při práci vstoje			
	2.5	Viditelnost míst zrakem přímo sledovaných			
	2.6	Viditelnost sdělovačů na a mimo stroj			
	2.7	Sedadlo pro trvalý sed, občasný odpočinek			
3	Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti		HuS	3	
	3.1	Hmotnost ručně zvedaných a přenášených břemen			
	3.2	Vertikální vzdálenost zdvihu břemene			
	3.3	Kumulativní hmotnost břemen za směnu			
	3.4	Úchopové možnosti při zvedání a přenášení břemen			
	3.5	Umístění ručních a nožních ovladačů - síly			
	3.6	Umístění zásobníků s dílci na prac. rovině			
	3.7	Umístění přepravek, kontejnerů atp.			
	3.8	Typ ručních vozíků			
	3.9	Manipulace s výměnnými součástmi stroje			
4	Zrakové a sluchové sdělovače		TS	2,6	
	4.1	Vhodnost typů zrakových sdělovačů pro sledované funkce			
	4.2	Umístění zrakových sdělovačů s ohledem na význam a frekvenci sdělovaných informací			
	4.3	Čitelnost údajů na zrakových sdělovačích			
	4.4	Způsob hodnocení údajů – symboly, barvy			
	4.5	Zraková a sluchová signalizace mimořádných stavů			
	4.6	Rozlišení zvukové signalizace podle závažnosti stavu			
4.7	Uspořádání funkčně souvisejících sdělovačů a ovladačů				
5	Osvětlení		AEnv	4, 5	
	5.1	Celková světelnost pracoviště			
	5.2	Místní osvětlení s ohledem na zrakovou náročnost			
	5.3	Barva světla vzhledem na rozlišování barev			
	5.4	Kontrast mezi pozorovaným místem a okolím			
	5.5	Rovnoměrnost osvětlení na pracovišti			
5.6	Nouzové osvětlení				
6	Hluk a vibrace		AEnv	4, 5	
	6.1	Technická opatření snižující hlučnost zdrojů – protihlukové stěny atp.			

	6.2	Protihlukové obložení stropů a stěn				
	6.3	Používání OOPP proti hluku				
	6.4	Slyšitelnost řečových komunikací na hlukovém pozadí – šum				
	6.5	Technická a režimová opatření proti přenosu vibrací na tělo a ruce				
7	Mikroklima - ovzduší		AEnv	4, 5		
	7.1	Teplota v letním a v zimním období s ohledem na fyzickou namáhavost práce				
	7.2	Proudění vzduchu				
	7.3	Relativní vlhkost				
	7.4	Množství přiváděného vzduchu				
	7.5	Podávání náhradních nápojů				
8	Riziko pracovních úrazů		HuS	3		
	8.1	Pevné, pohyblivé kryty pohybujících se částí a technických zařízení				
	8.2	Kryty zabraňující odletu úlomků třísek a odpadu				
	8.3	Ochrana proti nežádoucímu spuštění				
	8.4	Ochrana proti riziku stříhu, vtažení, zachycení atp.				
	8.5	Signalizace mimořádných stavů pomocí akustických sdělovačů				
	8.6	Barevné či jiné označení rizikových míst				
	8.7	Zabránění dosahu horních končetin do rizikových míst				
	8.8	Ochranné zábrany a překážky zabraňující přístupu do nebezpečného prostoru				

Aby bylo možné identifikovat vlastnosti spojené s ergonomií, bylo nutné objasnit domény vlastností, jejich třídy a podtřídy. Jejich řazení a obsah jsou součástí *Taxonomie vlastností* technických systémů dle (45). Bylo vycházeno z předpokladu, že i konstruktér (technický přístup) může řešit dva typy úloh (návrh zcela nového produktu / konstrukční úprava existujícího produktu) a nabízely se tedy dva postupy činností:

- Návrh zcela nového produktu
 - Samotný konstruktér tvoří na základě prvotní myšlenky výkresovou dokumentaci, na kterou jsou přeneseny jeho myšlenky, resp. vlastnosti z *Deskriptivní domény vlastností* – ta je při konstruování vytvářena.
 - Např. hřídel bude drážkovaný, z materiálu 11 300.
 - vlastnosti z *Reaktivní domény vlastností* jsou tím pádem vázány na vlastnosti z *Domény deskriptivních vlastností*.
 - Např. dle zadání materiálu a rozměrů hřídele bude hřídel schopen odolávat vypočítanému zatížení.
 - Samotné vlastnosti *Deskriptivní domény vlastností* pak mohou vycházet z *Domény reflektivních vlastností*.
 - Např. předlohový hřídel pro převodovku důlního stroje.
- Konstrukční úprava existujícího produktu

- Zde nejprve přichází na řadu metody pro získávání informací, aby se získalo co nejvíce informací o tom, např. jaké je prostředí, ve které bude stroj pracovat, jak bude pracovat, proč má takový pohon, jaké jsou jeho charakteristiky atp.
- Pak následuje stejný proces jako u návrhu nového produktu.

Rozdíl postupu u uvedených úloh je pouze v tom, zda jsou vstupní informace v hlavě konstruktéra a ten je pak při procesu konstruování sám formuluje a vytváří, nebo zda je nutné informace nutné pro konstruování získat z existujícího stavu.

Na základě těchto postupů se konstruktér snaží zařadit vlastnosti technického systému dle *Taxonomie vlastností*. Jejich zařazení nemusí být vždy jednoduché a jednoznačné a za větší chybu je považováno, pokud nebudou postihnuty všechny vlastnosti, které má *TS* mít, oproti jejich opomenutí. Na základě *Taxonomie vlastností* je vytvořena *Specifikace požadavků* na *TS*, resp. na produkt. Konkrétně se jedná o *Specifikaci požadavků na návrh produktu s hodnocením a analýzami jejich splnění včetně rizik*. Jedná se o analytický nástroj, který svojí strukturou odpovídá modelu *Životního cyklu TS_{LC} jako sérii Transformačních procesů, s Transformačními systémy (TrfS), v jednotlivých etapách životního cyklu*. V této *Specifikaci požadavků* jsou uvedeny jednotlivé etapy životního cyklu, třídy vlastností, další požadavky a analýzy. Cílem jejího použití je pak možnost ohodnocení, resp. splnění požadavků stávajícího produktu, konkurenčního produktu a nově navrhovaného produktu. Výsledek pak může být užit pro manažerské rozhodování, který produkt bude vyráběn.

Stejnou analogii jako v řešení typů konstrukčních úloh můžeme najít i při řešení ergonomických úloh, tedy hodnocení stávajícího pracoviště / návrh nového pracoviště:

- Návrh zcela nového pracoviště (obecně)
 - Formulace ergonomického úkolu – co má vliv na řešení a kde jsou jeho limity.
 - Shromáždění potřebných podkladů jejich třídění dle potřeby.
 - Analýza podkladů, tvorba návrhů směrů řešení.
 - Zpracování návrhů na ergonomické řešení.
 - Realizace.
- Hodnocení existujícího pracoviště
 - Postup je podobný, avšak musíme počítat s mnohem vyšší existencí omezení, která jsou tvořena hlavně užitými technologiemi, neboť jedno ze základních pravidel ergonomie, že by měla existovat snaha technologii upravit hlavně pro člověka, je často nedodržováno.
 - Jako další problém můžeme označit vůbec samotné zjištění toho, že ergonomický problém existuje, na kterém pracovišti a jak je závažný.

Požadavky, které jsou v rámci ergonomie naplňovány, vychází z hodnocení plnění ergonomických kritérií. V rámci této práce byla vyspecifikována ergonomická kritéria hodnocení stacionárního pracoviště (viz hypotéza H1), kterým je přiřazena důležitost (viz hypotéza H2). Aby bylo možné nalézt specifika technického přístupu k popsání vlastností *TS* (resp. produktu, kterým je v našem případě pracoviště) spojených s ergonomií, v rámci oblasti provozování pracoviště byl proveden:

- výběr příslušné fáze životního cyklu *TS* – provozování pracoviště – dochází k výrobě produktu,
- přiřazení operátorů *HuS*, *TS* (POZOR v tomto pohledu, kdy se dostáváme na nižší hierarchickou úroveň je *TS* nyní již to, čím člověk působí na operand v rámci transformace – náradí, stroje atp.), *AEnv* dle ergonomických kritérií,

- zařazení vlastností týkajících se těchto operátorů a ergonomie (interakce člověk – technika - prostředí) do *Domén vlastností*.

Na základě výše popsaných tří kroků se došlo k další konkretizaci vlastností souvisejících s ergonomií v rámci *Domén vlastností*, *Podtříd vlastností* a *Vlastností*.

Největší zastoupení, dle tabulky – viz *Tabulka 7*, vykazují vlastnosti, které patří do *Domény reflektivních vlastností*, které se vztahují k provozní etapě životního cyklu, kterou se v rámci práce zabýváme.

Dle (45) hodnoty jednotlivých charakteristik vlastností této domény, nesmí překročit specifikované (stanovené, závazné, obecně předpokládané, příp. vlastní) mezní hodnoty a vztahují se k celému životnímu cyklu *TS* (jednotlivým etapám pracoviště).

V našem případě, kdy jsme se v rámci životního cyklu zaměřili na provozování pracoviště a předchozí fáze životního cyklu, kterými pracoviště muselo projít, a zanedbáváme je, je za *TS* považováno např. náradí a další technické vybavení pracoviště. Aby se toto dalo rozdělit, pro specifikaci požadavků na vlastnosti *TS* a hodnocení splnění těchto požadavků se *Reflektivní vlastnosti* mohou dělit následovně:

- **BD** (*Before Delivery*) vlastnosti před dodáním *TS* uživateli – v našem případě před instalací pracoviště,
 - obvykle předvýrobní etapy (Plánování, Konstrukce, Organizační a technologická příprava výroby), výroba a distribuce.
 - za *TS* jsou v této etapě považovány všechny *TS*, které se podílejí na vzniku pracoviště (při Plánování, Konstrukci, Organizační a technologické přípravě výroby, Výrobě a Distribuci), ale i ty, které se pak budou používat k transformačnímu procesu ve fázi výroby produktu.
 - v rámci této práce je třeba brát v potaz hlavně *TS*, který bude působit během transformačního procesu výroby – návrh pracoviště a jeho vybavení.
 - ideálním stavem by bylo, že by i při všech etapách návrhu pracoviště a jeho tvorby nedocházelo k nerespektování ergonomie.
- **AD** (*After Delivery*) vlastnosti po dodání *TS* uživateli – v našem případě instalace pracoviště,
 - obvykle provoz a likvidace.
 - za *TS* jsou v této etapě (opět jsme na nižší hierarchické pozici) považovány „**už jen**“ *TS*, které se podílejí na transformaci operandu – jinak řečeno na výrobě produktu, který na pracovišti vzniká.

Co se týče tohoto rozdělení (**BD**, **AD**), tak vlastnosti etapy **BD** by odpovídaly návrhu zcela nového pracoviště a jeho výrobě např. externím dodavatelem (vlastnosti *TS* jsou pak myšleny vlastnosti pracoviště a také náradí, kterým bude pracoviště vyráběno). Naopak etapě **AD** by odpovídalo posuzování již existujícího pracoviště a na něm používaného náradí. Jak již bylo řečeno, v praxi se více setkáváme s posuzováním existujícího pracoviště oproti návrhu zcela nového.

Dle *Obr. 4-14* a *Obr. 4-16* se jedná o následující třídy a podtřídy vlastností (45):

- Třída *Technických a technologických Reflektivní vlastností TS (Ia)* dle *Obr. 4-14* a *Obr. 4-16* k provozní etapě životního cyklu,
 - jedná se o vhodnost a schopnost operátoru docílit svým působením transformace operandu,

- jinými slovy zda pracoviště, resp. jeho část, která je označena jako Operátor *TS* (nářadí, stůl, stroj atp., resp. vše co se technicky podílí svým technickým působením na operand, na jeho transformaci – výrobě (montáži) produktu (výrobku), který na pracovišti vzniká (je vyráběn).
- účinky jsou pomocí transformovaných vstupů ve formě materiálu, energie, informace.
- Podtřída *produktově invariantních (neměnných) vlastností*,
 - funkce a účinky transformujícího technického operátoru,
 - vhodnost funkcí a účinků *TS* pro transformační proces,
 - vhodnost funkcí a účinků *TS* pro transformovaný operand.
- Třída *Ostatních a technologických vlastností pro provoz (6 dle Obr. 4-14)*,
 - vhodnost pro spolehlivost a životnost,
 - prostor a energie a ostatní provozní podmínky (včetně údržby a oprav).
- Podtřída *produktově invariantních vlastností*
 - vhodnost *TS* pro provoz na požadovaném místě,
 - provozní prostředí, základy, spojení s okolím atp.
 - vhodnost *TS* pro provoz v požadovaném časovém období,
 - životnost, četnost použití, spolehlivost atp.
 - Vhodnost *TS* pro asistující procesy,
 - údržba a opravy.
- Třída *Ostatních reflektivních vlastností TS (Ib dle Obr. 4-14 s Obr. 4-16)*
 - vztahují se k jednotlivým Operátorům Transformačních systémů a k jednotlivým životním etapám *LC*

Jak bylo naznačeno výše, je velký rozdíl, jak na *TS* hledíme. Zda:

- technickým pohledem na konstruovaný produkt – např. pohled konstruktéra na novou součástku
- ergonomickým pohledem na pracoviště, jehož provozováním bude produkt vyráběn

V tomto okamžiku se jedná hlavně o hlavní tři prvky systému ČTP, resp. *HuS*, *TS*, *AEnv* a jejich třídy a podtřídy vlastností *Tabulka 8*.

Tabulka 8 – Přiřazení podtříd vlastností TS a Vlastností TS operátorům I b Třídy Reaktivních vlastností

Operátory Transformačních Systémů	Technický pohled na konstruovaný produkt		Ergonomický pohled na pracoviště, na kterém je produkt vyráběn	
	Produkt – TS – vyráběný na pracovišti		Pracoviště jako TS	
	I b Třídy Reaktivních vlastností TS		I b Třídy Reaktivních vlastností TS	
	Podtřídy vlastností TS	Vlastnosti TS	Podtřídy vlastností TS	Vlastnosti TS
HuS	Vhodnost pro lidské hodnoty	Soulad se sociálními, kulturními hodnotami člověka v politice, mínění, zvyklostech	Vhodnost pro lidské hodnoty	Soulad se sociálními, kulturními hodnotami člověka v politice, mínění, zvyklostech
	Vhodnost pro zdraví člověka	Bezpečnost pro člověka, Hygieničnost, Ergonomičnost apod.	Vhodnost pro zdraví člověka	Bezpečnost pro člověka, Hygieničnost, Ergonomičnost apod.
	Vhodnost pro smysly a vnímání člověka	Vzhled, Tichost, Vůně, Zrak, Sluch, Hmat, Čich, Chuť, Pocity, apod.	Vhodnost pro smysly a vnímání člověka	Vzhled, Tichost, Vůně, Zrak, Sluch, Hmat, Čich, Chuť, Pocity, apod.
TS	Vhodnost pro dostupné TS a Tg	Kompatibilita s dostupnými TS a Tg apod.	Vhodnost pro dostupné TS a Tg	Kompatibilita s dostupnými TS a Tg apod.
	Vhodnost pro vyvolané TS a Tg	Optimální nároky na nové TS a Tg apod.	Vhodnost pro vyvolané TS a Tg	Připravenost na nové TS a Tg apod.
AEnv	Vhodnost z hlediska působení Ekol Mat a En vstupů	Odolnost k materiálním a energetickým účinkům okolí apod.	Vhodnost z hlediska působení Ekol Mat a En vstupů	Odolnost vůči materiálním a energetickým účinkům okolí
	Vhodnost z hlediska Ekol Mat a En výstupů	Ekologičnost materiálních a energetických výstupů apod.	Vhodnost z hlediska Ekol Mat a En výstupů	Ekologičnost materiálních a energetických výstupů apod.

Vlastnosti k operátorům *Informační systém* a *Manažerský systém* lze označit z ergonomického hlediska za vlastnosti určující jakýsi rámec, nebo omezení, či podmínky, ve kterých musí ČTP fungovat.

- U informačního systému (odborného) v rámci technického pohledu vhodnost pro:
 - dostupné odborné informace a znalosti,
 - optimální náročnost vzhledem k vzdělání, praxi atp.

- vyvolané odborné znalosti a informace,
 - min. požadavky na informační štítky, popisky, průvodní dokumentaci, školení obsluhy atp.

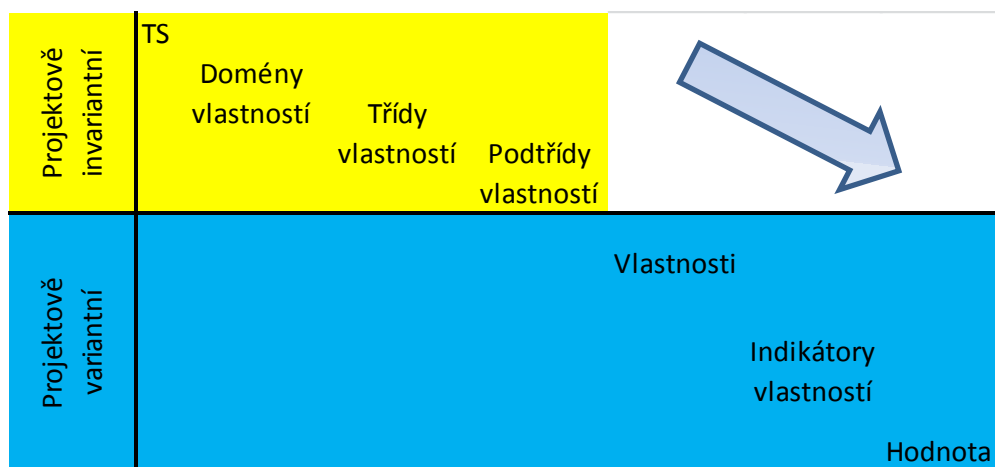
V rámci ergonomického pohledu se jedná zejména o ergonomické normy, legislativní požadavky atp. (ergonomická kritéria a ergonomické přístupy).

- U manažerského systému **v rámci technického pohledu** vhodnost pro:
 - produktově orientovaná manažerská kritéria,
 - soulad se zákony, patenty, licencemi atp.,
 - termínově orientovaná manažerská kritéria,
 - řídicí termíny vývoje a výroby atp.,
 - nákladově orientovaná manažerská kritéria,
 - řídicí náklady vývoje.

V rámci ergonomického pohledu se jedná zejména o produktově orientovaná manažerská kritéria (jaká kritéria na pracoviště stanovuje management).

V rámci hierarchické struktury vlastností *TS* (obecně – pracoviště i nářadí), je možné je rozdělit do dvou základních skupin:

- Projektově invariantní – projektově neměnné,
- Projektově variantní – závisí na zadání projektu.



Obr. 4-17 Rozdělení vlastností na projektově invariantní a variantní (45)

V rámci této práce a jejího zaměření (provozováním pracoviště vzniká produkt) se výše popsané vlastnosti operátorů odpovídajících člověku, technice a prostředí, řadí do *invariantních vlastností*, což odpovídá i zaměření budoucí navrhované metodiky. Tyto vlastnosti jsou tedy jinak řečeno obecně platné a zadáním projektu se nemění na rozdíl od *vlastností variantních*.

Těmto projektově neměnným vlastnostem v rámci ergonomie odpovídají ergonomická kritéria. Samotná ergonomická kritéria určují podmínky hodnocení pracovního systému. Literatura uvádí poměrně podobný výčet, kdy se změna týká uvádění nebo vynechání estetického kritéria a sloučení nebo rozdělení psychologického a fyzického kritéria. Dle (5) se jedná se o následující kritéria:

- Antropometrická kritéria – určují nezbytné podmínky pro rozměrové a prostorové řešení pracovišť.
- Fyziologická kritéria – určují např. podmínky optimálního využití fyzické kapacity člověka.
- Psychologická kritéria – určují např. podmínky pro optimální využití smyslové a neuropsychické výkonnosti člověka.
- Hygienická a bezpečnostní kritéria – určují např. podmínky pro bezpečnou práci člověka, vylučující újmu na zdraví člověka.
- Estetická kritéria – určují např. podmínky pro výtvarné a barevné řešení pracovišť.

K těmto obecně platným kritériím, v podobě vybraných ergonomických kritérií (viz *Tabulka 6*), pro hodnocení pracovišť u stacionárních strojů, je pak možné přiřadit obecně platné ergonomické zásady navrhování pracovního systému, které by měly být dodrženy jak při navrhování nového, tak při kontrole stávajícího pracoviště. Tyto zásady se opírají o ČSN a legislativní ustanovení. Zohledňují ochranu zdraví při práci a technické a humánní požadavky na stroje a výrobky. Pomocí nich by se měl řešitel opět ještě více přiblížit ke konkretizaci problému v rámci ergonomie pracovního systému, které může očekávat. Dojde tím tedy nejen k určení oblasti pomocí ergonomického hodnotícího kritéria, ale i k vytipování konkrétního problému v rámci pracovního systému.

4.3.6 Formulace dílčích závěrů

Byla stanovena ergonomická kritéria, která stanovují prvky, které musí být při návrhu, nebo kontrole pracoviště dodrženy. Tato ergonomická kritéria byla vyjádřena parametry, které kritériím přiřazují měřitelný rozměr. Samotná ergonomická kritéria vychází z ergonomických faktorů. Zvolený technický pohled vyhovuje stavu, kdy ergonomii v podnicích v ČR neřeší ergonomové, ale pouze lidé technického vzdělání se základními znalostmi ergonomie.

4.4 Hypotéza H2 – Kvantifikace a určení váhy vlivů mezi člověkem a technickým systémem

Řešení hypotézy H2

- Lze kvantifikovat a určit váhu vlivů mezi člověkem a technickým systémem?
 - Vliv na funkci člověka a systému.
 - Maximalizace výkonu.

Samotná kvantifikace některých vlivů v ergonomii je velice obtížná a to z důvodu jejich kvalitativní povahy. Proto se jako vhodné jeví držet se ergonomických kritérií, vycházejících z ergonomických faktorů, jejichž kvantifikace je vyjádřena parametrem.

4.4.1 Objektivizované posuzování experty – stanovení vah

Jak bylo uvedeno v podkapitole 1.6 a následně i v podkapitole 4.2, je pro aplikaci ergonomických principů v praxi určující též to, kdo je aplikuje. To přímo souvisí se specifikací pracovníků, kteří většinou nejsou ergonomové, nemusí mít o ergonomii velké znalosti, a také nemusí vědět, kde problém, spojený s nerespektováním ergonomických principů a přístupů hledat. Při samotném řešení ergonomického návrhu pracoviště vychází většina metodik z faktu, že je pracovník schopen určit, kde k nerespektování ergonomických principů dochází. Praxe však potvrzuje naprostý opak a nejedná se přitom jen o národní úroveň, ale i o rámec evropský. Evropská unie totiž vynakládá nemalé prostředky na tvorbu

jednoduchých nástrojů pro stanovení toho, že vůbec problém spojený s nerespektováním ergonomických principů existuje. Jedná se o jednoduché aplikace vytvořené většinou v Excelu. V nich je uživatel instruktivně veden otázkami a odpověďmi, které pouze volí. Na základě toho je pak stanoveno, zda existuje např. riziko v hodnocené oblasti. Tyto nástroje jsou většinou již zaměřeny na konkrétní oblasti, jako manipulace s břemeny, pracovní postoj atp. Tím se však již dostáváme do oblastí, které jsou vymezeny konkrétním pracovním úkolem (např. posoudit manipulaci s břemeny). Na základě zadání úkolu je tedy zřejmé, co má být posuzováno. Toto posuzování umožňuje například metodika **Bureše**, která uživatele také instruktivně vede za podpory znalostní báze a na konci tohoto posuzování by mělo být dosaženo ergonomicky vhodného pracoviště. Toto **posuzování** však není možné provést konkrétně, pokud jeho zadavatel **neví, že se problém může vyskytovat a v jaké oblasti**. Dalším faktem je, že velmi mnoho problémů vzniká na základě nerespektování obecně platných podmínek souvisejících s ergonomickými kritérii, která jsou vždy stanovena a platná pro všechna pracoviště daného typu (kanceláře, výrobní pracoviště, velíny atp.) – viz řešení hypotézy H1 a konkrétně podkapitola 4.3.4, která se na základě popisu interakce mezi ČTP věnuje i stanovení těchto hodnotících ergonomických kritérií pro daný typ pracovišť. Aby bylo možné prvotně stanovit, ve kterých oblastech, v rámci výrobních a montážních pracovišť, se problémy s nerespektováním obecných ergonomických principů a přístupů (které nejsou ovlivněny specifikací úkolu) nacházejí, bylo nutné stanovit, z čeho by se mělo vycházet. Jako vodítko je možné použít dlouhodobé sledování nemocí z povolání, nebo praktické zkušenosti odborné veřejnosti, která tyto problémy následně řeší. Výjimku tvoří situace, kdy jsou v podniku práce a pracoviště zařazeny do rizikových skupin. V takovém případě jsou popsána rizika konkrétního pracoviště, která se dají aplikací ergonomických přístupů řešit. To však není cílem této práce, protože se již opět dostáváme do specifikace úkolu, kde je jakékoliv ergonomické zobecnění nemožné a tuto situaci je opět možné řešit jen konkrétně a např. pomocí metodiky **Bureše**. Na základě toho jsme se rozhodli oslovit širokou odbornou veřejnost, členy České a Slovenské ergonomické společnosti, abychom se na základě jejich osobních odborných zkušeností pokusili vyspecifikovat oblasti, které byly během odborných aktivit nuceně řešit. Výhodou této odborné skupiny je, že je její rozmanitost, co se týče oblastí, které v rámci ergonomie řeší. Jedná se ergonomisty, pracovní lékaře, hygieniky, pracovníky BOZP, ale i techniky kteří řeší problematiku ergonomie právě v podnicích. Z důvodu získání názoru odborné veřejnosti na míru vlivu jednotlivých ergonomických kritérií a jejich subkritérií (viz řešení hypotézy H1 – konkrétně pak vybraná ergonomická kritéria a jejich subkritéria) byl vytvořen on-line anonymní dotazník – viz *Obr. 4-18*. Ten byl distribuován členům obou ergonomických společností.

4. Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím 8 hlavním kritériím?

Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Kritéria mohou být stejně významná.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Pracovní prostor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3 Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4 Zrakové a sluchové sdělovače	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5 Osvětlení	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6 Hluk a vibrace	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7 Mikroklima - ovzduší	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8 Riziko pracovních úrazů	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím subkritériím, kritéria 1 - Pracovní prostor

Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Subkritéria mohou být stejně významná.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.1 Velikost nezastavěné podlahové plochy.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1.2 Světlná výška.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1.3 Vzdušná kubatura.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1.4 Přístup na prac. místo (schody, plošiny).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1.5 Volnost pohybu na pracovním místě.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obr. 4-18 Ukázka podoby distribuovaného dotazníku pro zjištění významnosti ergonomických kritérií

Struktura dotazníku byla postavena na:

- přiřazení jednotlivých kritérií do tří pilířů práce,
- následně na přiřazení významnosti jednotlivým kritériím a subkritériím

jednotlivými respondenty. Logika odpovědí vycházela z toho, že čím vyšší významnost přisuzovali respondenti kritériu či subkritériu, tím vyšší hodnotu (od 1 do 9) mu přiřadili v rámci dotazníku.

Názory expertů při hodnocení vycházely z osobních zkušeností ale také z jejich odborného zaměření. Dá se tedy říci, že se jejich odpovědi lze brát z hlediska jednotlivců za subjektivní hodnocení. Toto subjektivní hodnocení jedinců však lze z hlediska rozmanitosti skupiny, pokrývající jednotlivé oblasti ergonomie, a jejich počtu brát za objektivní, resp. objektivizované hodnocení expertů. Obě ergonomické společnosti mají určitý počet členů, který však neodpovídá jejich reálné aktivitě v rámci obou společností. Celkem se tedy dalo počítat s návratností max. 60 dotazníků, avšak návratnost byla 22 dotazníků.

4.4.2 Hodnocení významnosti kritérií pomocí vah

Aby bylo možné provést vyjádření váhy jednotlivých kritérií, bylo nutné nejprve provést hodnocení variant za pomoci metody vícekriteriálního hodnocení variant. Metody vícekriteriálního hodnocení umožňují posuzování variant rozsáhlým souborem kritérií (v našem případě se jedná o **8 hlavních kritérií**, která obsahují **52 dílčích kritérií**). Umožňují explicitní vyjádření chápání důležitosti jednotlivých kritérií hodnocených zodpovědnými rozhodovateli. Celý sub-proces hodnocení variant je transparentní a reprodukovatelný. Většina metod vícekriteriálního hodnocení variant vyžaduje nejprve **stanovit váhy jednotlivých kritérií hodnocení**. Váhy kritérií jsou číselně vyjádřeným odrazem jejich významnosti, resp. důležitosti sledovaných cílů, které jsou transformovány právě do jednotlivých kritérií. Čím je kritérium významnější, resp. čím je za významnější považováno subjektem odpovědným za rozhodování, tím je jeho váha vyšší. A naopak, méně významným kritériím je přisouzena nižší váha. **Významnost kritéria** je stanovena pomocí váhy kritéria neboli tzv. koeficientu důležitosti (významnosti) kritéria v souladu s preferencemi rozhodovatele. Součet vah všech kritérií je roven 1. **Váha kritéria** odráží, jak významné či důležité je pro posuzovatele kritérium ve vztahu k dalším kritériím v souboru. Vyjadřuje se číselně tak, aby vyšší váhu získalo důležitější kritérium. **Ke stanovení vah kritérií** můžeme použít mnoho různých **metod**, které používají různé algoritmy a postupy a jsou proto různě přesné:

- Bodovací metoda,
- Metoda alokace 100 bodů,
- Metoda poměrných čísel – porovnává význam kritérií pomocí jejich preferenčního pořadí,
- Metoda odchylkové stupnice,
- Metoda párového srovnání – Fullerův trojúhelník,
- Metoda postupného rozvrhu vah – strom kritérií,
- Saatyho metoda,
- Kompenzační metoda.

Metody stanovení vah kritérií jsou seřazeny v uvedeném přehledu podle náročnosti a exaktnosti použitého algoritmu. Ke stanovení vah kritérií lze použít jen jednu z těchto metod. Musíme si být vědomi, že konstrukce metod a jejich přesnost ovlivní výši vah kritérií, a tak v závislosti na použité metodě můžeme získat více či méně odlišnou výši vah. Rozhodnutí o tom, která metoda to bude, není náhodné, ale závislé na naléhavosti a významnosti řešeného rozhodovacího problému, schopnostech posuzovatele a logice kombinace metod. V rámci této práce byla vybrána **Saatyho metoda**, která stanovuje postupnými kroky preferenční vztahy dvojic kritérií. Saatyho metoda je důslednější a přesnější tím, že nejen preferenčně srovnává kritéria, ale určuje i velikost této preference tzn., že zjišťuje nejen jak které kritérium je nebo není významnější než jiná kritéria, ale i o kolik je či není významnější. Saatyho metoda je exaktní metodou stanovení významnosti rozhodovacích kritérií. Metoda má větší rozlišovací

schopnost, takže dává výraznější odlišení vah kritérií ve srovnání s ostatními metodami. Metodu můžeme používat jak pro stanovení vah kritérií, tak i pro hodnocení variant (51). Na základě výsledků dotazníku bylo možné **přiřadit jednotlivým kritériím** v Saatyho rozhodovacích tabulkách **hodnotu** dle jejich **významnosti**, resp. váhy. Vychází se při tom z důležitosti hodnoceného kritéria. Vždy se párově porovnávají dvě kritéria proti sobě. Pokud je kritérium významnější, přiřadí se mu v řádku tabulky číslo (body) vyšší než 1. Druhému kritériu se pak ve sloupci přiřadí podíl tohoto čísla.

Přiřazení bodů probíhá dle následujícího klíče:

- 1 – kritéria jsou **stejně** významná,
- 3 – první kritérium je **slabě** významnější než druhé,
- 5 – první kritérium je **dostí** významnější než druhé,
- 7 – první kritérium je **prokazatelně** významnější než druhé,
- 9 – první kritérium je **absolutně** významnější než druhé.

Na základě aproximativního postupu jsme určili normalizované váhy kritérií.

Aby bylo možné vytvořit komplexní určení všech kritérií (**8** hlavních a **52** subkritérií), které je nutné brát v úvahu, bylo nutné stanovit:

- váhy **8** hlavních kritérií,
 - vyjadřují váhy jednotlivých hlavních kritérií mezi sebou
- váhy **52** subkritérií
 - vyjadřují váhy jednotlivých sub-kritérií v rámci příslušného kritéria
- vytvořit celkové vyjádření jednotlivých subkritérií v rámci jejich významnosti v porovnání se všemi subkritérii, v rámci celku.

4.4.3 Stanovení významnosti a přiřazení vah ergonomickým kritériím

Významnost jednotlivých kritérií a subkritérií byla stanovena na základě bodového hodnocení expertů. Aby bylo možné provést rozhodování mezi jednotlivými kritérii (viz *Tabulka 6*), bylo nutné sestavit jednotlivé Saatyho tabulky:

- pro jednotlivá kritéria 1- 8 (pro jednotlivé prvky kritérií)
 - 1.1 – 1.8; 2.1 – 2.7; 3.1 – 3.9; 4.1 – 4.7; 5.1 – 5.6; 6.1 – 6.5; 7.1 – 7.5; 8.1 – 8.8, (viz např. *Tabulka 9*)

Následující Saatyho tabulka zobrazuje jako příklad přiřazení důležitosti jednotlivým subkritériím.

Tabulka 9 – Saatyho tabulka – stanovení významnosti subkritériím kritéria 1 a určení jejich vah

	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	váha	norm
1.1	1	1/5	1	1/5	1/9	0,3385	0,05
1.2	5	1	3	1	1/5	1,2457	0,18
1.3	1	1/3	1	1/5	1/5	0,4217	0,06
1.4	5	1	5	1	1	1,9037	0,28
1.5	9	5	5	1	1	2,9542	0,43

První krok stanovení vah kritérií je analogický jako u metody párového porovnání, kdy se stanoví preferenční vztahy dvojic kritérií. Kritéria se sestaví do tabulky a přiřadí se jim preferenční body. Přitom se využívá stanovení pomocí velikosti preference, kterou vyjadřuje přiřazením počtu bodů dle zvolené stupnice. Doporučená Saatyho stupnice:

- 1 bod – Kritéria jsou stejně významná.
- 3 body – První kritérium je slabě významnější než druhé.
- 5 bodů – První kritérium je dosti významnější než druhé.
- 7 bodů – První kritérium je prokazatelně významnější než druhé.
- 9 bodů – První kritérium je absolutně významnější než druhé (52).

Výsledkem toho je Saatyho matice relativních důležitostí – označuje se jako S , kde:

- pro prvky na diagonále platí $S_{ii} = 1$ pro všechna i .
- prvky pod diagonálou platí $S_{ji} = 1/S_{ij}$ pro všechna i a j .

Pro výpočet vah ze Saatyho matice byl použit geometrický průměr jednotlivých řádků matice, tj. pronásobíme všechny prvky pro každý řádek a určíme n -tou odmocninu z tohoto součinu, kdy n je počet řádků. Výsledné geometrické průměry jmenovitých řádků Saatyho matice poté znormujeme – vydělíme součtem všech geometrických průměrů.

Dále byla pomocí metody postupného rozvrhu vah určena váha 52 subkritérií, které jsou součástí 8 hlavních kritérií. Postup byl následující:

- nejprve byly stanoveny váhy jednotlivých skupin kritérií (váhy musí být normovány – tj. součet skupin kritérií je roven jedné),
- dále se stanoví váhy každého kritéria v jednotlivých skupinách (váhy musí být opět normovány a jejich součet v rámci skupiny je jedna),
- výsledné váhy kritérií se stanoví pronásobením váhy kritéria v jeho skupině váhou této skupiny kritérií.

Tyto výsledky byly zpracovány do jednotné tabulky, kdy byla stanovena váha:

- v rámci hlavních 8 kritérií
- váha subkritéria v rámci jeho kritéria – např. 1.1 až 1.5 v rámci kritéria 1
- váha subkritéria v rámci celku – resp. všech 52 subkritérií

Tabulka 10 – Interpretace výsledků dle vah ergonomických kritérií a jejich příslušnosti k hlavním pilířům

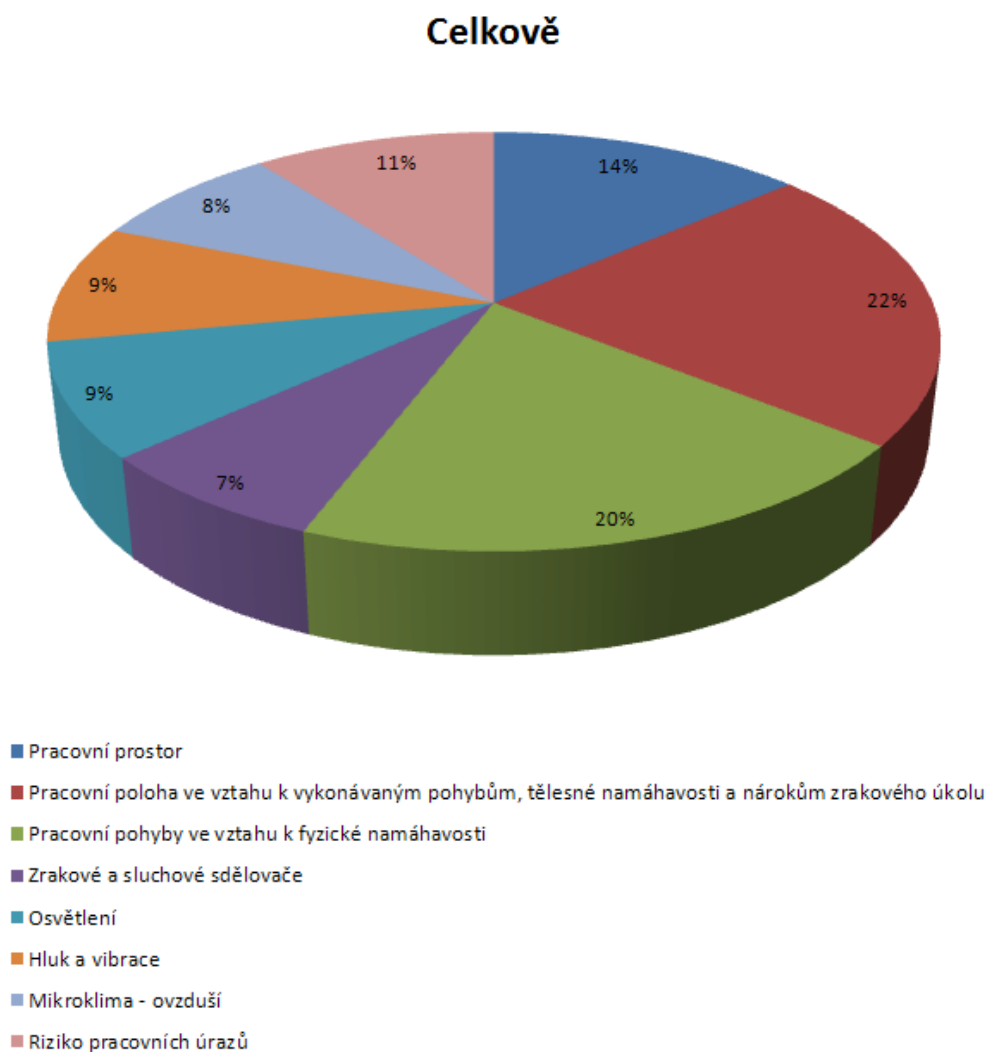
	Kritérium	Váha kritéria	Váha subkritéria v rámci kritéria	Celková váha subkritéria	
1	Pracovní prostor				
	1.1	Velikost nezastavěné podlahové plochy	0,1360	0,124	0,0160
	1.2	Světlá výška		0,192	0,0248
	1.3	Vzdušná kubatura		0,149	0,0193
	1.4	Přístup na prac. místo (schody, plošiny)		0,172	0,0222
	1.5	Volnost pohybu na pracovním místě		0,363	0,0469
2	Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu				
	2.1	Výška manipulační roviny nad podlahou – práce vsedě	0,2217	0,154	0,0229
	2.2	Dosahové oblasti horních končetin na manipulační rovině vsedě		0,164	0,0244
	2.3	Dosahové oblasti ve vertikální rovině vsedě		0,170	0,0253

	2.4	Dosahové oblasti při práci vstojе		0,153	0,0228
	2.5	Viditelnost míst zrakem přímo sledovaných		0,124	0,0184
	2.6	Viditelnost sdělovačů na a mimo stroj		0,113	0,0169
	2.7	Sedadlo pro trvalý sed, občasný odpočinek		0,123	0,0183
3	Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti				
	3.1	Hmotnost ručně zvedaných a přenášených břemen	0,2007	0,1666	0,0241
	3.2	Vertikální vzdálenost zdvihu břemene		0,1456	0,0211
	3.3	Kumulativní hmotnost břemen za směnu		0,1472	0,0213
	3.4	Úchopové možnosti při zvedání a přenášení břemen		0,1362	0,0197
	3.5	Umístění ručních a nožních ovladačů – síly		0,1034	0,0150
	3.6	Umístění zásobníků s dílci na prac. rovině		0,1199	0,0173
	3.7	Umístění přepravek, kontejnerů atp.		0,0785	0,0114
	3.8	Typ ručních vozíků		0,0523	0,0076
	3.9	Manipulace s výměnnými součástmi stroje		0,0503	0,0073
4	Zrakové a sluchové sdělovače				
	4.1	Vhodnost typů zrakových sdělovačů pro sledované funkce	0,0743	0,1216	0,0135
	4.2	Umístění zrakových sdělovačů s ohledem na význam a frekvenci sdělovaných informací		0,1765	0,0195
	4.3	Čitelnost údajů na zrakových sdělovačích		0,1914	0,0212
	4.4	Způsob hodnocení údajů – symboly, barvy		0,1166	0,0129
	4.5	Zraková a sluchová signalizace mimořádných stavů		0,1141	0,0126
	4.6	Rozlišení zvukové signalizace podle závažnosti stavu		0,1736	0,0192
	4.7	Uspořádání funkčně souvisejících sdělovačů a ovladačů		0,1062	0,0118
5	Osvětlení				
	5.1	Celková světelnost pracoviště	0,0875	0,1371	0,0161
	5.2	Místní osvětlení s ohledem na zrakovou náročnost		0,2777	0,0327
	5.3	Barva světla vzhledem na rozlišování barev		0,1703	0,0200
	5.4	Kontrast mezi pozorovaným místem a okolím		0,1467	0,0173
	5.5	Rovnoměrnost osvětlení na pracovišti		0,1530	0,0180
	5.6	Nouzové osvětlení		0,1153	0,0136
6	Hluk a vibrace				
	6.1	Technická opatření snižující hlučnost zdrojů – protihlukové stěny atp.	0,0920	0,2292	0,0263
	6.2	Protihlukové obložení stropů a stěn		0,1498	0,0172
	6.3	Používání OOPP proti hluku		0,2102	0,0241
	6.4	Slyšitelnost řečových komunikací na		0,1555	0,0179

		hlukovém pozadí – šum			
	6.5	Technická a režimová opatření proti přenosu vibrací na tělo a ruce		0,2554	0,0293
		Mikroklima – ovzduší			
	7.1	Teplota v letním a v zimním období s ohledem na fyzickou namáhavost práce	0,0827	0,3292	0,0378
	7.2	Proudění vzduchu		0,1710	0,0197
	7.3	Relativní vlhkost		0,1159	0,0133
	7.4	Množství přiváděného vzduchu		0,2168	0,0249
	7.5	Podávání náhradních nápojů		0,1670	0,0192
		Riziko pracovních úrazů			
	8.1	Pevné, pohyblivé kryty pohybujících se částí a technických zařízení	0,1051	0,1078	0,0128
	8.2	Kryty zabraňující odletu úlomků třísek a odpadu		0,1443	0,0172
	8.3	Ochrana proti nežádoucímu spuštění		0,1482	0,0177
	8.4	Ochrana proti riziku stříhu, vtažení, zachycení atp.		0,1115	0,0133
	8.5	Signalizace mimořádných stavů pomocí akustických sdělovačů		0,1198	0,0143
	8.6	Barevné či jiné označení rizikových míst		0,0981	0,0117
	8.7	Zabránění dosahu horních končetin do rizikových míst		0,1442	0,0172
	8.8	Ochranné zábrany a překážky zabraňující přístupu do nebezpečného prostoru		0,1261	0,0150

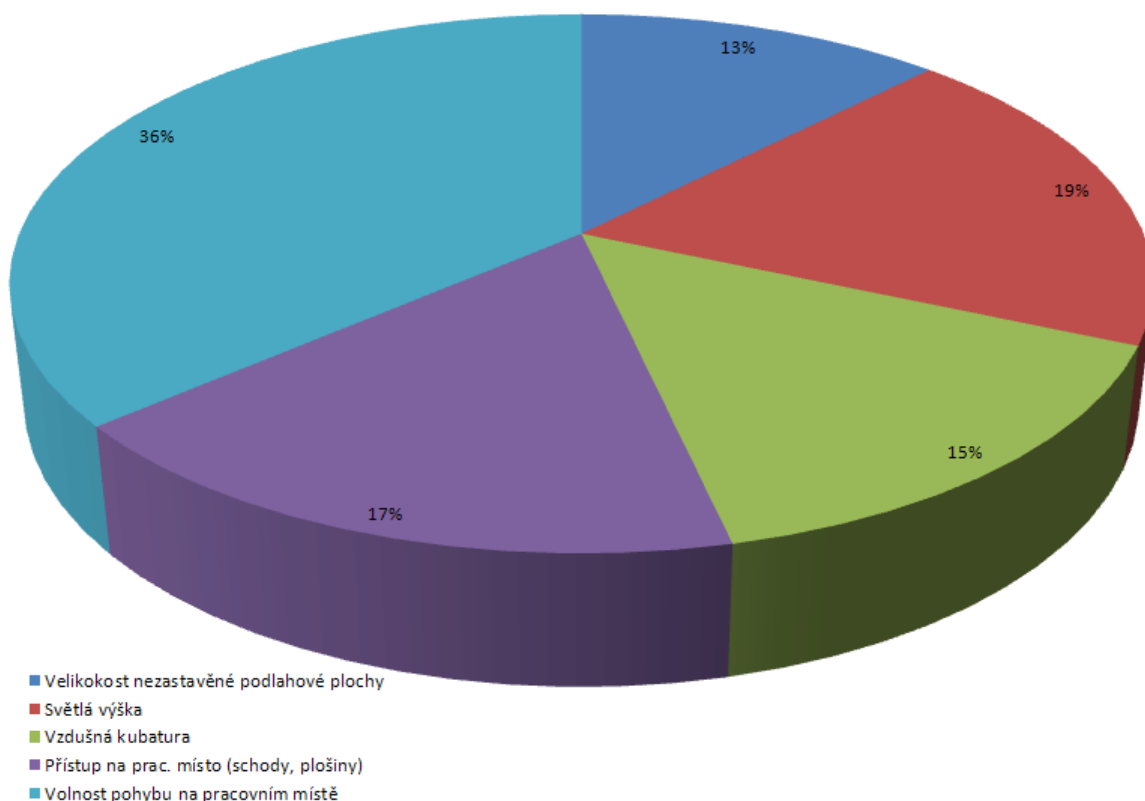
Výsledky je možné znázornit pro lepší orientaci i graficky. Uvádíme příklad:

- celkové váhy 8 kritérií v rámci celku – viz *Obr. 4-19*
- subkritérií 1.1 až 1.5 v rámci kritéria 1 – Pracovní prostor – viz *Obr. 4-20*



Obr. 4-19 Možnost grafického zobrazení celkové váhy 8 hlavních kritérií

Pracovní prostor



Obr. 4-20 Možnost grafického zobrazení váhy subkritérií 1.1 – 1.5 v rámci kritéria 1 – Pracovní prostor

Na základě těchto výsledků je možné přistoupit k interpretaci dílčích výsledků. Aby to bylo možné:

- je nutné brát v úvahu přiřazení jednotlivých subkritérií ke třem hlavním pilířům, resp. jejich vlivům na jednotlivé aspekty,
- přiřadit výsledky vah jednotlivých subkritérií na základě jejich přiřazení k těmto pilířům, resp. jejich vlivům na jednotlivé aspekty.

Tabulka 11 – Interpretace výsledků dle vah ergonomických kritérií a jejich příslušnosti k hlavním pilířům

Kritérium	OKP 3	OKP 4	Váha subkritéria	Stanovení velikosti vlivu subkritéria v rámci tří hlavních pilířů		
				1	2	3
Pracovní prostor						
1.1 Velikost nezastavěné podlahové plochy		1, 2, 3	0,0160	0,0053	0,0053	0,0053
1.2 Světlá výška		1, 3	0,0248	0,0124	0,0000	0,0124
1.3 Vzdušná kubatura		1, 2	0,0193	0,0096	0,0096	0,0000
1.4 Přístup na prac. místo (schody, plošiny)		1, 2	0,0222	0,0111	0,0111	0,0000
1.5 Volnost pohybu na pracovním místě		1, 2	0,0469	0,0234	0,0234	0,0000

		Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu						
2	2.1	Výška manipulační roviny nad podlahou – práce vsedě		1, 2	0,0229	0,0114	0,0114	0,0000
	2.2	Dosahové oblasti horních končetin na manipulační rovině vsedě		1, 2, 3	0,0244	0,0081	0,0081	0,0081
	2.3	Dosahové oblasti ve vertikální rovině vsedě		1, 2, 3	0,0253	0,0084	0,0084	0,0084
	2.4	Dosahové oblasti při práci vstoje		1, 2, 3	0,0228	0,0076	0,0076	0,0076
	2.5	Viditelnost míst zrakem přímo sledovaných		1, 2	0,0184	0,0092	0,0092	0,0000
	2.6	Viditelnost sdělovačů na a mimo stroj		1, 3	0,0169	0,0084	0,0000	0,0084
	2.7	Sedadlo pro trvalý sed, občasný odpočinek		1, 2	0,0183	0,0092	0,0092	0,0000
		Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti						
3	3.1	Hmotnost ručně zvedaných a přenášených břemen		1, 2	0,0241	0,0121	0,0121	0,0000
	3.2	Vertikální vzdálenost zdvihu břemene		1, 2	0,0211	0,0105	0,0105	0,0000
	3.3	Kumulativní hmotnost břemen za směnu		1, 2	0,0213	0,0106	0,0106	0,0000
	3.4	Úchopové možnosti při zvedání a přenášení břemen		1, 2	0,0197	0,0099	0,0099	0,0000
	3.5	Umístění ručních a nožních ovladačů – síly		2, 3	0,0150	0,0000	0,0075	0,0075
	3.6	Umístění zásobníků s dílci na prac. rovině		2, 3	0,0173	0,0000	0,0087	0,0087
	3.7	Umístění přepravek, kontejnerů atp.		2, 3	0,0114	0,0000	0,0057	0,0057
	3.8	Typ ručních vozíků		1, 2	0,0076	0,0038	0,0038	0,0000
	3.9	Manipulace s výměnnými součástmi stroje		3	0,0073	0,0000	0,0000	0,0073
		Zrakové a sluchové sdělovače						
4	4.1	Vhodnost typů zrakových sdělovačů pro sledované funkce		2, 3	0,0135	0,0000	0,0067	0,0067
	4.2	Umístění zrakových sdělovačů s ohledem na význam a frekvenci sdělovaných informací		2, 3	0,0195	0,0000	0,0098	0,0098
	4.3	Čitelnost údajů na zrakových sdělovačích		2, 3	0,0212	0,0000	0,0106	0,0106
	4.4	Způsob hodnocení údajů – symboly, barvy		2, 3	0,0129	0,0000	0,0064	0,0064
	4.5	Zraková a sluchová signalizace mimořádných stavů		1, 3	0,0126	0,0063	0,0000	0,0063
	4.6	Rozlišení zvukové signalizace podle závažnosti stavu		1, 3	0,0192	0,0096	0,0000	0,0096
	4.7	Uspořádání funkčně souvisejících sdělovačů a ovladačů		2, 3	0,0118	0,0000	0,0059	0,0059
		Osvětlení						
5	5.1	Celková světelnost pracoviště		1, 2, 3	0,0161	0,0054	0,0054	0,0054
	5.2	Místní osvětlení s ohledem na zrakovou náročnost		1, 2, 3	0,0327	0,0109	0,0109	0,0109
	5.3	Barva světla vzhledem na rozlišování barev		1, 2	0,0200	0,0100	0,0100	0,0000

	5.4	Kontrast mezi pozorovaným místem a okolím		1, 2	0,0173	0,0086	0,0086	0,0000
	5.5	Rovnoměrnost osvětlení na pracovišti		1, 2	0,0180	0,0090	0,0090	0,0000
	5.6	Nouzové osvětlení		1	0,0136	0,0136	0,0000	0,0000
6	Hluk a vibrace							
	6.1	Technická opatření snižující hlučnost zdrojů – protihlukové stěny atp.		1	0,0263	0,0263	0,0000	0,0000
	6.2	Protihlukové obložení stropů a stěn		1	0,0172	0,0172	0,0000	0,0000
	6.3	Používání OOPP proti hluku		1	0,0241	0,0241	0,0000	0,0000
	6.4	Slyšitelnost řečových komunikací na hlukovém pozadí – šum		1, 3	0,0179	0,0089	0,0000	0,0089
	6.5	Technická a režimová opatření proti přenosu vibrací na tělo a ruce		1, 2	0,0293	0,0147	0,0147	0,0000
7	Mikroklima – ovzduší							
	7.1	Teplota v letním a v zimním období s ohledem na fyzickou namáhavost práce		1, 2, 3	0,0378	0,0126	0,0126	0,0126
	7.2	Proudění vzduchu		1, 2	0,0197	0,0098	0,0098	0,0000
	7.3	Relativní vlhkost		2	0,0133	0,0000	0,0133	0,0000
	7.4	Množství přiváděného vzduchu		1	0,0249	0,0249	0,0000	0,0000
	7.5	Podávání náhradních nápojů		1, 2, 3	0,0192	0,0064	0,0064	0,0064
8	Riziko pracovních úrazů							
	8.1	Pevné, pohyblivé kryty pohybujících se částí a technických zařízení		1, 3	0,0128	0,0064	0,0000	0,0064
	8.2	Kryty zabraňující odletu úlomků třísek a odpadu		1, 3	0,0172	0,0086	0,0000	0,0086
	8.3	Ochrana proti nežádoucímu spuštění		1, 3	0,0177	0,0088	0,0000	0,0088
	8.4	Ochrana proti riziku stříhu, vtažení, zachycení atp.		1, 3	0,0133	0,0066	0,0000	0,0066
	8.5	Signalizace mimořádných stavů pomocí akustických sdělovačů		1, 3	0,0143	0,0071	0,0000	0,0071
	8.6	Barevné či jiné označení rizikových míst		1	0,0117	0,0117	0,0000	0,0000
	8.7	Zabránění dosahu horních končetin do rizikových míst		1, 3	0,0172	0,0086	0,0000	0,0086
	8.8	Ochranné zábrany a překážky zabraňující přístupu do nebezpečného prostoru		1, 3	0,0150	0,0075	0,0000	0,0075
V rámci OKP 3 - značí barvy jednoduchost posouzení nebo měření parametrů. Zelená bez problémů. Žlutá problematičtější. Červená - kritérium je pro průmyslového inženýra těžko měřitelné.					Váha pilíře	45,50% 31,23% 23,27%		
V rámci OKP 4 jsou jednotlivým kritériím přiřazeny čísla podle toho, do jakého pilíře vstupují. Číslo může být jediné, ale i všechna.								

Na základě výše uvedené tabulky je možné uvést, jak jsou jednotlivé pilíře ovlivněny z hlediska ergonomických kritérií:

- Aspekty zdraví člověka (souvislost s řešením H1) - 1 – **45,50 %**
- Aspekty výkonu systému (souvislost s řešením H3) - 2 – **31,23 %**
- Aspekty funkce systému (souvislost s řešením H2) - 3 – **23,27 %**

Zdraví člověka : Výkon systému : Funkce systému

45,50 % : 31,23 % : 23,27 %

Jednotlivá procenta vyjadřují míru vlivu subkritérií v jednotlivých pilířích, resp. ovlivňují důležitost jednotlivých pilířů.

Protože samotná kritéria mají pouze dva stavy:

- 0 – ergonomické kritérium není splněno,
- 1 – ergonomické kritérium je splněno

nelze tedy vyvažovat přímo je, avšak je možné vyvažovat vliv ergonomických kritérií – měnit vyvážení pilířů. Je tedy možné provést dílčí shrnutí:

Při dodržení ergonomických kritérií tak, aby bylo dosaženo ergonomicky vhodného místa, odpovídajícího úrovní teoretických znalostí a na základě zaměření se na rizikové faktory vzniku nemocí z povolání na základě dlouhodobých statistik, budou mít tato ergonomická kritéria největší vliv na aspekty zdraví a bezpečnosti práce **45,50 %**, následované ergonomickými aspekty, které budou ovlivňovat možnost maximalizace výkonu z **31,23 %** a na funkci systému budou mít tato kritéria vliv **23,27 %**.

Pokud jsou stanovena jednotlivá kritéria a jejich vliv, je nutné jim přiřadit vyjádření pomocí parametrů. Některé tyto parametry se však špatně stanovují.

Mezi dobře měřitelné parametry ergonomických kritérií se řadí:

- tělesné rozměry, fyzické síly, rozsahy pohybů, prahové hodnoty smyslů atp.

Naopak obtížně určitelné jsou:

- projevy psychické funkce, informační a rozhodovací kapacity či prožitky komplexního charakteru jak je uvádí (2). Jedná se o únavu, zátěž, pohodu a další psychické stavy, které jsou proměnlivé.

Pokud jsme schopni vyspecifikovat jednotlivá kritéria, je nutné těmto kritériím přiřadit parametry, tedy jejich číselné vyjádření. Jsou to veličiny měřitelné v příslušných jednotkách, tedy kvantitativní hodnoty dílčích ergonomických kritérií. Např. u kritéria antropometrického je to výška manipulační roviny pro sedícího pracovníka. Ta se mění se zřetelem na velikost (rozměry) manipulovaného předmětu. U dalšího fyziologického kritéria je to velikost odporu při manipulaci s ovládačem. Velikost odporu se mění v závislosti na pracovní poloze, typu ovládače, umístění ovládače, frekvenci a přesnosti ovládání atp. V rámci určení parametrů jednotlivých kritérií je možné vycházet z následujících možností:

- obecně platného a doporučeného rozsahu parametru – zjednodušení – min, max – *Tabulka 4.*
- doporučení na základě normy – udává bližší specifikace a další návaznosti na jiné aspekty, normy, nebo nařízení vlády a zákony – převážně normy ČSN EN ISO, řady 83 35xx.
- naměřené hodnoty z vlastních měření konkrétních situací – vždy je však nutné se pohybovat ve vymezené oblasti dané normami a legislativou.

Pokud jsme schopni stanovit ergonomické faktory, stanovit jim příslušná kritéria i s jejich váhou, číselným vyjádřením pomocí parametrů, přichází na řadu poslední část tohoto řetězce, což jsou ergonomické ukazatele.

4.4.4 Stanovení ergonomického ukazatele

Ergonomický ukazatel je kvantitativní charakteristikou, která uvádí reálné (měřitelné) údaje o jevech a stavech v uzavřené smyčce člověk – stroj do vzájemných souvislostí, probíhajících za určitých podmínek. V ergonomii jej můžeme vázat na ergonomická kritéria či parametry jako jedné nebo několika vlastností, tvořících ergonomický systém. Jejich členění dle (5):

- základní – hodnota ukazatele, podle níž se systém (výrobky) hodnotí nebo srovnávají,
- jednoduchý – vztahují se k jedné z vlastností systému,
- komplexní – vztahující se k několika vlastnostem systému,
- odhadovaný – vypočtený z konečného počtu údajů v podobě horní nebo dolní konfidenční meze.

Propojení ergonomických prvků *ergonomický faktor – kritérium – parametr – ukazatel*, pak můžeme vysvětlit pomocí následujícího příkladu, jak jej uvádí (5):

Příklad

Situace: Je nutné prověřit sílu k ovládní páky.

Údaje: Síla ruky na páku při jejím vychylování z neutrální do krajní polohy (mm) v pracovní poloze vsedě.

Kritérium: Kvalitativní údaj – síla ruky a výchylka páky.

Parametr: Kvantifikace kritéria v jednotkách měřené veličiny. Síla F [N], délka d [mm]

Ukazatel: odhad svalového výkonu. Vyjadřuje velikost síly ruky [N] v závislosti na výchylce páky d [mm]. Je možno jej popsat např. vztahem, funkční závislostí, pravděpodobností apod. Možný způsob záznamu ukazatelů může být provedena grafem a funkční závislostí F/d .

Samotné vyjádření ergonomického ukazatele je velmi závislé na tom, jaký jeho typ (základní, jednoduchý, komplexní, odhadovaný). Tato oblast se potom již týká přímo stanoveného pracovního úkolu a konkrétního pracoviště a je nutné jej vždy řešit komplexně.

Touto oblastí se již tato dizertační práce nezabývá – dostáváme se z obecně projektově invariantních (neměnných) vlastností do vlastností variantních (viz *Obr. 4-17*), které se mění na základě konkrétního řešeného ergonomického úkolu. Tuto variantní problematiku již řeší metodika **Bureše**.

Spolu s uvedenými faktory, kritérii, jejich parametry a ukazateli také souvisí další nakládání s nimi, stejně jako nutnost dodržování dalších zásad a ergonomických principů při řešení ergonomie. Jako vhodný se jeví výčet, který uvádí (5):

- Ergonomická kvalita.
 - Ergonomická kvalita je určována úrovní splnění ergonomických požadavků. Uplatňuje se při hodnocení výrobků nebo pracovní činnosti – pracovního úkolu.
- Hlavní ergonomická zásada.
 - Tato zásada souvisí s faktem, že je nutné propojit zkušenosti z osvědčené teorie a praxe týkající se přízpůsobení:
 - práce,

- techniky,
- prostředí,
- pracovních podmínek,
- a to vše s ohledem na následující vlastnosti člověka:
 - anatomické,
 - antropometrické,
 - fyziologické,
 - psychické.

Ergonomické zásady týkající se hodnocení pracovních míst se zaměřují především na:

- plošné a prostorové řešení,
- pracovní polohy,
- pracovní pohyby,
- pracovní místo,
- polohy při práci.

Jedná se o ergonomické zásady v rámcové podobě českých technických norem ergonomické povahy (třída 8335xx). Účelem je tedy zajistit v daných pracovních podmínkách ochranu zdraví, bezpečnost, pohodu a optimální výkonnost v pracovním systému.

4.4.5 Formulace dílčích závěrů

Ergonomickým kritériím a jejich subkritériím byla přiřazena významnost dle objektivizovaného posouzení experty. Pomocí Saatyho metody byla určena jejich váha a na jejím základě byly stanoveny váhy vlivu. Na základě přiřazení samotných kritérií a subkritérií do jednotlivých pilířů, resp. jejich vlivu na jednotlivé aspekty (zdraví – aspekty zdraví; výkon (maximalizace) – aspekty ergonomické; funkce – aspekty ovlivňující funkci systému). Na základě velikosti vlivů subkritérií v rámci tří hlavních pilířů byla stanovena velikost ovlivnění jednotlivých pilířů.

4.5 Hypotéza H3 – Stanovení závislosti odezvy na základě vazby mezi technickým systémem a člověkem

Řešení hypotézy H3

Existenci vazby mezi člověkem a technickým systémem potvrdila hypotéza H1. Otázkou hypotézy H3 bylo stanovení závislosti odezvy na základě vazby mezi technickým systémem a člověkem. Tedy jinými slovy jakým způsobem se projeví odezva výkonnosti pracovního systému (jehož součástí je člověk) na základě změny podmínek spojených s technickým systémem. Tím je v našem případě pracoviště. Kvantifikace závislosti změny mezi úrovní plnění ergonomických principů a výkonností pracovníků je obtížná, neboť zde vstupuje velmi mnoho vlivů.

- Lze stanovit závislost odezvy na základě vazby mezi technickým systémem a člověkem?
 - Závislost mezi člověkem a technickým systémem existuje – viz H1.
 - Kvantifikace závislosti – měřitelné vyjádření – obtížné – mnoho vlivů.
 - U této hypotézy jsem narazil na základní problém, jehož popis následuje:

V rámci řešení hypotézy H2 byla formulována kritériální funkce. Tato funkce byla postavena na rozdělení ergonomických kritérií do základních tří pilířů, které byly v rámci práce řešeny.

Ergonomickým kritériím byla přiřazena důležitost. Ta vycházela z jejich váhy vlivu v rámci jednotlivých pilířů. Vliv v rámci jednotlivých pilířů byl stanoven na základě objektivizovaného posouzení experty. Na základě řešení hypotézy H1 byla za využití *Teorie technických systémů*, v kombinaci s životním cyklem produktu, popsána vazba mezi technickým systémem a člověkem. Tím byla vymezena oblast, kdy provozováním pracoviště vzniká výroba produktu. Aby bylo možné stanovit závislost odezvy systému na základě vazby mezi technickým systémem a člověkem, bylo nutné se zaměřit se na hlavní prvky tuto vazbu vytvářející. Technickým systémem v konkretizaci této práce je chápáno pracoviště, na kterém člověk vykonává práci. Tyto dva prvky jsou součástí tzv. pracovního systému. Jeho popis je uveden i v řešení teoretických východisek práce v kapitole 1.4.3, kde byly popsány aspekty výkonu pracovního systému. Hlavním aspektem výkonu pracovního systému, vzhledem k ergonomickému zaměření práce, je výkon jeho nejslabšího článku. Tímto článkem je člověk. Bylo nutné zkoumat, jakým způsobem je ovlivňován jeho výkon. Nejvíce užívanou determinantou výkonu u člověka je množství vykonané práce za jednotku času. Celkový výkon je složen z mnoha determinant (somatických a psychických procesů), které člověka ovlivňují. Když jsme shrnuli poznatky uvedené v kapitole 1.4.3 věnované aspektům výkonu pracovního systému, bylo možné identifikovat dva hlavní pohledy a obecné poznatky týkající se výkonu:

- Psychologický pohled
 - vyznačuje se hodnocením jak kvalitativních tak kvantitativních znaků a výkonnost stanovují jako funkci schopností člověka, motivace a kvalifikace.
- Ergonomický pohled bere v úvahu tzv. rizikové faktory, které jsou tvořeny:
 - psychologickými aspekty (osobní předpoklady – zabývá se jimi psychologie práce),
 - **rizikové faktory** (faktory ovlivňující kvalitu pracovního prostředí a mohou mít za příčinu možný pracovní úraz, nemoc z povolání, otravu či jiné poškození zdraví).

U psychologie je tedy možné sledovat přisuzování vlivu hlavně osobnostním vlastnostem člověka a jeho motivaci, kdežto v rámci ergonomického pohledu je nejvíce kladen důraz na působení rizikových faktorů.

Vzhledem k:

- řešení této práce v rámci Fakulty strojní a Katedry průmyslového inženýrství,
- specifikaci pracovníků řešících ergonomii v praxi,
- a tím i k možnostem hodnocení faktorů v praxi a jejich vzdělání,

bylo nutné vytvořit další okrajovou podmínku **OKP 5**, která spočívá ve výběru rizikových faktorů, které vymezuje **Nařízení vlády 361/2007 Sb.** Toto nařízení vlády uvádí následující rizikové faktory:

- Nepříznivé mikroklimatické podmínky (zátěž teplem a chladem).
- Chemické faktory (karcinogeny, olovo, azbest atp.).
- Biologické činitele.
- Fyzická zátěž,
 - celková (vysoké přetěžování),
 - lokální svalová zátěž (opakované zatěžování stejných svalů – staticky nebo dynamicky),

- pracovní polohy (nevhodné pozice těla při práci),
- ruční manipulace s břemeny (překračování hygienických limitů).
- Fyzikální faktory,
 - hluk,
 - vibrace,
 - záření (ionizující a neionizující).

Další rizikové faktory, jejichž účinky se musí hodnotit, uvádí **vyhláška 432/2003 Sb.:**

- Prach (s různými druhy účinku).
- Psychická zátěž (stres, napětí a další vlivy na duševní pohodu pracovníka).
- Zraková zátěž (hlavně oslňování a specifické světelné podmínky atp.).

Dalším vodítkem pro výběr rizikových faktorů a stanovení **OKP 5** bylo dlouhodobé sledování hlášených nemocí z povolání, které provádí SZÚ Praha (již od roku 1973), neboť bylo vhodné se zaměřit na ty faktory, které se nejvíce podílejí na hlášených nemocích z povolání, nebo způsobují nejvíce ohrožení nemocí z povolání (viz podkapitola 1.1 Ergonomie). Z těchto faktů vyplývá, že největší problémy v rámci nemocí z povolání způsobují **fyzikální faktory** (viz *Obr. 1-4* a *Obr. 1-5*).

Posledním vodítkem při výběru byly publikované výsledky výzkumu předního zahraničního odborníka, Hanse Jörga Bullingera, který se touto problematikou dlouhodobě zabývá a publikuje svoje výsledky ve významných publikacích z oblasti ergonomie (Salvendy G.: *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, Third edition, Wiley, 2006 a Salvendy G.: *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, Fourth edition, Wiley, 2012)

Publikované výsledky se pokusil shrnout v následující tabulce, kterou uvádí i literatura (31).

Tabulka 12 – Výsledky ovlivnění člověka působením faktorů pracovního prostředí (31)

	Potenciální pozitivní (žádoucí) následky		Potenciální negativní (nežádoucí) následky			
	Zlepšení pracovního výkonu	Pracovní pohoda	Nepohodlí / stres	Selhání / vznik chyby	Chronická újma na zdraví	Úraz / zranění
<u>Vysvětlivky:</u> ● koreluje ○ nekoreluje						
Faktory prostředí						
Osvětlení	●	●	●	●	○	
Barevné řešení pracoviště	●	●	○	●		
Klima	○	●	●	○	●	
Teplota		●	●			●
Kvalita vzduchu	○	●	●	○	●	
Hluk		○	●	●	●	●
Vibrace		○	●	●	●	●
Fyzická zátěž			●	●		●
Vlhkost			●	●	●	
Nepořádek			●	○	○	

Tabulka uvádí, zda uvedený faktor pracovního prostředí koreluje (ovlivňuje) či nekoreluje (neovlivňuje) pracovníka z hlediska následků. Ty mohou být pozitivní (zlepšují pracovní výkon a pohodu) nebo negativní (způsobují nepohodlí či stres). Pokud některý faktor pracovního prostředí způsobuje nepohodlí či stres, tak potom uvedený kumulativní vliv několika faktorů má za následek to, že i při nižších expozicích dochází k zesilování těchto účinků. To je velmi zásadní, neboť vliv jednotlivého faktoru prostředí, který by byl v rámci svého působení v rámci hygienických limitů, se může za kumulativního působení s dalšími faktory stát nebezpečným. Stanovení závislosti míry vlivu jednotlivého faktoru, nebo dokonce závislosti kumulativního vlivu více faktorů by obnášelo velmi mnoho pokusů. Dále pak je nutné si uvědomit, že každý člověk má jinou percepci, takže se počet pokusů opět zvyšuje. Tyto pokusy by se musely provádět a ověřovat v reálné praxi a subjekty by musely být dobrovolníci. To by představovalo obrovskou časovou náročnost, ale také vzhledem k nežádoucímu vlivu některých faktorů se toto jevílo jako neetické a působilo by to problémy se sháněním dobrovolníků. Jako všeobecně přípustné se jevílo vycházet z nahlášených případů (či případových studií).

OKP 5 – Na základě výše uvedených důvodů byly vybrány k dalšímu zkoumání vlivu následující fyzikální faktory, neboť tyto jsou měřitelné pracovníky, kteří jsou v podnicích odpovědní za ergonomii, a odborná literatura, stejně jako dlouhodobé sledování SZÚ Praha, je hodnotí jako významné původce ohrožení a nemoci z povolání, a také jako prvky nejvíce ovlivňující výkonnost člověka, za předpokladu jeho psychické pohody. Psychologické faktory a jejich vliv nebylo možné z hlediska zadání práce řešit.

Výběr fyzikálních faktorů:

- hluk,
- vibrace,
- tepelně-vlhkostní mikroklima.

Jako vhodná struktura, doplňující popis vlivu fyzikálních faktorů se byla zvolena následující:

- co faktor způsobuje,
- jakým způsobem se faktor měří,
- případová studie zaměřena na zvolený faktor,
- doporučení k minimalizaci nepříznivého vlivu faktoru.

4.5.1 Hluk na pracovišti a jeho vliv

Samotný hluk je rušivý až škodlivý zvuk a vzniká při jakékoliv lidské činnosti. Při dlouhodobé expozici jeho vlivům dochází k trvalému poškození zdraví.

Samotný zvuk je mechanické vlnění, které člověk vnímá v rozsahu od 20 Hz do 20 kHz. Zvuk, který se posuzuje, se šíří od zdroje většinou vzduchem. Člověk je přitom schopen rozeznávat hlasitost, výšku a barvu zvuku. Zvuk může mít v čase různý průběh (ustálený, proměnný, přerušovaný, impulsní). Hluk při lidské činnosti může vznikat pohony přístrojů a nástrojů, ale i samotnou vykonávanou pracovní činností, kdy se projevuje jako technologický hluk (např. pohon pneumatického kladiva + bourání). Při posuzování hluku na pracovišti se měří hluk:

- hluk na pracovním místě (pracovník se zdržuje na jednom pracovním místě, ostatní expozice hluku je nepodstatná),
- hluk v pracovním prostoru (existence více obdobných zdrojů hluku a pracovník mění pracovní místa),

- měření hlukové zátěže jednotlivce (pracovník často mění pracovní místa a hluk je velmi rozdílný).

Základním deskriptorem pro popis hluku je **hladina akustického tlaku** L_p [dB] vztažená k referenčnímu akustickému tlaku $20 \mu\text{Pa}$ (odpovídá prahu slyšení na kmitočtu 1000 Hz). Práh bolesti je pak 200 Pa. Citlivost sluchu je závislá na kmitočtu zvuku. Nejvyšší citlivost na zvuk je v rozsahu 1 až 4 kHz. Dle toho byly stanoveny kmitočtové váhové funkce A a C, které odpovídají kmitočtové fyziologii slyšení. Podle nich se do zvukového řetězce hlukoměru zařazují váhové filtry A (pro nízké hladiny akustického tlaku) nebo C (pro vysoké úrovně hladiny akustického tlaku). Výsledek, naměřená hladina akustického tlaku je pak značena jako L_{pA} nebo L_{pC} [dB]. Pro praktická měření a průměrování akustického tlaku v čase byla stanovena tzv. ekvivalentní hladina akustického tlaku L_{AeqT} která odpovídá shodné hladině akustického tlaku, která byla konstantní po celou dobu trvání expozice. Při působení hluku (ustáleného, proměnného, přerušovaného nebo impulsního) s vysokou hodnotou hluku pozadí je míra nepříznivého působení na sluch úměrná celkové akustické energii v místě hlavy pracovníka. Expozice se pak vyjadřuje **ekvivalentní hladinou akustického tlaku A** L_{AeqT} a pokud expozice hluku T netrvá po celou dobu $T_0 = 8 \text{ h}$ je nutno ji korigovat pomocí korekce $K = 10 \log T/T_0$ [dB].

Přípustný expoziční limit L_{Aeq8h} činí při:

- fyzické práci pro osmihodinovou pracovní dobu 85 dB
- duševní práci 50 dB
- práci ve velínech max 60 dB.

Hluková zátěž pracovníka se vyjadřuje **expozicí zvuku A** $E_{A,Te}$. Limitní hodnota expozice zvuku A $3640 \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}$ a odpovídá ekvivalentní hladině akustického tlaku A 85 dB. Pokud se jedná o impulsivní ostrý zvuk (např. kování – doba trvání pulsu do 200 ms, pauza mezi impulsy 10 ms, nízká úroveň hluku pozadí a akustický tlak C) nesmí hodnota akustického špičkového tlaku C překročit 140 dB. Při hodnocení **infra a ultrazvuku** se vychází z kmitočtové analýzy. Měření hluku v pracovním prostředí se řadí do tří tříd přesnosti i s jejich nejistotami měření:

- referenční měření v 1. třídě přesnosti s nejistotou do 1,6 dB,
- referenční měření ve 2. třídě přesnosti s nejistotou v pásmu od 1,6 dB do 3 dB
- provozní měření hluku ve 3. třídě přesnosti s nejistotou od 3 dB do 8 dB (53).

Co se týče akustického mikroklimatu tak mimo hluku a jeho typů (stálý, přerušovaný, nebo proměnný) se projevuje i doba dozvuku, prostorový útlum a srozumitelnost řeči. Hluk (54) krom specifického poškození sluchového ústrojí má i tzv. nespecifické systémové účinky (ovlivnění spánku, vyšších nervových funkcí – učení a paměť, nebo smyslově motorických funkcí či kardiovaskulárního systému).

Vliv na výkonnost člověka potvrzují i případové studie.

Případové studie (55)

Studie byla zaměřena na studium vlivu hluku na výkonnost člověka.

- Vstupní informace
 - 40 participantů
 - 3 nezávislé faktory (akustický tlak, úroveň hluku, harmonické indexy),
 - 3 úrovně akustického tlaku,
 - 3 úrovně hluku,

- 2 harmonické zvukové indexy (pozitivní a negativní),
 - celkem 18 faktorů ovlivnění zvukem,
- nezávislé proměnné zvuku,
 - kontinuální zvuk,
 - kolísavý zvuk,
 - střídavý zvuk,
 - rozdílné úrovně zvuku (75, 85 a 95 dBA),
- Testy:
 - Test stability.
 - Participant se snaží udržet kovové pero v různě velkých otvorech (od největšího po nejmenší a pak naopak) tak, aby se nedotýkalo stěn otvoru (testování psychomotorických schopností) – viz *Obr. 4-21*
 - Měří se rychlost reakce – čas, který participant potřebuje pro vložení pera do otvoru – celkově na celý test.



Obr. 4-21 Test stability (56)

- Minesotský test manuální zručnosti.
 - Participant umísťuje zprava (většinou dominantní strana) doleva, v pořadí shora dolů, disky (které jsou umístěny na stole nad deskou s dírami) do děr – viz *Obr. 4-22*.
 - Testuje se koordinace paže – ruka a oko – ruka – měří se čas.



Obr. 4-22 Minesotský test manuální zručnosti (57)

- Test dovednosti s ručním nářadím.
 - Participant nejprve pomocí nářadí povolí šroubové spoje na jedné straně stolice a rukou rozmontuje. Postupuje shora (od největších) dolů (k nejmenším) a odkládá je na druhé straně stolice. Poté, co jsou všechny spoje na levé straně rozebrány a šrouby odloženy, může se přejít k montáži na druhé straně stolice. Tato montáž je prováděna v opačném pořadí, tedy zdola (od nejmenších šroubů) nahoru (k největším). Spoje musí být opět zajištěny pomocí nářadí, aby se ručně nemohly rozebrat – viz *Obr. 4-23*.
 - Testuje se opět čas a porovnává se se statistickými daty v dané oblasti pracovníků.



Obr. 4-23 Test dovednosti s ručním nářadím (58)

- Test koordinace obou rukou.
 - Participant pomocí dvou spojených pák objíždí kopírovacím hrotem tvar hvězdy (šablony). Pohybem pák k sobě se hrot pohybuje k participantovi a opačně. Pohyb do stran je získán pomocí otočného uložení spojení obou pák – viz *Obr. 4-24*
 - Hvězda se objíždí v obou směrech.
 - Testuje se rychlost a přesnost – čas a počet dotyků mimo hvězdu.



Obr. 4-24 Test koordinace rukou (59)

- Sledováno bylo:
 - rychlost odezvy,
 - chybová odezva,
 - čas potřebný na zjištění chyby.

Základem všech uvedených testů je výběr vhodného a zkušeného účastníka, který je v dobré fyzické i psychické kondici a poskytnout mu dostatečné informace o testu, předvést mu test, vysvětlit jeho důvod, a také ho nechat test provést bez měření. Až poté je možné přistoupit k testu s měřením času.

Výsledky uvedené studie

Výsledky ukazují následující skutečnosti:

- Nejdelší čas pro dokončení úkolu vykazoval **Test stability**:
 - **nejvyšší průměr** \pm SD což odpovídá $44,6 \pm 17$ sekund v kombinaci s **přerušovaným hlukem** s negativními harmonickými indexy (**výšky**), při **akustickém tlaku 95 dBA**,
 - **nejnižší čas** u stejného testu, průměr \pm SD $29,9 \pm 16,0$ sekund v kombinaci se **stálým hlukem**, pozitivním harmonickým indexem (**basy**) a hladinou **akustického tlaku 75 dBA**.
- V **Minesotském testu ruční motoriky** byl:
 - **nejvyšší čas** průměr \pm SD $32,2 \pm 14,0$ sekund v kombinaci s **kontinuálním hlukem** a negativními harmonickými indexy (**výškami**) a **akustickém tlaku 95 dBA**.
 - **nejkratší čas** byl (průměr \pm SD $21,3 \pm 7,7$ sekund) při **nepřetržitém hluku** s pozitivním harmonickým indexem (**bas**) a **akustickém tlaku 75 dBA**.
 - Bylo zjištěno, že rychlost byla v testech závislá jak na hluku, tak na jeho rozložení ($p < 0,025$) a harmonické indexu ($p < 0,041$), negativní harmonický index (**výšky**) byl účinný při $p < 0,038$. Při srovnání tří plánů hluku se prokázala jako významná hranice ($p < 0,04$), jako rozdíl mezi kontinuálním a občasným hlukem.
- V **testu koordinace obou rukou** se doba pro dokončení testu ukázala:
 - jako **nejdelší**, průměr \pm SD z $68,3 \pm 5,4$ sekundy při **nepřetržitém hluku**, negativním harmonickém indexu (**výšky**) a akustickém tlaku o úrovni **85 dBA**.
 - jako **nejnižší** (průměr \pm SD $61,9 \pm 7,0$ sekund), při **kolísajícím hluku**, pozitivním harmonickém indexu (**bas**) a akustickém tlaku **75 dBA**.
 - Vliv hladiny akustického tlaku a harmonického indexu na rychlost odezvy byl významný ($p < 0,023$). Došlo také k významnému ($p < 0,04$), rozdílu mezi tlakem 75 dB a jinými rušivými signály, používané intenzity.
- V **testu dovednosti s ručním náradím** se doba dokončení testu ukázala
 - jako **nejvyšší** (průměr \pm SD $436,0 \pm 106,1$ sekund) při kombinaci **přerušovaného hluku**, negativní harmonické indexu (**výšky**) a akustickém tlaku **95 dBA**.
 - jako **nejnižší** (průměr \pm SD z $244,7 \pm 51,6$ sekund), při **kontinuálním hluku** a pozitivním harmonickém indexu (**bas**) a tlaku **75 dBA**.
 - Všechny tři nezávislé proměnné rozložení hluku, hladina akustického tlaku a harmonické indexy ovlivnily rychlost odezvy významně ($p < 0,005$). Negativní harmonický index byl spojen se snížením rychlosti výkonu. Došlo k významnému ($p < 0,003$) rozdílu mezi akustickým tlakem 75 dBA a

85dBA. Vliv kontinuálního hluku byl významně nižší ($p < 0,001$), a lišil se od ostatních hlukových schémat.

- **Chybová reakce** byla analyzována pouze v rámci dvou testů – **Testu koordinace obou rukou a Testu stability**.
 - byly použity tři úrovně hluku, dva harmonické hlukové indexy a tři plány hluku. **V testu stability** došlo k chybě
 - s **nejdelší dobou trvání** (průměr \pm SD z $6,3 \pm 3,7$ sekund) při kombinaci **nepřetržitého hluku**, negativním harmonickým indexu (**výšky**), a akustickém tlaku o hodnotě **85 dBA**.
 - s **nejnižší dobou trvání** (průměr \pm SD z $3,8 \pm 1,6$ sekundy), při **přerušovaném hluku**, pozitivním harmonickým indexu (**bas**) a akustickém tlaku **75 dBA**.
 - Chybová reakce byla ovlivněna pouze hlukem harmonického indexu. Negativní harmonické indexy (**výšky**), byly hlavní příčinou zvyšující se chyby ve výkonu ($p < 0,001$).
 - **V testu koordinace obou rukou** byla doba chyby
 - **nejdelší doba trvání** (průměr \pm směrodatná odchylka ze $1,4 \pm 1,8$ s), když byl použit **kontinuální hluk**, negativní harmonický index (**výšky**), a akustický tlak **85 dBA**.
 - **nejnižší** (průměr \pm SD $0,2 \pm 0,2$ s), když byl spojen **kontinuální hluk**, pozitivní harmonický index (**bas**), a hladina akustického tlaku **75 dBA**. Žádná z proměnných neměla značný vliv na chybovou odezvu.

Tabulka 13 – Výsledky ovlivnění výkonnosti hlukem

Vliv hluku na výkonnost						
Test a jeho zaměření	Parametry hluku			Čas		
	Typ	Harmonický index	Akustický tlak	Hodnota	Délka času v rámci úkolu	Další info
Test stability - psychomotorické schopnosti	přerušovaný	negativní - výšky	95 dBA	$44,6 \pm 17$	Nejdelší	nárůst 49,1%
	kontinuální	pozitivní - basy	75 dBA	$29,9 \pm 16$	Nejkratší	
Minesotský test ruční motoriky - koordinace paže - ruka a oko - ruka	kontinuální	negativní - výšky	95 dBA	$32,2 \pm 14$	Nejdelší	nárůst 51,17 %
	kontinuální	pozitivní - basy	75 dBA	$21,3 \pm 7,7$	Nejkratší	
Test koordinace obou rukou - test rychlosti a přesnosti	kontinuální	negativní - výšky	85 dBa	$68,3 \pm 5,4$	Nejdelší	nárůst 10,33 %
	kolísající	pozitivní - basy	75 dBA	$61,9 \pm 7,0$	Nejkratší	
Test dovednosti s ručním náradím	přerušovaný	negativní - výšky	95 dBA	$436 \pm 106,1$	Nejdelší	nárůst 78,17 %
	kontinuální	pozitivní - basy	75 dBA	$244,7 \pm 51,6$	Nejkratší	
Test chybové reakce = Kdy nastala chyba	Test stability	kontinuální	negativní - výšky	85 dBA	$6,3 \pm 3,7$	nárůst 65,78 %
		přerušovaný	pozitivní - basy	75 dBA	$3,8 \pm 1,6$	
	Test koordinace obou rukou	kontinuální	negativní - výšky	85 dBA	$1,4 \pm 1,8$	nárůst 7x!
		kontinuální	pozitivní - basy	75 dBA	$0,2 \pm 0,2$	

Závěry studie:

- Celkový čas u všech úkolů byl nejvíce ovlivněn harmonickým indexem.
- Negativní harmonický index (výšky) byl zjištěn jako nejvíce ovlivňující faktor v rámci rychlosti.
- Přerušovaný a souvislý hluk neměl vždy stejný vliv.
- Přerušovaný hluk způsobuje rozptýlení pozornosti od pracovního úkolu a vede ke snížení výkonnosti hlavně u složitých úkolů s nutností zpracování informací.
- Přerušovaný hluk se ukázal jako škodlivější než hluk stálý.
- Změna intenzity hluku se projevila hlavně u testu koordinace obou rukou.
- U jednoduchých úkolů se kolísání hluku příliš neprojevovalo.
- U testu dovednosti s ručním náradím se projevily všechny sledované faktory – intenzita hluku, harmonické indexy, hladina akustického tlaku i interakce mezi nimi (vliv mohlo mít to, že tento test sám o sobě je celkem dlouhý a participant byl vystaven hluku dlouho).
- V rámci sledování chyb ovlivňovaly výsledek hlavně harmonické indexy – negativní (výšky). Ostatní faktory neměly významný vliv.
- Vyšší hladina akustického tlaku znamenala snížení výkonu.
- Snižováním úrovně hluku se prokázalo zvýšení pracovního výkonu a zmenšil se počet chyb.
- Shrnutí nejvýznamnějšího.
 - Přerušovaný hluk s vyšší hladinou akustického tlaku snižuje výrazně výkonnost člověka.
 - Hluk s vysokými tóny snižuje významně výkonnost člověka.

Účinky na výkonnost pracovníků potvrzují i články studie dalších autorů:

- Autoři Chiovenda (60) a Leather (61) uvádějí ve svém výzkumu, že přítomnost průmyslového hluku má přímou souvislost s výkonem a produktivitou pracovníků.
- Další autor Rabinowitz (62) uvádí škodlivé účinky hluku na lidské zdraví ve formě stresu.
- V rámci populace je specifické, že 10 – 20 % populace k hluku vnímavější, naopak 10 – 20 % populace je vysoce tolerantních a zbývajících 60 – 80 % populace reaguje na rostoucí hluk nárůstem obtěžování (63).
- Hluk a jeho působení souvisí i se sociálními vlivy jako jsou vzdělání, duševní práce, nebo dokonce ekonomický prospěch ze zdroje hluku. Dále jsou to vlivy zdravotní (poruchy sluchu a somatické potíže), stejně jako psychologické faktory (strach ze zdroje hluku). Vliv na vnímání hluku mají i rozdílné kultury. To vše má za následek různé výsledky studií věnovaných vnímání hluku – jinak stejné hladiny hluku, stejné zdroje, různé lokality a různé země (64).
- Vliv hluku na výkonnost byl nejvíce sledován v laboratorních podmínkách za účasti dobrovolníků vystavených dennímu hluku. Nejvíce byla ovlivněna jejich schopnost u tvůrčí činnosti, duševní práce, pozornost a paměť (64).
- Jsou uváděny i další účinky, které však nejsou dostatečně přímo průkazné – vliv na funkci imunitního systému, nižší odolnost proti infekcím (65).
- Rušivé účinky nočního hluku mají pak vliv na obezitu, depresi, pracovní úrazy a následně i zkrácení délky života (66).

4.5.2 Vibrace na pracovišti přenášené na člověka a jejich vliv

Vibrace jsou svým projevem pohyb pružného tělesa nebo prostředí, resp. jejich kmitání kolem rovnovážné polohy. Jedná se o vlnění, které stejně jako u zvuku přenáší energii. Člověk sám může být zjednodušeně považován za mechanickou soustavu dílčích hmot, tuhostí a odporů. Z hlediska vibrací se jako méně vhodné jeví mechanické rázy, které vyvolávají otřesy. Tyto rázy způsobují velké dynamické síly, které mohou způsobit akutní poškození. Při přenosu vibrací na člověka dochází k interakci s ním a nejvíce souvisí s tzv. biodynamickými faktory (67):

- polohou těla a končetin vzhledem ke směru vibrací,
- místem a velikostí plochy přenášející vibrace do organismu,
- silami, které člověk při vystavení vibracím vyvíjí.

Dalšími faktory jsou faktory (ovlivňují expozici):

- fyzikální – pracovní kmitočet stroje, časový průběh a směr působení vibrací, denní a celková expozice atd.,
- individuální – predispozice k rychlému vzniku onemocnění z vibrací, kouření, léky, údržba náradí atp.

Mezi nejhorší vibrace z hlediska člověka při práci patří vibrace přenášené pracovními nástroji na horní končetiny a celkové vibrace.

Dle přenosu se vibrace dělí:

- celkové horizontální nebo vertikální v kmitočtovém rozsahu 0,5 Hz až 80 Hz,
- vibrace přenášené na ruce, posuzované v kmitočtovém rozsahu 8 Hz až 1 000 Hz,
- vibrace, přenášené zvláštním způsobem – na hlavu, páteř, rameno atp. v kmitočtovém pásmu 1 Hz až 1 000 Hz,
- celkové vertikální vibrace o kmitočtu pod 0,5 Hz, které vyvolávají nemoci z pohybu,
- celkové vibrace v budovách, posuzované v kmitočtovém rozsahu od 1 Hz do 80 Hz.

Samotné vibrace jsou vnímány pomocí soustavy složené z mnoha receptorů, které mají vliv na celkovou psychosomatickou (psychomatický – psychicky ovlivňující fyziologický proces) citlivost. V dnešní době je v pracovním procesu zdrojem vibrací strojní zařízení ruční mechanizované náradí s různým pohonem (pneumatický, hydraulický, elektrický). Zejména při práci s ručním náradím se člověk vystavuje expozici, která se přenáší na ruce a vzniká tak riziko onemocnění cév, nervů, celkově horních končetin a jejich pohybového aparátu (kosti a klouby) (67).

- Vibrace přenášené na ruce:
 - Vysokofrekvenční vibrace způsobují problémy oběhového systému prstů (bílé a necitlivé prsty nebo ruce).
 - Nízkofrekvenční vibrace způsobují degenerace kloubů a kostí (hlavně rukou – prsty, zápěstí, lokty, ramena).
- Vibrace přenášené na celé tělo:
 - mohou porušit smyslové orgány a mohou vést k poruchám rovnováhy, kinetóze, poruchám zraku,
 - porušují jemné motorické schopnosti nebo snižují jejich výkon,
 - zapříčiňují žaludeční problémy,
 - mají vliv na páteř (68).

Hned za ručním nářadím se v dlouhodobé expozici umísťují dopravní prostředky a mobilní stroje. Postiženi jsou jejich řidiči – vynucená pracovní poloha + působení celkových vibrací = problémy bederní páteře. Další práce, při kterých se projevují problémy s vibracemi, jsou práce s pilami, postřikovači nebo křovinořezy a vibrace z pozemní dopravy.

Základní veličinou užívanou k popisu mechanického pohybu je zrychlení vibrací. Užívá se efektivního zrychlení a_{ef} [$m \cdot s^{-2}$] nebo hladina zrychlení L_a [dB], která je vztažena k referenčnímu zrychlení $1 m \cdot s^{-2}$. Vibrace jsou snímány akcelerometry. U měření vibrací přenášených na člověka se užívá průměrná energeticky ekvivalentní hladina zrychlení vibrací, která je vážena příslušným váhovým filtrem vibrometru. Vibrace se měří na styčných plochách v místě přenosu na lidský organismus. K tomu musí být uzpůsobeny i akcelerometry nejružnějšími speciálními úchyty – pro měření například ručního náradí – viz *Obr. 4-25*, kdy jsou senzory umístěny do rukavice a data jsou sbírána data loggerem.



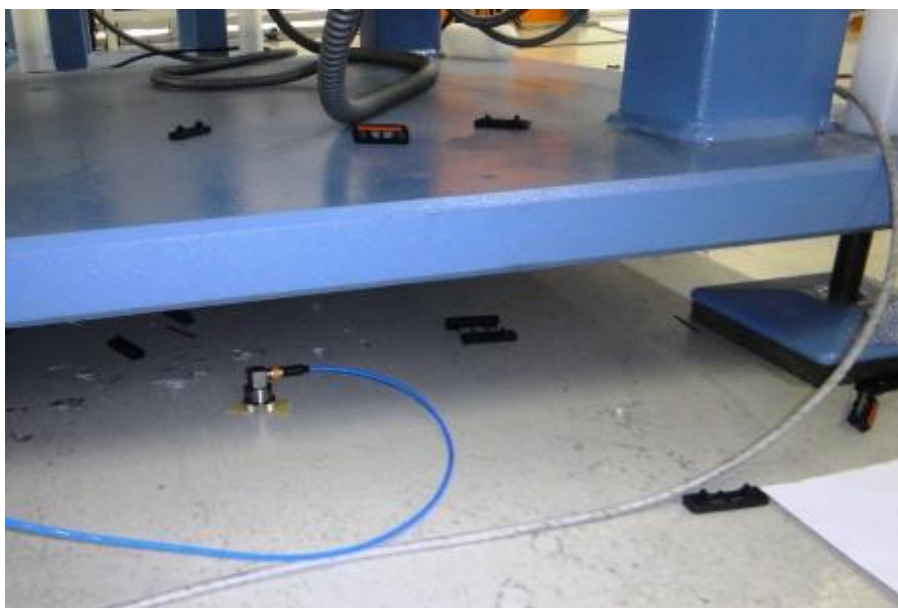
Obr. 4-25 Rukavice se senzorem snímání vibrací (69)

Další oblastí, kde se monitorují vibrace, jsou vibrace celého těla, které se nejvíce projevují u dopravních prostředků. Data jsou snímána senzory na sedadle a následně jsou převáděny do indikátoru vibrací (umístěn na volantu), který pracovníka upozorní na nutnost přestávek – viz *Obr. 4-26*.



Obr. 4-26 Sedadlový senzor pro snímání vibrací celého těla (69)

U vibrací se též zjišťuje jejich zdroj, což se provádí nejrůznějšími dotykovými sondami, které se aplikují přímo na stroje nebo na podlahu, kam jsou vibrace přenášeny a následně na pracovníky – viz *Obr. 4-27*.



Obr. 4-27 Senzor pro snímání vibrací základů strojů (70)

U celkových vibrací a vibrací v budovách se určuje dominantní směr vibrací. U vibrací přenášných na ruce se určuje vektorový součet – tzv. souhrnná hladina zrychlení vibrací. U celkových vibrací je stanovena limitní hodnota $L_{aw8h} = 110$ dB a u vibrací přenášných zvláštním způsobem 100 dB, u vibrací přenášných **na ruce činí hladina zrychlení vibrací za osmihodinovou směnu 123 dB**. Tyto limity se vztahují k osmihodinové pracovní době. Pokud expozice netrvá celou pracovní dobu $T_0 = 8$ h, je nutné provést normovanou korekci K , kdy $K = 10 \cdot \log T/T_0$ [dB]. Při měření vibrací přenášných na člověka se užívá tří tříd přesnosti s jejich přidruženými nejistotami:

- referenční měření – 1. třída přesnosti s nejistotou do 2 dB včetně,
- 2. třída přesnosti s nejistotou měření od 2 dB do 3 dB včetně,
- provozní měření ve 3. třídě přesnosti s nejistotou od 3 dB do 5 dB včetně

Problematika vibrací je řešena i v rámci legislativy:

- Zákon 258/200 Sb a zákoníkem práce.
- Přípustné hodnoty stanovuje NV č. 148/2006 Sb.
- Metody měření a hodnocení vibrací ČSN EN ISO 5349-1, -2 a ČSN ISO 2631-1, -2.
- Požadavky na vibrometry dle zákona 505/1990 Sb a ČSN ISO 8041 (o tzv. nestanovených měřidlech).

Co by mělo být provedeno proti snížení vibrací obecně, vibrací rukou a vibrací celého těla je obsahem příloh – viz *Příloha č. 4*.

Případové studie

Uvedené informace vychází ze studie autorů (71) z MIT (Massachusetts Institute of Technology), zaměřené na získání informací z dostupných zdrojů, s cílem zjistit a identifikovat proměnné v rámci vibrací celého těla (dále pouze VCT). Studie vycházela z existující vědecké evidence, literatury, vědeckých článků a zpráv. Na základě toho bylo

vybráno **celkem 224 článků k analýze**. Z těchto dokumentů bylo vysledováno celkem **13 použitelných studií (z celkem 11 dokumentů)**, které **poskytly 115 výsledků** vlivu VCT na výkonost pracovníka. Hlavním účelem provedeného výzkumu bylo zjistit faktory související s VCT a jak ovlivňují výkon. Proměnná – charakteristika úkolu byla hodnocena pomocí závislých proměnných. Byly identifikovány čtyři kategorie procesů, při nichž byla zkoumána výkonost:

- Percepční procesy (procesy vnímání) – např. test bdělosti – vigilanční test.
 - VCT měly velmi silný vliv.
- Kognitivní procesy (procesy poznávací) – pracovní paměť (byl užit Baddeleyho model pracovní paměti – opticko-prostorový náčrtník, fonologická smyčka, centrální exekutiva a epizodický buffer) a matematické myšlení.
 - VCT měly střední vliv – popsáno pouze v jedné studii.
- Nepřerušované procesy využívající jemné motoriky – např. sledování v přírodě.
 - VCT měly velmi silný až degrační vliv na tuto činnost.
- Přerušované procesy využívající jemné motoriky – např. stisknutí tlačítka na konzoli.
 - Stejně jako u nepřerušovaných procesů využívajících jemnou motoriku, i zde byl zaznamenán velmi silný degrační vliv VCT.

Vliv VCT na rychlost a přesnost, byl zkoumán separátně. Aby bylo možné posoudit dílčí vlivy charakteristik VCT, byly separátně zkoumány efekty frekvence vibrací a intenzity vibrací. Autoři rozdělili intenzitu i frekvence na dvě skupiny (vysoké a nízké). Vibrace o nízké intenzitě měly menší efekt než vibrace o intenzitě vysoké, což znamená, že čím vyšší je velikost zatížení, tím větší je i narušení výkonosti. Za **vysoké frekvence** byly označeny frekvence **nad 5 Hz**. Vysoké frekvence mají velmi negativní vliv na výkonost, zatímco nízké frekvence mají vliv středně negativní vliv. Jako **klíčový faktor** vlivu VCT na výkonost pracovníka byla označena **doba expozice** za předpokladu, že pro jakoukoliv kombinaci intenzity a frekvence delší doba expozice snižuje jeho výkonost velmi významně. Z hlediska doby trvání byly existující studie rozděleny na ty s dobou trvání VCT do 30 min a nad tuto dobu. **Doba trvání VCT do 30 min** měla za následek **velký vliv** na výkonost, avšak doba **nad 30 min** měla mnohem **větší účinek**. Na základě toho bylo nutné se zaměřit na kombinaci intenzity VCT a dobu trvání. Bylo zjištěno, že:

- dlouhé trvání VCT o nízké intenzitě snižovalo výkonost,
- dlouhé trvání VCT o vysoké intenzitě snižovalo výkonost ještě více,

a tedy že výkonost klesá jak s rostoucí intenzitou, tak dobou trvání.

Jak se ukázalo, VCT měly negativní vliv na výkonost s rozdílnými účinky dle typu vykonávaného úkolu. Výkonost u **úkolů s percepčními procesy** byla **ovlivněna nejvíce** následována **úkoly nepřerušovanými a přerušovanými s užitím jemné motoriky**. Nejvíce tedy byly VCT **ovlivněny smyslové a motorické procesy**. Mírný vliv VCT na výkonost byl nalezen také u kognitivních úkolů. Tento vliv byl však potvrzen pouze u jedné studie. Na základě toho vyvstala diskuse o vlivu na vazbu mezi zpracováním informace, smysly a výstupem projevujícím se při užití jemné motoriky. **Výkonost** při plnění **úkolů**, založených na **přesnosti** byla **snížena více než** při plnění **úkolů založených na rychlosti**. **Snižování výkonosti** bylo **větší pro vyšší úroveň frekvencí a intenzit** v porovnání s **nižšími**. Ačkoliv je intuitivní, že čím vyšší je úroveň stresoru, tím větší je úroveň narušení výkonu, tím více je překvapující výsledek, když uvážíme, že obecně **panovala domněnka, že výkonost je více ovlivněna nižšími frekvencemi**. Tento výsledek je však těžko interpretovatelný, neboť **účinky frekvence jsou zmírňovány** dalším faktorem, **osou, resp. směrem vibrací**. Nejvíce byla ovlivněna výkonost v rozsahu 1 – 2 Hz v ose *x* nebo ose *y*, a v rozsahu 4 – 8 Hz v ose *z*

(výsledkem by tedy mohla být funkce se středním rozdělením mezi těmito dvěma rozsahy). **S delší dobou trvání VCT došlo ke snížení výkonu a se zvyšující se intenzitou VCT docházelo k dalšímu snižování.** Na základě průzkumu, který autoři provedli, je možné konstatovat, že se také projevil problém tzv. fenoménu „*to každý ví*“, tedy že vibrace snižují výkonnost. To ve svém článku potvrdil i Laughery (72). Tedy že se většina dalších autorů ve svých publikacích drží prvotních tvrzení, aniž by to podpořili širším výzkumem.

Další autoři ve svých příspěvcích upozorňují na následující fakta:

- Autor Griffin (73) v roce 2004 upozornil na nedostatek podkladů potvrzujících zmírňující účinek délky trvání.
- Další autor Sherwood 1987 upozornil na nedostatek studií, zabývajících se vlivem VCT na výkonnost u kognitivních (poznávacích) procesů.

Tyto dva faktory by měly být více zkoumány a měla by jim být věnována větší pozornost. Většina dalších studií se zaměřuje na charakteristiku stresoru vibrací. Tento přístup však může být nedostatečný pro pochopení vlivu na výkonnost u mechanismu doby expozice VCT nebo účinku na procesy zpracování informací. Výsledky vlivu vibrací jsou uvedeny v *Tabulka 14*.

Tabulka 14 – Výsledky vlivu vibrací celého těla na výkonnost pracovníka

Proces	Vliv na výkonnost
Percepční procesy vnímání	velmi silný -1 = max
Kognitivní procesy poznávací a matematické	středně silný, mírný - 4 = min.
Kontinuální procesy s jemnou motorikou	velmi silný - degrační = 2
Přerušované procesy s jemnou motorikou - stisknutí tlačítka konzole	velmi silný - degrační = 3
Frekvence	Vliv na výkonnost
Nad 5 Hz - vysoké	velmi silný
Pod 5 Hz - nízké	středně silný
Doba trvání	Vliv na výkonnost
do 30 min	velký vliv
nad 30 min	mnohem vyšší
Kombinace frekvence a doby trvání	
Dlouhá doba trvání Nízká intenzita	snižovalo výkonnost
Dlouhá doba trvání Vysoká intenzita	velmi výrazně snižovalo výkonnost
Úkol založen na:	Vliv na výkonnost
přesnosti	větší vliv
rychlosti	menší vliv
Frekvence a doba trvání	Vliv na výkonnost
vyšší a delší	větší vliv
nižší a kratší	menší vliv
Osa působení a frekvence	Vliv na výkonnost
Osa X nebo Y - 1 až 2 Hz	větší vliv
Osa Z - 4 až 8 Hz	menší vliv

4.5.3 Tepelně vlhkostní mikroklima na pracovišti a jeho vliv

Samotné teplotně vlhkostní mikroklima nebo také mikroklimatické parametry spolu s projevem teploty okolních ploch ovlivňuje tepelnou pohodu člověka. Mezi mikroklimatické parametry patří *teplota*, *relativní vlhkost vzduchu* a jeho *proudění*. Mikroklimatické podmínky a jejich složky jsou na sobě navzájem závislé, kdy změna jedné vyvolá změnu zbylých dvou. Jejich vliv vymezuje pocit subjektivní pohody, avšak pokud se dostáváme k extrémním hodnotám, je možné posuzovat je jako škodliviny s negativním vlivem na zdraví člověka. Důležitou veličinou je tzv. *operativní teplota*, kterou když nedokážeme dosáhnout, určují se krátkodobě a dlouhodobě únosné doby práce při tepelné nebo chladové zátěži. Dle platné legislativy se hodnotí také technická zařízení k vytápění, větrání a úpravě vzduchu na pracovišti. Pro tepelný stav člověka je rozhodující jeho tepelná bilance (množství tepla člověkem produkované/množství tepla z organismu odváděného do okolí) (74).

Tzv. tepelná pohoda se u člověka dá také označit za stav zachování rovnováhy metabolického tepelného toku a tepla odváděného z těla. Jednotlivá pracovní prostředí mají určeny doporučené teploty v závislosti na třídách práce (určeny dle energetického výdeje vzhledem k druhu činnosti a oděvu). Může se projevat i individuální nespokojenost, kdy nejvýše 10 % nespokojenost ze všech pracujících určuje optimální pracovní prostředí.

Pracovně tepelná zátěž (dále *PTZ*) se dá rozdělit na dlouhodobě a krátkodobě únosnou:

- dlouhodobě únosná *PTZ* je limitována množstvím vody ztracené potem a dýcháním,
- krátkodobě únosná *PTZ* je limitována množstvím naakumulovaného tepla v organismu (nesmí překročit 50 Whm^{-2} ~ vzestup teploty tělesného jádra o 0,8 K, vzestupu průměrné teploty kůže o 3,5 K a vzestupu srdeční frekvence na 150 min^{-1}).

Vliv má i aklimatizace osob nebo mikroklimatické podmínky. Stejně tak jsou hodnoty v tabulkách zpracovány i pro chladné prostředí. Na základě tepelného odporu oděvu a energetické náročnosti práce je možné určit odezvu organismu na teplotně vlhkostní podmínky. Dle nich je pak možné stanovit režim práce a odpočinku, kdy nesmí být překročeny limitní hodnoty jak krátkodobé, tak dlouhodobé tepelné zátěže během směny (74).

Vysoké teploty:

- Člověk snese teplotu **50 °C** pod dobu **cca 4 hodin** a s rostoucí vlhkostí klesá.
- Nadměrná únava, nesoustředěnost, nebezpečí úrazu.
- Projevující se akutní poruchy zdraví – nevolnost, zvracení, průjmy, krvácení z nosu, zrychlení a prohloubení dechu, snížení diastolického tlaku, mravenčení, brnění, bolesti hlavy, svalů, u srdce, křeče, a nekontrolované chování (74).

Chlad:

- Omezení průtoku krve kůží, vzestup krevního tlaku, zrychlení srdeční frekvence, zvýšení spotřeby kyslíku, pokles teploty tělesného jádra, oslabené dýchání, zpomalování srdeční frekvence, snížení činnosti ústředního nervstva ~ ospalost, selhávání krevního oběhu a smrt (74).

Vlhkost vzduchu vnitřního prostředí je ovlivněna vlhkostí vzduchu venkovního prostředí a množstvím lidí. **Obvyklá hodnota relativní vlhkosti je 30 – 70 %**. **S rostoucí teplotou** vlivem topení tato vlhkost **klesá na 20 %** a méně – vhodné uměle **zvyšovat na 40 %**.

Rychlost proudění vzduchu:

- ovlivňuje celkovou tepelnou pohodu – při vysokých teplotách vhodně, při nízkých teplotách nevhodně,

- nadměrná způsobuje nadměrné odpařování potu – ventilátory nebo vzduchové sprchy,
- způsobuje pulzace a dráždění nervových kožních buněk citlivých na teplotu,
- způsobuje porušení mezní vrstvy ohřátého vzduchu a zvyšuje se tak konvekce a dochází k dalšímu ochlazování,
- je doporučena v rozmezí $0,1 - 0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,
- je doporučena pro malé provozovny a administrativní budovy v zimě max $0,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pro letní období.

Vliv mikroklimatu na člověka:

Poškození buněk organismu působí teploty, kdy jsou vystaveny teplotě nad nižší než $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ nebo $45 \text{ }^\circ\text{C}$. Samotné **působení** mikroklimatu se dá rozdělit na **lokální** a **celkové**:

- Lokální působení chladu,
 - způsobuje omrzliny a v kombinaci s vibracemi onemocnění cév.
- Celkové působení chladu,
 - omezuje působení krve, zvyšuje spotřebu kyslíku ve tkáních až smrt.
- Lokální působení tepla,
 - poškozuje povrchové tkáně a způsobuje popáleniny.
- Celkové působení tepla,
 - rozšiřuje cévy a kožní póry – pocení – dolní končetiny, hrudník, hlava a paže,
 - pocením dochází ke ztrátě tekutin – 6 litrů/směna – a ochlazování. Nelze při vysoké vlhkosti (74).

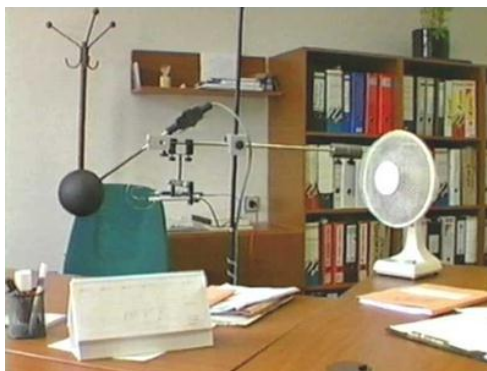
Stanovit max. teplotu kdy dojde poškození organismu je těžké. Je to závislé na mnoha faktorech jako:

- působení klimatických faktorů (teplota, vlhkost proudění a sálání),
- typ, velikost a trvání pracovního výkonu,
- Individuální vlastnosti osob související s
 - věkem, zdravotním stavem, pohlavím a aklimatizací pracovníka.

Měření jednotlivých parametrů mikroklimatických podmínek

Aby bylo možné stanovit mikroklimatické podmínky, je nutné měřit jednotlivé parametry, ze kterých se pak určují výsledky:

- Teplota vzduchu – určuje se pomocí teploměrů bez ovlivnění sálavou složkou okolních ploch (například rozsáhlé okenní tabule).
- Výsledná teplota – je měřena pomocí kulového teploměru (viz Obr. 4-28), zahrnuje vliv sálavých zdrojů tepla a proudění vzduchu.



Obr. 4-28 Měření teploty v kanceláři kulovým stereoskopickým teploměrem (75)

- Radiační teploty se měří radiometry při zdrojích sálavého tepla. Při proudění vzduchu do $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ je možné použít teplotu z kulového teploměru.
- Povrchové teploty se měří při kontaktu s pracovníkem.
- Relativní vlhkost vzduchu měří se pro stanovení rosného bodu.
- Rychlost proudění vzduchu se měří anemometry.

Objektivizace mikroklimatických podmínek se provádí měřením na pracovním místě (105 cm pro sedící osobu a 165 cm pro stojící osobu + ve výši kotníků 15 cm) a současně měřením ve venkovním prostoru (bez tepelných zdrojů a ve stínu).

Protože je měření mikroklimatických podmínek složité, uvádějí autoři (74) a (75), metody subjektivní (vycházejí ze subjektivních názorů pracovníků na prostředí, ve kterém pracují – odhalují skutečnost, že je nutné provádět měření a na kterých místech) a objektivní (vycházejí z měření faktorů mikroklimatických podmínek – výsledky se porovnávají s rovnicí tepelné bilance).

Ochranu a opatření proti nepříznivému mikroklimatu, kterým je většinou teplo, uvádí **Příloha č. 5**. Samotné teplo se dělí na konvekční (vysoká teplota vzduchu) v kombinaci s teplem sálavým. Opatření mohou být technické nebo organizační.

Protože proti zátěži chladem jsou pracovníci přirozeně chráněni oblečením a místa, kde jsou chladu vystaveni (chladírenské boxy a haly) jsou na to vybavena, je stále větším problémem ochrana pracovníků před zátěží teplem. Proto se následující studie týkají právě zátěže teplem.

Případové studie

Tepelný stres ohrožuje celkovou lidskou fyziologii. Dále zvýšené vystavení tepelnému stresu ovlivňuje poznávací a rozhodovací procesy, což může vést k chybám pracovníků. Jejich následky však mohou postihnout mnohem více lidí. Vystavení jiné, vyšší teplotě, než je teplotní komfort ($20 - 23 \text{ }^\circ\text{C}$) po dobu **2 hodin denně v období 2 – 3 týdnů vede k aklimatizaci na tuto teplotu**. Byly také stanoveny orientační fyziologické hranice při práci na teplých místech, které by neměly být překročeny:

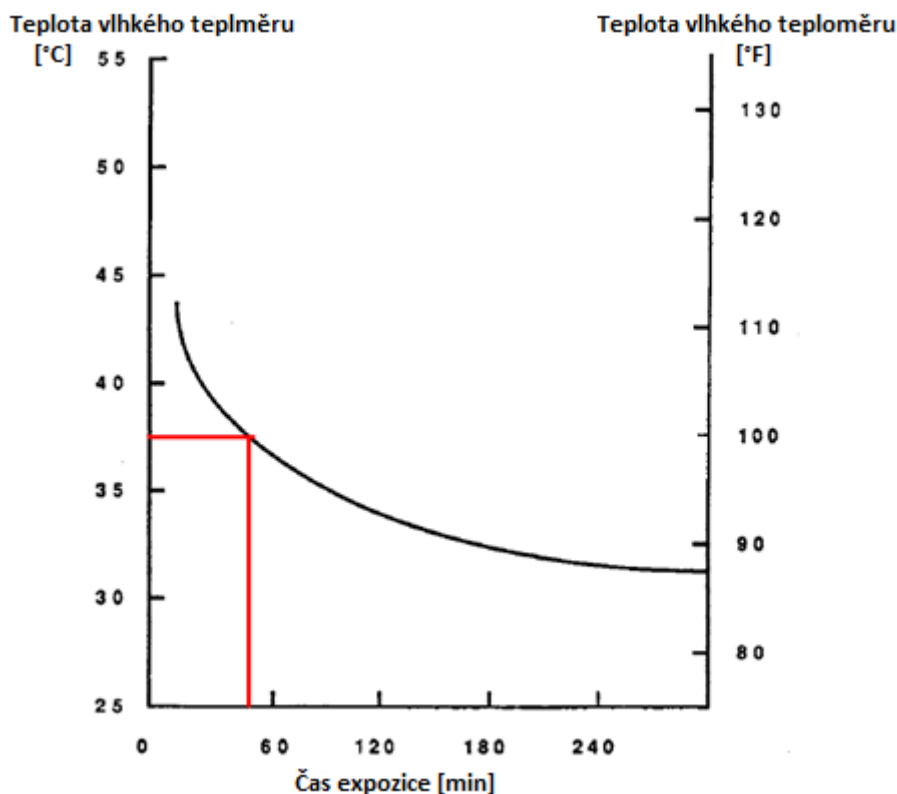
- tep 100 – 110 tepů/min v průměru,
- $38 \text{ }^\circ\text{C}$ (teplota měřena v konečnicku),
- odpařování potu 0,6 l/h.

Další limity, které uvádějí zahraniční autoři, jsou vztaženy k popisu podmínek pracovních míst, jak je uvádí Národní institut pracovní bezpečnosti (76), známý pod anglickým názvem NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) – limity a postupy v něm uvedené byly následně řešeny dalšími mnoha autory. Publikace organizace NIOSH jsou zaměřeny na konsekvence týkající se hlavně zdravotních komplikací (úpal, vyčerpání z horka atd.) způsobených vystavením pracovníka přílišné tepelné zátěži při práci. Další trendy, na které se autoři zaměřili, se týkají následujících faktů:

- Roste počet pracovníků, kteří se věnují vysoce kognitivním (zpracování a chápání informací) operacím s vysokou frekvencí v mezích složitých operačních systémů.
- Další specifickou skupinu tvoří pracovníci vykonávající fyzické pracovní úkoly v jedné části směny a následně kontrolu automatizovaných procesů v části druhé.

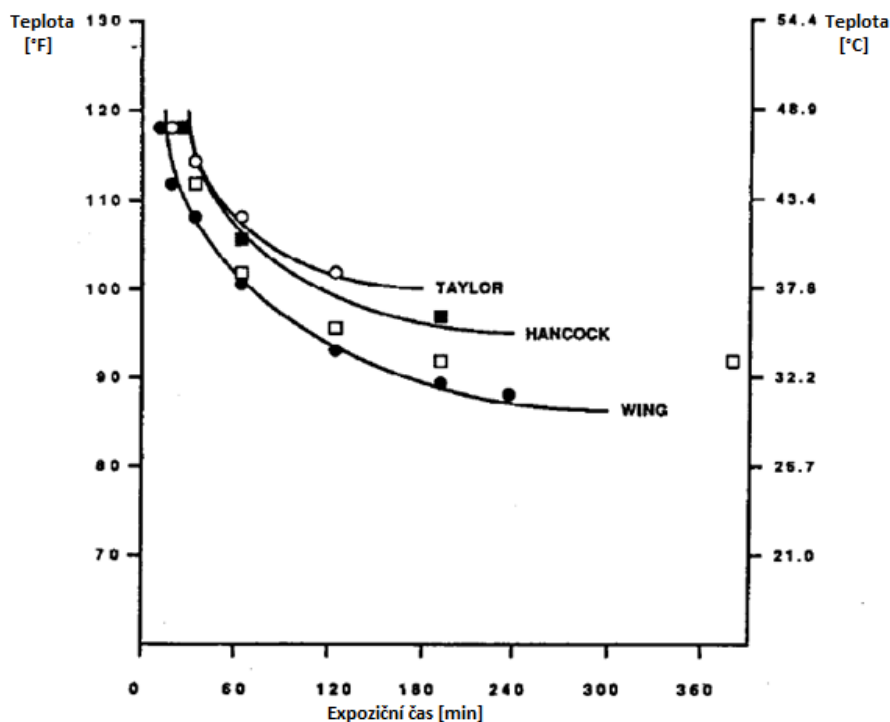
Tyto skutečnosti měly za následek rozšíření vlivu nejen teplotního stresu, ale celkového pracovního stresu na širší veřejnost ve smyslu jeho vlivu na výkonnost a ne jen na zdravotní (fyziologický) stav, jak tomu bylo doposud. Vývoj, na výkonnost zaměřených kritérií, je neurobiologicky opodstatněný, neboť centrální nervová soustava vykazuje velkou citlivost na

rušivé účinky stresu. Jedná se o projev schopnosti výkonu, jehož prostřednictvím je možné včas vyhodnotit méně zjevné účinky pracovního stresu (nejsou vidět na první pohled), ve srovnání s velkými projevy fyziologickými (jasně zachytitelné – např. zranění atp.). To má význam z manažerského pohledu, neboť výkonnost je sledovaným měřítkem a také to s měnící se podstatou práce. Rozhodovacích procesů a chyb pracovníků při jejich sledování přibývá, kdežto těžké práce ubývá. Efektivní výkonnost klesá dříve, než dojde k poškození zdraví a proto je nutné stanovit hranici, kdy k takovému ovlivnění dochází a s jakým efektem. Autor Wing (77) stanovil teplotu, při které nedochází k ovlivnění výkonnosti u početných úkolů nebo úkolů vyžadujících paměť na pouhých 6 minut. Čas a teplota, kterou uveřejnil NIOSH v roce 1972 (78) odpovídá 43 minutám a teplotě vlhkého teploměru kolem 37 °C.



Obr. 4-29 Horní limit expozice tepelnému stresu bez narušení mentální výkonnosti (78)

Tento limit byl kritizován Hancockem (79). Hancock pak reanalyzoval v roce 1986 Wingova data. Wing kritizoval i Hockey, který poukázal na to, že Wing sám vyšel z **15 provedených studií**, které se však týkaly sedavých zaměstnání (80). Výsledky těchto studií byly použity pro normu, kterou vydal NIOSH v roce 1972. Hancock tuto normu v roce 1981 prověřil a konstatoval, že její limit je velmi blízko kolapsu člověka. Tento limit byl založen na jediné studii, kterou provedli Blockey a Lyman v roce 1951 (81). Další autoři Sanders a McCormick (82) v roce 1987 objevili, že křivka pro mentální aktivitu je podobná křivce pro mentální a kognitivní činnosti a je níže než křivka, kterou navrhl Hancock. Hancock dále uvedl, že **mentální a kognitivní činnosti mohou být blíže k fyziologickému limitu**. Následně pak v letech 1982 a 1989 potvrdil chybnost Wingovi interpretace.

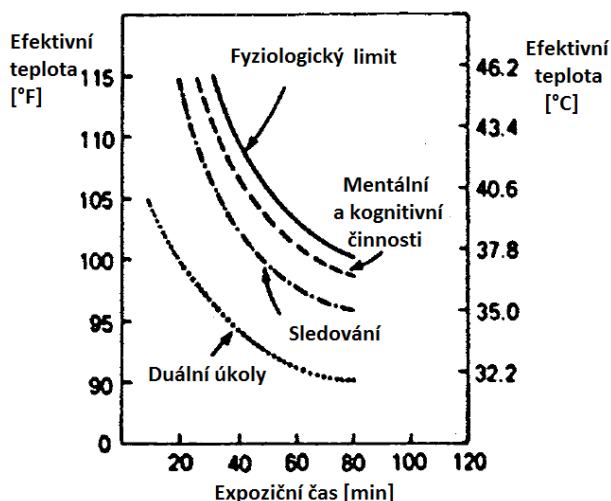


Obr. 4-30 Revidovaná hranice tepelného stresu dle předních autorů (78)

Na Obr. 4-30 je uvedeny hranice pro:

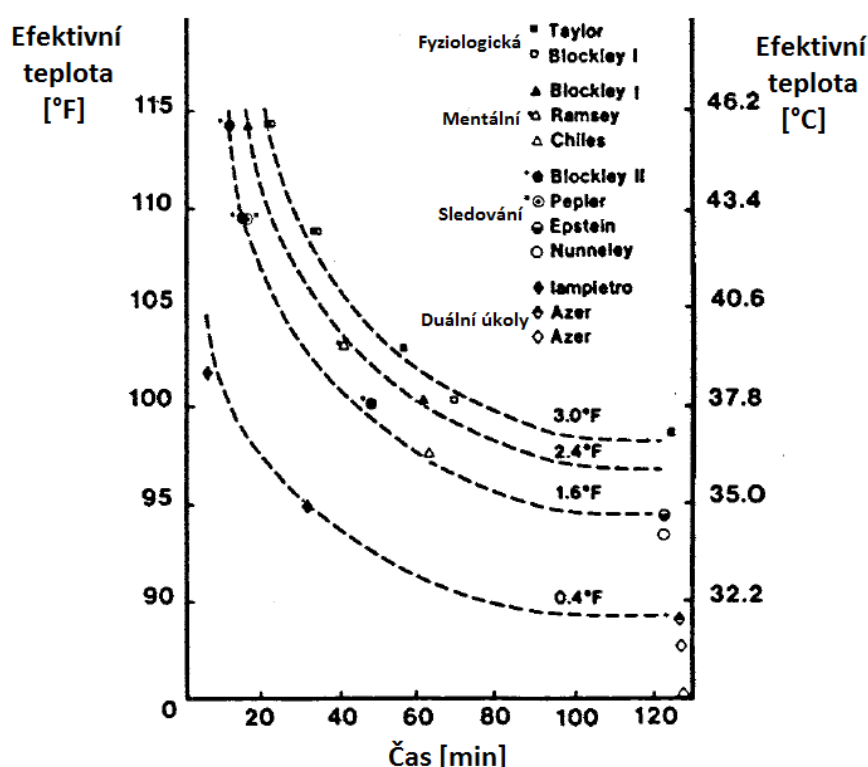
- nerušenou mentální výkonnost – stanovil Hancock,
- fyziologickou toleranci – stanovil Taylor,
- expoziční limit, který přijal NIOSH 1972 – stanovil Wing.

Hancock provedl reevaluaci všech Wingových prací a dalších článků a konstatoval, že je v nich jediná chyba, které se Wing dopustil. Jednalo se o interpretaci dat Blockleyho a Lymana z roku 1950 (83), nicméně byla důležitá pro stanovení kritické expozice jedné hodiny. Následně v roce 1987 autoři Sanders a McCormick (82) poukázali na problematiku neexistence dalších úkolů (krom mentálních) – např. aritmetické operace nebo komplexnější motorické. Na toto tvrzení poukazovali i další autoři (Pepler v roce 1958 (84), nebo Grether v roce 1973 (85)). Na základě toho byly stanoveny křivky pro různé typy činností – viz Obr. 4-31.



Obr. 4-31 Revidované hranice tepelného stresu pro různé úkoly nenarušené mentální výkonnosti (82)

Wing tedy vytvořil **křivku hranice fyziologického kolapsu**, Ramsey a Morissey v roce 1978 (86) navázali na výzkum Grethera (1973) a vytvořili dvě kategorie činností a jejich výkonnosti – mentální výkonnost a psychomotorickou výkonnost. Vyvinuli křivky, založené na pravděpodobnosti selhání výkonnosti v závislosti na čase a teplotě. Samotní autoři vycházeli z mnoha dalších výzkumů. Na *Obr. 0-1* a *Obr. 0-2 (Příloha č. 6)* je vidět rapidní změna limitů v závislosti na typu úkolu, kdy u mentálních úkolů, oproti psychomotorickým dochází v čase k mnohem rapidnějšímu úbytku teploty, při které zůstane výkonnost na stejné úrovni. Hancock na základě tohoto výzkumu hledal společné rysy mezi různými limity a různými autory – viz *Obr. 4-32*.



Obr. 4-32 Limity teplotního stresu pro bezchybné provedení různých úkolů (87)

Legenda – viz *Obr. 4-32*:

- duševní a poznávací úkoly (trojúhelníkové symboly),
- sledovací úkoly (kruhové symboly),
- duální úkoly (diamantové symboly),
- fyziologická tolerance (čtvercové symboly).

U každé křivky teploty je uveden vzestup hluboké teploty tělesného jádra. Efektivní teplota, využitá při měření, je teplota beroucí v úvahu teplotu vzduchu, radiační teplotu a vlhkost vzduchu. Také se dá definovat jako teplota prostoru při relativní vlhkosti 50 %, která způsobí stejné celkové tepelné ztráty z pokožky jako ve skutečném prostředí.

Jiné limity, založené na rozdělení výkonnosti představil Konz (88). Wing a Touchstone provedli **rešerši 162 zdrojů** s efekty teploty na lidskou výkonnost. Sám Wing pak shrnul 15 různých studií pro sedavé práce pod vlivem tepla a dokázal, že ke zhoršení výkonnosti dochází ještě před dosažením fyziologických limitů. Hancock následně potvrdil nepříznivé efekty tepla při plnění různých úkolů. Na základě toho byla provedena revize kritérií lidské

tolerance k tepelným podmínkám a limitů, které uvedl NIOSH v roce 1986 (76). Tyto informace byly stanoveny pro aklimatizované a neaklimatizované jedince – viz *Obr. 0-3* a *Obr. 0-4 (Příloha č. 6)*. U obou obrázků se jedná o funkci teploty prostředí dle vlhkého teploměru, přerušované práce (min/h) a intenzity manuální práce, reflektované pomocí vynaložené tělesné energie. **Pracovník**, na kterého se limity vztahují má **70 kg a plochu těla 1,8 m²**. Obrázky zachycují tepelnou zátěž okolí, vyjádřenou v teplotě a jednotkách vlhkého teploměru, a pracovníkem vygenerované teplo. Limity jsou uvedeny za podmínek přerušované práce (např. oběd) a různé úrovně pracovníkovi aklimatizace. Tyto limitní funkce se neodkazují na kognitivně náročné práce jako dosud většina předchozích autorů.

Ramsey a Kwon (89) shrnuli v roce 1992 výsledky z více než 150 studií o vlivu různých intenzit teplot a expozičních. Vyšli z rozdělení na dvě hlavní skupiny činností nebo úkolů:

- mentální činnosti,
- psychomotorické činnosti.

Jejich přínosem bylo zaměření se na míru úbytku výkonnosti vlivem tepelného stresu:

- významný úbytek výkonnosti,
- okrajový úbytek výkonnosti,
- bez ovlivnění výkonnosti.

Na základě těchto studií byl ustanoven společný tepelný stresový index, který kombinuje vlastnosti teplého prostředí. **Některé výzkumy jsou i 30 let staré, protože současná omezení nedovolují takovéto experimenty vystavování teple.** Mnoho těchto studií také využívalo takzvané *efektivní teploty (ET)*, která je více percepčně orientovaná než stupnice prostředí. Ramsey a Kwon si vybrali stupnici *WGBT (Wet Globe Bulb Temperature – teplota vlhkého kulového teploměru – teplota vlhkého teploměru)*, teplotu užitou v NIOSH 1973 pro konverzi na *ET- CET (corrected effective temperature)*, ze které může být *WGBT* derivována. Užití stupnice pro vlhký teploměr umožňuje porovnání více kritérií (protože byla tato stupnice dříve obvyklá a autoři ji užívali) – viz *Obr. 0-5* a *Obr. 0-6 (Příloha č. 6)*.

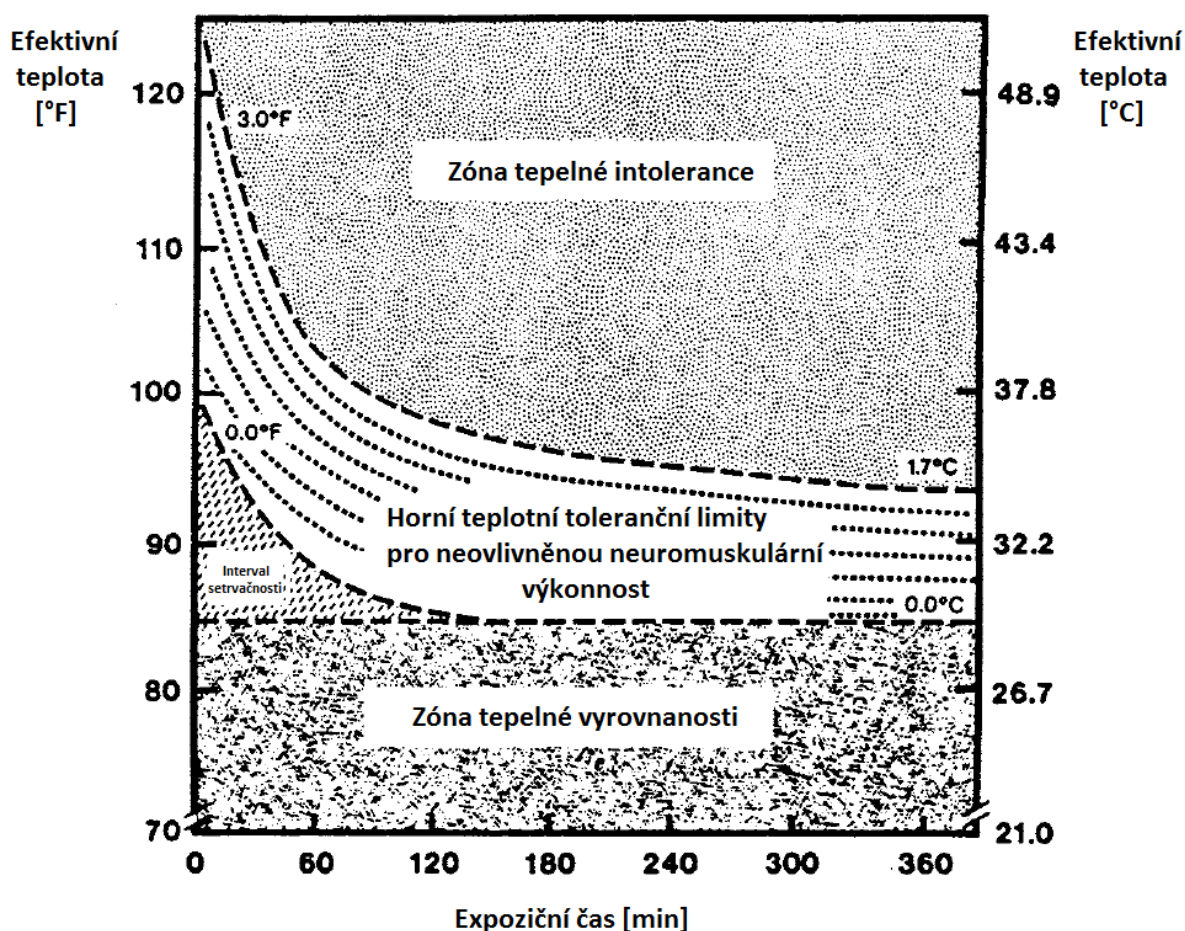
Na základě studií je možné odvodit že:

- U nízké mentální výkonnosti je evidován malý úbytek výkonnosti vlivem tepelného stresu. Existuje však málo poznatků, že během malých expozičních časů se naopak paradoxně výkonnost zvýšila.
- Tento efekt poukazuje na to, že těsně před fyziologickým kolapsem dochází k již minimálnímu poklesu výkonnosti.
- Úkoly vyžadující složku motorické výkonnosti jsou na teplo více náchylné.

Na základě toho Hancock rozdělil psychomotorickou výkonnost do jednoduchých duálních úkolů – viz *Obr. 4-32*.

Hancock (87) použil pro stanovení mezních hodnot výzkum Houghtena a Yaglogloua, kteří jej měli podpořen výzkumem, který však z etických důvodů není možné provádět. Různé úrovně změny hluboké tělesné teploty mohou být nahrazeny různými funkcemi času/*ET* jako limit pro každý úkol a kategorii – viz *Obr. 4-32*. Bylo také provedeno mnoho studií s nepropustnými obleky, které mají vliv na hlubokou teplotu tělesného jádra. Na základě toho bylo zjištěno, že **větší vliv na výkonnost měla teplota tělesného jádra než teplota okolí jako taková**. Tyto poznatky také souvisí s aklimatizací jedince. Hancock také stanovil výkonnostní limity, kdy **kognitivní a jednoduché úkoly nebyly tolik ovlivněny oproti komplexním úlohám s více pohyby**. Naproti tomu **psychická zátěž při zpracování dat byla ztotožněna s fyzickými nároky manipulace s materiálem**. U některých úkolů, jako je třeba

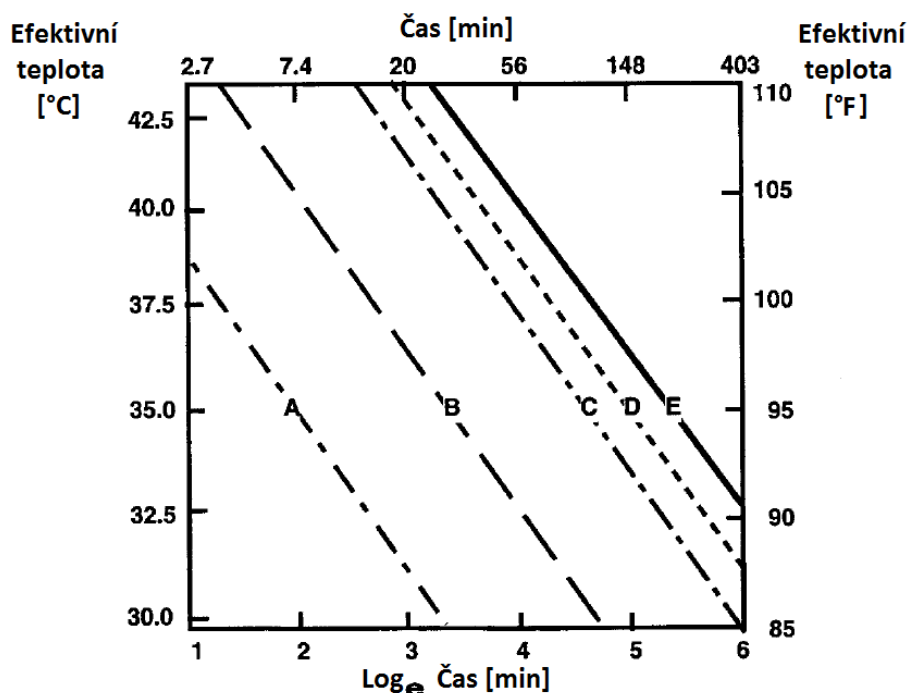
sledování děje nebo procesu, je zřejmě velice nízké nutné úsilí. Tyto úkoly jsou však velice citlivé na teplotní účinky, což potvrdila řada autorů (86). Hancock pak vytvořil isodekrementální křivky pro selhání výkonnosti vlivem teploty, které mohou být brány jako vyjádření limitů dynamických změn teploty tělesného jádra. Tyto limity byly zpracovány a zapsány do zón tepelného stresu – viz *Obr. 4-33*.



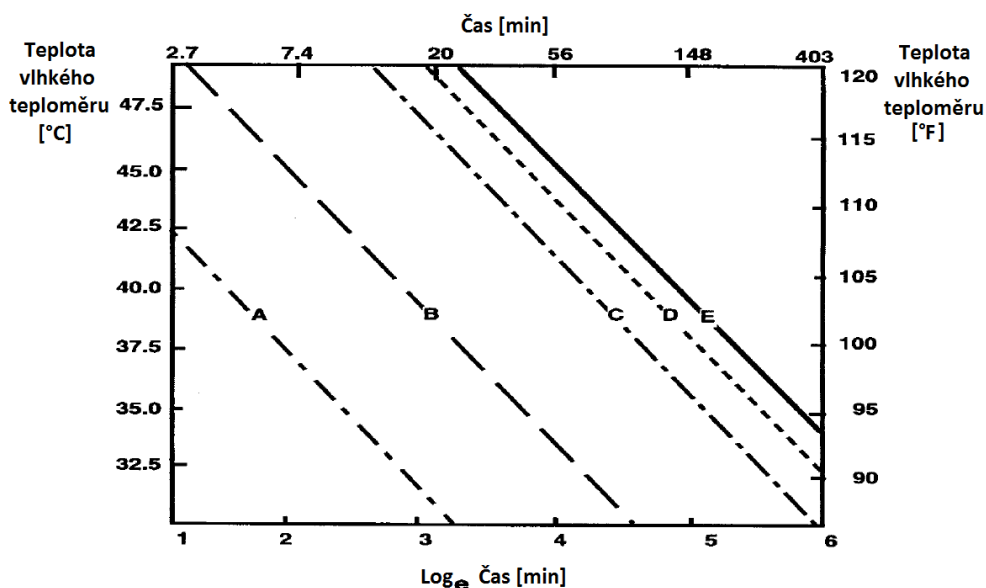
Obr. 4-33 Výsledné zóny výkonnosti jak je identifikoval Hancock a Vercreuyssen (90)

Čísla uvnitř obrázku představují růst teploty hlubokého tělesného jádra, její růst má na výkonnost významný vliv.

Další, šetrnější způsob určení limitu tepelné zátěže je založen na alternativní reprezentaci známých výkonnostních limitů při různých úkolech – viz *Obr. 4-34* a *Obr. 4-35*.



Obr. 4-34 Výsledné limity lidské výkonnosti v (ET)/log_e (Čas) v Kartézském prostoru (91)



Obr. 4-35 Limity lidské výkonnosti ve WGBT/log_e (Čas) v Kartézském prostoru (91)

Na Obr. 4-35 je na horizontální ose vynesena expoziční čas. Na vertikální pak tepelná intenzita vyjádřená jako teplota vlhkého teploměru WGBT. Časová osa sahá od krátkých časů (např. 3 min) až po čas směny, zkráceného o přestávku na jídlo, nebo čas rozjezdu směny a úklidu po směně. Vertikální osa sahá od mezí tolerovatelných podmínek až k mezním limitům (114 °F ET = 45,556 °C). Tato zóna je označována jako zóna tepelné rovnováhy a hranice mezních výkonů jsou v ní rovnoběžky.

$$ET = a - b \cdot \log_e \cdot T$$

- *a* a *b* jsou empiricky determinované konstanty (*a* je průsečík s osou tepelné intenzity a *b* udává sklon úkolových křivek a má hodnotu 4,094 – křivky jsou rovnoběžné). Čím

vyšší je parametr a , tím vyšší je výkonnostní limit a nižší požadavek na pozornost při úkolu.

- Linie E označuje fyziologický strop.
- Linie D označuje jednoduché duševní úkoly (Hancock 1981, Ramsey a Kwon 1992).
- Linie C označuje koordinace nervů a svalů.
- Linie B označuje duální úkoly = C + D (Hancock 1982).
- Linie A označuje empirická data – nutná trvalá pozornost a bdělost – monitorování a kontrola – nejméně citlivá činnost na teplotu (Hancock 1984, Hancock 1986).

Tyto linie, za kterými již nastává selhání, jsou důležité pro navrhování budoucích pracovišť.

Tabulka 15 – Limitní hodnoty pro výkonnost různých úkolů a teplotní linie dle ET (jednotný sklon $b = 4,094$) (91)

Křivka	Typ úkolu	Empiricky stanovený průsečík	Průsečík přizpůsobený toleranci
A	Trvalá pozornost a bdělost	42,82	41,00
B	Duální úkoly	48,59	47,00
C	Koordinace nervů a svalů	53,96	53,00
D	Jednoduché duševní úkoly	55,81	54,00
E	Fyziologický strop	57,06	55,00

S vazbou na Obr. 4-34 je nutné zmínit dva hlavní problémy:

- Nulový bod na logaritmické části je v nekonečnu a zachycené hodnoty slouží pouze pro vykreslení čar v oblasti času / limity intenzity. Tolerance by neměla být rozšiřována za zachycené hranice bez dalších experimentů.
- Jsou předloženy dvě hodnoty – jedna je odvozena z empirických dat a druhá je konzervativně upravena tak aby byla použitelná pro tolerance obsažené v normách.

Tyto uvedené dva body platí i pro interpretaci s využitím teploty vlhkého teploměru a limitních hodnot – viz Tabulka 16.

Stejná interpretace se stanovením limitních hodnot pro teplotní křivky pro Obr. 4-35, na kterém je využito stupnice vlhkého teploměru.

Tabulka 16 – Limitní hodnoty pro výkonnost různých úkolů a teplotní linie dle WGBT (jednotný sklon $b = 5,435$) (91)

Křivka	Typ úkolu	Empiricky stanovený průsečík	Průsečík přizpůsobený toleranci
A	Trvalá pozornost a bdělost	48,02	46,00
B	Duální úkoly	55,68	54,00
C	Koordinace nervů a svalů	63,11	62,50
D	Jednoduché duševní úkoly	65,33	64,00
E	Fyziologický strop	66,56	65,00

Každá hraniční křivka popisuje dynamický růst teploty tělesného jádra a koresponduje s limitem efektivního výkonu v rámci specifických úkolů. To umožňuje transpozici výkonových limitů z oblasti čas-teplota do oblasti na teplotu vlhkého teploměru-čas. Teplota vlhkého teploměru nahradila efektivní teplotu v rámci tepelného zatížení ve všech experimentech. Byla také doporučována NIOSHem v jeho předpisech a dalších standardech.

Přímá translace mezi efektivní teplotou a teplotou vlhkého teploměru není možná z důvodu fyzikálních vlastností atmosféry – existence sálavého tepla při měření *ET*.

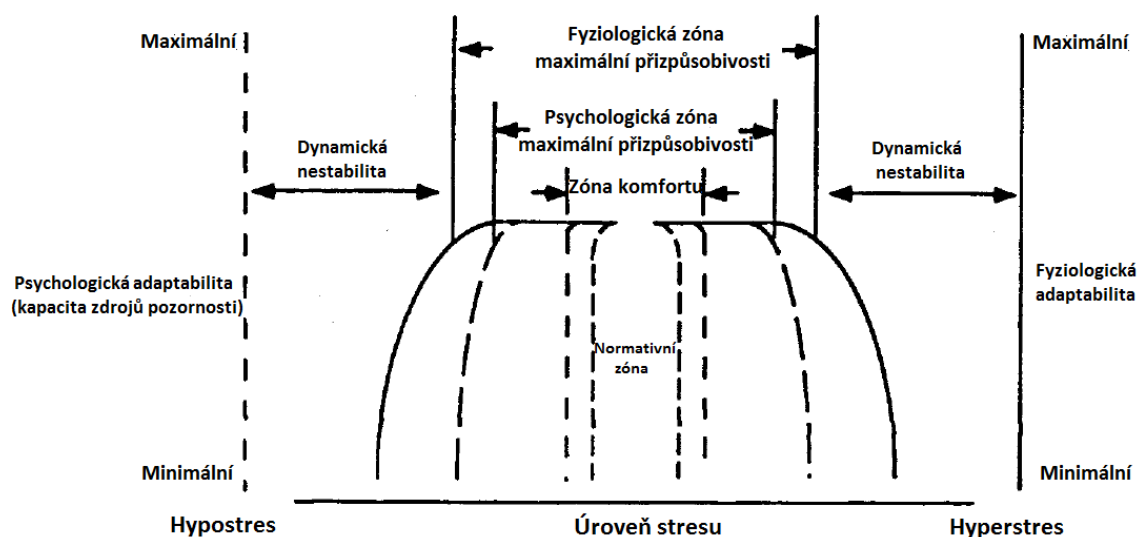
Ramsey a Kwon (89) tuto translaci provedli pomocí odhadu chybějících dat – růst tělesné teploty může nahradit chybějící data. Jejich práce navazuje na výzkum Jensena a Heimse (92). Výsledky prezentované Ramseyem a Kwonem jsou lepší, než převod *ET* a *WGBT*, kterou užil NIOSH 1972 související s křivkou tepelného stresu, navrženou Wingem. Translací se zabýval i Parsons (93), který využil limity Jensena a Heimse (92). Nové mezní křivky (*Obr. 4-36*) obsahují prahové hodnoty zvýšení teploty tělesného jádra pro:

- bdělost – 0,055 °C,
- duální úkoly – 0,22 °C,
- neuromuskulární koordinaci úkolů – 0,88 °C,
- jednoduchou mentální činnost – 1,33 °C,
- fyziologickou toleranci – 1,67 °C.

Hodnota negativního sklonu $b = 5,435$ v rovnici:

$$WGBT = a - b \cdot \log_e \cdot T$$

Hodnoty pro stupnici mokrého teploměru uvádí *Tabulka 16*. Uvedené hranice by měly být chápány jako body kritického selhání podél exponenciály závislosti výkonu na intenzitě stresu způsobeného teplem a druhá je součin času expozice a teploty – *Obr. 4-34* a *Obr. 4-35* (91). Co se týče tepelného stresu, není teorie jednotná. Na základě rostoucího požadavku na pozornost a úkoly s ní spojenými, jsou meze většiny současných studií postaveny na požadavku pozornosti za přítomnosti stresu. Hancock a Warm (94) prezentovali model maximální adaptability za přítomnosti stresu z prostředí – viz *Obr. 4-36*. Předpokladem tohoto modelu je fakt, že tepelný stres má škodlivé účinky na výkonnost člověka, a limitem je fyziologická degradace. Dále se prokázal nejednotný teoretický rámec při zkoumání tepelného stresu v rámci mentální výkonnosti a míry způsobeného stresu obecně. Vycházelo se z publikovaného výzkumu (Duffy, 1962; Provins, 1966; Poulton, 1977), kteří předpokládali vztah ve tvaru převráceného „U“ mezi úrovní vzrušení jedince a úrovní environmentálního stresu. Z důvodu nedostatku podkladů je vhodné použít empirické rozdělení do výkonnostních tříd. Rozdělení úkolů je založeno na požadavcích na pozornost. Model předpokládá, že teplo má škodlivé účinky na výkon.



Obr. 4-36 Model maximální adaptability (94)

Základní osa sahá od odlehčení (Hypostres) až po extrémní přetížení (Hyperstres). Uprostřed se nachází zóna minimálního napětí (Normativní zóna). Tato zóna nevyžaduje žádné aktivní kompenzační úsilí ze strany jedince. Kolem této zóny se vyskytuje zóna komfortu. V této zóně je snadné dosáhnout změny kognitivních požadavků a výkon zůstává optimální. Vzhledem k tomu se míra stresu od této zóny zvyšuje a pozornost klesá. Na začátku tohoto jevu jsou zbytky pozornosti efektivně využívány (psychická adaptabilita). Při vyšších úrovních stresu se tyto zdroje pozornosti vyčerpají a dochází k progresivnímu selhání. Extrémní úroveň stresu dostávají jedince ze zóny homeostáze (fyziologická zóna maximální přizpůsobivosti) k oblasti dynamické nestability – život ohrožující stav, například úpal. Vhodnější interpretace modelu je jeho rozdělení na 3 oblasti:

- Ploché vrchol obráceného „U“ – provozní režim – dynamicky stabilní.
- Ramena, přechodové oblasti s vícenásobným stresem – oblast diskontinuit s morfologií katastrofického selhání.
- Dlouhá ramena – dynamicky nestabilní oblasti – počínající selhání.

Další charakteristikou tohoto modelu je jeho symetrie. Napětí roste symetricky s progresivní odchylkou od centrální normativní zóny. Fyziologická i behaviorální degradace má stejnou funkci. Mění se parametr křivek (94).

Uvedené studie jsou většinou postaveny na fyziologii, která je historickým základem ergonomických norem. V dnešní době však sledujeme přechod fyzické práce k práci s informacemi. Stejně tak kognitivní výkonnost a chyby jsou závažným problémem dnešních ergonomů nebo průmyslových inženýrů, stejně jako zranění pro tradiční ergonomy. Dřívější úrazy měly charakter fyzických zranění a na základě toho byla vytvořena kritéria na ochranu proti takovým fyzikálními zdrojům ohrožení zdraví. Dnes se větší důraz změnil z fyzické námahy na kognitivní námahu a na její nepřizpůsobení. Výsledkem toho je, že kritéria, která byla navržena pro ochranu zdraví před fyzickým poškozením, nejsou vždy postačující pro kognitivní práci. Výkonnost centrální nervové soustavy je také nejvíce ovlivnitelný element pracovníka.

Další vlivy teploty na výkonnost – případová studie:

Vstupní informace případové studie (95):

- 11 neaklimatizovaných mladých mužů,
- dlouhá doba trvání studie – 8 až 9 dnů,
- kombinovaná práce z hlediska úkolů,
- mikroklima s vysokou vlhkostí (skupina B = 6 mužů) a velmi malou (skupina A = 5 mužů),
- přímé vyhodnocení studie na základě přímé spotřeby kyslíku při ranní ergometrii na jízdním kole před vystavením teplu a po vystavení teplu,
- expozice teplu v klimatické komoře po dobu 2h, kdy vykonají dva úkoly od 10 do 12 minut každý,
- skupina A byla vystavena teplu po delší dobu = 108 ± 12 min a skupina B byla vystavena teplu po kratší dobu = 95 ± 10 min,
- skupina B byla vystavena vyššímu tepelnému stresu, protože si během studie udržela vyšší hlubokou teplotu tělesného jádra – to mělo vliv i na kardio respirační kapacitu – stoupající trend spotřeby kyslíku.
- to bylo statisticky významné při prvních 4 dnech studie,
- lepší aklimatizaci vykazala skupina B, vystavená vyšší tepelné zátěži a vyšší vlhkosti.

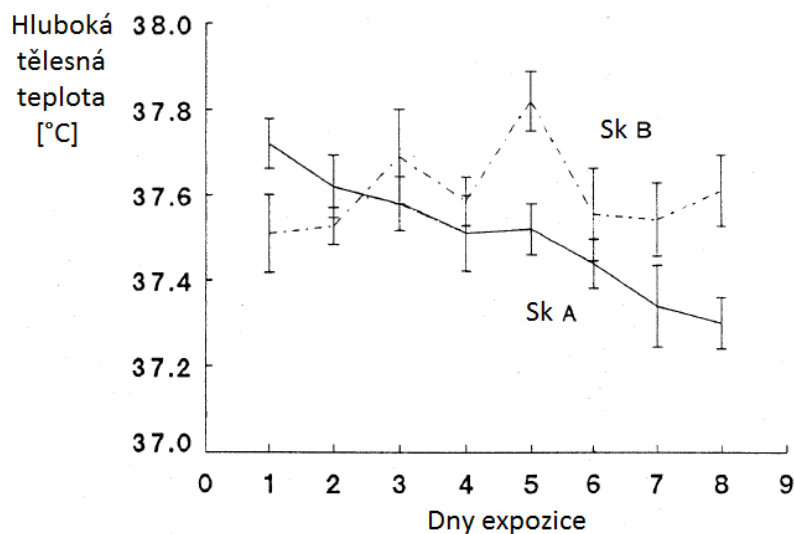
Různé výsledky případové studie ukazují na **skutečnost různého fyziologického a psychologického potenciálu člověka** ve vypořádávání se s podmínkami prostředí. Plná aklimatizace na vyšší teplotu není vždy plně možná, avšak někdy je možné aklimatizaci nahradit tepelným tréninkem, což potvrzují i autoři Gissolfi (96) nebo Avellini (97). To odpovídá rozdílům v lidské fyziologii, fyzické zdatnosti a schopnosti práce v teple. Samotná aklimatizace se odráží také v kardiorepiračních a termoregulačních schopnostech. Příjem kyslíku se zlepšuje fyzickým tréninkem. Samotná aklimatizace a vystavení teplu se odráží na kardiorepiračních schopnostech. Problémem studie bylo rozdělit dobrovolníky na aklimatizované a neaklimatizované. Byly provedeny křížové rozhovory s kontrolními otázkami a byly vytvořeny vzory obvyklé fyzické činnosti subjektů. Samotná studie byla provedena v chladných měsících roku, a tím pádem bylo možné minimalizovat přirozenou aklimatizaci dobrovolníků na teplo. Vše bylo zaznamenáváno do protokolů měření s následujícími podmínkami pro dobrovolníky:

- Mimo samotné měření se dobrovolníci nesměli věnovat žádné namáhavé fyzické práci a povoleno bylo jen sedavé zaměstnání.
- Měli dostatek spánku a v době studie nepoživali alkohol.
- Každé ráno před započítím měření byli dobrovolníci hodinu před měřením v laboratoři a 30 min před měřením trávili v naprostém klidu vsedě, nebo vleže v tzv. zóně tepelné rovnováhy (22 – 25 °C suchého teploměru a 50 % relativní vlhkosti).
- Samotné měření mělo 2 části:
 - Přímé stanovení maximální spotřeby kyslíku jako měřítka fyzické práce prováděné každý den v počáteční hodině před vystavením teplu.
 - 2 h chození denně v klimatické komoře po dobu 8 – 9 dnů:
 - skupina A – 41,3 ± 0,6 °C a 40 – 50 % relativní vlhkosti – suché teplo,
 - skupina B – 39,2 ± 0,6 °C a 70 – 80 % relativní vlhkosti – vlhké teplo.

Klimatické podmínky zůstaly neměnné po celou dobu studie. Uvnitř klimatické komory (*Hotpack International, USA*) nebyl žádný zdroj nucené ventilace. Vzduch se však hýbal (0,3 m/s) vlivem přirozené konvekce. Během expozice prováděli dobrovolníci 2 typy ergometrické práce středně těžké a těžké intenzity (dle spotřeby kyslíku) trvající od 10 do 12 minut. Hluboká tělesná teplota byla nepřetržitě monitorována (*Deep Body Thermometer - Type NPT2, Deep Body Thermometers Ltd., UK*). Spotřeba kyslíku, měřená pomocí ergometrického kola, byla měřena i v době odpočinku. Zátěž na ergometrickém kole byla zvedána pomocí brzdy z 50 na 225 W při 60 otáčkách/min. Maximální zatížení dobrovolníků se během studie pohybovalo v rozmezí od 175 do 225 W. Fyziologická odezva byla nepřetržitě monitorována během testů (plicní ventilace, obsah kyslíku a tep). Pro stanovení maximální spotřeby kyslíku byly dále užity následující parametry:

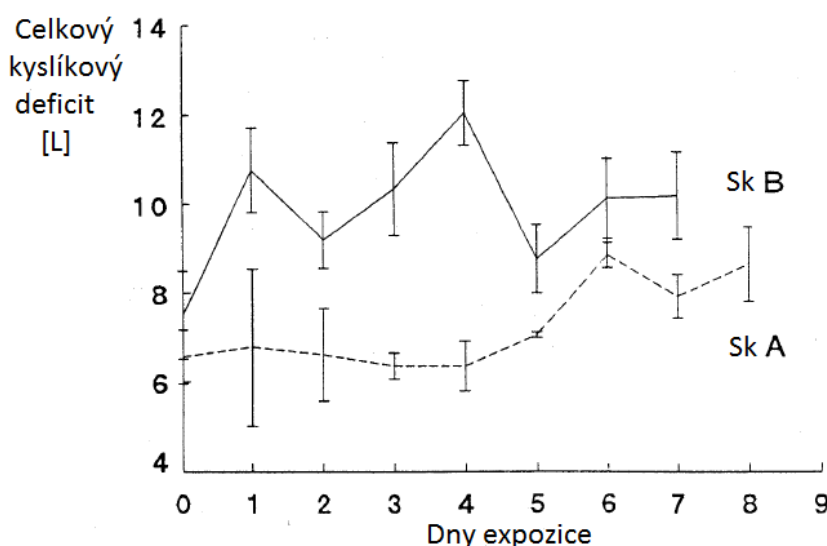
- dosažení max. srdeční frekvence vzhledem k věku – 190 tepů/min,
- spotřeba kyslíku dosáhla maximální úrovně, která se nezvyšovala ani při zvětšování zátěže,
- dobrovolníci vyjádřili neschopnost dále pokračovat v jízdě vzhledem k fyzickému vyčerpání.

Po ergometrickém měření byla sledována kinetika příjmu kyslíku pro zotavení. To však není pro potřeby této práce důležité.



Obr. 4-37 Změny hluboké tělesné teploty během tepelné expozice teploty (95)

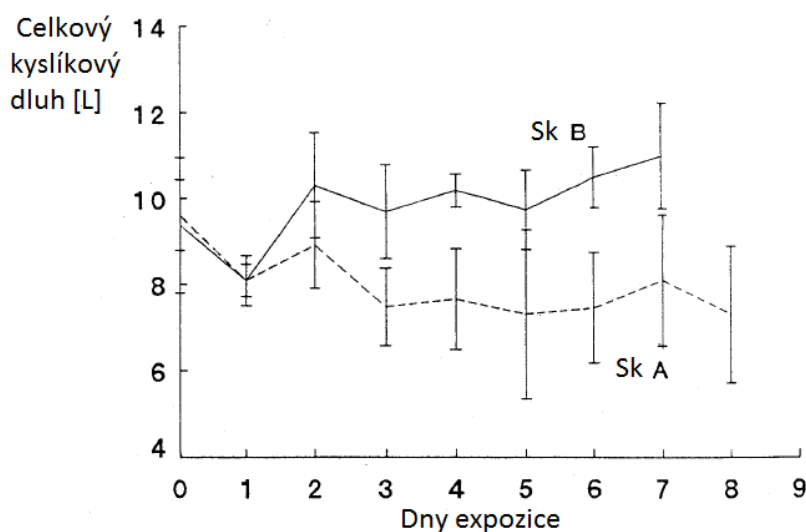
Na Obr. 4-37 je zachycena teplota hlubokého tělesného jádra, kterou subjekty dosáhly v jednotlivých dnech. Skupina B měla trvale vyšší tepelnou zátěž způsobenou vyšší teplotou i vlhkostí vzduchu (menší možnost pocení a ochlazování organismu), což se odrazilo i na vyšší hluboké teplotě tělesného jádra. Teplota byla první den $37,5 \pm 0,09$ °C a v dalších osmi dnech $37,6 \pm 0,06$ °C. Skupina A prokázala po celou dobu studie konstantní sestupnou tendenci teploty hlubokého tělesného jádra z $37,7 \pm 0,06$ °C o $0,4$ °C. V prvních dvou hodinách byla hluboká teplota tělesného jádra skupiny A poněkud vyšší. Skupina B (aklimatizovaná) vykazovala lepší pracovní kapacitu způsobenou aklimatizací. V posledních dnech studie se dostavil pokles pracovní kapacity u obou skupin, který mohl být způsoben celkovou svalovou únavou, což se projevilo na kyslíkovém deficitu – Obr. 4-38.



Obr. 4-38 Kyslíkový deficit při práci během expozice teploty a změna pracovní kapacity (95)

U skupiny B vznikl v prvních čtyřech dnech vyšší kyslíkový deficit, který následně klesal. Naproti tomu u skupiny A byla spotřeba kyslíku v prvních čtyřech dnech konstantní a po nich docházelo k postupnému nárůstu, který byl kompenzován v době odpočinku – fáze obnovy. Kyslíkový deficit dosáhl vrcholu v šestém dnu a udržoval si tuto hodnotu do konce studie. Tento nárůst deficitu kyslíku je také ukazatelem zlepšení pracovní kapacity vlivem

aklimatizace. U skupiny B (vlhké teplo) k této aklimatizaci došlo rychleji než u skupiny A (suché teplo) – viz *Obr. 4-39*.



Obr. 4-39 Kontrakce kyslíkového deficitu během expozice (95)

U skupiny A zůstal kyslíkový dluh stabilní s okrajovým klesajícím trendem v rámci dnů expozice tepla, zatímco v případě skupiny B, vystavené vlhkému teplu, došlo k výraznému nárůstu kyslíkového dluhu.

Studie prokázala, že vystavení člověka kombinované zátěži práce a tepla má za následek charakteristický vliv na spotřebu energie. Dlouhodobá expozice má vliv na pracovní kapacitu a energetické rezervy. Studie ukázala:

- Skupina B, vystavená vlhkému teplu, měla relativně vyšší pracovní výkon, který byl ze statistického hlediska významný až do doby čtyř dnů od počátku expozice.
- U skupiny A, která byla vystavena suchému teplu, došlo k okrajovému zlepšení od pátého do sedmého dne.
- Skupina A i B byly homogenní ve všech ohledech.
- Relativně vyšší pracovní kapacita skupiny B může být přičítána aklimatizaci na podmínky vlhkého tepla.
- Vlhké prostředí má podstatně vyšší nároky na kardiorepirační systém ve srovnání s prací v suchém prostředí.

Závěry studií:

Závěry výše uvedených studií věnujících se vlivu teploty na výkonnost znázorňuje *Tabulka*

17

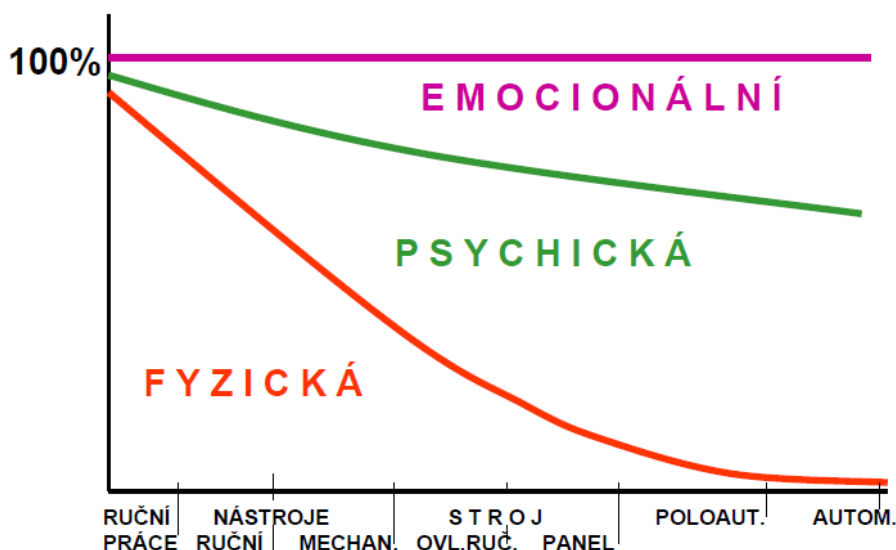
Tabulka 17 – Výsledky vlivu teploty na výkonnost pracovníka

Vliv teploty na výkonnost	
U mentálních úkolů dochází k rapidnímu úbytku výkonnosti oproti psychomotorickým úkolům	Větší vliv na výkonnost má teplota tělesného jádra než teplota okolí jako taková.
Vysoký vliv na výkonnost má aklimatizace - projevuje se rychlejším doplněním kyslíkového deficitu i stálou teplotou tělesného jádra	Jedinci vystavení vlhkému teplu, měli relativně vyšší pracovní výkon, který byl ze statistického hlediska významný až do doby čtyř dnů od počátku expozice (celkem 8 - 9 dnů po dobu 2h).
U úkolů s nízkými nároky na mentální výkonnost je evidován malý úbytek výkonnosti vlivem tepelného stresu. Existuje však málo poznatků, že během malých expozičních časů se naopak paradoxně výkonnost zvýšila.	Aklimatizovaní jedinci vykazovali relativně vyšší pracovní kapacitu.
Před fyziologickým kolapsem dochází už jen k minimálnímu poklesu výkonnosti - velmi nebezpečné - malá schopnost rozpoznání mezního stavu.	Vlhké prostředí má podstatně vyšší nároky na kardiopulmonální systém oproti suchému prostředí.
	Úkoly vyžadující složku motorické výkonnosti jsou na teplo více náchylné na úbytek výkonnosti.
Porovnávání jedinci by měli být stejné tělesné konstituce, výšky a hmotnosti i oblečení (fyziologické pochody, izolační schopnosti oděvu atp.)	

4.5.4 Formulace dílčích závěrů

Vzhledem k tomu, že testování vlivu fyzikálních faktorů na výkonnost pracovníků není z etických důvodů možné, byly vyhledány existující případové studie věnující se vybraným faktorům. Jednalo se o faktory, které jsou v praxi více či méně měřitelné pracovníky zodpovědnými za dodržování ergonomických kritérií v podniku. Jednalo se o vliv faktorů hluku, vibrací a teploty. U všech faktorů bylo prokázáno, že jejich vliv na výkonnost roste s jejich rostoucí intenzitou. U některých faktorů byly prokázány hranice únosnosti a u některých byly stanoveny vlivy jejich složek (např. výška nebo hloubka u hluku). Jednoznačně však nejde vliv fyzikálních faktorů konkretizovat z důvodu rozdílnosti pracovníků (věk, hmotnost, aklimatizace, fyzická zdatnost, vnímavost atp.), na které působí. Některé studie tvrdí, že tepelné podmínky mají mnohem větší vliv na subjektivní pohodu člověka než škodliviny nebo obtěžující hluk. Velmi silný vliv měly vibrace celého těla na percepční procesy. Výsledky uvádějí, že vibrace mají destruktivní vliv na většinu člověkem prováděných pracovních činností a speciálně ty, které souvisí s jemnou motorikou a vizuálním vnímáním. Vlivy fyzikálních faktorů by se měly přesunout z pozice obav o fyziologické účinky do oblasti stresu, který způsobují. Kognitivní vědy se studiem neuropsychologických vlivů by měly získat vyšší význam. Množství psychologických aspektů, které mohou výkon člověka ovlivňovat, nebylo možné v rámci této práce obecně postihnout. V praxi musí být v rámci hodnocení pracovního místa, resp. pozice a člověka aplikován konkrétní stav, který na pracovišti existuje.

Nízký pokles emocionální a psychické zátěže, navzdory snižování fyzické zátěže, potvrzuje i autor Chundela – viz (14). Expoziční kritéria by měla být stanovena na základě integrace behaviorální odezvy na práci s fyziologickým přizpůsobením okolním podmínkám.



Obr. 4-40 Závislost zátěže na typu práce (1)

4.6 Návrh metodiky

Než bylo přikročeno k popisu jednotlivých kroků nově navrhované metodiky, bylo vhodné provést shrnutí předchozích důležitých částí práce, které podobu metodiky ovlivnily.

Na základě tří hlavních pilířů práce – pro vyvažování:

- zdraví člověka – aspekty zdraví
- výkon systému – aspekty ergonomické
- aspekty funkce systému – aspekty ergonomicko – psychologické

byla vytvořena soustava okrajových podmínek. Dále na základě ergonomických faktorů (ochrana zdraví a života) – ČSN 614-1 byla vypsána ergonomická kritéria, která vychází z ergonomických faktorů. Tato kritéria odpovídají svojí specifikací výrobnímu či montážnímu pracovišti. Jejich vyjádření je pomocí parametru, který má číselnou hodnotu. Tato kritéria a jejich subkritéria byla přiřazena k třem hlavním pilířům práce.

Samotná kritéria, vyvažovat nelze, avšak je možné stanovit:

- kde je možné nerespektování ergonomických faktů očekávat,
- jak velké problémy nerespektování ergonomických faktů působí,
- a v jaké oblasti.

Na základě toho bylo možné provést kontrolu konkrétní oblasti, kterou kritérium vyjadřuje.

Hrubý postup metodiky bylo možné stanovit následovně:

- Kde je možné problémy s aspekty stanovených pilířů očekávat,
 - podle preferencí pracovníka, který má ergonomii v podniku na starosti.
- Kde a jak velký problém může nerespektování ergonomických kritérií způsobit,
 - podle expertů.
- Rozbor tohoto vliv v rámci systému člověk – technika – prostředí,
 - popis pomocí aplikace životního cyklu produktu dle *Teorie technických systémů*.
- Stanovení závislosti odezvy vazby mezi technickým systémem a člověkem,

- o jaký vliv má plnění ergonomických kritérií na systém.

Samotnou metodiku je možné rozdělit do 4 fází a do následných 7 kroků. V každém kroku je pak možné stanovit, co je **VSTUP**, co je **VÝSTUP** a co jeho aplikací získáme (**CO JE ZÍSKÁNO**) pomocí čeho, nebo také **JAKÝM ZPŮSOBEM**. Některé tabulky jsou zařazeny pouze jako ukázka jejich podoby a vzhledem k jejich velké velikosti jsou celé zařazeny v přílohách této práce. Celá metodika je podpořena modelem vytvořeným v nástroji MS Excel.

Metodika ergonomického návrhu pracovišť při vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému	
I. Fáze	Identifikace problematických oblastí v rámci ergonomie
	Krok 1 Stanovení preferencí pracovníka zodpovědného za ergonomii
	Krok 2 Komparace preferencí uživatele s objektivizovaným expertním posouzením
II. Fáze	Popis interakcí mezi člověkem, technickým systémem a prostředím
	Krok 3 Aplikace <i>Teorie technických systémů</i> na ergonomický systém člověk - technika - prostředí
	Krok 4 Aplikace <i>Teorie technických systémů</i> - specifikace oblastí vlivu ergonomických kritérií dle <i>Taxonomie vlastností</i>
III. Fáze	Kontrola obecných ergonomických zásad v rámci systému člověk - technika - prostředí
	Krok 5 Kontrola obecných ergonomických zásad na pracovišti
IV. Fáze	Kontrola náročnosti práce pomocí kontrolního profesiografického listu a příklady jejího snižování
	Krok 6 Kontrola faktorů prostředí na pracovišti
	Krok 7 Zásady pro snižování zatížení pracovníka

Obr. 4-41 Návrh metodiky

I. Fáze – Identifikace problematických oblastí v rámci ergonomie

Krok 1 – Stanovení preferencí pracovníka (uživatel metodiky) odpovědného za ergonomii v podniku.

V tomto kroku uživatel nejdříve stanoví, která z 8 hlavních kritérií mají vliv na pilíř I (Zdraví a bezpečnost), II (Výkon systému – pracovního), a III (Funkci systému). Jinak řečeno, do kterých pilířů tato kritéria a následně jejich subkritéria vstupují. Poté uživatel přiřadí jednak kritériím a následně i subkritériím významnost, kterou jim přisuzuje. Část této tabulky jako ukázku zobrazuje Obr. 4-42. Celá tabulka je zachycena – viz **Příloha č. 7 – Tabulka 27**. Zvolené hodnoty se poté automaticky přenesou do souhrnné tabulky s výsledky sběru uživatelského přiřazení významnosti kritériím a subkritériím, jejíž část ukazuje Obr. 4-43. Celá tabulka viz - **Příloha č. 7 – Tabulka 28**. Logika číselného vyjádření je taková, že 1 znamená nejnižší význam a 9 význam nejvyšší. Pro možnost vytvoření objektivizovaného

názoru expertů bylo užito online dotazníku. Jeho částečnou ukázkou zachycuje *Obr. 0-7 (Příloha č. 7)*.

Hodnoty získané od uživatele jsou využity v dalším kroku při automatickém stanovení váhy pomocí Saatyho matice pro jednotlivá kritéria i subkritéria.

- **VSTUP**
 - Přiřazení 8 kritérií 3 hlavním pilířům (I. – III.).
 - Přiřazení významnosti stanoveným ergonomickým kritériím a jejich subkritériím (8 kritérií a 52 subkritérií).
- **VÝSTUP**
 - Na základě přiřazení významnosti ergonomickým kritériím a subkritériím je dle Saatyho metody dopočítána jejich váha.
- **CO JE ZÍSKÁNO**
 - Je získán přehled o tom, ve kterých oblastech je možné očekávat nerespektování ergonomických přístupů, a tedy i možné problémy. Předpokladem je fakt, že těm ergonomickým kritériím, kterým se pracovník nevěnuje, nedává ani velkou významnost, tedy následně nemají pro pracovníka velkou váhu.
- **JAKÝM ZPŮSOBEM**
 - Za pomoci elektronického dotazníku a sběru informací z něho – viz *Obr. 4-42* a *Obr. 4-43* (uvedeny jsou pouze ukázky, celé tabulky jsou uvedeny v přílohách – *Příloha č. 7*).

Hodnocení významnosti ergonomických kritérií a subkritérií					
<p>Jedná se o subjektivní hodnocení důležitosti ergonomických kritérií a jejich subkritérií. Jedná se o kritéria, která by měla splňovat pracovní místa výrobních montážních podniků (práce u stacionárních strojů). Existuje 8 skupin, resp. 8 hlavních kritérií. Tato kritéria se dále dělí na subkritéria (52). Při přiřazování důležitosti je tedy nutné brát v úvahu kritéria na stejné úrovni. Stejně tak subkritéria na stejné úrovni.</p> <p>Například: Přiřazujeme li důležitost kritériu na hlavní úrovni posuzujeme kritéria 1 - 8 (otázka <i>Kritéria</i>) Přiřazujeme li důležitost subkritériím kritéria č. 1 posuzujeme subkritéria skupiny č. 1, tedy 1.1 - 1.5 (otázka <i>Subkrit 1</i>). Přiřazujeme li důležitost subkritériím kritéria č. 2, posuzujeme subkritéria skupiny č. 2, tedy 2.1 - 2.7 (otázka <i>Subkrit 2</i>) atd. Volba se provádí na zelených polích pomocí rozklikávací volby (výběr hodnot je 1 až 9), kdy 1 znamená nejnížší význam a 9 nejvyšší význam.</p> <p>Po ohodnocení významnosti kritérií a subkritéria je nutné ještě vyjádřit, které oblasti subkritéria ovlivňují - do kterého pilíře vstupují. Vliv subkritéria může být v následujících pilířích (1; 2; a 3), kdy subkritérium může vstoupit do jednoho, dvou i všech tří pilířů - volba se provádí X pomocí rozklikávací volby na žlutých polích.</p>					
Pilíř 1 - Označte subkritéria, která mají dle Vašeho názoru vliv na ZDRAVÍ A BEZPEČNOST pracovníka					
Pilíř 2 - Označte subkritéria, která mají dle Vašeho názoru vliv na MAXIMALIZACI VÝKONU pracovníka					
Pilíř 3 - Označte subkritéria, která mají dle Vašeho názoru vliv na FUNKCI pracovního systému					
K r i t e r i a	Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím 8 hlavním kritériím? Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Kritéria mohou být stejně významná.				
	1	Pracovní prostor	8		
	2	Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné	6		
	3	Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti	7		
	4	Zrakové a sluchové sdělovače	2		
	5	Osvětlení	9		
	6	Hluk a vibrace	6		
	7	Mikroklima - ovzduší	3		
	8	Riziko pracovních úrazů	1		
S u b k r i t e r i í	Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím subkritériím, kritéria 1 - Pracovní prostor? Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Subkritéria mohou být stejně významná.		PILÍŘ	PILÍŘ	PILÍŘ
			1	2	3
	1.1	Velikost nezastavěné podlahové plochy	2	X	X
	1.2	Světlá výška	4	X	X
	1.3	Vzdušná kubatura	6		X
	1.4	Přístup na prac. místo (schody, plošiny)	7	X	X
1.5	Volnost pohybu na pracovním místě	8	X		
S u b k r i t e r i í	Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím subkritériím, kritéria 2 - Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu? Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Subkritéria mohou být stejně významná.		PILÍŘ	PILÍŘ	PILÍŘ
			1	2	3
	2.1	Výška manipulační roviny nad podlahou - práce vsedě.	4	X	X
	2.2	Dosahové oblasti horních končetin na manipulační rovině vsedě	1		X
	2.3	Dosahové oblasti ve vertikální rovině vsedě	1	X	
	2.4	Dosahové oblasti při práci vstoje	1		X
	2.5	Viditelnost míst zrakem přímo sledovaných	1	X	X
	2.6	Viditelnost sdělovačů na a mimo stroj	3	X	X
2.7	Sedadlo pro trvalý sed, občasný odpočinek	1		X	

Obr. 4-42 Ukázka uživatelské tabulky pro volbu významnosti kritérií a subkritérií

[1 Pracovní prostor]	4
[2 Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu]	8
[3 Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti]	8
[4 Zrakové a sluchové sdělovače]	5
[5 Osvětlení]	4
[6 Hluk a vibrace]	5
[7 Mikroklima - ovzduší]	4
[8 Riziko pracovních úrazů]	4
[1.1 Velikost nezastavěné podlahové plochy.]	2
[1.2 Světlá výška.]	3
[1.3 Vzdušná kubatura.]	3
[1.4 Přístup na prac. místo (schody, plošiny).]	5
[1.5 Volnost pohybu na pracovním místě.]	6
[2.1 Výška manipulační roviny nad podlahou - práce vsedě.]	7
[2.2 Dosahové oblasti horních končetin na manipulační rovině vsedě.]	7
[2.3 Dosahové oblasti ve vertikální rovině vsedě.]	7
[2.4 Dosahové oblasti při práci vstoje.]	7
[2.5 Viditelnost míst zrakem přímo sledovaných.]	6
[2.6 Viditelnost sdělovačů na a mimo stroj.]	6

Obr. 4-43 Ukázka tabulky s výsledky sběru uživatelského přiřazení významnosti (1 až 9) kritériím a subkritériím

Krok 2 – Komparace preferencí uživatele s expertním objektivizovaným posouzením.

V tomto kroku dochází nejprve k přiřazení výsledků dle Saatyho tabulek na základě přiřazení vah jednotlivým kritériím a subkritériím. Následuje víceetapové rozhodování ve kterém má vliv jak váha hlavních 8 kritérií, tak jejich 52 subkritérií. Uživatel pak ještě může vyjádřit míru vlivu subkritéria, pokud vstupuje do více jak jednoho pilíře. Přiřazením vliv subkritériím k třem hlavním pilířům je pak získán jejich vliv na ně.

Poté dochází k porovnání výsledků uživatele s objektivizovaným expertním posouzením kritérií, subkritérií a jejich vlivu na tři hlavní pilíře odborníky.

Na základě toho je možné získat dva výsledky:

1. V případě návrhu pracoviště zcela nového získá uživatel přehled o oblastech, kterým by měla být věnována větší pozornost a jaký vliv má nerespektování kritérií a jejich

vlivu. Vodítkem je při tom objektivizované expertní posouzení odborníky z oblasti ergonomie.

2. V případě posuzování již existujícího pracoviště získává uživatel obraz toho, jakým oblastem by měl věnovat větší pozornost. Jsou to oblasti, kterým věnoval menší pozornost než odborníci z oblasti ergonomie. Významnou roli má opět objektivizované expertní posouzení odborníků z oblasti ergonomie.

Na základě **Kroku 1** uživatel přiřadí kritéria, resp. jejich subkritéria k jednotlivým pilířům. Uživatel má též možnost rozdělit celkový vliv subkritéria poměrově do jednotlivých pilířů, dle **OKP4** (přednastavené hodnoty k volbě jsou 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,33; 0,5; 0,6; 0,67; 0,7; 0,75; 0,9; 1) – tato funkce má i kontrolní pojistku, kdy pokud součet poměrů vlivu jednoho subkritéria přesáhne hodnotu 1 – objeví se vedle tabulky červené pole. Je získán přehled jak kritéria a jejich subkritéria ovlivňují jednotlivé pilíře – jaký mají vliv v rámci celku – viz ukázka tabulky - *Obr. 4-44* a *Obr. 4-45*. Celková tabulka je uvedena v přílohách – viz **Příloha 8**. Vše je doplněno i o grafické přehledy pro lepší názornost – následné grafy. V rámci aplikace, vytvořené k podpoře metodiky je uvedena tabulka dle objektivizovaného názoru odborníků a následně tabulka uživatele. Obě tabulky jsou stejné, aby bylo možné výsledky porovnat. Stejný postup byl zvolen u grafického vyjádření, kdy jsou nejprve uvedeny grafy dle objektivizovaného názoru odborníků a následně grafy dle uživatele metodiky.

- **VSTUP**

- Výstup **Kroku 1** – Váha kritérií a subkritérií dle Saatyho na základě preferencí pracovníka – automaticky.
- Objektivizované posouzení kritérií a subkritérií odborníky vytvořené na základě přiřazení jejich významnosti a jejich přiřazení do tří základních pilířů práce. Experti byly členové České ergonomické společnosti a členové Slovenské ergonomické společnosti.

- **VÝSTUP**

- Porovnání oblastí kde je na základě preferencí pracovníka možné očekávat neplnění ergonomických kritérií s oblastmi, kde tyto problémy řeší odborníci.

- **CO JE ZÍSKÁNO**

- Je získán přehled o tom, ve kterých oblastech je možné očekávat nerespektování ergonomických kritérií, a tedy i možné problémy a jejich vliv na celek (dle jednotlivých pilířů).
- Jedná se o oblast následující shody:
 - kritéria s nízkou významností a vahou dle uživatele oproti odborníkům – předpokladem je že těmto kritériím se uživatel nevěnuje a je možné u nich očekávat problémy.
 - kritéria s vysokou významností a vahou dle odborníků – kritéria, která pokud nejsou plněna, tak jejich dopad má velké následky.

- **JAKÝM ZPŮSOBEM**

- Za pomoci elektronického vyhodnocení Saatyho tabulek (pro ukázkou vložena tabulka pro subkritéria kritéria 1) – viz *Tabulka 18*. Získaná data jsou shrnuta ve výsledné tabulce s hodnotami významnosti kritérií a subkritérií. Tato tabulka uvádí jak měřitelnost (**OKP 3** – zelená – dobrá měřitelnost, žlutá – nutné vybavení a zkušenosti, červená – specifické a obtížné měření pro laika) subkritéria, tak jeho váhu a váhu subkritérií. Tyto hodnoty určují jejich vliv v rámci tří hlavních pilířů práce. Ukázkou této tabulky uvádí *Obr. 4-44* a *Obr. 4-45* (výsledková část). Celkové výsledky je možné zobrazit i pomocí grafů –

ukázka viz Obr. 4-46. Zjednodušený pohled na vliv kritérií a subkritérií viz Obr. 0-9.

Tabulka 18 – Ukázka Saatyho tabulky - stanovení významnosti subkritériím kritéria 1 a určení jejich vah

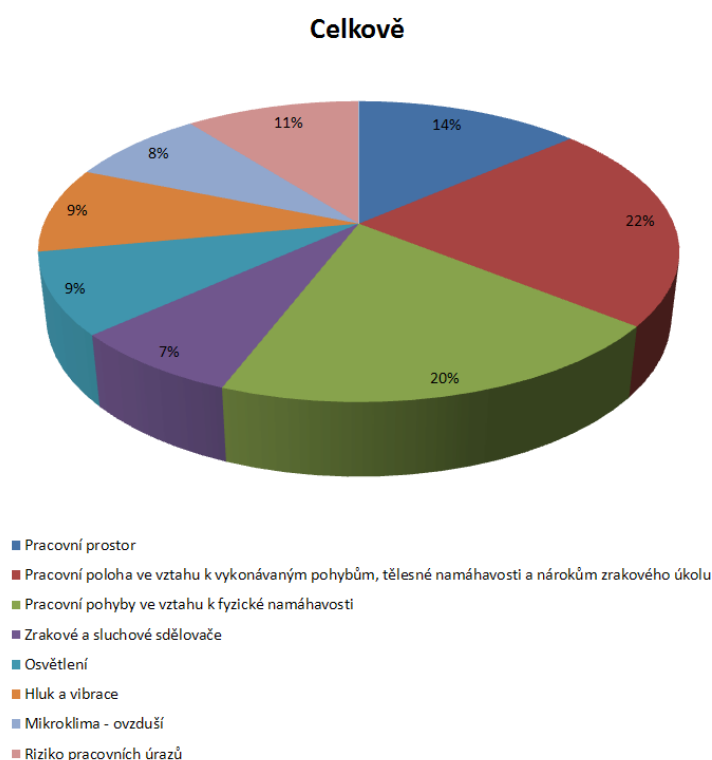
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	váha	norm
1.1	1	1/5	1	1/5	1/9	0,3385	0,05
1.2	5	1	3	1	1/5	1,2457	0,18
1.3	1	1/3	1	1/5	1/5	0,4217	0,06
1.4	5	1	5	1	1	1,9037	0,28
1.5	9	5	5	1	1	2,9542	0,43

	Kritérium	OKP 3	OKP 4	Váha subkritérií	Stanovení velikosti vlivu subkritéria v rámci tří hlavních			Stanovení velikosti vlivu subkritéria v rámci tří hlavních			Nastavení poměru velikosti vlivu subkritéria v rámci tří hlavních pílířů			
					1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Pracovní prostor				a	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1.1	Velikost nezastavěné podlahové plochy		1, 2, 3	0,0160	0,0053	0,0053	0,0053	0,0048	0,0032	0,0080	0,3	0,2	0,5
	1.2	Světlá výška		1, 3	0,0248	0,0124	0,0000	0,0124	0,0099	0,0000	0,0149	0,4		0,6
	1.3	Vzdušná kubatura		1, 2	0,0193	0,0096	0,0096	0,0000	0,0077	0,0116	0,0000	0,4	0,6	
	1.4	Přístup na prac. místo (schody, plošiny)		1, 2	0,0222	0,0111	0,0111	0,0000	0,0089	0,0133	0,0000	0,4	0,6	
	1.5	Volnost pohybu na pracovním místě		1, 2	0,0469	0,0234	0,0234	0,0000	0,0187	0,0281	0,0000	0,4	0,6	
2	Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu													
	2.1	Výška manipulační roviny nad podlahou - práce v sedě		1, 2	0,0229	0,0114	0,0114	0,0000	0,0091	0,0137	0,0000	0,4	0,6	
	2.2	Dosahové oblasti horních končetin na manipulační rovině vsedě		1, 2, 3	0,0244	0,0081	0,0081	0,0081	0,0098	0,0122	0,0024	0,4	0,5	0,1
	2.3	Dosahové oblasti ve vertikální rovině vsedě		1, 2, 3	0,0253	0,0084	0,0084	0,0084	0,0101	0,0126	0,0025	0,4	0,5	0,1
	2.4	Dosahové oblasti při práci vstoje		1, 2, 3	0,0228	0,0076	0,0076	0,0076	0,0091	0,0137	0,0000	0,4	0,6	
	2.5	Viditelnost míst znakem přímo sledovaných		1, 2	0,0184	0,0092	0,0092	0,0000	0,0074	0,0110	0,0000	0,4	0,6	
	2.6	Viditelnost sdělovačů na a mimo stroj		1, 3	0,0169	0,0084	0,0000	0,0084	0,0067	0,0101	0,0000	0,4	0,6	
	2.7	Sedadlo pro trvalý sed, občasný odpočinek		1, 2	0,0183	0,0092	0,0092	0,0000	0,0073	0,0110	0,0000	0,4	0,6	
3	Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti													
	3.1	Hmotnost ručně zvedaných a přenášených břemen		1, 2	0,0241	0,0121	0,0121	0,0000	0,0096	0,0145	0,0000	0,4	0,6	
	3.2	Vertikální vzdálenost zdvihu břemene		1, 2	0,0211	0,0105	0,0105	0,0000	0,0084	0,0126	0,0000	0,4	0,6	
	3.3	Kumulativní hmotnost břemen za směnu		1, 2	0,0213	0,0106	0,0106	0,0000	0,0085	0,0128	0,0000	0,4	0,6	
	3.4	Úchopové možnosti při zvedání a přenášení břemen		1, 2	0,0197	0,0099	0,0099	0,0000	0,0079	0,0118	0,0000	0,4	0,6	
	3.5	Umístění ručních a nožních ovladačů - síly		2, 3	0,0150	0,0000	0,0075	0,0075	0,0000	0,0060	0,0090		0,4	0,6
	3.6	Umístění zásobníků s dílci na prac.		2, 3	0,0173	0,0000	0,0087	0,0087	0,0000	0,0069	0,0104		0,4	0,6
	3.7	Umístění přepravek, kontejnerů atp.		2, 3	0,0114	0,0000	0,0057	0,0057	0,0000	0,0045	0,0068		0,4	0,6
	3.8	Typ ručních vozíků		1, 2	0,0076	0,0038	0,0038	0,0000	0,0030	0,0045	0,0000	0,4	0,6	
	3.9	Manipulace s výměnnými součástmi stroje		3	0,0073	0,0000	0,0000	0,0073	0,0029	0,0044	0,0000	0,4	0,6	

Obr. 4-44 Ukázka - Výsledná tabulka pracující s hodnotami získanými ze Saatyho tabulek

Riziko pracovních úrazů													
8.1	Pevné, pohyblivé kryty pohybujících se částí a technických zařízení		1, 3	0,0128	0,0064	0,0000	0,0064	0,0051	0,0000	0,0077	0,4		0,6
8.2	Kryty zabraňující odletu úlomků třísek a odpadu		1, 3	0,0172	0,0086	0,0000	0,0086	0,0069	0,0000	0,0103	0,4		0,6
8.3	Ochrana proti nežádoucímu spuštění		1, 3	0,0177	0,0088	0,0000	0,0088	0,0071	0,0000	0,0106	0,4		0,6
8.4	Ochrana proti riziku střihu, vtažení, zachycení atp.		1, 3	0,0133	0,0066	0,0000	0,0066	0,0053	0,0000	0,0080	0,4		0,6
8.5	Signalizace mimořádných stavů pomocí akustických sdělovačů		1, 3	0,0143	0,0071	0,0000	0,0071	0,0057	0,0000	0,0086	0,4		0,6
8.6	Barevné či jiné označení rizikových míst		1	0,0117	0,0117	0,0000	0,0000	0,0117	0,0000	0,0000	1		
8.7	Zabránění dosahu horních končetin do rizikových míst		1, 3	0,0172	0,0086	0,0000	0,0086	0,0069	0,0000	0,0103	0,4		0,6
8.8	Ochranné zábrany a překážky zabraňující přístupu do nebezpečného prostoru		1, 3	0,0150	0,0075	0,0000	0,0075	0,0060	0,0000	0,0090	0,4		0,6
V rámci OKP 3 - značí barvy jednoduchost posouzení nebo měření parametrů. Zelená bez problémů. Žlutá problematictější. Červená - kritérium je pro průmyslového inženýra těžko měřitelné.				Váha v rámci pilíře	45,50% 31,23% 23,27%			40,91% 38,10% 20,99%					
V rámci OKP 4 jsou jednotlivým kritériím přiřazeny čísla podle toho, do jakého pilíře vstupují. Číslo může být jediné, ale i všechna.													

Obr. 4-45 Ukázka - Spodní část výsledné tabulky pracující s hodnotami získanými ze Saatyho tabulek, zobrazující výsledný vliv subkritérií v jednotlivých pilířích práce



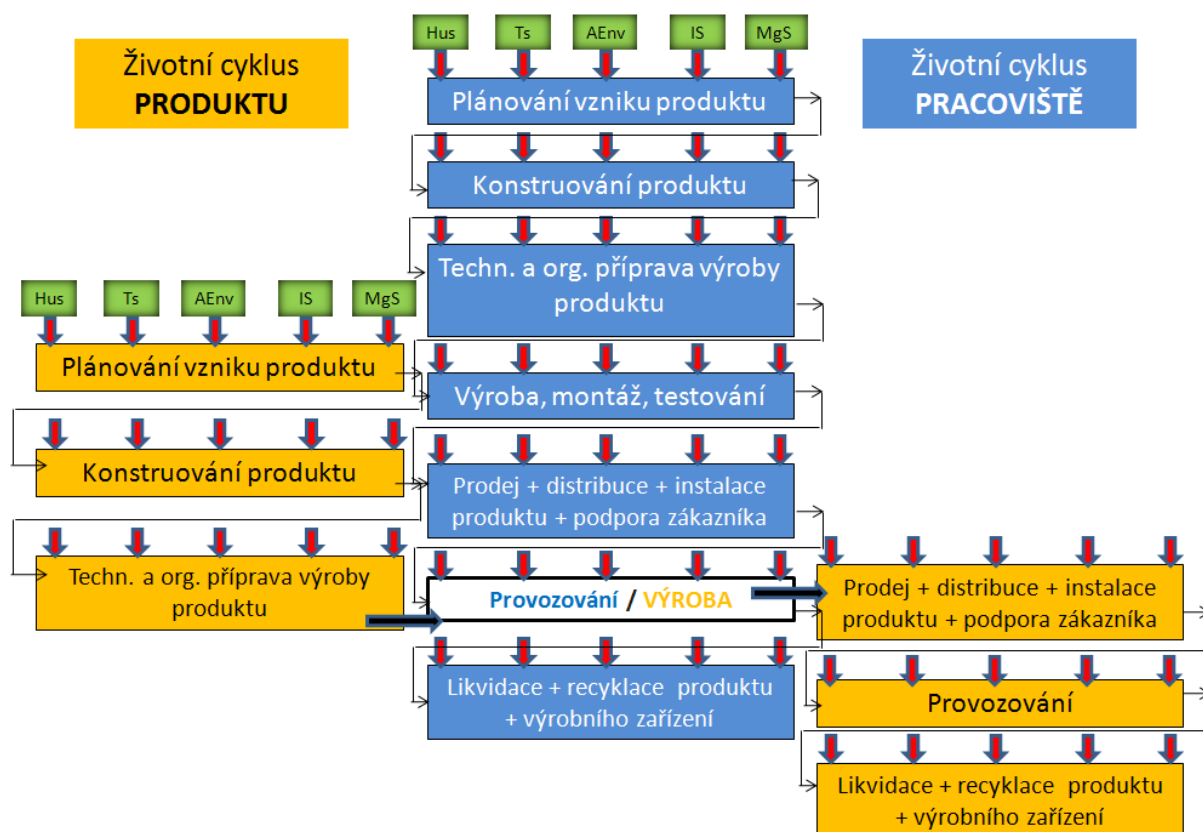
Obr. 4-46 Grafické vyjádření vlivu kritérií a subkritérií na základě výsledné tabulky

II. Fáze – Popis interakcí mezi člověkem, technickým systémem a prostředím

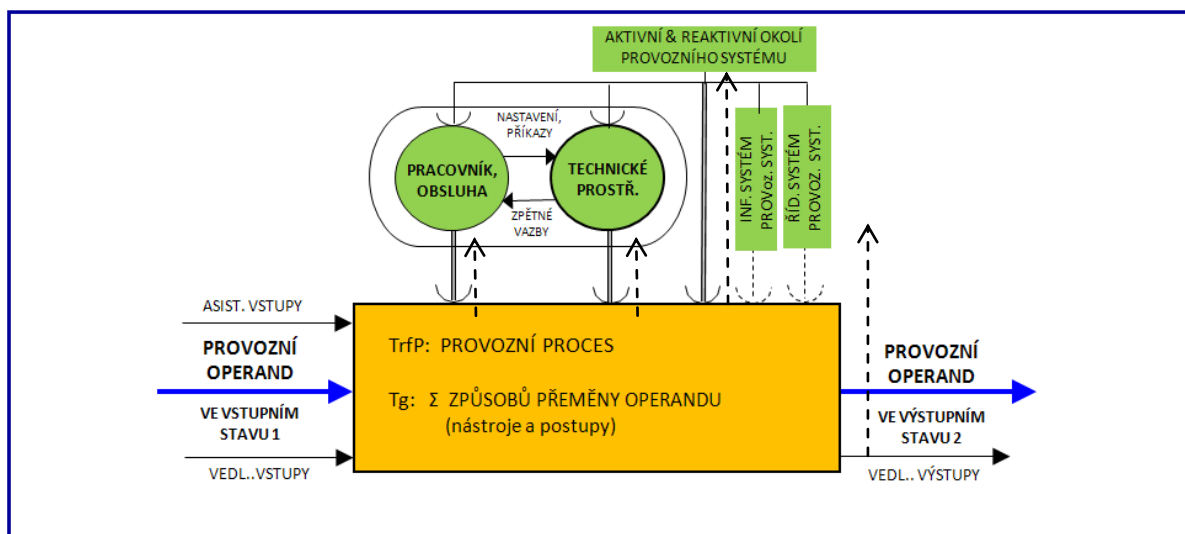
Krok 3 – Aplikace *Teorie technických systémů* na ergonomický systém Člověk – Technika – Prostředí.

V tomto kroku uživatel rozdělí činnost na pracovišti na jednotlivé jednoduché transformační systémy dle *Teorie technických systémů*. Jde o naplnění tří hlavních operátorů (*HuS*, *TS*, *AEnv*), resp. člověka, techniku a prostředí. Těchto jednoduchých transformačních systémů musí být tolik, aby jejich propojením došlo k naplnění celkové části životního cyklu, tedy výrobě produktu.

- **VSTUP**
 - Obecný model Transformačního systému
 - Rozložení činností na pracovišti na jednotlivé jednoduché transformační systémy.
- **VÝSTUP**
 - Rozložené prováděných činností na pracovišti do jednoduchých transformačních procesů.
- **CO JE ZÍSKÁNO**
 - Je získán jednoduchý popis systému ČTP. Jedná se zejména o činnosti a vlivy (viz příklad jednoduchého transformačního systému kování výkovku).
- **JAKÝM ZPŮSOBEM**
 - Za pomoci užití části životního cyklu produktu (provozování pracoviště – vzniká produkt – viz oblast životního cyklu – viz *Obr. 4-47*) a jednoduchého modelu transformačního systému – viz *Obr. 4-48*.



Obr. 4-47 Ukázka vyznačení oblasti zájmu – prolnutí dvou životních cyklů produktů, kdy je provozováním pracoviště vyráběn produkt



Obr. 4-48 Ukázka obecného jednoduchého modelu transformačního systému označeného jako Provozní systém (45)

Příklad – Kování výkovku

- Provozní operand ve vstupním stavu 1 – polotovár.
- Asistující vstupy – oheň, teplo, vzduch.
- Vedlejší vstupy – prach, vzdušná vlhkost.
- Transformační proces – kování.
- *HuS* – pracovník.
- *TS* – Technický systém – kladivo, kleště, kovadlina atp.
- Aktivní a reaktivní okolí – kovárna v hale.
- Informační systém – operační návodka kování výkovku, výkres.
- Řídicí systém – pracovní příkaz ke kování výkovku.
- Provozní operand ve výstupním stavu 2 – výkovek.
- Vedlejší výstupy – okuje, odpadní teplo, hluk, saze a dým z koku atp.

Vazba mezi *Pracovníkem* a *Technickým prostředkem* označená jako *Nastavení, Příkazy*, je v našem příkladu např. **schopnost**, nebo **dovednost člověka kovat kladivem** (*Technickým prostředkem*). **Zpětná vazba** mezi *Technickým prostředkem* a *Pracovníkem*, je v našem příkladu fakt, že se **Operand mění**, resp. **reaguje na působení Technického prostředku**. *Zpětná vazba* (zpětné čerchované šipky) působí přímo od *Transformačního procesu* ve formě jednotlivých zpětných vazeb na jednotlivé operátory – například:

- účinky na člověka – hmotnost kladiva vyvoluje fyzické namáhání svalů, hluk působí na sluch atp.
- účinky na technický prostředek, kování opotřebovává kladivo, kovadlinu, kleště apod.
- účinky na okolí, vytváření hluku, přílišného tepla, odpadu ve formě prachu, okují atp.
- účinky na *IS*, při kování můžeme dojít ke zjištění, že informace uvedené např. na výkresu, nebo v technologickém postupu, nejsou úplné nebo dokonce chybné,
- účinky na *MgS*, při kování můžeme dojít ke zjištění, že např. pracovní příkaz ke kování výkovku pomocí jednoho člověka 4 h před koncem směny není vhodný, nebo že jeden člověk není schopen tento výkovek za dané technologie vykovat sám atp.

Krok 4 – Aplikace *Teorie technických systémů* – specifikace oblastí vlivu ergonomických kritérií dle *Taxonomie vlastností*.

V tomto kroku uživatel provede kontrolu naplnění předepsaných vlastností (*Taxonomie vlastností*) tří hlavních operátorů (*Teorie technických systémů*) z pohledu ergonomie v rámci jednotlivých jednoduchých transformačních systémů. Naplnění předepsaných vlastností je ovlivněno naplněním ergonomických kritérií, resp. dodržení jejich parametru. U jednotlivých ergonomických kritérií je tedy kontrolován jejich parametr.

- **VSTUP**
 - Výstup **Kroku 3** – Obecné modely *Transformačních systémů* dle pracoviště.
 - Tabulka stanovující, dle domén vlastností, operátora transformačního systému a kritérium, které ho ovlivňuje (viz *Tabulka 19*).
- **VÝSTUP**
 - Poznání, která kritéria ovlivňují konkrétní ergonomický systém ČTP. Těm přísluší vlastnosti dle *Taxonomie vlastností*. Na základě toho je získáno poznání, které vlastnosti by měly být splněny, a která kritéria (jejich parametry) by měla být kontrolována, aby tyto vlastnosti naplnila.
- **CO JE ZÍSKÁNO**
 - Je získáno poznání toho, která kritéria mají být konkrétně kontrolována u příslušných operátorů, resp. naplnění kterých parametrů ovlivňuje operátory.
- **JAKÝM ZPŮSOBEM**

Za pomoci domén vlastností technického produktu (viz *Tabulka 19*) je možné přiřadit operátoru (*HuS*, *TS*, *AEnv*) kritéria a subkritéria, která mu odpovídají. Na základě rozkladu činností na pracovišti do jednoduchých transformačních systémů a přiřazení kritérií k operátorům, je možné říci, která kritéria je ovlivňují z hlediska naplnění jejich parametru (viz *Obr. 4-49*). Již je možné konkrétně překontrolovat ergonomické kritérium a jeho parametr, mající vliv na příslušného operátora.

Tabulka 19 – Přiřazení kritérií vlastnostem dle domén vlastností a operátorů transformačního systému

Kritérium	Číslo vlastností dle Domény	Operátory Transformačních Systémů	Technický pohled KONSTRUKTÉRA na konstruovaný produkt		Ergonomický pohled ERGONOMA na pracoviště na kterém je produkt vyráběn	
			Produkt - TS - vyráběný na pracovišti		Pracoviště jako TS	
			Ib Třídy Reaktivních vlastností TS		Ib Třídy Reaktivních vlastností TS	
			Podtřídy vlastností TS	Vlastnosti TS	Podtřídy vlastností TS	Vlastnosti TS
2; 3; 8	3	HuS	Vhodnost pro lidské hodnoty	Soulad se sociálními, kulturními hodnotami člověka v politice, mínění, zvyklostech	Vhodnost pro lidské hodnoty	Soulad se sociálními, kulturními hodnotami člověka v politice, mínění, zvyklostech
			Vhodnost pro zdraví člověka	Bezpečnost pro člověka, Hygieničnost, Ergonomičnost, apod.	Vhodnost pro zdraví člověka	Bezpečnost pro člověka, Hygieničnost, Ergonomičnost, apod.
			Vhodnost pro smysly a vnímání člověka	Vzhled, Tichost, Vůně, apod. Zrak, Sluch, Hmat, Čich, Chuť, Pocity, apod.	Vhodnost pro smysly a vnímání člověka	Vzhled, Tichost, Vůně, apod. Zrak, Sluch, Hmat, Čich, Chuť, Pocity, apod.
4	2, 6	TS	Vhodnost pro dostupné TS a Tg	Kompatibilita s dostupnými TS a Tg apod.	Vhodnost pro dostupné TS a Tg	Kompatibilita s dostupnými TS a Tg apod.
			Vhodnost pro vyvolané TS a Tg	Optimální nároky na nové TS a Tg apod.	Vhodnost pro vyvolané TS a Tg	Přípravenost na nové TS a Tg apod.
1; 5; 6; 7	4, 5	Aenv	Vhodnost z hlediska působení Ekol Mat a En vstupů	Odolnost k materiálním a energetickým účinkům okolí apod.	Vhodnost z hlediska působení Ekol Mat a En vstupů	Odolnost vůči materiálním a energetickým účinkům okolí
			Vhodnost z hlediska Ekol Mat a En výstupů	Ekologičnost materiálních a energetických výstupů apod.	Vhodnost z hlediska Ekol Mat a En výstupů	Ekologičnost materiálních a energetických výstupů apod.

KRITÉRIUM	VYJÁDŘENÍ PARAMETRU
Podlahová plocha	S denním osvětlením - minimální nezastavěná podlahová plocha 2 m ²
	Bez denního osvětlení s umělým ovzduším je to 5m ²
	2,5 m při 50 m ² plochy
	2,7 m do 100 m ² plochy
Světlá výška pracoviště nad podlahou	Minimální světlá výška při denním osvětlení
	3,5 m do 2000 m ² plochy
	3,25 m nad 2000 m ² plochy
	3 m při ploše do 100 m ²
Vzdušný prostor	12 m ³ / 20 m ³ při práci vsedě
	15 m ³ / 25 m ³ při práci vstoje
	18 m ³ / 30 m ³ při těžké tělesné práci
	4,5 m při ploše nad 2000 m ²
Pracovní prostor	Bez denního osvětlení a umělým ovzduším
	Musí odpovídat tělesným rozměrům pracovníka, s ohledem na přístup na pracoviště
	Musí odpovídat pracovní poloze
	Musí odpovídat vykonávaným pohybům
	Musí odpovídat umístění zdrojů informací
	Musí odpovídat typu a umístění ovladačů
Musí odpovídat rozměrům strojů	
	Musí odpovídat rozměrům technických zařízení

Obr. 4-49 Ukázka užití tabulky s uvedením kritéria a příslušného parametru

III. Fáze – Kontrola obecných ergonomických zásad v rámci navrhování systému Člověk – Technika – Prostředí

Krok 5 – Kontrola obecných ergonomických zásad na pracovišti.

V tomto kroku uživatel může provést ještě vyšší úroveň naplnění ergonomických kritérií na základě jejich přiřazení k obecným ergonomickým zásadám pro navrhování pracovního systému. Na tyto zásady jsou navázány určující oblasti (např. antropometrie). Na tyto oblasti je dále navázána jejich charakteristika (např. tělesné rozměry), která určuje zásady a nakonec i související normy, ve kterých lze získat více informací pro hlubší kontrolu naplnění ergonomického kritéria.

- **VSTUP**
 - Výstup **Kroku 4** – Poznání, která ergonomická kritéria konkrétně ovlivňují operátory (*HuS, TS, AEnv*), a měl by být kontrolován jejich parametr.
 - Ukázka tabulky viz *Obr. 4-50* (celá tabulka – viz **Příloha č. 9 - Tabulka 29**) uvádějící obecné ergonomické zásady pro navrhování pracovního systému.
- **VÝSTUP**

- Nalezení obecných ergonomických zásad, příslušících ke kontrolovaným ergonomickým kritériím, resp. jejich parametrům a příslušné technické normy.
- **CO JE ZÍSKÁNO**
 - Je získáno poznání toho, které obecné ergonomické zásady, související s kontrolovanými ergonomickými kritérii, by měly být naplněny a v jakých technických normách je možné hledat další informace.
- **JAKÝM ZPŮSOBEM**
 - Za pomoci tabulky *Obecných ergonomických zásad pro navrhování pracovního systému je získán přehled obecných ergonomických zásad, které by měly být dodrženy při navrhování pracovního systému.* Zásady jsou členěny dle oblasti, která byla pro jejich stanovení určující (např. se zřetelem na antropometrii a biomechaniku, nebo mentální schopnosti člověka, či sdělovače nebo ovladače) a je k nim přiřazeno příslušné ergonomické kritérium. Na základě toho je možné provést kontrolu obecně platných ergonomických zásad spojených s činností člověka na pracovišti pomocí odkazů na příslušné normy.

Ergonomické zásady pro navrhování pracovního systému					
Ergonomické kritérium	Ergonomické zásady uplatňované se zřetelem na	Charakteristika	Díličí zásady pro pracovní systém		Související normy
1 a 2	... antropometria a biomechanika	Tělesné rozměry	a	Výška pracovní roviny a jiné funkčně významné rozměry musí být přizpůsobeny tělesným rozměrům obsluhy stroje a povaze prováděné pracovní činnosti	ČSN EN 547-1 až 3 ČSN EN ISO 14738, ČSN EN ISO 15537, ISO 15536-1
			b	Pracovní sedadlo (druh, umístění a stavitelnost) musí být přiměřené rozměrům obsluhy a prováděným pracovním úkolům - musí být zajištěna vhodná poloha trupu - vzpřímený trup, podpora tělesné hmotnosti, poloha loktů podél těla, vodorovná poloha předloktí. Musí být přizpůsobitelné anatomickým a fyziologickým charakteristikám uživatelů.	
			c	Pohybový prostor musí zajišťovat dostatečný, neomezený a volný pohyb pro všechny části těla tak, aby bylo možné pracovní úkoly provádět v příznivé pracovní poloze a umožnit příznivé pohyby zjemněna hlavy, paží, rukou, dolních končetin a nohou; musí být snadný přístup do užitého pracovního prostoru a zde ulehčena změna pracovních poloh	
			d	Ruční a nožní ovladače musí odpovídat funkční anatomii nohy a ruky a rozměrům populační skupiny obsluhy. Rukojeti a držadla ovladačů musí být uspořádány tak, aby je obsluha mohla správně uchopit a mohla vykonávat předpokládané pohyby.	
			e	Často používané ovladače musí být umístěny v zóně optimálního dosahu rukou a/nebo nohou obsluhy, kdy obsluha zaujímá běžnou pracovní polohu. Jiné důležité ovladače, jako například ovladače pro nouzové zastavení, musí být v zóně optimálního dosahu obsluhy, zatímco jiné, méně často používané ovladače musí být pouze v prostoru dosahu, pokud pracovní úkol nevyžaduje jinak.	
				Pracovník má mít možnost střídát polohu	

Obr. 4-50 Ukázka užití tabulky s uvedenými obecnými ergonomickými zásadami a příslušnými kritérii, které by měly být dodrženy při ergonomickém návrhu pracoviště

IV. Fáze – Kontrola náročnosti práce pomocí kontrolního profesiografického listu a příklady snížení zatížení pracovníka

Krok 6 – Kontrola faktorů prostředí na pracovišti.

V tomto kroku uživatel prověřuje existující pracoviště (nebo některé parametry pracoviště navrhovaného) pomocí profesiografického listu. Získá tak přehled o tom, zda pracoviště vyhovuje nebo nevyhovuje v rámci stupně náročnosti práce. Prověřovány jsou dva stavy. Běžný, kdy pracoviště funguje a stav, kdy dojde k mimořádné situaci.

- **VSTUP**
 - Kontrolní profesiografický list – Pomocí tohoto listu je možné kontrolovat již existující pracoviště. Kontrolují se dva stavy – běžný provoz a mimořádná situace.
 - Tabulka viz *Obr. 4-51* a *Obr. 4-52* uvádí ukázkou kontrolního profesiografického listu (celý profesiografický list – viz **Příloha č. 10 - Tabulka 30**).
- **VÝSTUP**
 - Skóre určující pracovní zatížení a nároky na pracovníka.
- **CO JE ZÍSKÁNO**
 - Je získáno celkové skóre, dvou stavů, které mohou na pracovišti nastat – běžného stavu a stavu mimořádné situace. Ohodnocením jednotlivých kritérií a subkritérií je získán přehled o tom, jak se která z nich podílí na celkovém skóre – snížením jejich skóre dojde i ke snížení celkového skóre.
- **JAKÝM ZPŮSOBEM**
 - Za pomoci tabulky *Kontrolního listu pro metodu profesiografie* je získán přehled o stupni náročnosti práce, která způsobuje pracovní zatížení pracovníka. Toto zatížení odpovídá jednotlivým faktorům prostředí a vlivu jeho kritérií a subkritérií. Jejich váhový faktor určuje dílčí stupeň náročnosti práce. Snížením jednotlivých váhových faktorů je možné snížit i celkové skóre určující stupeň náročnosti práce.

Faktor prostředí	Kritérium	Subkritérium	Kontrolní list pro metodu profesiografie					Hodnocení - běžný provoz					Hodnocení - mimořádná situace				
			Možný stav kritéria	Váhový faktor													
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Fyzická zátěž	1		Srdeční frekvence do 75 - žádné nároky	1													
			Srdeční frekvence 75 - 94 - malé nároky	2													
			Srdeční frekvence 95 - 114 - střední nároky	3	x												
			Srdeční frekvence 115 - 134 - vysoké nároky	4													
			Srdeční frekvence nad 135 - mimořádně vysoké nároky	5													
Namáhavost práce	2.1	Prsty a ruce	Žádné požadavky	1													
			Malé požadavky	2													
			Normální nároky na sílu	3													
			Vysoké nároky na sílu nebo velmi jemné pohyby a pracovní polohy	4	x												
			Mimořádné nároky na sílu nebo velmi jemné pohyby a pracovní polohy	5													
	2.2	Chodidla a nohy	Práce v sedě v pohodlné poloze - žádné nároky	1													
			Všeobecná práce v sedě	2													
			Práce ve stoje, dovolující měnit polohu - normální nároky na svalovou sílu	3													
			Práce ve stoje nebo vsedě nepohodlná, větší nároky na svalovou sílu	4													
			Práce s častým přecházením nebo v extrémně strnulé poloze vsedě, stoje nebo s velkými nároky na svalovou sílu	5													
	2.3	Páteř	Žádné požadavky	1													
			Práce v předepsané poloze - malé nároky	2													
			Zdvihání břemen v limitech v pohodlné poloze - běžné požadavky	3													
			Časté zdvihání břemen nad 30 kg, namáhavá statická práce - vysoké požadavky	4													
			Extrémně vysoká zátěž	5													
	2.4	Ramena	Žádné požadavky	1													
			Malé požadavky	2													
			Normální nároky na sílu a pracovní polohu	3													
			Vysoké nároky na sílu nebo nepohodlné pracovní polohy	4													
			Mimořádné nároky na sílu nebo velmi obtížné pracovní polohy	5													

Obr. 4-51 Ukázka kontrolního profesiografického listu (35)

Postup vyhodnocení	Součet počtu výskytů sloupců hodnocení										Součet sloupců hodnocení x váhový koeficient										
	4	6	6	6	3	3	11	8	3	0	4	12	18	24	15	3	22	24	12	0	
1. Vypočítáme součet počtu výskytů v jednotlivých sloupcích.											CELKEM					CELKEM					
2. Vynásobíme součet počtu výskytů v jednotlivých sloupcích příslušným váhovým faktorem (1 až 5)											73					61					
3. Sečteme výsledek ad 2.																					
4. Vydělíme výsledek ad 3. číslem 16											4,6					3,8					
5. Přičítáme stupeň náročnosti práce dle CELKOVÉHO VYHODNOCENÍ ZATÍŽENÍ																					
CELKOVÉ VYHODNOCENÍ PRACOVNÍHO ZATÍŽENÍ																					
Rozpětí hodnot získaných hodnocením	Pracovní zatížení a nároky na pracovníka	Stupeň náročnosti práce																			
1,0 - 1,5	Velmi malé	1																			
1,6 - 2,5	Malé	2																			
2,6 - 3,5	Střední	3																			
3,6 - 4,5	Zvýšené	4																			
4,6 - 5,0	Vysoké	5																			

Obr. 4-52 Ukázka vyhodnocení kontrolního profesiografického listu (35)

Krok 7 – Zásady pro snížení zatížení pracovníka.

V tomto kroku je možné, na základě obecných poznatků o vlivu pracovního zatížení na pracovníka získat informace o tom, jak toto zatížení snížit. Uvedeny jsou i vlivy vybraných fyzikálních faktorů na výkonnost pracovníka.

- **VSTUP**

- Výstup Kroku 6 (viz Obr. 4-51 a Obr. 4-52) určené pracovní zatížení pracovníka.
- Příklady klasifikace zatížení (viz Tabulka 20), požadavky na manipulaci (viz Tabulka 21) a ekonomii pohybů (viz Tabulka 22) a vlivy vybraných fyzikálních faktorů.

- **VÝSTUP**
 - Snížené pracovní zatížení pracovníka a snížený stupeň náročnosti práce.
- **CO JE ZÍSKÁNO**
 - Snížení pracovního zatížení pracovníka a poznání vlivu vybraných fyzikálních faktorů (nejčastěji problematicky působících) na výkonnost člověka.
- **JAKÝM ZPŮSOBEM**
 - Aplikací poznatků uvádějících klasifikaci zatížení (viz *Tabulka 20*), požadavků na manipulaci (viz *Tabulka 21*), nebo dodržení zásad ekonomie pohybů (viz *Tabulka 22*). Samotná zátěž pracovníků je klasifikována do dvou základních skupin:
 - Dynamická zátěž – způsobuje ji síla, hmotnost, dráha, požadavky na přesnost, požadavky na koordinaci a stereotypie.
 - Statická zátěž – způsobuje ji poloha těla, držení, nesení břemen, nebo naopak nepohyblivost.
 - Pomocí výsledků vlivu vybraných faktorů fyzikálního prostředí na výkonnost člověka. Tato fakta shrnují tabulky (*Tabulka 23*, *Tabulka 24* a *Tabulka 25*), které uvádějí vliv vybraných fyzikálních faktorů na výkonnost člověka.

Uvedené principy pro snížení skóre kritérií a subkritérií, resp. snížení celkového zatížení pracovníka jsou jenom obecným doporučením a jejich konkrétní specifikace by měla být vždy dána do souladu s aktuálními zákony a nařízeními konkrétního státu. To však není cílem této práce.

Tabulka 20 – Klasifikace zatížení (1)

<i>Dynamická zátěž</i>	
Zdroj	Činnost
Stereotypie	Pásová výroba – zásobování stroje – zatěžování stejných svalových skupin – vynucené tempo strojem.
Složitá koordinace	Obtížné dynamické pohybové stereotypy – koordinace pohybu dolních a horních končetin – složitější montážní operace.
Velké nároky na přesnost	Jemná montáž a jemné ovladače.
Dráha pohybu	Velká manipulace mezi pracovními rovinami a mnoho přecházení.
Hmotnost – vysoká	Nástroje, výrobky, pomůcky, obalový materiál atp.
Síla – vysoká	Při vykonávání obecně pracovních operací
Rozložení pohybů	Nepřavidelné střídání klidu a pohybu
<i>Statická zátěž</i>	
Zdroj	Činnost
Poloha	Trvalé stání nebo sed bez možnosti změny polohy.
Extrémní poloha	Předklon, úklon, klek, práce nad hlavou atp.
Držení	Držení předmětů, nástrojů, výrobků atp.
Prostorové omezení	Nemožnost pohybu – stísněné podmínky.
Nesení	Zatížení tělesných partií břemenem, pracovní pomůckou atp.

Tabulka 21 – Požadavky na manipulaci (1)

Požadavky na optimalizaci manipulace s břemeny
Možnosti úchopu a držení.
Dodržovat zásady těžiště a břemena v ose.
Zapojovat velké svaly a jejich skupiny.
Stabilizovat páteř ve vzpřímené poloze.
Minimalizovat nutnost rotace páteře – natáčení.
Dodržovat zásadu vodorovné manipulační roviny.
Dodržovat dostatečné zóny manipulačního prostoru.
Dodržovat plynulé pohyby.
Dobré zorné podmínky.
Dodržovat hmotnostní limity.
Rovnoměrně zatěžovat tělo.
Systematicky dodržovat přestávky.
Volit vhodné pracovní polohy.
Minimalizovat statickou zátěž.
Dodržovat faktory prostředí.

Tabulka 22 – Zásady ekonomie pohybů (14)

1	Fyziologická přirozenost pohybů	14	Minimalizovat statické zatížení
2	Jednoduchost pohybů	15	Cílené pohyby pouze usměrňovat
3	V zorném poli	16	Pohyby jsou přesnější vsedě
4	V optimálním pohybovém prostoru	17	Pohyby blíže těla jsou rychlejší
5	Symetričnost pohybů	18	Existence subjektivního tempa
6	Plynulá návaznost pohybů	19	Využívat a vytvářet návyky
7	Využívání setrvačnosti	20	Optimální rozmístění předmětů
8	Vodorovné pohyby oproti vertikálním	21	Omezit hledání
9	Sagitální pohyby rychlejší než frontální	22	Využívat mechanizace a pomůcek
10	V optimálním směru 45°	23	Střídat pracovní polohy
11	Zapojovat větší svaly	24	Zavěšovat a vyvažovat
12	Využívat minimum částí těla	25	Minimalizovat hmotnost předmětů
13	Zapojovat části těla rovnoměrně	26	atp.

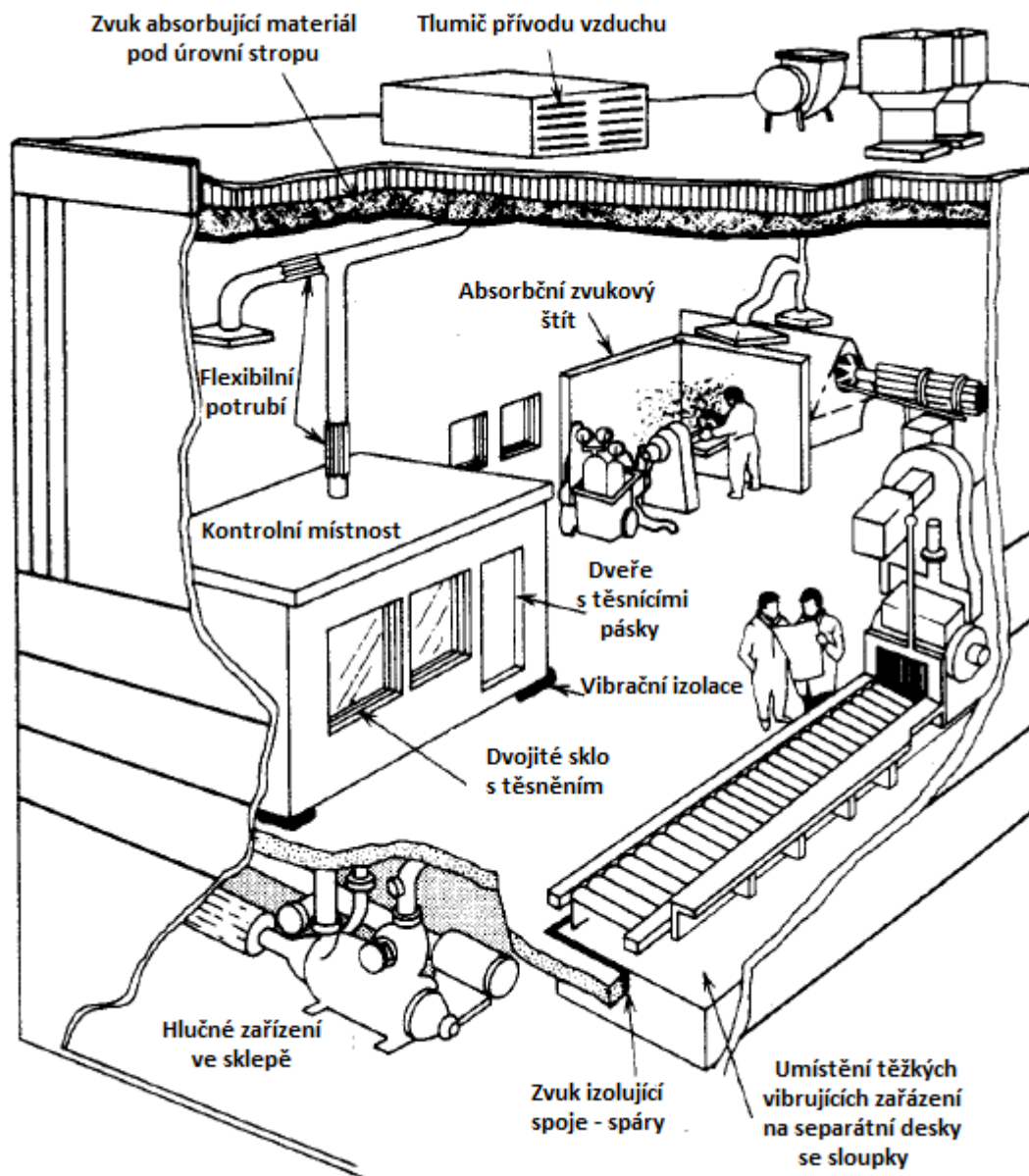
Tabulka 23 – Vliv hluku na výkonnost člověka

Vliv hluku na výkonnost						
Test a jeho zaměření	Parametry hluku			Čas		
	Typ	Harmonický index	Akustický tlak	Hodnota	Délka času v rámci úkolu	Další info
Test stability - psychomotorické schopnosti	přerušovaný	negativní - výšky	95 dBA	44,6 ± 17	Nejdelší	nárůst 49,1%
	kontinuální	pozitivní - basy	75 dBA	29,9 ± 16	Nejkratší	
Minesotský test ruční motoriky - koordinace paže - ruka a oko - ruka	kontinuální	negativní - výšky	95 dBA	32,2 ± 14	Nejdelší	nárůst 51,17 %
	kontinuální	pozitivní - basy	75 dBA	21,3 ± 7,7	Nejkratší	
Test koordinace obou rukou - test rychlosti a přesnosti	kontinuální	negativní - výšky	85 dBA	68,3 ± 5,4	Nejdelší	nárůst 10,33 %
	kolísající	pozitivní - basy	75 dBA	61,9 ± 7,0	Nejkratší	
Test dovednosti s ručním nářadím	přerušovaný	negativní - výšky	95 dBA	436 ± 106,1	Nejdelší	nárůst 78,17 %
	kontinuální	pozitivní - basy	75 dBA	244,7 ± 51,6	Nejkratší	
Test chybové reakce = Kdy nastala chyba	Test stability	kontinuální	negativní - výšky	85 dBA	6,3 ± 3,7	nárůst 65,78 %
		přerušovaný	pozitivní - basy	75 dBA	3,8 ± 1,6	
	Test koordinace obou rukou	kontinuální	negativní - výšky	85 dBA	1,4 ± 1,8	nárůst 7x!
		kontinuální	pozitivní - basy	75 dBA	0,2 ± 0,2	

Shrnutí vlivu hluku na výkonnost:

- Celkový čas u všech úkolů nejvíce ovlivňuje harmonický index.
- Negativní harmonický index (výšky) je nejvíce ovlivňující faktor v rámci rychlosti.
- Přerušovaný a souvislý hluk nemá vždy stejný vliv na výkonnost.
- Přerušovaný hluk způsobuje rozptylování pozornosti od pracovního úkolu a vede ke snížení výkonnosti hlavně u složitých úkolů s nutností zpracování informací.
- Přerušovaný hluk je škodlivější než hluk stálý.
- Změna intenzity hluku má vliv na koordinaci obou rukou.
- U jednoduchých úkolů se kolísání hluku příliš neprojevuje.
- U činností vyžadující manuální zručnost se projevují všechny faktory – intenzita hluku, harmonické indexy, hladina akustického tlaku i interakce mezi nimi.
- Na sledování chyb mají vliv hlavně harmonické indexy – negativní (výšky). Ostatní faktory nemají významný vliv.
- Vyšší hladina akustického tlaku snižuje výkon.
- Snižování úrovně hluku zvyšuje pracovní výkonu a zmenšuje počet chyb.
- Přerušovaný hluk s vyšší hladinou akustického tlaku snižuje výkonnost výrazně.
- Hluk s vysokými tóny snižuje výkonnost významně.
- Nejvíce je hlukem ovlivněna schopnost u tvůrčí činnosti, duševní práce, pozornost a paměť.

Jakým způsobem je možné minimalizovat vznik a šíření hluku na pracovišti uvádí následující obrázek – viz Obr. 4-53.



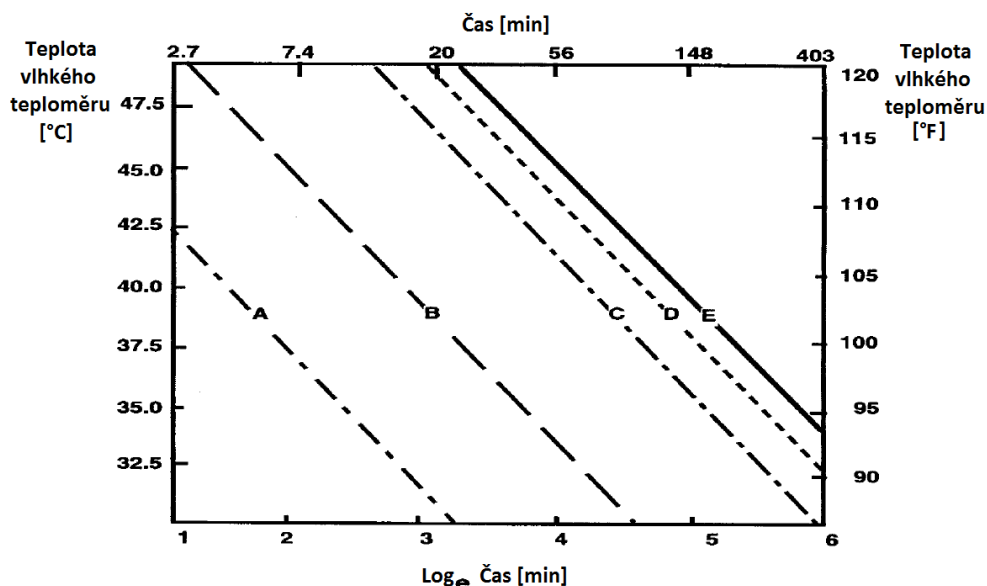
Obr. 4-53 Řešení pro snížení vzniku hluku a jeho šíření (98)

Tabulka 24 – Vliv vibrací celého těla na výkonnost pracovníka

Proces	Vliv na výkonnost
Percepční procesy vnímání	velmi silný -1 = max
Kognitivní procesy poznávací a matematické	středně silný, mírný - 4 = min.
Kontinuální procesy s jemnou motorikou	velmi silný - degrační = 2
Přerušované procesy s jemnou motorikou - stisknutí tlačítka konzole	velmi silný - degrační = 3
Frekvence	Vliv na výkonnost
Nad 5 Hz - vysoké	velmi silný
Pod 5 Hz - nízké	středně silný
Doba trvání	Vliv na výkonnost
do 30 min	velký vliv
nad 30 min	mnohem vyšší
Kombinace frekvence a doby trvání	
Dlouhá doba trvání Nízká intenzita	snižovalo výkonnost
Dlouhá doba trvání Vysoká intenzita	velmi výrazně snižovalo výkonnost
Úkol založen na:	Vliv na výkonnost
přesnosti	větší vliv
rychlosti	menší vliv
Frekvence a doba trvání	Vliv na výkonnost
vyšší a delší	větší vliv
nižší a kratší	menší vliv
Osa působení a frekvence	Vliv na výkonnost
Osa X nebo Y - 1 až 2 Hz	větší vliv
Osa Z - 4 až 8 Hz	menší vliv

Tabulka 25 – Vliv teploty na výkonnost pracovníka

Vliv teploty na výkonnost	
U mentálních úkolů dochází k rapidnímu úbytku výkonnosti oproti psychomotorickým úkolům	Větší vliv na výkonnost má teplota tělesného jádra než teplota okolí jako taková.
Vysoký vliv na výkonnost má aklimatizace - projevuje se rychlejším doplněním kyslíkového deficitu i stálou teplotou tělesného jádra	Jedinci vystavení vlhkému teplu, měli relativně vyšší pracovní výkon, který byl ze statistického hlediska významný až do doby čtyř dnů od počátku expozice (celkem 8 - 9 dnů po dobu 2h).
U úkolů s nízkými nároky na mentální výkonnost je evidován malý úbytek výkonnosti vlivem tepelného stresu. Existuje však málo poznatků, že během malých expozičních časů se naopak paradoxně výkonnost zvýšila.	Aklimatizovaní jedinci vykazovali relativně vyšší pracovní kapacitu.
Před fyziologickým kolapsem dochází už jen k minimálnímu poklesu výkonnosti - velmi nebezpečné - malá schopnost rozpoznání mezního stavu.	Vlhké prostředí má podstatně vyšší nároky na kardiopulsační systém oproti suchému prostředí.
	Úkoly vyžadující složku motorické výkonnosti jsou na teplo více náchylné na úbytek výkonnosti.
Porovnávání jedinci by měli být stejné tělesné konstituce, výšky a hmotnosti i oblečení (fyziologické pochody, izolační schopnosti oděvu atp.)	



Obr. 4-54 Limity lidské výkonnosti v WGBT - \log_e (Čas) v Kartézském prostoru (91)

Na Obr. 4-54 je na horizontální ose vynesena expoziční čas. Na vertikální pak tepelná intenzita vyjádřená jako teplota vlhkého kulového teploměru WGBT. Časová osa sahá od krátkých časů (např. 3 min) až po čas směny, zkráceného o přestávku na jídlo, nebo čas rozjezdu směny a úklidu po směně. Vertikální osa sahá od mezí tolerovatelných podmínek až k mezním limitům (114 °F, $ET = 45,556$ °C). Tato zóna je označována jako zóna tepelné rovnováhy a hranice mezních výkonů jsou v ní rovnoběžky.

$$WGBT = a - b \cdot \log_e \cdot T$$

- a a b jsou empiricky determinované konstanty (a je průsečík s osou tepelné intenzity a b udává sklon úkolových křivek a má hodnotu 5,435 – křivky jsou rovnoběžné). Čím vyšší je parametr a , tím vyšší je výkonnostní limit a nižší požadavek na pozornost při úkolu.
- Linie E označuje fyziologický strop.
- Linie D označuje jednoduché duševní úkoly (Hancock 1981, Ramsey a Kwon 1992).
- Linie C označuje koordinace nervů a svalů.
- Linie B označuje duální úkoly = C + D (Hancock 1982).
- Linie A označuje empirická data – nutná trvalá pozornost a bdělost – monitorování a kontrola – nejvíce citlivá činnost na teplotu (Hancock 1984, Hancock 1986).

Tyto linie, za kterými již nastává selhání, jsou důležité pro navrhování budoucích pracovišť.

Je nutné zmínit dva hlavní problémy:

- Nulový bod na logaritmické části je v nekonečnu a zachycené hodnoty slouží pouze pro vykreslení čar v oblasti času / limity intenzity. Tolerance by neměla být rozšiřována za zachycené hranice bez dalších experimentů.
- Jsou předloženy dvě hodnoty – jedna je odvozena z empirických dat a druhá je konzervativně upravena tak aby byla použitelná pro tolerance obsažené v normách.

Stejná interpretace se stanovením limitních hodnot pro teplotní křivky pro Obr. 4-54, na kterém je využito stupnice vlhkého teploměru.

Tabulka 26 – Limitní hodnoty pro výkonnost různých úkolů a teplotní linie dle WGBT – teploty vlhkého teploměru (jednotný sklon $b = 5,435$) (91)

Křivka	Typ úkolu	Empiricky stanovený průsečík	Průsečík přizpůsobený toleranci
A	Trvalá pozornost a bdělost	48,02	46,00
B	Duální úkoly	55,68	54,00
C	Koordinace nervů a svalů	63,11	62,50
D	Jednoduché duševní úkoly	65,33	64,00
E	Fyziologický strop	66,56	65,00

Konkrétní hodnoty fyzikálních faktorů se musí vždy řídit dle legislativy příslušné země.

5 PŘÍNOSY DIZERTAČNÍ PRÁCE

Přínosy dizertační práce se dají obecně rozdělit na:

- **Přínosy pro rozvoj teorie:**

Většina vládních nařízení a zákonů se snaží vždy interpretovat limity z určité dotčené oblasti a neměly by být v rámci pracoviště a práce na něm překračovány. Tyto limity jsou tvořeny odborníky z dané oblasti a nakonec upraveny právníky a vydány. Až teprve ergonomové, kteří jsou v praxi suplováni hygieniky, odborníky na BOZP je spolu s pracovními lékaři dávají do souvislosti s dalšími již existujícími předpisy. Ne zřídka pak dojde ke zjištění, že některá dříve opomíjená fakta jsou sice novým předpisem vyřešena, ale ta dříve řešená mohou být novým předpisem opomenuta, nebo zhoršena. Základním pravidlem ergonomie je přitom řešení v rámci člověka, techniky a prostředí, které by mělo ve spojení s antropocentrickým přístupem zajistit co nejlepší pracovní podmínky pro člověka. Technologie by měla být tomu přizpůsobena, avšak v praxi to tak vždy není, protože hlavním měřítkem je minimalizace nákladů.

Prvním přínosem předložené dizertační práce je proto vytvoření metodiky ergonomického návrhu pracovišť při vyvážení aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému. Toto vše za účelem dosažení ergonomické racionalizace.

Protože ergonomie je většinou vyučována na technických univerzitách a technici pak také navrhují výrobní systémy nebo technické systémy, které pracovníci využívají při výrobě dalších produktů, je nutné snažit se ergonomii a její principy přibližovat právě technikům. Na základě toho lze uvést další přínos nově navržené metodiky.

Druhým přínosem předložené dizertační práce a navržené metodiky je využití *Teorie technických systémů*, která svým technickým přístupem pomohla vyspecifikovat soubor klíčových operátorů a jejich vzájemnou interakci srozumitelně pro techniky.

Samotná metodika je sestavena jako postup na sebe navazujících kroků což je možné označit za další, třetí přínos dizertační práce.

Metodika je sestavena jako postup pro systémový přístup k navrhování ergonomické racionalizace pracovišť za vyvážení aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému.

- **Přínosy pro rozvoj praxe:**

Protože podniky v ČR doposud nemají pracovní pozici ergonom (až na několik málo podniků), není ani běžné, aby podniky sledovaly jiné parametry než ty, které jim předepisují dokumenty dané nařízením vlády nebo zákonem. Tyto předpisy jsou pak plněny, i když někdy nejsou sledovány další konsekvence, které mohou nastávat v konkrétních provozech. Jako příklad lze uvést, že i práce zařazené dle kategorizace prací v 1. a 2. skupině (tzv. nerizikové provozy) jsou příčinou nemocí z povolání. Plzeňský kraj dokonce v tomto hraje smutný prim. Nesledování dalších konsekvencí má za následek, že se problém může spolu s produktem stěhovat mezi pracovišti. Vyřešením problémů jednoho pracoviště pak nemusí být vyřešen problém celkový a je tedy nutné, aby pracovníci byli schopni identifikovat aspekty ovlivňující člověka, výkon systému a funkci systému z hlediska ergonomie.

Prvním přínosem pro praxi tedy bylo zmapování klíčových aspektů pro zdraví a bezpečnost člověka, výkon systému a funkci systému z hlediska ergonomie – byl vytvořen soubor klíčových kritérií a jejich subkritérií.

Tyto aspekty by měly být kvantifikovatelné. Samotné přiřazení měřitelné hodnoty nemusí být vždy jednoznačné, což se projevuje zejména u psychologických aspektů.

Na základě zkušeností z řešení praktických projektů a oslovení odborníků z oblasti ergonomie (členové České a Slovenské ergonomické společnosti) byla přiřazena ergonomickým kritériím a jejich subkritériím významnost a na jejím základě byla pomocí Saatyho matic stanovena jejich váha v rámci tří hlavních sledovaných oblastí. Tímto byl získán přehled o jejich vlivu na základě objektivizovaného názoru odborníků a byl vytvořen soubor faktorů, kritérií, subkritérií a jejich parametrů pro podporu hodnocení jejich váhy.

Aby bylo možné používání metodiky podpořit informačně, byl vytvořen model v softwaru MS Excel.

Tento model je v této oblasti posledním přínosem předložené dizertační práce a jeho struktura odpovídá jednotlivým fázím a krokům navržené metodiky.

- **Další přínosy:**

Navázání na řešení problematiky ergonomie v rámci pracoviště katedry průmyslového inženýrství a managementu.

Vytvoření návrhu modelu komplexního přístupu k řešení ergonomických projektů.

Aplikace a propojení přístupů, která dosud v rámci České republiky nebyla provedena.

6 DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ POSTUP

V rámci dalšího postupu doporučuji:

Další sběr informací od odborné veřejnosti týkající se ergonomických kritérií a jejich subkritérií. Tím by mělo být dosaženo ještě více objektivizovaného názoru odborníků.

Kromě v práci uvedeného obecného souboru ergonomických kritérií pro pracovní místa ve výrobních podnicích vytvořit další soubory ergonomických kritérií pro jiná pracovní místa jako je např. kancelář, nebo jiná, již více specifická pracovní místa.

V souladu s těmito kritérii vypracovat i příslušné profesiografické kontrolní listy a případné profesiografické profily na daná místa.

Zkoumání dalších fyzikálních faktorů. Zejména jejich vlivu na výkonnost člověka. Na základě toho by mělo být možné lépe stanovit hranice výkonnosti různých činností tak, jako tomu bylo například u vlivu hluku nebo teploty. Obecná doporučení norem a nařízení tak budou moci existovat v kontextu těchto hranic, které nevycházejí z legislativ příslušných zemí, ale z prováděných měření a pokusů. Na základě toho bude moci být zjištěno, že např. konkrétní národní limit je nastaven tak, aby nedocházelo k poškození zdraví, avšak je již daleko za hranicí, kdy dochází k rapidnímu poklesu výkonnosti pracovníka.

Zkoumání vlivu psychologických aspektů na výkonnost člověka ve spojení se stresem způsobeným jak faktory pracovního prostředí, tak samotnou strukturou úkolů a vykonávanou prací.

Dopracování modelu komplexního přístupu k řešení ergonomických projektů. Komplexní ergonomické modely, které se věnují nejen pracovišti, ale i celému podniku a neřeší jen otázku vyhovění legislativě, ale pomáhají řešit problémy komplexně a v souvislostech. Tyto modely, též označované jako ergonomické programy zatím nejsou v České republice rozšířené, avšak jejich nasazení je jen otázkou času a proto je nutné se jimi zabývat již nyní.

7 ZÁVĚR A SHRNUÍ

Hlavní cílem dizertační práce bylo vytvoření metodiky ergonomického návrhu pracovišť při vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému. Tento cíl vycházel z rešerše současného stavu jak v oblasti teoretické, tak oblasti praktické. Na základě provedené analýzy byla určena oblast, která nebyla doposud řešena. Při jejím řešení došlo k nasazení již známých metod a přístupů novým způsobem, stejně jako metod a přístupů, jejichž nasazení v rámci ergonomie nebylo dosud běžné.

V rámci této dizertační práce vznikla metodika, která se skládá ze 4 fází a 7 kroků. Jejich postupným naplněním je získán přehled o oblastech, ve kterých se vyskytují problémy s naplňováním ergonomických přístupů, stejně jako zjištění, jak tyto oblasti ovlivňují tři klíčové pilíře dizertační práce, kterými jsou vlivy na aspekty zdraví člověka, výkon systému a funkci systému. Celá metodika je podpořena aplikací vytvořenou v MS Excel, která pomáhá při užívání metodiky. V rámci dizertační práce také vznikl návrh modelu komplexního přístupu k řešení ergonomických projektů. Tento návrh propojuje tři témata řešená v rámci katedry průmyslového inženýrství a managementu do jednoho uceleného modelu.

V závěru dizertační práce jsou shrnuty její teoretické i praktické přínosy. Dále jsou uvedena doporučení pro další postup, protože tuto metodiku nelze díky postupu vědění v oblasti ergonomie považovat za konečnou a bude nutné ji nadále rozvíjet.

Předložená dizertační práce si kládla za cíl svými výsledky, založenými na zmapování současného stavu a vytvoření nové metodiky za užití vědeckých metod nových přístupů k ergonomii, přinést nové poznatky, s jejichž pomocí lze posunout vědní obor ergonomie.

V Plzni dne:

podpis:

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. **CHUNDELA, Lubor.** *Ergonomie*. Praha : ČVUT, 2005. ISBN 80-01-02301-X.
2. **GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O.** *Ergonomie*. Praha : Grada Publishing, 2002. ISBN 80-247-0226-6.
3. **Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i. BOZP info.** [Online] [Citace: 3. březen 2011.] <http://www.vubp.cz/ces/soubory/ergonomie-letak.pdf>. ISSN 1801-0334.
4. **Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i. BOZP info.** [Online] [Citace: 5. 3 2011.] http://www.bozpinfo.cz/knihovna-bozp/citarna/tematicke_prilohy/ergonomie/ergonomie1.html. ISSN 1801-0334.
5. **MALÝ, S., KRÁL, M. a HANÁKOVÁ, E.** *ABC Ergonomie*. Praha : Professional Publishing, 2010. str. 220 s. ISBN 978-80-7431-027-0.
6. **FENCLOVÁ, Z. a spol.** Nemoci z povolání v České republice 2012. *Státní zdravotní ústav*. [Online] [Citace: 12. březen 2013.] http://www.szu.cz/uploads/download/Hlaseni_a_odhlaseni_2012.pdf.
7. *Otevřená encyklopedie Wikipedie*. [Online] [Citace: 2. leden 2011.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A9m>.
8. **ROVNÝ, I. a kol., a.** *Preventívne lekárstvo*. Martin : Osveta, 1995. ISBN 80-217-0574-4.
9. **FARKAŠOVÁ, D.** *Ošetrovatelstvo - teória*. Martin : Osveta, 2001. ISBN 80-8063-086-0.
10. **PETRÁČKOVÁ, V., KRAUS, J. a kol., a.** *Akademický slovník cizích slov*. Praha : ACADEMIA, 1995. str. 833 s. ISBN 80-200-0982-5.
11. **KOUKALOVÁ, S.** *Výchova ke zdraví*. [Online] [Citace: 6. březen 2011.] http://vnl.xf.cz/vkz_zapisky.php.
12. *Podpora zdraví na pracovišti. Web Státní zdravotní ústav Praha*. [Online] 5. září 2012. [Citace: 12. leden 2013.] <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/podpora-zdravi-na-pracovisti>.
13. **BUREŠ, M.** *Metodika digitálního ergonomického návrhu a hodnocení pracovišť ve strojírenských podnicích. Disertační práce*. Plzeň : ZČU v Plzni, 2010.
14. **CHUNDELA, L.** *Ergonomie*. Praha : ČVUT, 1993. ISBN 80-01-00327-2.
15. **KRÁL, M.** *Pět kroků chronologického postupu ergonomického zkoumání a hodnocení v rámci pracovního systému*. Praha : VÚBP, 2002.
16. **MATOUŠEK, O. a ZASTÁVKA, Z.** *Metody rozboru a hodnocení systémů člověk - stroj*. Praha : SNTL, 1977. str. 176 s.
17. *Podklady ke školení REFA*. Plzeň : Racionalizační agentura, 2006.
18. **HLAVENKA, B.** *Racionalizace technologických procesů*. Brno : PC-DIR s.r.o., 1995. str. 66 s. ISBN 80-214-0705-0.
19. **BUREŠ, M., ŠRAJER, V. a GÖRNER, T.** *VYZTYM DP: Projektování výrobních systémů a DP*. [e-book] Plzeň : ZČU-KPV, 2012. ISBN 978-80-87539-10-1.

20. **SK, CEIT.** ErgoDesign. *Workshop Digitálny podnik - cesta k budúcnosti*. Žilina : autor neznámý, 2011.
21. **NOVÁK, J. a ŠLAMPOVÁ, P.** Racionalizace výroby - učební text. [Online] 2007. [Citace: 01. 07 2011.] <http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/racionalizace-vyroby.pdf>.
22. **GREGOR, M., a další, a další.** *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, 2000. ISBN 80-7100-553-3.
23. Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické zásady při projektování. ČSN EN 614-1. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. EAN 8590963838311.
24. **SLAMKOVÁ, E., DULINA, L. a TABAKOVÁ, M.** Ergonómia v priemysle. Žilina : GEORG, 2010. 1. ISBN 978-80-89401-09-3.
25. **JUROVÁ, M.** *Řízení výroby*. Brno : VUT v Brně, 1994. ISBN 80-214-0583-X.
26. **HÜTTLOVÁ, E.** *Organizace práce v podniku*. Praha : VŠE v Praze, 1999. ISBN 80-7079-778-9.
27. **KOHOUTEK, R.** Pracovní výkon a kariéra člověka a jejich diagnostika. *Web Psychologie v teorii a praxi*. [Online] 4. Leden 2009. [Citace: 5. březen 2012.] web <http://rudolfkohoutek.blog.cz/0901/psychologicky-rozbor-pracovniho-vykonu-a-kariery-cloveka>.
28. **NAKONEČNÝ, M.** *Psychologie osobosti*. Praha : ACADEMIA, 1998. ISBN 80-200-0628-1.
29. **PROVAZNÍK, V.** *Psychologie pro ekonomy*. Praha : Grada, 1997. ISBN 80-7169-434-7.
30. **TURECKIOVÁ, M.** *Řízení a rozvoj lidí ve firmách*. Praha : Grada Publishing, 2004. ISBN 80-247-0405-6.
31. **MAREK, J. a SKŘEHOT, P.** *BEZPEČNÝ PODNIK - Základy aplikované ergonomie*. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i., 2009. ISBN 978-80-86973-58-6.
32. **HRNČÍŘ, K.** *Škodliviny v pracovním prostředí*. [CD-ROM] Rožnov pod Radhoštěm : Rožnovský vzdělávací servis, 2008.
33. Kulatý stůl k problematice muskuloskeletálních onemocnění souvisejících s prací . *Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci*. [Online] Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci, 6. Listopad 2007. [Citace: 18. Květen 2011.] http://cz.osha.europa.eu/news/novinky_cr/kulaty_stul.php.
34. **BULLINGER, H. J.** [autor knihy] G. SALVENDY. *Handbook of human factors and ergonomics*. Hoboken : John Wiley & Sons, 2006.
35. **KRÁL, M.** *Metody a techniky užití v ergonomii*. Praha : VÚBP v.v.i., 2002.
36. **KOTLER, P.** *Marketing Management*. Praha : Grada Publishing, 1998. str. 710. ISBN 80-7169-600-5.
37. **EDL, M.** *VYZTYM DP: Řízení životního cyklu produktu (PLM)*. [e-book] Plzeň : ZČU-KPV, 2012. ISBN 978-80-87539-0.
38. Marketingové noviny - váš průvodce marketingem. [Online] 2011. [Citace: 10. Prosinec 2011.] <http://www.marketingovenoviny.cz>.

39. Úvod do kvality - pokračování. [Online] [Citace: 5. Leden 2013.] <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=76>.
40. **VIŠŇOVSKÝ, L.** *Teória výchovy*. Banská Bystrica : PF UMB, 1998.
41. **GAVORA, P.** *Úvod do pedagogického výskumu*. Bratislava : Univerzita Komenského, 2001. ISBN 80-223-1628-8.
42. **KORČEK, F.** *Teória a didaktika športu*. Bratislava : ŠPORT, 1988. 077-044-88 TAD 11-1.
43. **SKALCOVÁ, J.** *Úvod do metodologie a metod pedagogického výskumu*. Praha : SNP, 1983. 14-411-83.
44. **MOLNÁR, Z.** *Úvod do základů vědecké práce*. [Online] [Citace: 2. březen 2011.] http://web.fame.utb.cz/cs/docs/Z_klady_v_deck_pr_ce.doc.
45. **HOSNEDL, S.** *Přednášky k předmětu Systémové navrhování technických produktů*. Plzeň : autor neznámý, 2011.
46. **EDER, W. E. a HOSNEDL, S.** *Design Engineering, A Manual for Enhanced Creativity*. Boca Raton : CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008. ISBN 978-1-4200-4765-3.
47. —. *Introduction to Design Engineering: Systematic Creativity and Management*. Leiden : CRC Press / Balkema, Taylor & Francis Group, 2010. ISBN: 978-0-415-55557-9.
48. **ČES.** BOZPinfo. [Online] Česká ergonomická společnost. [Citace: 7. Leden 2011.] http://www.bozpinfo.cz/knihovna-bozp/citarna/tematicke_prilohy/ergonomie/ergonomie2.html.
49. **PAHL, G. a BAITZ, W.** *Engineering Design*. Berlin - Heidelberg : Springer-Verlag, 1996.
50. **HUBKA, V. a EDER, W. E.** *Theory of Technical Systems*. Berlin, Heidelberg : Springer - Verlag, 1988. ISBN 3-540-17451-6.
51. **GRASSEOVÁ, M., MAŠLEJ, M., BRECHTA B.** *Manažerské rozhodování – teoretická východiska a praktické příklady*. Brno : UNOB, 2010. ISBN 978-80-7231-826-1.
52. **FOTR, J., a další, a další.** *Manažerské rozhodování, postupy, metody a nástroje*. Praha : Ekopress, 2006. ISBN 80-86929-15-9.
53. **JANDÁK, Z.** Státní zdravotní ústav. *Web Státní zdravotní ústav - Hluk v pracovním prostředí*. [Online] 13. listopad 2007. [Citace: 10. září 2013.] <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/hluk-v-pracovnim-prostredi>.
54. *Hlukové kryty - Zdravotní účinky hluku*. *Web Hlukovekryty.cz*. [Online] [Citace: 10. srpen 2013.] <http://www.hlukovekryty.cz/clanky-o-hluku&clanek=zdravotni-ucinky-hluku.html>.
55. **NASSIRI, P., a další, a další.** The effect of noise on human performance: A clinical Trial. *International Journal of Occupational An Environmental Medicine*. Duben 2013, Sv. 4, 2, stránky 87-95.
56. **Limef.** *Web Limef.com*. [Online] [Citace: 10. září 2013.] https://www.limef.com/productImages/32011_Lg.jpg.
57. *Minnesota Manual Dexterity Test*. *Devon Health Care Therapy Blog*. [Online] [Citace: 28. září 2013.] <http://blog.devonhealthcaregroup.com/2012/03/04/minnesota-manual-dexterity-test/>.

58. **Matheson.** Lafayette Hand Tool Dexterity Test. *Matheson - The true leader in occupational rehabilitation training.* [Online] [Citace: 15. Zář 2013.] <http://www.roymatheson.com/catalog/lafayette-hand-tool-dexterity-test>.
59. *National Centre for Persons with Disabilities.* [Online] [Citace: 28. Zář 2013.] <http://www.ncpdt.org/uploads/images/Assessment/two-arm-coordination.jpg>.
60. **CHIOVENDA, P., a další, a další.** Environmental noise-exposed workers: Event related potentials, neuropsychological and mood assessment. *International Journal of Psychophysiology.* 2007, 65, stránky 228-237.
61. **LEATHER, P., BEALE, D. a SULLIVAN, L.** Noise, psychosocial stress and their interaction in the workplace. *Journal of Environmental Psychology.* 2003, 23, stránky 213-222.
62. **RABINOWITZ, P. M.** Is noise bad for your health? *The Lancet.* 2005, Sv. 365, 9475, stránky 1908-1909.
63. **HAVRÁNEK, J. a a kol.** *Hluk a zdraví.* Praha : Avicenum, 1990. ISBN 80-201-0020-2.
64. **BERGLUND, B., LINDVALL, T. a SCHWELA, D. H.** Guidelines for community noise. *Web World Health Organization.* [Online] 1999. [Citace: 12. Srpen 2013.] <http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>.
65. **VALEŠOVÁ, K.** Škodlivý vliv hluku na lidský organismus. *Praktický lékař.* 2006, Sv. 86, č. 6, stránky 310 - 311.
66. **WHO.** World Health Organization. *Night Noise Guidelines for Europe.* [Online] 2009. [Citace: 10. Srpen 2013.] http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf. ISBN 978 92 890 4173 7.
67. **JANDÁK, Z.** SZÚ - Vibrace přenášené na člověka. *Web Státního zdravotního ústavu.* [Online] 13. Listopad 2007. [Citace: 8. Zář 2013.] <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/vibrace-prenasene-na-cloveka>.
68. **International Social Security Association.** Vibrace / Hazards arising from whole-body and hand-arm vibrations. *Web BOZP info.* [Online] 16. srpen 2012. [Citace: 30. září 2013.] <http://bozpinfo.cz/msp-osvc/cizinci/vibrations-issa.html>.
69. Hand Arm and whole body vibration. *Web CVK - Center for Vibration.* [Online] [Citace: 8. září 2013.] <http://www.cvk.se/Products/HAV-Hand-Arm-Vibration.html>.
70. Acoustic Science - Anti-vibration Construction. *Web Acoustic Science.* [Online] [Citace: 15. září 2013.] http://www.acoustic-science.gr/wp-content/uploads/2012/07/machine_vibration2.jpg.
71. *The effects of Whole-Body Vibration on Human performance: A meta-analytic Examination.* **CONWAY, G. E., a další, a další.** San Francisco : SAGE Publications, 2006. Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting - 2006. stránky 1741 - 1745. 9780945289296.
72. **LAUGHERY, K. R.** Everybody knows-or do they? *Ergonomics in Design.* Červenec 1993, stránky 8 - 13.
73. **GRIFFIN, M. J.** *Handbook of Human Vibration.* London : Academic Press, 2004. ISBN 978-0123030412.

74. **MATTHAUSEROVÁ, Z.** Státní zdravotní ústav. *Web Státní zdravotní ústav - Mikroklimatické podmínky vnitřního prostřední pracovišť.* [Online] 14. Listopad 2007. [Citace: 11. Zář 2013.] <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikroklimaticke-podminky-vnitriho-prostredi-pracovist>.
75. **LEHOCKÁ, H. a JIRÁK, Z.** tzbinfo - Kulový teploměr a jeho vývoj z hlediska hodnocení tepelné pohody organismu. *Web tzbinfo.* [Online] 28. Listopad 2005. [Citace: 18. Zář 2013.] <http://www.tzb-info.cz/2896-kulovy-teplomer-a-jeho-vyvoj-z-hlediska-hodnoceni-tepelne-pohody-organismu>.
76. **National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).** *Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Hot Environments.* místo neznámé: NIOSH, 1986. 86-113.
77. **WING, J. F.** Upper thermal tolerance limits for unimpaired mental performance. *Aerospace Medicine.* 1965, 36, stránky 960-964.
78. **National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).** *Criteria for a Recommended Standard - Occupational Exposure to hot Environments.* místo neznámé: NIOSH, 1972. No. 72-10269.
79. **HANCOCK, P. A.** Mental performance impairment in heat stress. [autor knihy] Society of Human Factors. *Proceedings of Human Factors society.* 24. místo neznámé: Human Factors Society, 1980, stránky 363-366.
80. **HOCKEY, G. R. J.** Changes in operator efficiency as a function of environmental stress, fatigue and. [autor knihy] K. R. BOFF, L. KAUFFMAN a J. P. THOMAS. *Handbook of Perception and Human Performance.* New York: Wiley, 1986, 44.
81. **BLOCKLEY, W. V. a LYMAN, J. H.** Studies of Human Tolerance for Extreme Heat: IV. Psychomotor Performance of Pilots as Indicated by a Task Simulating Aircraft Instrument Flight. *USAF Technical Report 6521.* Ohio: Wright-Patterson Air Force base, 1951.
82. **SANDERS, M. S. a McCORMICK, E. J.** *Human Factors in Engineering and Design.* 6. New York: McGraw - Hill, 1987.
83. **BLOCKLEY, W. V. a LYMAN, J. H.** Studies of Human Tolerance for Extreme Heat: III. Mental Performance Under Heat Stress as Indicated by Addition and Number Checking Tests. *USAF technical report 6022.* Ohio: Wright-Patterson Air Force base, 1950.
84. **PEPLER, A. D.** Extreme warmth and sensorimotor coordination. *Journal of Comparative and Physiological Psychology.* 1958, 14, stránky 383 - 486.
85. **GREYER, W. F.** Human performance at elevated environmental temperatures. *Aerospace Medicine.* 1973, 44, stránky 747 - 755.
86. **RAMSEY, J. D. a MORISSEY, S. J.** Isodecrement curves for task performance in hot environments. *Applied Ergonomics.* 1978, 9, stránky 66-72.
87. **HANCOCK, P. A.** Task categorization and the limits of human performance in extreme heat. *Aviation, Space and Environmental Medicine.* 1982, 53, stránky 778-784.
88. **KONZ, S.** *Work Design: Industrial Ergonomics.* New York: John Wiley & Sons, 1983. ISBN 978-0882442495.
89. **RAMSEY, J. D. a KWON, Y. G.** Recommended alert limits for perceptual motor loss in hot environments. *International Journal of Industrial Ergonomics.* 1992, 9, stránky 245-257.

90. **HANCOCK, P. A. a VERCRUYSEN, M.** Limits of behavioral efficiency for workers in heat stress. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1988, 3, stránky 149-158.
91. **HANCOCK, P. A. a VASMATZIDIS, I.** Human occupational and performance limits under stress: The thermal environment as a prototypical example. *Ergonomics*. 1998, 41, stránky 1169-1191.
92. *Relationships between Several Prominent Indices*. **JENSEN, R. C. a HEIMS, D. A.** místo neznámé : NIOSH, 1976. NIHOSH Pub. No 77-109.
93. **PARSONS, K. C.** *Human Thermal Environments*. London : Taylor and Francis, 1993. ISBN 0-415-23793-9.
94. **HANCOCK, P. A. a WARM, J. S.** A dynamic model of stress and sustained attention. *Human Factors*. 1989, 31, stránky 519-537.
95. **NAG, P. K., a další, a další.** Human work capacity under combined stress of work and heat. *Journal of Human Ergology*. 1996, 25, stránky 105-113.
96. **GISOLFI, C. V.** Work-heat tolerance derived from interval training. *Journal of Applied Physiology*. 1973, 35, stránky 349-354.
97. **AVELLINI, B., a další, a další.** Effects of heat tolerance of physical training in water and on land. *Journal of Applied Physiology*. 1982, 53.
98. **OSHA - Occupational Safety and Health Administration.** *Noise Control - A Guide for Workers and Employers*. Washington D.C. : OSHA - U.S. Department of Labor, 1980. Report No. 3048.
99. **Journal, British Medical.** *National Center for Biotechnology Information*. [Online] [Citace: 7. Březen 2011.] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2037509/?page=1>.
100. ČSN EN ISO 9000: 2000. *Systém menezmentu kvality*. Praha : ÚNMZ, 2001.
101. **HROMKOVÁ, L.** *Teorie průmyslových podnikatelských systémů I*. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2001. str. 58 s.
102. **ČÁSTEK, O.** Materiál k předmětu Provozní management. *Procesní analýza*. Brno : Ekonomicko- správní fakulta, 2006.
103. **ŘEPA, V.** *Podnikové procesy. Procesní řízení a modelování*. Praha : Grada Publishing, 2006. str. 268 s. ISBN 80-247-1281-4.
104. **GREGOR, M. a GRZNÁR, P.** Výskumná úloha. *Výskum možností zlepšovania podnikových procesov*. Žilina : CEIT, 2008.
105. **KOVÁČ, M.** *Reinžiniering podnikových procesov*. Košice : Sjf TU Košice, 2002.
106. **NENADÁL, J.** *Príspevek k měření a monitorování výkonnosti procesů v systémech managementu jakosti*. [Online] [Citace: 5.. 6. 2011.] <http://katedry.fmfi.vsb.cz/639/qmag/mj24-cz.htm>.
107. —. *Měření v systémech managementu jakosti*. Praha : Management Press, 2001. str. 310 s. ISBN 80-7621-054-6.
108. **ZÁVADSKÝ, J.** *Riadenie výkonnosti podnikových procesov*. Banská Bystrica : EF UMB, 2005. str. 120 s. ISBN 80-8083-077-0.

109. **BASL, J., MAJER, P. a ŠMÍRA, M.** *Teorie omezení v podnikové praxi - Zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC*. Praha : Grada Publishing, 2003. str. 216 s. ISBN 80-247-0613-X.
110. **ZÁVADSKÝ, J.** *Procesný manažment v praxi manažéra*. Trnava : SP Synergia, 2004. str. 238 s. ISBN 80-968734-8-2.
111. **LESÁKOVÁ, Ľ.** *Metódy hodnotenia výkonnosti malých a stredných podnikov*. Banská Bystrica : EF UMB, 2004. str. 124 s. ISBN 80-8055-914-7.
112. **ISHIKAWA, K.** *Co je celopodnikové řízení jakosti? Japonská cesta*. České Budějovice : Bartoň QSV, 1994. str. 175 s. ISBN 80-02-00974-6.
113. **Šimolová, M.** *Řízení životního cyklu produktu v jeho prodejní fázi. Písemná práce ke státní doktorské zkoušce*. Plzeň : autor neznámý, 2013.
114. Wikipedie. *Maslowova pyramida*. [Online] Wikimedia. [Citace: 6. červen 2011.] http://cs.wikipedia.org/wiki/Maslowova_pyramida.
115. Regionální inovační strategie ve Zlínském kraji. *Základní teoretické informace*. [Online] [Citace: 5. červen 2011.] <http://www.inovace-zlinskykraj.cz/inovace-teorie-a-praxe/zakladni-teoreticke-informace.html>.
116. MSYS: Slovník - Klíčové pojmy. *Management systems*. [Online] [Citace: 28. leden 2011.] http://www.msys.sk/slovník_sixsigma.htm.
117. **NAG, P. K., a další, a další.** Extreme Heat Events: Perceived Thermal Response of indoor and outdoor workers. *International Journal of Current Research and Rview*. 1. January 2013, Sv. 05, 17, stránky 65-78.

PUBLIKAČNÍ A ODBORNÁ ČINNOST

Publikační činnost:

- [1] HOŘEJŠÍ, P., GÖRNER, T. *Virtuální realita v prostředí DP*. 1. vyd. Plzeň; SmartMotion s.r.o., 2013, ISBN: 978-80-87539-22-4
- [2] GÖRNER, T., KURKIN, O., POLÁŠEK, P., HOŘEJŠÍ, P. Možnosti ergonomických analýz pracovních poloh s využitím reálného pohybu člověka v digitálním prostředí. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti (Journal of Safety Research and Applications) - JOSRA*, 2013, roč. 5, č. 3-4, s. 1-7. ISSN: 1803-3687
- [3] KURKIN, O., POLÁŠEK, P., GÖRNER, T., HOŘEJŠÍ, P. Využití technologií virtuální reality a zábavního průmyslu ve výrobě. *AI magazine*, 2013, roč. 6, č. 1, s. 58-61. ISSN: 1337-7612
- [4] HOŘEJŠÍ, P., GÖRNER, T., KURKIN, O., POLÁŠEK, P., JANUŠKA, M. Using KINECT Technology Equipment for Ergonomics. *MM Science Journal*, 2013, roč. Neuveden, č. 3, s. 388-391. ISSN: 1803-1269
- [5] GÖRNER, T., GRZNÁR, P. Přínosy virtuální reality v dalších oblastech než jen automotive (část 4.). *AI magazine*, 2012, roč. 5, č. 2, s. 70-72. ISSN: 1337-7612
- [6] BUREŠ, M., ŠRAJER, V., GÖRNER, T. *Projektování výrobních systémů a DP*. 1. vyd. Plzeň; SmartMotion, 2012, ISBN: 978-80-87539-10-1
- [7] GÖRNER, T., HOŘEJŠÍ, P., ŠIMON, M. Využití virtuální reality v průmyslovém inženýrství. In *Collaborative Engineering v inovačním cyklu*. Liberec: Technická univerzita, 2012. s. 141-150. ISBN: 978-80-7372-938-7
- [8] GÖRNER, T., GRZNÁR, P. Virtuální realita v automotive industry (3. část) - Přínosy v dalších automobilkách a u výrobců zemědělských strojů a pracovních strojů. *AI magazine*, 2012, roč. 5, č. 1, s. 56-59. ISSN: 1337-7612
- [9] GÖRNER, T., GRZNÁR, P. Přínosy virtuální reality v neobvyklých i klasických oblastech. (část 5.). *AI magazine*, 2012, roč. 5, č. 3, s. 88-90. ISSN: 1337-7612
- [10] BROUM, T., GÖRNER, T., KLEINOVÁ, J., ŠIMON, M. INCREASING THE VALUE OF ERGONOMIC DESIGN OF WORKPLACE IN COMPLIANCE WITH LIMIT COSTS. In *Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic, INDUSTRIAL ENGINEERING*. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2012. s. 413-418. ISBN: 978-9949-23-265-9
- [11] GÖRNER, T., HOŘEJŠÍ, P., KURKIN, O. *Virtuální realita a DP*. 1. vyd. Plzeň; SmartMotion, 2012, ISBN: 978-80-87539-07-1
- [12] GÖRNER, T., ŠIMON, M., EDL, M. Ergonomics And Product Life Cycle. In *Proceedings of the 17th International Business Information Management Association*. Milan: International Business Information Management Association, 2011. s. 914-924. ISBN: 978-0-9821489-6-9
- [13] GÖRNER, T., ŠIMON, M., EDL, M. Ergonomie a životní cyklus produktu. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti (Journal of Safety Research and Applications) - JOSRA*, 2011, roč. 4, č. 3, s. 1-7. ISSN: 1803-3687

- [14] GÖRNER, T., ŠIMON, M., EDL, M. Aplikace ergonomie v rámci životního cyklu produktu. In *MOPP 2011 - Modelování optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011. s. 1-8. ISBN: 978-80-261-0060-7
- [15] GÖRNER, T., GRZNÁR, P. Virtuálna realita v automotive industry. *ai magazine - automotive industry - Časopis o automobilovom priemysle, strojárstve a ekonomike*, 2011, roč. 4., č. 2/2011, s. 96-98. ISSN: 1337-7612
- [16] GÖRNER, T., ŠIMON, M. Approaches to the ergonomic rationalization. In *Industrial Engineering of the Future - InvEnt 2011*. Žilina: EDIS - Printing House of the University of Žilina, 2011. s. 28-31. ISBN: 978-80-554-0409-7
- [17] GÖRNER, T., BUREŠ, M., ŠIMON, M. Vliv inovace technického produktu na ergonomii pracoviště. In *Modelování, simulace a optimalizace podnikových procesů v praxi*. Praha: ČSOP, 2011. s. 93-101. ISBN: 978-80-260-0023-5
- [18] GÖRNER, T., GRZNÁR, P. Virtuální realita v automotive industry (2. část) - Přínosy digitalizace a VR ve Ford Motor Company. *AI magazine*, 2011, roč. 4, č. 4/2011, s. 62-65. ISSN: 1337-7612
- [19] GÖRNER, T., SMUTNÁ, M. Čo riešia priemyselní inžinieri v oblasti ergonomie v Žiline a Plzni. *ai magazine - automotive industry - Časopis o automobilovom priemysle, strojárstve a ekonomike*, 2011, roč. 4, č. 2, s. 92-95. ISSN: 1337-7612
- [20] GÖRNER, T., ŠIMON, M. Ergonomic rationalization. In *Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of The 22nd International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity"*. Vienna: DAAAM International Vienna, TU Wien, 2011. s. 0753-0754. ISBN: 978-3-901509-83-4 , ISSN: 1726-9679
- [21] BUREŠ, M., GÖRNER, T., ŠIMON, M., SEKULOVÁ, K. Využití digitálních nástrojů ergonomie v praxi. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti (Journal of Safety Research and Applications) - JOSRA*, 2011, roč. 4, č. 1, s. 1-7. ISSN: 1803-3687
- [22] GÖRNER, T., BROUM, T., ŠIMON, M., KLEINOVÁ, J. Use of value analysis to increasing the value of ergonomic design of workplace. In *Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21th international DAAAM symposium*. Vienna, Austria: DAAAM International, 2010. s. 1119-1120. ISBN: 978-3-901509-73-5
- [23] ŠIMON, M., GÖRNER, T. *Zásobování materiálu do výroby - Milcrun*. 2010
- [24] BUREŠ, M., GÖRNER, T., SEKULOVÁ, K. *Zkušenosti v oblasti využití digitálních nástrojů v praxi*. Žilina, Slovensko, 2010., ISBN: 978-80-970588-6-9
- [25] GÖRNER, T., UHROVČÍKOVÁ, P., KLEINOVÁ, J. Innovation of teaching and creation a study materials with multimedia support for the subject - cost recalculation in mechanical engineering for full-time and part-time study. In *Information and communication technology in education 2010*. Ostrava: University of Ostrava, 2010. s. 79-82. ISBN: 978-80-7368-775-5
- [26] BUREŠ, M., GÖRNER, T., SEKULOVÁ, K. *Digitální modely člověka a jejich využití v praxi*. Liberec, 2010., ISBN: 978-80-7372-669-0
- [27] GÖRNER, T., ŠIMON, M. Ergonomické studie ve ŠKODA ELECTRIC a.s.. In *Výrobní systémy dnes a zítra*. Liberec: Technická univerzita, 2009. s. 1-9. ISBN: 978-80-7372-541-9

[28] GÖRNER, T., ŠIMON, M. Ergonomická optimalizace pracoviště ve ŠKODA ELECTRIC a.s.. In *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2009. s. 1-9. ISBN: 978-80-7043-844-2

[29] GÖRNER, T., ŠIMON, M. Případová studie ergonomického projektování pracovišť s využitím digitální továrny. In *Digitální podnik 2008*. Žilina: Slovenské centrum produktivity, 2008. s. 99-104. ISBN: 978-80-89333-03-5

[30] GÖRNER, T., UHROVČÍKOVÁ, P. Ergonomie a hodnocení finančních dopadů. In *Setkání kateder průmyslového inženýrství*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2008. s. 1-7. ISBN: 978-80-7318-769-9

Pedagogická činnost:

- Průmyslové inženýrství (KPV/PI) – zajišťování cvičení předmětu.
- Základy podnikového managementu pro techniky (KPV/PMA) – zajišťování cvičení předmětu.
- Praktika z výpočetní techniky 1 (KPV/PVT) – zajišťování cvičení předmětu.

Absolvované pedagogické kurzy:

- Konstruktivismus v kostce
- Vyučovací metody na VŠ (ECTS)

Absolvovaná školení:

- Školení Tecnomatix Jack
- Teorie vlastností technických systémů
- Workshop Faster
- Seminář pro studenty doktorských studijních programů ZČU

Projekty:

- MATEO MAT-12-C4 – Mezinárodní projekt – The European Network of Mechatronics Centres, „MATEO - Matching Technologies and Opportunities“ v programu Interreg IIIC.
- FRVŠ – G5 – Inovace výuky a tvorba studijních podkladů s multimediální podporou k předmětu Propočty nákladů ve strojírenství pro prezenční a kombinované studium.
- GAČR 402/08/H051 – „Optimalizace multidisciplinárního navrhování a modelování výrobního systému virtuálních firem“.
- Innovation for Welfare – I4W – subprojekt TIAM – evropský projekt – Toolkits for hazard identification risk assessment and prevention of work-related musculoskeletal disorders based on collaborative platform.
- IGFST (Interní grant Fakulty strojní ZČU v Plzni) - „Multidisciplinární optimalizace návrhu a provozu výrobního systému v prostředí digitálního podniku“.
- Projekt OP VK č.CZ.1.07/2.3.00/09.0163 – VYZTYMDP - „Kvalitní výzkumný tým zaměřený na problematiku životního cyklu výrobku v prostředí digitálního podniku“.
- Projekt ŽIVDIG – OPVK CZ.1.07/2.2.00/15.0397 - „Životní cyklus výrobku v prostředí digitálního podniku“.
- ŠKODA ELECTRIC a.s., Plzeň – trakční motory – „Ergonomie pracovišť a uspořádání výrobního prostoru“.
- HP PELZER k.s., Plzeň Křimice – „Stanovení norem spotřeby času“.
- ŠKODA TRANSPORTATION, Plzeň – „Zjišťování spotřeby času jeřábů ve výrobním procesu“.

- MILOS s.r.o., Roudnice nad Labem – „Ergonomie pracovišť balení a uspořádání výrobního prostoru“.
- MOVO spol. s.r.o., Plzeň, – „Projekt štíhlé organizace výroby ve společnosti MOVO spol. s r.o.“.
- KERMI s.r.o., Stříbro, – „Uspořádání výrobního systému sprchových kabin“.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Odstraňování psychické zátěže a stresu:

- Psychická zátěž:
 - Zařazovat častější krátké pracovní přestávky,
 - Omezovat přesčasové práce,
 - Dobře organizovat práci,
 - Věnovat pozornost zácviku nových pracovníků,
 - Vybírat pracovníky na exponovaná místa dle psychologických kritérií,
 - atd.
- Stres:
 - Řešením problémů – zhodnotit zátěžové situace a realizovat kroky k jejich odstranění.
 - Strukturováním – úprava situace tak aby se nevyskytovaly ohrožující jevy.
 - Sebekontrolou – kontrolované chování pro zabránění účinkům škodlivých a neproduktivních aktivit.
 - Supresí – vědomé zatlačení původní myšlenky nebo pocitu – uvolňuje stres ale neodstraní problém.
 - Motivací – osobní pochvala, peněžitá odměna, materiální odměna atp.

Příloha č. 2 – Kritéria užívaná u profesiogramů:

- Kritéria pro hodnocení smyslové činnosti:
 - smysly rozhodující pro výkon práce a závažnost jejich informační činnosti;
 - náročnost výkonu práce pro optimální nebo nejmenší potřebné množství informace pro správnou činnost;
 - závažnost rušivých vlivů vnějšího prostředí pro omezení příjmu informací potřebných pro správnou činnost (vliv osvětlení, teploty, hluku, zápachu atd.);
 - závažnost rušivých či škodlivých vlivů vnějšího prostředí pro možnost poškození zdraví pracovníka (toxické látky, elektromagnetické záření, atd.);
- Kritéria pro hodnocení mentální činnosti:
 - náročnost výkonu práce na paměť a poznávací procesy;
 - náročnost výkonu práce na rychlost a složitost rozhodování a stupeň odpovědnosti;
 - náročnost výkonu práce na koncentraci pozornosti a emocionální napětí;
 - náročnost výkonu práce na sociabilitu a vázanost na jiné osoby;
- Kritéria pro hodnocení pohybové činnosti:
 - články pohybového ústrojí rozhodující pro výkon práce a jejich zatížení pracovní činností;
 - náročnost práce na energetický výdej s ohledem na přípustné hranice zatížení;
 - náročnost práce na termoregulaci organismu lidského těla s ohledem na přípustné hranice zatížení;
 - náročnost práce na sílu zatížených svalových skupin s ohledem na přípustné hranice zatížení;
 - náročnost práce na motorickou koordinaci s ohledem na rychlost a opakovatelnost pohybů;
 - náročnost práce na pracovní polohu, její vázanost na pracoviště a závažnost škodlivého vlivu na organismus lidského těla;
- Kritéria pro posuzování pracovního prostředí:

- faktory pracovního prostředí (osvětlení, hluk, teplota, záření) dle intenzity, délky trvání atd., působí v rozhodující míře optimálně nebo rušivě na práci a jaká je jejich závažnost;
- faktory představující zdravotní ohrožení člověka a jaká je jejich závažnost (podkladem pro hodnocení je hygienický předpis);
- splnění požadavků na ochranu zdraví člověka před nežádoucími účinky škodlivých látek na pracovišti;
- Kritéria pro posuzování provozních prostředků a pracoviště:
 - prvky technického zařízení, které mohou být rozhodující pro zhoršení podmínek obsluhy a zvýšení zdravotního ohrožení člověka;
 - kontrola práce a zprostředkování informací sdělovači;
 - polohy a pohyby v pracovním prostoru u pracovního prostředku;
 - pohybová ekonomičnost a využití silových schopností člověka při práci;
 - funkční a výtvarná účelnost pracovních prvků, s kterými pracovník přichází do styku;
 - funkční a estetická účelnost pracovního prostoru v návaznosti na pracovní činnost.

Příloha č. 3 – Seznam okrajových podmínek:

- *OKP 1 – vyspecifikovat příslušná kritéria, která odpovídají určitému typu pracovního místa.*
- *OKP 2 – v rámci této práce se věnujeme pouze pracovištím ve výrobních a montážních podnicích. Následně je tedy věnována pozornost pouze kritériím, která se týkají pracovišť s prací u stacionárních strojů (výrobní linka, stroj atp.).*
- *OKP 3 – v rámci této práce se dále budeme věnovat vymezení hlavně těch kritérií, která je schopen kontrolovat a ověřovat ergonom, průmyslový inženýr. Ostatní kritéria nelze pominout.*
- *OKP 4 – v rámci 3 hlavních pilířů této práce je nutné dále vyspecifikovat kritéria, která na ně mají vliv.*
- *OKP 5 – Na základě výše uvedených důvodů byly vybrány k dalšímu zkoumání vlivu následující fyzikální faktory, neboť tyto jsou měřitelné pracovníky, kteří jsou v podnicích odpovědní za ergonomii, a odborná literatura, stejně jako dlouhodobé sledování SZÚ Praha, je hodnotí jako významné původce ohrožení a nemoci z povolání, a také jako prvky nejvíce ovlivňující výkonnost člověka, za předpokladu jeho psychické pohody. Psychologické faktory a jejich vliv nebylo možné z hlediska zadání práce řešit.*

Příloha č. 4 – Opatření proti snížení vibrací:

- Kroky při snižování vibrací:
 - Vyhodnocení rizika.
 - Provedena odpovídající měření.
 - Vytvoření a implementace programů a opatření na snížení vibrací.
 - Informování a instruování zaměstnanců.
 - Monitoring zdravotního stavu.
 - Pořízení dodatečného vybavení.
 - Pořízení ochranných pomůcek – např. antivibrační rukavice.
- Snížení vibrací rukou:
 - Užívat náradí s nižší deklarovanou hodnotou vibrací.

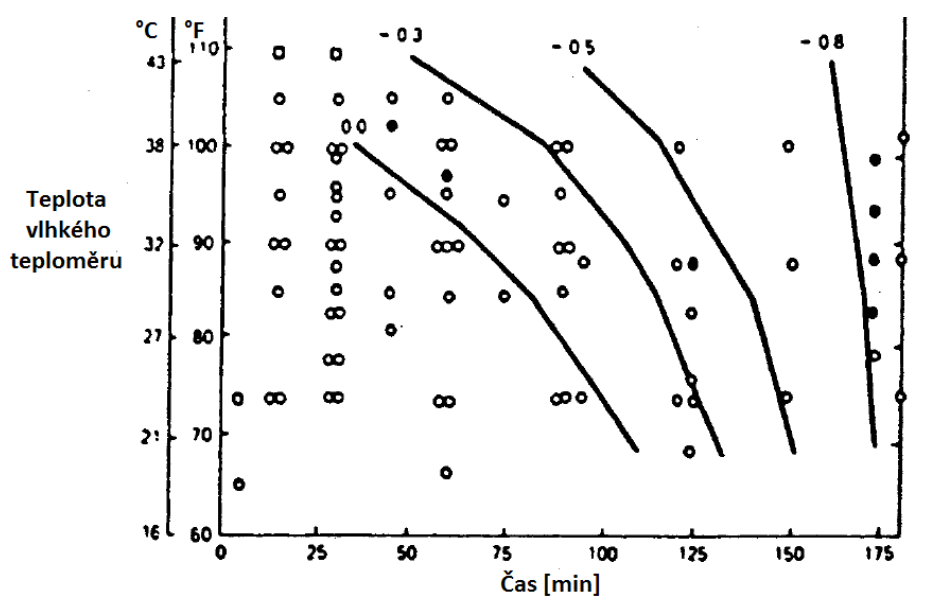
- Snížení přenášených kroutících momentů – menší nutnost pevnosti úchopu rukou.
- Používat kontaktních nýtovaček s omezovači odskoku místo nýtovacích kladiv.
- Užívat momentových šroubováků místo rázových utahovaček.
- Užívat vrtacích kladiv místo klasických přiklepových vrtaček.
- Užívat nízkovibračních sbíječek ve stavebnictví a v dolování.
- Užívat nízkovibračních sekacích kladiv na kámen a ocel.
- Užívat nízkovibrační motorové pily v lesnictví.
- Užívat ostré a vyvážené nástroje.
- Nýtování nahrazovat lepením.
- Navrhovat licí formy s minimální nutností následného čištění.
- Užívat násobných šroubováků.
- Snížení vibrací celého těla:
 - Izolování strojů od všech částí budovy a dalších strojů elastickými prvky.
 - Užití vibračních izolátorů – u těžkých strojů.
 - Užívání méně hlučných strojů – hluk je většinou spojen s vibracemi.
 - Přerušit šíření vibrací na místa výskytu osob – souvisí s šířením hluku stavební konstrukcí.
 - Střídání pracovníků obsluhy a rotace směn.
 - Vyšší kvalita silnic – i obslužných komunikací a stavebních cest.
 - Vyrovnání kolejových tratí – sváry.
 - Sedadla a kabiny s odpružením.
 - Sedadla a kabiny s tlumiči.
 - Nastavitelná sedadla dle hmotností – pružení i útlum.
 - Hydraulické pohony manipulátorů.
 - Pevné pneumatiky s integrovanými vzduchovými komůrkami (vysokozdvížky).

Příloha č. 5 – Ochrana proti nepříznivému mikroklimatu - teplo:

- Technická opatření spočívají:
 - u konvekčního tepla je možné je omezit větráním – odvod produkovaného tepla.
 - Vlivy sálavého tepla je možné omezit:
 - snížením povrchové teploty (izolace nebo vodní chlazení),
 - snížením intenzity sálání (leštění povrchu do kovového lesku) tepelného zdroje,
 - odcloněním pracovníka pomocí clon, které teplo pohlcují, odrážejí nebo odvádějí. Svoji podstatou se jedná o clony mechanické či vodní. Pohlcující clony jsou litinové s nehořlavou výplní. Odrazivé jsou většinou hliníkové nebo z leštěné oceli. Clony teplo odvádějící jsou z oceli a jsou chlazeny vodou – na povrchu nebo uvnitř. Speciální jsou clony průhledné, které jsou ze skal, které je chlazeno vodou nebo je izotermické.
 - ochlazováním pracovníků pomocí vzduchových sprch, nebo rozprašováním vody.
 - pomocí chladících panelů instalovaných blízko zdroje tepla.
 - Speciální případy:

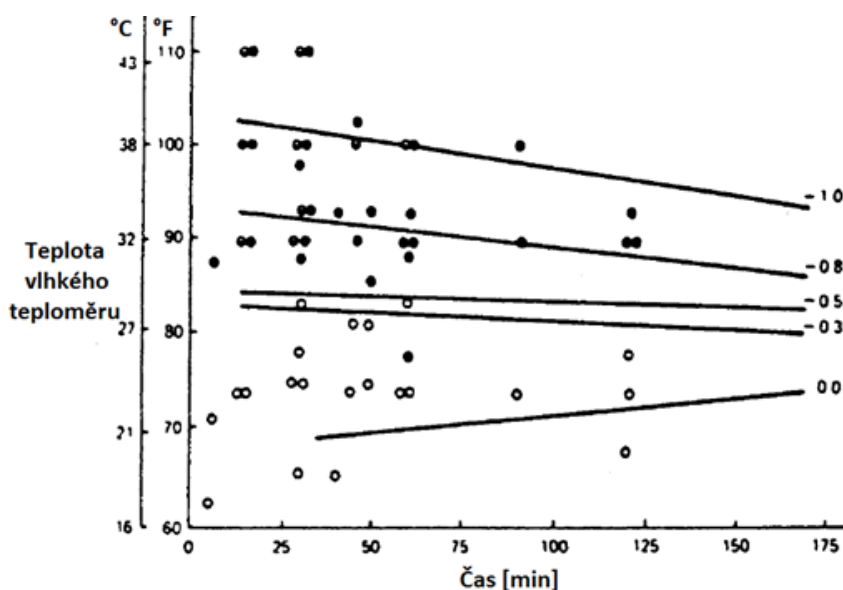
- spočívají ve využití oděvů s tepelným odporem a nízkým součinitelem poměrné absorpce. U velmi exponovaných prací mohou být tyto obleky chlazeny vzduchem.
- Organizační opatření spočívají v:
 - vhodné organizaci práce a odpočinku,
 - umožnit krátkodobý pobyt v teple nebo naopak v chladu,
 - úhradu tekutin krycími nápoji
 - věnování se výběru pracovníků – srdeční zátěž.

Příloha č. 6 – Vliv teploty na výkonnost:



● Významný pokles ● Pokles ○ Bez změny □ Významné zlepšení

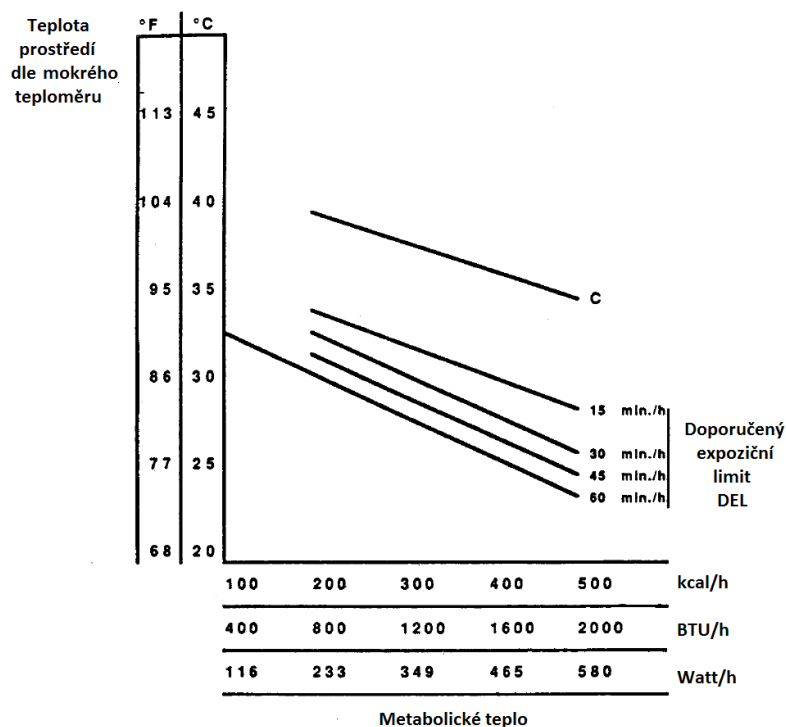
Obr. 0-1 Isodekrementální křivky pro výkonnost při duševních úkolech (86)



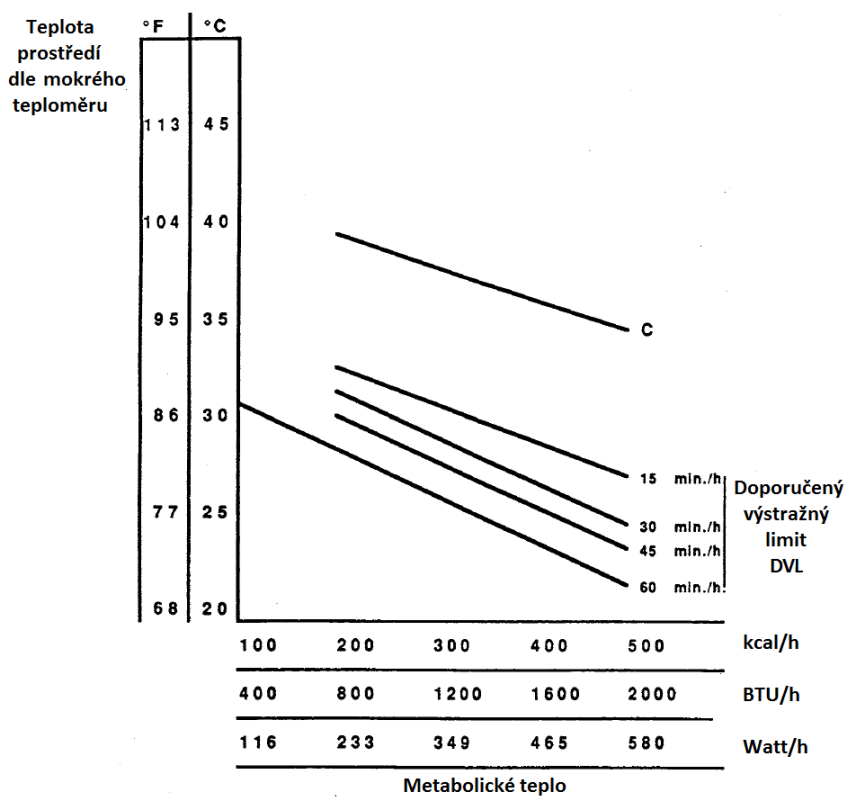
● Významný pokles ● Pokles ○ Bez změny □ Významné zlepšení

Obr. 0-2 Isodekrementální křivky pro výkonnost při psychomotorických úkolech (86)

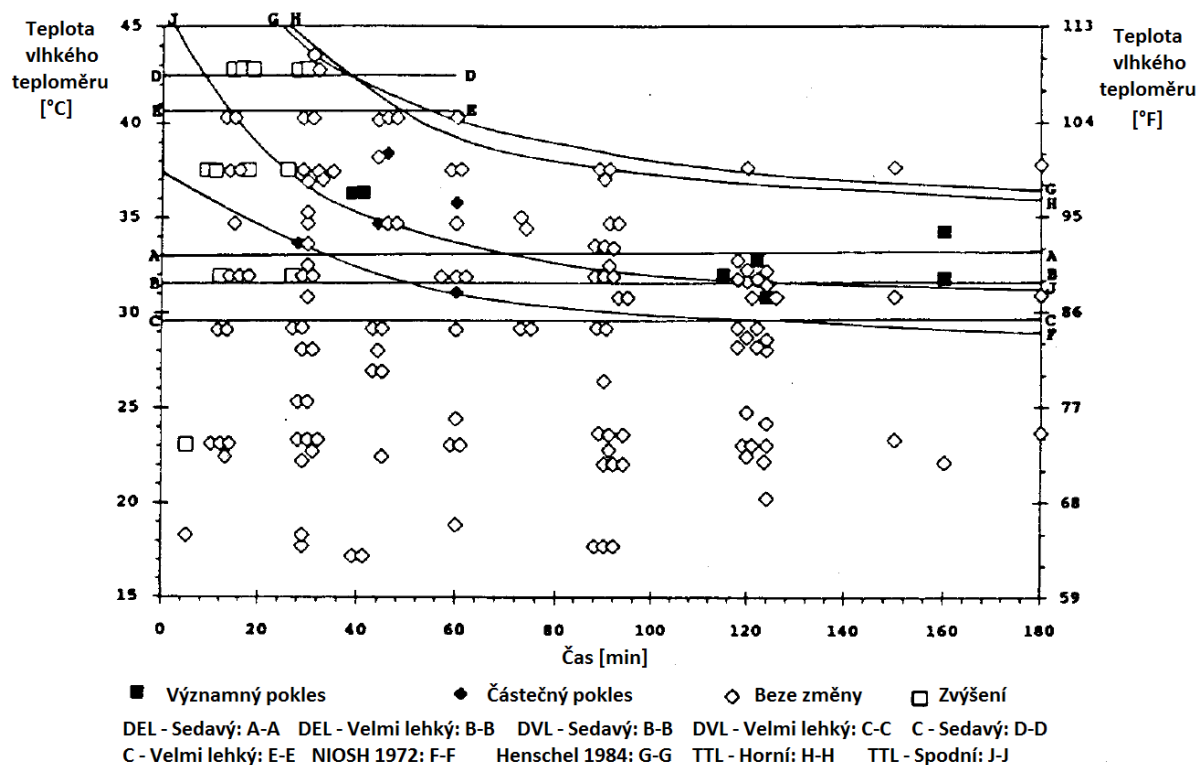
Čísla představují úroveň úbytku výkonu v rozmezí od 0,0 (beze změny) do -1,0 (významný úbytek výkonnosti při plnění úkolů).



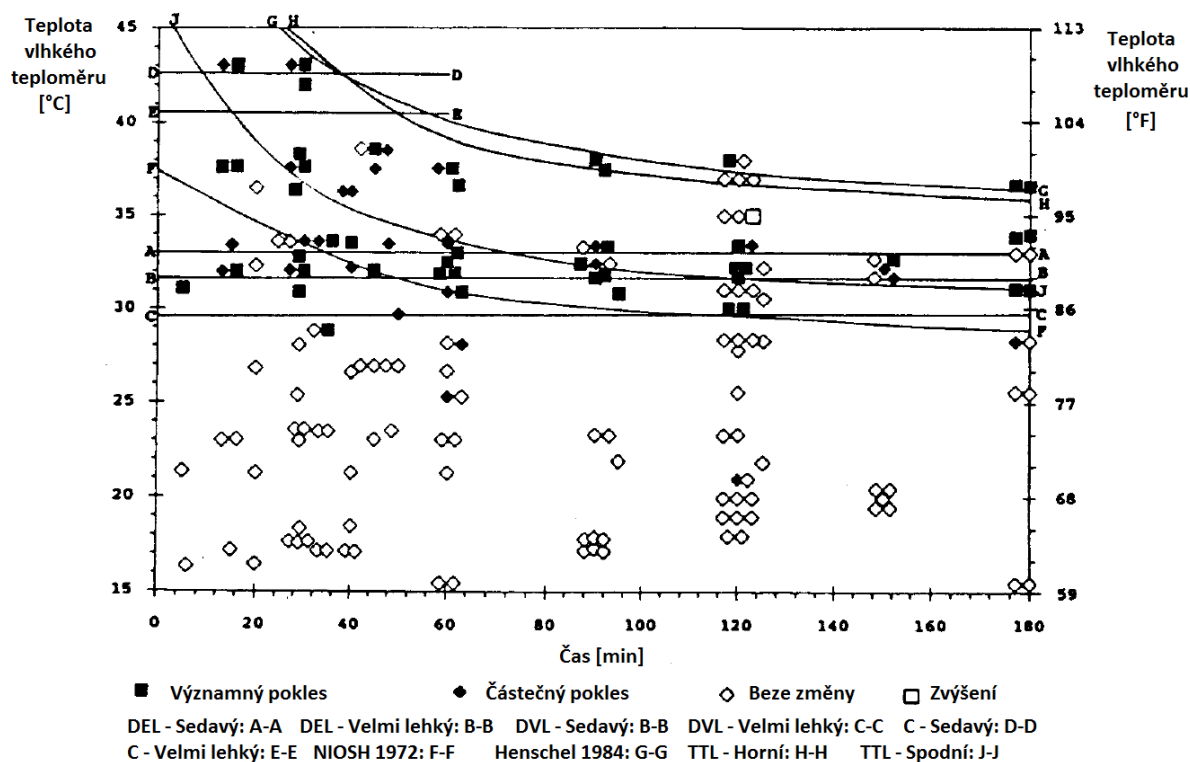
Obr. 0-3 Revidované doporučené expoziční limity tepelného stresu pro aklimatizované pracovníky (76)



Obr. 0-4 Revidované doporučené výstražné limity tepelného stresu pro neaklimatizované pracovníky (76)



Obr. 0-5 Doporučené teplotně časové limity pro výkonnost duševních a jednoduchých úkolů (89)



Obr. 0-6 Doporučené teplotně časové limity pro výkonnost motorických úkolů (89)

Pro oba obrázky (Obr. 0-5 a Obr. 0-6) platí: DEL – doporučený expoziční limit u aklimatizovaných pracovníků; DVL – doporučený výstražný limit pro neaklimatizované pracovníky. Křivky A-A, B-B a C-C vyznačují expoziční limity pro průměrný hodinový

expoziční limit. Křivky *D-D* a *E-E* jsou horním limitem dle NIOSH 1986 pro sedavou a velmi lehkou práci. Křivka *G-G* byla derivována na základě výzkumu Ramseyho a Kwona (89) a Henschela. Křivka *H-H* definuje horní teplotní toleranční limit (*TTL* - horní) pro nenarušenou neuromuskulární výkonnost dle Hancocka a Vercruyssena (90). Křivka *J-J* (teplotní toleranční limit *TTL* – spodní) určuje časově teplotní podmínky sedavé práce, při kterých není očekávána změna teploty tělesného jádra.

Příloha č. 7 – Metodika – 1. Fáze – Krok 1 – Stanovení preferencí pracovníka zodpovědného za ergonomii – Hodnocení významnosti kritérií a subkritérií:

Tabulka 27 – Hodnocení významnosti ergonomických kritérií a subkritérií

Hodnocení významnosti ergonomických kritérií a subkritérií	
<p>Jedná se o subjektivní hodnocení důležitosti ergonomických kritérií a jejich subkritérií. Jedná se o kritéria, která by měla splňovat pracovní místa výrobních montážních podniků (práce u stacionárních strojů). Existuje 8 skupin, resp. 8 hlavních kritérií. Tato kritéria se dále dělí na subkritéria (52). Při přiřazování důležitosti je tedy nutné brát v úvahu kritéria na stejné úrovni. Stejně tak subkritéria na stejné úrovni.</p> <p>Například: Přiřazujeme li důležitost kritériu na hlavní úrovni posuzujeme kritéria 1 - 8 (otázka <i>Kritéria</i>) Přiřazujeme li důležitost subkritériím kritéria č. 1 posuzujeme subkritéria skupiny č. 1, tedy 1.1 - 1.5 (otázka <i>Subkrit 1</i>). Přiřazujeme li důležitost subkritériím kritéria č. 2, posuzujeme subkritéria skupiny č. 2, tedy 2.1 - 2.7 (otázka <i>Subkrit 2</i>) atd.</p> <p>Volba se provádí na zelených polích pomocí rozklikávací volby (výběr hodnot je 1 až 9), kdy 1 znamená nejnižší význam a 9 nejvyšší význam.</p> <p>Po ohodnocení významnosti kritérií a subkritéria je nutné ještě vyjádřit, které oblasti subkritéria ovlivňují - do kterého pilíře vstupují. Vliv subkritéria může být v následujících pilířích (1; 2; a 3), kdy subkritériem může vstoupit do jednoho, dvou i všech tří pilířů - volba se provádí X pomocí rozklikávací volby na žlutých polích.</p>	
Pilíř 1 - Označte subkritéria, která mají dle Vašeho názoru vliv na ZDRAVÍ A BEZPEČNOST pracovníka	
Pilíř 2 - Označte subkritéria, která mají dle Vašeho názoru vliv na MAXIMALIZACI VÝKONU pracovníka	
Pilíř 3 - Označte subkritéria, která mají dle Vašeho názoru vliv na FUNKCI pracovního systému	
Kritéria	<p>Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím 8 hlavním kritériím? Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Kritéria mohou být stejně významná.</p>

	1	Pracovní prostor	8			
	2	Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu	6			
	3	Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti	7			
	4	Zrakové a sluchové sdělovače	2			
	5	Osvětlení	9			
	6	Hluk a vibrace	6			
	7	Mikroklima - ovzduší	3			
	8	Riziko pracovních úrazů	1			
Subkrit. 1	Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím subkritériím, kritéria 1 - Pracovní prostor? Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Subkritéria mohou být stejně významná.			P I L Í Ř	P I L Í Ř	P I L Í Ř
				1	2	3
	1.1	Velikost nezastavěné podlahové plochy	2	X	X	
	1.2	Světlá výška	4	X	X	X
	1.3	Vzdušná kubatura	6			X
	1.4	Přístup na prac. místo (schody, plošiny)	7	X	X	
1.5	Volnost pohybu na pracovním místě	8	X			
Subkrit. 2	Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím subkritériím, kritéria 2 - Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu? Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Subkritéria mohou být stejně významná.			P I L Í Ř	P I L Í Ř	P I L Í Ř
				1	2	3
	2.1	Výška manipulační roviny nad podlahou - práce vsedě.	4	X	X	X
	2.2	Dosahové oblasti horních končetin na manipulační rovině vsedě	1		X	
	2.3	Dosahové oblasti ve vertikální rovině vsedě	1	X		X
	2.4	Dosahové oblasti při práci vstoje	1		X	
	2.5	Viditelnost míst zrakem přímo sledovaných	1	X		X
	2.6	Viditelnost sdělovačů na a mimo stroj	3	X		X
2.7	Sedadlo pro trvalý sed, občasný odpočinek	1		X	X	
Subkrit. 3	Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím subkritériím, kritéria 3 - Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti? Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Subkritéria mohou být stejně významná.			P I L Í Ř	P I L Í Ř	P I L Í Ř
				1	2	3
	3.1	Hmotnost ručně zvedaných a přenášených břemen	3	X		X
	3.2	Vertikální vzdálenost zdvihu břemene	4	X		
	3.3	Kumulativní hmotnost břemen za směnu	1	X	X	
3.4	Úchopové možnosti při zvedání a přenášení břemen	1			X	

	3.5	Umístění ručních a nožních ovladačů - síly	8	X			
	3.6	Umístění zásobníků s dílci na prac. Rovně	6	X		X	
	3.7	Umístění přepravek, kontejnerů atp	5				
	3.8	Typ ručních vozíků	1	X	X		
	3.9	Manipulace s výměnnými součástmi stroje	2	X			
Subkrit. 4	Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím subkritériím, kritéria 4 - Zrakové a sluchové sdělovače? Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Subkritéria mohou být stejně významná.				P I L Í Ř	P I L Í Ř	P I L Í Ř
					1	2	3
	4.1	Vhodnost typů zrakových sdělovačů pro sledované funkce	1	X			
	4.2	Umístění zrakových sdělovačů s ohledem na význam a frekvenci sdělovaných informací	3		X		
	4.3	Čitelnost údajů na zrakových sdělovačích	5				X
	4.4	Způsob hodnocení údajů-symboly, barvy	7				X
	4.5	Zraková a sluchová signalizace mimořádných stavů	6		X		
	4.6	Rozlišení zvukové signalizace podle závažnosti stavu	4	X			
	4.7	Uspořádání funkčně souvisejících sdělovačů a ovladačů	2		X		
Subkrit. 5	Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím subkritériím, kritéria 5 - Osvětlení? Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Subkritéria mohou být stejně významná.				P I L Í Ř	P I L Í Ř	P I L Í Ř
					1	2	3
	5.1	Celková světelnost pracoviště	3		X		
	5.2	Místní osvětlení s ohledem na zrakovou náročnost	6				X
	5.3	Barva světla vzhledem na rozlišování barev	2	X	X	X	
	5.4	Kontrast mezi pozorovaným místem a okolím	8		X		
	5.5	Rovnoměrnost osvětlení na pracovišti	4		X		
	5.6	Nouzové osvětlení	1		X		
Subkrit. 6	Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím subkritériím, kritéria 6 - Hluk a vibrace? Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Subkritéria mohou být stejně významná.				P I L Í Ř	P I L Í Ř	P I L Í Ř
					1	2	3
	6.1	Technická opatření snižující hlučnost zdrojů - protihlukové stěny atp.	1	X			
	6.2	Protihlukové obložení stropů a stěn	8		X		
	6.3	Používání OOPP proti hluku	7		X	X	
	6.4	Slyšitelnost řečových komunikací na hlukovém pozadí - šum	2		X	X	
	6.5	Technická a režimová opatření proti přenosu vibrací na tělo a ruce	4			X	
Subkrit. 7	Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím subkritériím, kritéria 7 - Mikroklíma - ovzduší?				P I I I	P I I I	P I I I

Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Subkritéria mohou být stejně významná.		L Í Ř 1	L Í Ř 2	L Í Ř 3
7.1	Teplota v letním a v zimním období s ohledem na fyzickou namáhavost práce	1	X	
7.2	Proudění vzduchu	8	X	
7.3	Relativní vlhkost	4	X	
7.4	Množství přiváděného vzduchu	3	X	
7.5	Podávání náhradních nápojů	6	X	
Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím subkritériím, kritéria 8 - Riziko pracovních úrazů? Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Subkritéria mohou být stejně významná.		P I L Í Ř 1	P I L Í Ř 2	P I L Í Ř 3
Subkrit. 8	8.1 Pevné, pohyblivé kryty pohybujících se částí a technických zařízení	4	X	
	8.2 Kryty zabraňující odletu úlomků třísek a odpadu	3		X
	8.3 Ochrana proti nežádoucímu spuštění	2	X	X
	8.4 Ochrana proti riziku stříhu, vtažení, zachycení atp	1	X	X
	8.5 Signalizace mimořádných stavů pomocí akustických sdělovačů	8	X	
	8.6 Barevné či jiné označení rizikových míst	7	X	
	8.7 Zabránění dosahu horních končetin do rizikových míst	6		X
	8.8 Ochranné zábrany a překážky zabraňující přístupu do nebezpečného prostoru	5		X

4. Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím 8 hlavním kritériím?

Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Kritéria mohou být stejně významná.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Pracovní prostor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3 Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4 Zrakové a sluchové sdělovače	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5 Osvětlení	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6 Hluk a vibrace	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7 Mikroklima - ovzduší	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8 Riziko pracovních úrazů	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Jakou významnost byste přiřadili při porovnání následujícím subkritériím, kritéria 1 - Pracovní prostor

Nejnižší význam 1, nejvyšší význam 9. Subkritéria mohou být stejně významná.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.1 Velikost nezastavěné podlahové plochy.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1.2 Světlá výška.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1.3 Vzdušná kubatura.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1.4 Přístup na prac. místo (schody, plošiny).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1.5 Volnost pohybu na pracovním místě.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obr. 0-7 Ukázka - Elektronický dotazník pro sběr informací o významnosti kritérií a subkritérií

Tabulka 28 - Výsledky uživatelského přiřazení významnosti kritériím a subkritériím

[1 Pracovní prostor]	4
[2 Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu]	8
[3 Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti]	8
[4 Zrakové a sluchové sdělovače]	5
[5 Osvětlení]	4
[6 Hluk a vibrace]	5
[7 Mikroklima - ovzduší]	4
[8 Riziko pracovních úrazů]	4
[1.1 Velikost nezastavěné podlahové plochy.]	2
[1.2 Světlá výška.]	3
[1.3 Vzdušná kubatura.]	3
[1.4 Přístup na prac. místo (schody, plošiny).]	5
[1.5 Volnost pohybu na pracovním místě.]	6
[2.1 Výška manipulační roviny nad podlahou - práce vsedě.]	7
[2.2 Dosahové oblasti horních končetin na manipulační rovině vsedě.]	7
[2.3 Dosahové oblasti ve vertikální rovině vsedě.]	7
[2.4 Dosahové oblasti při práci vstoje.]	7
[2.5 Viditelnost míst zrakem přímo sledovaných.]	6
[2.6 Viditelnost sdělovačů na a mimo stroj.]	6
[2.7 Sedadlo pro trvalý sed, občasný odpočinek.]	8
[3.1 Hmotnost ručně zvedaných a přenášených břemen.]	8
[3.2 Vertikální vzdálenost zdvihu břemene.]	7
[3.3 Kumulativní hmotnost břemen za směnu.]	7
[3.4 Úchopové možnosti při zvedání a přenášení břemen.]	8
[3.5 Umístění ručních a nožních ovladačů - síly.]	7

[3.6 Umístění zásobníků s dílci na prac. rovině.]	7
[3.7 Umístění přepravek, kontejnerů atp.]	6
[3.8 Typ ručních vozíků.]	5
[3.9 Manipulace s výměnnými součástmi stroje.]	5
[4.1 Vhodnost typů zrakových sdělovačů pro sledované funkce.]	5
[4.2 Umístění zrakových sdělovačů s ohledem na význam a frekvenci sdělovaných informací.]	5
[4.3 Čitelnost údajů na zrakových sdělovačích.]	5
[4.4 Způsob hodnocení údajů-symboly, barvy.]	5
[4.5 Zraková a sluchová signalizace mimořádných stavů.]	5
[4.6 Rozlišení zvukové signalizace podle závažnosti stavu.]	6
[4.7 Uspořádání funkčně souvisejících sdělovačů a ovladačů]	5
[5.1 Celková světelnost pracoviště.]	5
[5.2 Místní osvětlení s ohledem na zrakovou náročnost.]	5
[5.3 Barva světla vzhledem na rozlišování barev.]	5
[5.4 Kontrast mezi pozorovaným místem a okolím.]	6
[5.5 Rovnoměrnost osvětlení na pracovišti.]	6
[5.6 Nouzové osvětlení.]	7
[6.1 Technická opatření snižující hluchnost zdrojů - protihlukové stěny atp.]	7
[6.2 Protihlukové obložení stropů a stěn.]	7
[6.3 Používání OOPP proti hluku.]	6
[6.4 Slyšitelnost řečových komunikací na hlukovém pozadí - šum.]	6
[6.5 Technická a režimová opatření proti přenosu vibrací na tělo a ruce.]	6
[7.1 Teplota v letním a v zimním období s ohledem na fyzickou namáhavost práce.]	7

[7.2 Proudění vzduchu.]	5
[7.3 Relativní vlhkost.]	5
[7.4 Množství přiváděného vzduchu.]	5
[7.5 Podávání náhradních nápojů.]	5
[8.1 Pevné, pohyblivé kryty pohybujících se částí a technických zařízení.]	7
[8.2 Kryty zabraňující odletu úlomků třísek a odpadu.]	8
[8.3 Ochrana proti nežádoucímu spuštění.]	8
[8.4 Ochrana proti riziku stříhu, vtažení, zachycení atp.]	8
[8.5 Signalizace mimořádných stavů pomocí akustických sdělovačů.]	7
[8.6 Barevné či jiné označení rizikových míst.]	6
[8.7 Zabránění dosahu horních končetin do rizikových míst.]	8
[8.8 Ochranné zábrany a překážky zabraňující přístupu do nebezpečného prostoru.]	8

Příloha č. 8 – Metodika – 1. Fáze – Krok 2 – Komparace preferencí uživatele s expertním objektivizovaným posouzením:

Kritérium	OKP 3	OKP 4	Váha subkritérií a	Stanovení velikosti vlivu subkritéria v rámci tří hlavních			Stanovení velikosti vlivu subkritéria v rámci tří hlavních			Nastavení poměru velikosti vlivu subkritéria v rámci tří hlavních pilířů		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
Pracovní prostor												
1.1		1, 2, 3	0,0160	0,0053	0,0053	0,0053	0,0048	0,0032	0,0080	0,3	0,2	0,5
1.2		1, 3	0,0248	0,0124	0,0000	0,0124	0,0099	0,0000	0,0149	0,4		0,6
1.3		1, 2	0,0193	0,0096	0,0096	0,0000	0,0077	0,0116	0,0000	0,4	0,6	
1.4		1, 2	0,0222	0,0111	0,0111	0,0000	0,0089	0,0133	0,0000	0,4	0,6	
1.5		1, 2	0,0469	0,0234	0,0234	0,0000	0,0187	0,0281	0,0000	0,4	0,6	
Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným pohybům, tělesné namáhavosti a nárokům zrakového úkolu												
2.1		1, 2	0,0229	0,0114	0,0114	0,0000	0,0091	0,0137	0,0000	0,4	0,6	
2.2		1, 2, 3	0,0244	0,0081	0,0081	0,0081	0,0098	0,0122	0,0024	0,4	0,5	0,1
2.3		1, 2, 3	0,0253	0,0084	0,0084	0,0084	0,0101	0,0126	0,0025	0,4	0,5	0,1
2.4		1, 2, 3	0,0228	0,0076	0,0076	0,0076	0,0091	0,0137	0,0000	0,4	0,6	
2.5		1, 2	0,0184	0,0092	0,0092	0,0000	0,0074	0,0110	0,0000	0,4	0,6	
2.6		1, 3	0,0169	0,0084	0,0000	0,0084	0,0067	0,0101	0,0000	0,4	0,6	
2.7		1, 2	0,0183	0,0092	0,0092	0,0000	0,0073	0,0110	0,0000	0,4	0,6	
Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavosti												
3.1		1, 2	0,0241	0,0121	0,0121	0,0000	0,0096	0,0145	0,0000	0,4	0,6	
3.2		1, 2	0,0211	0,0105	0,0105	0,0000	0,0084	0,0126	0,0000	0,4	0,6	
3.3		1, 2	0,0213	0,0106	0,0106	0,0000	0,0085	0,0128	0,0000	0,4	0,6	
3.4		1, 2	0,0197	0,0099	0,0099	0,0000	0,0079	0,0118	0,0000	0,4	0,6	
3.5		2, 3	0,0150	0,0000	0,0075	0,0075	0,0000	0,0060	0,0090		0,4	0,6
3.6		2, 3	0,0173	0,0000	0,0087	0,0087	0,0000	0,0069	0,0104		0,4	0,6
3.7		2, 3	0,0114	0,0000	0,0057	0,0057	0,0000	0,0045	0,0068		0,4	0,6
3.8		1, 2	0,0076	0,0038	0,0038	0,0000	0,0030	0,0045	0,0000	0,4	0,6	
3.9		3	0,0073	0,0000	0,0000	0,0073	0,0029	0,0044	0,0000	0,4	0,6	
Zrakové a sluchové sdělovače												
4.1		2, 3	0,0135	0,0000	0,0067	0,0067	0,0000	0,0054	0,0081		0,4	0,6
4.2		2, 3	0,0195	0,0000	0,0098	0,0098	0,0000	0,0078	0,0117		0,4	0,6
4.3		2, 3	0,0212	0,0000	0,0106	0,0106	0,0000	0,0085	0,0127		0,4	0,6
4.4		2, 3	0,0129	0,0000	0,0064	0,0064	0,0000	0,0052	0,0077		0,4	0,6
4.5		1, 3	0,0126	0,0063	0,0000	0,0063	0,0050	0,0076	0,0000	0,4	0,6	
4.6		1, 3	0,0192	0,0096	0,0000	0,0096	0,0077	0,0115	0,0000	0,4	0,6	
4.7		2, 3	0,0118	0,0000	0,0059	0,0059	0,0000	0,0047	0,0071		0,4	0,6
Osvětlení												
5.1		1, 2, 3	0,0161	0,0054	0,0054	0,0054	0,0065	0,0081	0,0016	0,4	0,5	0,1
5.2		1, 2, 3	0,0327	0,0109	0,0109	0,0109	0,0131	0,0163	0,0033	0,4	0,5	0,1
5.3		1, 2	0,0200	0,0100	0,0100	0,0000	0,0080	0,0120	0,0000	0,4	0,6	
5.4		1, 2	0,0173	0,0086	0,0086	0,0000	0,0069	0,0104	0,0000	0,4	0,6	
5.5		1, 2	0,0180	0,0090	0,0090	0,0000	0,0072	0,0108	0,0000	0,4	0,6	
5.6		1	0,0136	0,0136	0,0000	0,0000	0,0136	0,0000	0,0000	1		
Hluk a vibrace												
6.1		1	0,0263	0,0263	0,0000	0,0000	0,0263	0,0000	0,0000	1		
6.2		1	0,0172	0,0172	0,0000	0,0000	0,0172	0,0000	0,0000	1		
6.3		1	0,0241	0,0241	0,0000	0,0000	0,0241	0,0000	0,0000	1		
6.4		1, 3	0,0179	0,0089	0,0000	0,0089	0,0071	0,0000	0,0107	0,4		0,6
6.5		1, 2	0,0293	0,0147	0,0147	0,0000	0,0117	0,0176	0,0000	0,4	0,6	
Mikroklima - ovzduší												
7.1		1, 2, 3	0,0378	0,0126	0,0126	0,0126	0,0113	0,0076	0,0189	0,3	0,2	0,5
7.2		1, 2	0,0197	0,0098	0,0098	0,0000	0,0079	0,0118	0,0000	0,4	0,6	
7.3		2	0,0133	0,0000	0,0133	0,0000	0,0000	0,0133	0,0000		1	
7.4		1	0,0249	0,0249	0,0000	0,0000	0,0249	0,0000	0,0000	1		
7.5		1, 2, 3	0,0192	0,0064	0,0064	0,0064	0,0058	0,0038	0,0096	0,3	0,2	0,5
Riziko pracovních úrazů												
8.1		1, 3	0,0128	0,0064	0,0000	0,0064	0,0051	0,0000	0,0077	0,4		0,6
8.2		1, 3	0,0172	0,0086	0,0000	0,0086	0,0069	0,0000	0,0103	0,4		0,6
8.3		1, 3	0,0177	0,0088	0,0000	0,0088	0,0071	0,0000	0,0106	0,4		0,6
8.4		1, 3	0,0133	0,0066	0,0000	0,0066	0,0053	0,0000	0,0080	0,4		0,6
8.5		1, 3	0,0143	0,0071	0,0000	0,0071	0,0057	0,0000	0,0086	0,4		0,6
8.6		1	0,0117	0,0117	0,0000	0,0000	0,0117	0,0000	0,0000	1		
8.7		1, 3	0,0172	0,0086	0,0000	0,0086	0,0069	0,0000	0,0103	0,4		0,6
8.8		1, 3	0,0150	0,0075	0,0000	0,0075	0,0060	0,0000	0,0090	0,4		0,6
V rámci OKP 3 - značí barvy jednoduchost posouzení nebo měření parametru. Zelená bez problémů. Žlutá problematictější. Červená - kritérium je pro průmyslového inženýra těžko měřitelné.			Váha v rámci pilíře	45,50%	31,23%	23,27%	40,91%	38,10%	20,99%			
V rámci OKP 4 jsou jednotlivým kritériím přiřazeny čísla podle toho, do jakého pilíře vstupují. Číslo může být jediné, ale i všechna.												

Obr. 0-8 Výsledná tabulka pracující s hodnotami získanými ze Saatyho tabulek

	Kritérium	Váha kritéria	Váha subkritéria v rámci kritéria	Celková váha subkritéria		Váha kritéria	Váha subkritéria v rámci kritéria	Celková váha subkritéria
1	Pracovní prostor							
	1.1	Velikost nezastavěné podlahové	0,124	0,0160			0,040	0,0052
	1.2	Světlá výška	0,192	0,0248			0,080	0,0104
	1.3	Vzdušná kubatura	0,149	0,0193		0,2291	0,176	0,0227
	1.4	Přístup na prac. místo (schody, plošiny)	0,172	0,0222			0,277	0,0357
	1.5	Volnost pohybu na pracovním místě	0,363	0,0469			0,427	0,0551
2	Pracovní poloha ve vztahu k vykonávaným							
	2.1	Výška manipulační roviny nad podlahou	0,154	0,0229			0,351	0,0523
	2.2	Dosahové oblasti horních končetin na	0,164	0,0244			0,083	0,0123
	2.3	Dosahové oblasti ve vertikální rovině	0,170	0,0253			0,083	0,0123
	2.4	Dosahové oblasti při práci vstoje	0,153	0,0228		0,1029	0,083	0,0123
	2.5	Viditelnost míst zrakem přímo	0,124	0,0184			0,083	0,0123
	2.6	Viditelnost sdělovačů na a mimo stroj	0,113	0,0169			0,235	0,0349
	2.7	Sedadlo pro trvalý sed, občasný	0,123	0,0183			0,083	0,0123
3	Pracovní pohyby ve vztahu k fyzické namáhavos							
	3.1	Hmotnost ručně zvedaných a	0,1666	0,0241			0,0711	0,0103
	3.2	Vertikální vzdálenost zdvihu břemene	0,1456	0,0211			0,0950	0,0137
	3.3	Kumulativní hmotnost břemen za směnu	0,1472	0,0213			0,0293	0,0042
	3.4	Úchopové možnosti při zvedání a	0,1362	0,0197			0,0293	0,0042
	3.5	Umístění ručních a nožních ovladačů - síly	0,1034	0,0150		0,1560	0,3607	0,0522
	3.6	Umístění zásobníků s dílci na prac. rovině	0,1199	0,0173			0,2012	0,0291
	3.7	Umístění přepravek, kontejnerů atp.	0,0785	0,0114			0,1398	0,0202
	3.8	Typ ručních vozíků	0,0523	0,0076			0,0293	0,0042
	3.9	Manipulace s výměnnými součástmi	0,0503	0,0073			0,0443	0,0064
4	Zrakové a sluchové sdělovače							
	4.1	Vhodnost typů zrakových sdělovačů pro	0,1216	0,0135			0,0308	0,0034
	4.2	Umístění zrakových sdělovačů s ohledem	0,1765	0,0195			0,0678	0,0075
	4.3	Čitelnost údajů na zrakových sdělovačích	0,1914	0,0212			0,1596	0,0177
	4.4	Způsob hodnocení údajů-symboly, barvy	0,1166	0,0129		0,0272	0,3517	0,0389
	4.5	Zraková a sluchová signalizace	0,1141	0,0126			0,2412	0,0267
	4.6	Rozlišení zvukové signalizace podle	0,1736	0,0192			0,1040	0,0115
	4.7	Uspořádání funkčně souvisejících	0,1062	0,0118			0,0449	0,0050
5	Osvětlení							
	5.1	Celková světelnost pracoviště	0,1371	0,0161			0,0793	0,0093
	5.2	Místní osvětlení s ohledem na zrakovou	0,2777	0,0327			0,2490	0,0293
	5.3	Barva světla vzhledem na rozlišování	0,1703	0,0200		0,3240	0,0516	0,0061
	5.4	Kontrast mezi pozorovaným místem a	0,1467	0,0173			0,4642	0,0547
	5.5	Rovnoměrnost osvětlení na pracovišti	0,1530	0,0180			0,1213	0,0143
	5.6	Nouzové osvětlení	0,1153	0,0136			0,0346	0,0041
6	Hluk a vibrace							
	6.1	Technická opatření snižující hlučnost	0,2292	0,0263			0,0388	0,0045
	6.2	Protihlukové obložení stropů a stěn	0,1498	0,0172			0,4661	0,0536
	6.3	Používání OOPP proti hluku	0,2102	0,0241		0,1029	0,3190	0,0366
	6.4	Slyšitelnost řečových komunikací na	0,1555	0,0179			0,0574	0,0066
	6.5	Technická a režimová opatření proti	0,2554	0,0293			0,1187	0,0136
7	Mikroklima - ovzduší							
	7.1	Teplota v letním a v zimním období s	0,3292	0,0378			0,0381	0,0044
	7.2	Proudění vzduchu	0,1710	0,0197			0,5070	0,0583
	7.3	Relativní vlhkost	0,1159	0,0133		0,0381	0,1199	0,0138
	7.4	Množství přiváděného vzduchu	0,2168	0,0249			0,0781	0,0090
	7.5	Podávání náhradních nápojů	0,1670	0,0192			0,2568	0,0295
8	Riziko pracovních úrazů							
	8.1	Pevně, pohyblivě kryty pohybujících se	0,1078	0,0128			0,0713	0,0085
	8.2	Kryty zabraňující odletu úlomků třísek a	0,1443	0,0172			0,0479	0,0057
	8.3	Ochrana proti nežádoucímu spuštění	0,1482	0,0177			0,0327	0,0039
	8.4	Ochrana proti riziku stříhu, vtažení,	0,1115	0,0133		0,0197	0,0231	0,0028
	8.5	Signalizace mimořádných stavů pomocí	0,1198	0,0143			0,3280	0,0391
	8.6	Barevné či jiné označení rizikových míst	0,0981	0,0117			0,2319	0,0276
	8.7	Zabránění dosahu horních končetin do	0,1442	0,0172			0,1585	0,0189
	8.8	Ochranné zábrany a překážky zabraňující	0,1261	0,0150			0,1065	0,0127

Obr. 0-9 Zjednodušená tabulka s váhovými vlivy kritérií a subkritérií

Příloha č. 9 – Metodika – III. Fáze – Krok 5 – Kontrola obecných ergonomických zásad na pracovišti:

Tabulka 29 – Tabulka obecných ergonomických zásad přiřazených ke kritériím pro ergonomický návrh pracoviště

Ergonomické zásady pro navrhování pracovního systému					
Ergonomické kritérium	Ergonomické zásady se zřetelem na	Charakteristika	Díličí zásady pro pracovní systém		Související normy
1; 2	... antropometrii a biomechaniku	Tělesné rozměry	a	Výška pracovní roviny a jiné funkčně významné rozměry musí být přizpůsobeny tělesným rozměrům obsluhy stroje a povaze prováděné pracovní činnosti	ČSN EN 547-1 až 3; ČSN EN ISO 14738; ČSN EN ISO 15537; ČSN EN ISO 15536-1
			b	Pracovní sedadlo (druh, umístění a stavitelnost) musí být přiměřené rozměrům obsluhy a prováděným pracovním úkolům - musí být zajištěna vhodná poloha trupu - vzpřímený trup, podpora tělesné hmotnosti, poloha loktů podél těla, vodorovná poloha předloktí. Musí být přizpůsobitelné anatomickým a fyziologickým charakteristikám uživatelů.	
			c	Pohybový prostor musí zajišťovat dostatečný, neomezený a volný pohyb pro všechny části těla tak, aby bylo možné pracovní úkoly provádět v příznivé pracovní poloze a umožnit příznivé pohyby zejména hlavy, paží, rukou, dolních končetin a nohou; musí být snadný přístup do užitečného pracovního prostoru a zde ulehčena změna pracovních poloh	
			d	Ruční a nožní ovladače musí odpovídat funkční anatomii nohy a ruky a rozměrům populační skupiny obsluhy. Rukojeti a držadla ovladačů musí být uspořádány tak, aby je obsluha mohla správně uchopit a mohla vykonávat předpokládané pohyby.	

			e	Často používané ovladače musí být umístěny v zóně optimálního dosahu rukou a/nebo nohou obsluhy, kdy obsluha zaujímá běžnou pracovní polohu. Jiné důležité ovladače, jako například ovladače pro nouzové zastavení, musí být v zóně optimálního dosahu obsluhy, zatímco jiné, méně často používané ovladače musí být pouze v prostoru dosahu, pokud pracovní úkol nevyžaduje jinak.
2; 3		Pracovní poloha	a	Pracovník má mít možnost střídat polohu stoj a sed. Jestliže musí být zvolena pouze jedna poloha, pak přednost obvykle má sed před stojem. Poloha stoj však může být vynucena povahou pracovního úkolu.
	b		Je třeba zamezit nevhodným pracovním polohám, například s otočením trupu, v hlubokém předklonu, a déle trvajícím činnostem vedoucím k tělesné únavě. Musí být možné měnit polohu těla.	
	c		Poloha těla by neměla způsobit tělesnou únavu z dlouhodobého statického napětí svalů. Mělo by být umožněno alternativní měnění polohy těla.	
	d		Je-li požadováno vyvíjení velké svalové síly, pak umožnění vhodných pracovních poloh těla s poskytnutím přiměřených opěr by mělo být dosaženo co nejkratšího a nejjednoduššího řetězce vektorů síly nebo kroutícího momentu v tělesných segmentech.	
	e		Vždy by měla být zajištěna vhodná poloha těla a přiměřená opěra těla. Opěra by měla mít takové rozměry, aby se zamezilo nevyváženým polohám těla.	
				ČSN EN ISO 14738; ČSN EN 1005-4

		f	Poloha by měla odpovídat požadavkům na vynakládané svalové síly. K dosažení potřebného účinku by se měly poskytnout technické pomůcky, aby se předešlo nadměrné tělesné zátěži.	
		g	Návrh pracovního prostoru (u strojního zařízení) by měl brát v úvahu úhly výhledu, pozorovací vzdálenosti, snadné zrakové rozlišení, trvání a opakování pracovního úkolu, omezení způsobená používáním osobního ochranného prostředku, jakékoli další zvláštní omezení uživatelů (stroje), například nošení brýlí.	
	Pohyby těla	a	Jednotlivé pohyby těla musí být vzájemně vyvážené. Omezena by měla být dlouhodobá nehybnost	ČSN EN 14738; ČSN EN 1005-4; ČSN EN ISO 6682
		b	Musí být zajištěna možnost vzájemného přizpůsobování rozsahům síly, rychlosti a rytmu pohybů.	
		c	Pohyby se zvýšenými požadavky na jemnost a přenosť nesmí být zároveň náročné na vynaložení síly.	
		d	Je třeba se vyvarovat používání sil, při kterých jsou nutné krouživé pohyby nebo extrémní pohyby koubů ruky a nohy.	
		e	Provádění pohybů a určování jejich posloupnosti s vysokou přenosť musí být zajištěno potřebnými pomůckami (zvedací zařízení, vodítka, zarážky atp.). Pracovní prostor musí mít dostatečné rozměry umožňující použití těchto pomůcek. Pohyby lidského těla a jeho částí by měly být vykonávány ve shodě s jeho přirozenými drahami, rytmem, i s ohledem na fyzickou zátěž.	
	Svalové síly	a	Sílové požadavky by měly být v souladu s fyzickými předpoklady pracovníka. Jsou-li sílové požadavky vyšší než u využívané svalové skupiny, měl by být v pracovním	ČSN EN 1005-2; ČSN EN 1005-3; ČSN EN 894-3

				<p>systému nasazen pomocný zdroj energie (silový mechanismus).</p> <p>b Je třeba se vyvarovat déle trvajících statického napětí svalů (jako např. při poloze paží a rukou při vzpažení). Hmotnost technických zařízení může být příčinou svalové únavy. Tyto účinky je třeba zmenšit například podpůrnými pomůckami.</p> <p>c Všude tam, kde je to možné, je třeba snížit vynakládání svalových sil využitím gravitační síly, nebo jinými opatřeními.</p> <p>d Kde není možno vynaložit potřebnou fyzickou sílu s použitím svalových skupin schopných tuto sílu vydat, měly by se zajistit jiné vhodné energetické zdroje.</p> <p>e Je třeba se vyvarovat nerovnoměrného zatěžování těla a končetin, se zřetelem na požadavky na sílu, na velikost, tvar a umístění ovládačů. Je-li třeba častého a déle trvajících používání, ovládání by mělo být prováděno z polohy vsedě.</p> <p>f Ovládače by měly být projektovány, zvoleny a uspořádány tak, aby byla svalová síla potřebná pro jejich ovládání malá, pokud dodržování této všeobecné zásady nemá negativní vliv na ochranu zdraví a bezpečnost.</p> <p>g S ohledem na požadavky při manipulaci s přenosným zařízením (předměty) by mělo rozdělení jejich hmotností zajišťovat správnou rovnováhu.</p>	
4	... mentální schopnosti člověka	Přijímání a zpracování informací	a	Pracovní prostředky navrhovat a využívat takovým způsobem, aby během pracovního procesu nedocházelo k jejich nedostatečnému využívání nebo přetěžování mentálních schopností obsluhy.	ČSN EN ISO 10075-1; ČSN EN ISO 10075-2; ČSN EN ISO 10075-3; ČSN EN ISO 13407

			b	Všechny informace potřebné k plnění pracovního úkolu by se měly zobrazit tak, aby je obsluha mohla správně vnímat.	
			c	Informace by měly být zobrazeny takovým způsobem, aby jim obsluha mohla dobře rozumět a jednat podle nich, měly by například poskytovat rychlý přehled o celém pracovním systému a zároveň poskytovat podrobnou informaci o jeho jednotlivých parametrech.	
			d	V interaktivních systémech by měl být vzhled a funkce ikon, symbolů a příkazů konzistentní a bez rozporu.	
4	... sdělovače a signalizační prvky	Provedení a rozmístění dle lidského vnímání	a	Provedení sdělovačů a signalizačních prvků by mělo zajišťovat jasné a jednoznačné vnímání (hlavně u výstražných sdělovačů a výstražných prvků). Pozornost by se měla věnovat intenzitě sdělovače, trvání informace/signálu, barvě, tvaru, velikosti, kontrastu a rozlišitelnosti proti zrakovému nebo sluchovému pozadí.	ČSN EN 894-1; ČSN EN 894-2; ČSN EN 981; ČSN EN ISO 7731
			b	Počet a druhy sdělovačů a signalizačních prvků by se měly udržovat na minimu nutném pro úspěšné plnění pracovního úkolu.	
			c	Uspořádání sdělovačů a signalizačních prvků musí zajišťovat obsluhu informace jasným a jednoznačným způsobem. Zbytečné informace by se měly vypustit.	
			d	Sdělovače a signalizační prvky by měly být rozmístěny tak, aby umožňovaly bezpečnou, jasnou a rychlou orientaci a rozpoznání.	
			e	Rychlost a směr změny informace zobrazené na sdělovači by měl odpovídat rychlosti a směru změny na prvotním zdroji měřených veličin.	

4	... ovládače	Provedení a rozmístění dle fyziologických možností těla obsluhy	a	Druh, projekční řešení a rozmístění ovládačů by mělo odpovídat řídicímu úkolu.	ČSN EN 894-3; ČSN EN ISO 9241-3; ČSN EN 842; ČSN EN ISO 11064-3
			b	Ovládače by se měly projektovat a rozmisťovat takovým způsobem, aby se zmenšilo nebezpečí pro zdraví a bezpečnost obsluhy s ohledem na vznik nehod (např. možnost ovládání bez nutnosti puštění rukojeti či držadla).	
			c	Dráhy pohybu ovládačů a mechanické odpory při řízení pomocí ovládačů by se měly volit dle povahy řídicího úkolu se zřetelem na fyziologické požadavky obsluhy. Měly by být založeny na biomechanických a antropometrických údajích.	
			d	Funkce ovládače by měla být snadno identifikovatelná, aby nedošlo k záměně a měla by být odlišitelná od podobných nebo sousedních ovládačů.	
			e	Poloha ovládače a jeho pohyb, jeho působení a s tím spojené funkce a/nebo informace na sdělovači by si měly vzájemně smysluplně odpovídat.	
			f	Ovládače, zejména spouštěcí ovládače, by se měly projektovat, vybírat a rozmisťovat tak, aby se zabránilo jejich neúmyslné funkci.	
			g	Jestliže obsluha přechází z jednoho stroje na jiný stroj podobného druhu nebo funkce, mělo by se pokud možno zajistit stejné rozmístění ovládačů, aby se zamezilo záměnám ze strany obsluhy, a aby se tak snížil počet chyb.	
			h	Rozložení prvků na ovládacích panelech a tvar i umístění panelů a vzájemné vazby mezi nimi by měly být takové, aby se zamezilo předvídatelným chybám člověka při ovládání.	
			i	Počet ovládačů by se měl udržovat na	

				<p>minimu v souladu s jinými požadavky. Ovládače by měly být rozmístěny takovým způsobem, aby bylo zajištěno bezpečné, jednoznačné a plnění úkolu přiměřené ovládní. K tomu by se měla například vzít v úvahu posloupnost ovládaných operací, důležitost a četnost jednotlivých pohybů ovládači.</p>	
2; 3; 8	... interakce v pracovním procesu	Dispozice člověka a jeho postavení v pracovním procesu	a	Jeden pracovník vykonává několik po sobě jdoucích operací, patřících do stejného pracovního úkolu, namísto toho, aby tyto operace provádělo několik pracovníků (metoda rozšiřovací činnosti).	
			b	Jeden pracovník vykonává po sobě jdoucí operace, patřící do různých pracovních úkolů, namísto toho, aby byly prováděny několika pracovníky (metoda obohacování činnosti). Například montážní operace i následná kontrola kvality je prováděna jedním pracovníkem, který zároveň i vyřazuje zmetky.	
			c	Změna činnosti, jako například dobrovolná rotace pracovníků na montážní lince.	
			d	Organizované nebo neorganizované přestávky	
		Vztah "člověk - stroj (pracovní vybavení)"	a	Různé prvky pracovního vybavení by se měly rozmístit tak, aby bylo možné co nejlépe efektivně plnit pracovní úkol a byla zajištěna ochrana zdraví, bezpečnost a pohoda obsluhy. Například vzdálenosti mezi různými prvky pracovního vybavení by měly být takové, aby dovolily průchod obsluhy a materiálu podle potřeby a aby byly zachovány potřebné možnosti pozorování.	
			b	Dopravní systém pro dopravu pomocného pracovního vybavení by se měl projektovat	

				tak, aby bylo nebezpečí co nejmenší.	
			c	Pracovní vybavení by mělo být uspořádáno tak, aby se zamezilo ohrožení obsluhy na sousedním pracovišti s pracovním vybavením.	
			d	Je-li sdělovač funkčně spojen s činností příslušného ovládače, měl by sdělovač poskytovat obsluze na jejím pracovišti jasnou a jednoznačnou informaci, zvláště velkou pozornost je třeba věnovat funkční srovnatelnosti mezi sdělovačem a ovládačem.	
			e	Pracovní rytmus obsluhy by neměl být vnucen cyklem poloautomatického nebo automatického stroje nebo cyklem dopravního pásu. Nezávislost obsluhy je možno zajistit pomocí nárazníkových systémů, zásobníků materiálu, robotů atp.	
			f	Ruční pracovní nářadí, nástroje by měly svými rozměry, hmotností a tvarem odpovídat anatomii ruky a měly by dovolovat přirozené tělesné pohyby při jejich používání.	
			g	Měla by se zvažovat možnost používání levorukou a pravorukou obsluhou, zejména u ručních pracovních prostředků.	
			h	Měly by se vzít v úvahu činitele prostředí důležité pro zamýšlené používání stroje, které jsou projektantovi předem známy.	
5; 6; 7	...interakce člověka s fyzikálním pracovním prostředím	Pracovní prostředí - objektivní i subjektivní parametry	a	Osvětlení by mělo poskytovat optimální podmínky pro zrakové vnímání činnosti. Vliv má Jas, barva, rozložení světla, oslnění a odrazy, kontrasty jasů a barev, věk pracovníka. Mělo by být zamezeno míhání (blikání), oslnění od silných světelných zdrojů, vzniku stínů, rušivé barevnosti.	ČSN EN 12665 (36 0001); ČSN 36 0011 - 1 až 3; ČSN EN 12464-1 (36 045); ČSN EN 1838 (36 0453); ČSN EN 1837 (36 0453)
			b	Tepelné podmínky by měly být	ČSN EN 13302 (83

			<p>přizpůsobeny místním klimatickým podmínkám dle teploty a vlhkosti vzduchu, rychlosti proudění vzduchu, tepelnému vyzařování, intenzitě fyzické práce, tepelným vlastnostem oblečení a pracovního vybavení (i ochranného). Při návrhu a provozu pracovních prostředků by se měly brát v úvahu jejich tepelné emise vzhledem k fyzickému zatížení obsluhy, tepelným vlastnostem oděvu, předpokládané tepelné zátěži obsluhy, teplotě dotykových ploch.</p>	<p>3546); ČSN ISO 10551 (83 3558); ČSN ISO 9886 (83 3559); ČSN EN 8996 (83 3560); ČSN EN 7933 (83 3562); ČSN EN ISO 7730 (83 3563); ČSN EN 563 (83 3278); ČSN 33 2000-4-42</p>
		c	<p>Akustické podmínky by měly být takové, aby bylo zabráněno škodlivým účinkům hluku. Pozornost by se měla věnovat zda hladina akustického hluku nepřesahuje přípustné limity, zda je zaručeno vnímání akustických signálů nebo zda je zachována srozumitelnost řeči.</p>	<p>ČSN EN ISO 11200 (011618); ČSN ISO 1999 (01 1620); ČSN ISO 1996-1 až 3 (01 1621); ČSN ISO 9612 (01 1622); ČSN ISO 2204 (01 1623); ČSN ISO 9295 (01 1653); ČSN EN 458 (83 2111); ČSN ISO 9921-1 (83 3530)</p>
		d	<p>Vibrace se na člověka přenáší z vnějších zdrojů a způsobují rezonanční kmitočty částí těla. Vibrace se posuzují dle: zajištění pracovní výkonnosti (hranice snížení výkonnosti vlivem únavy), zajištění zdraví a bezpečnosti (nejvyšší přípustná expozice), zajištění pohody (hranice snížené pohody).</p>	<p>ČSN ISO 5805 (01 1402); ČSN ISO 2631-1 až 3 (01 1405); ČSN ISO 5349-1 až 2 (01 1406); ČSN ISO 7962 (01 1422); ČSN EN 1033 (01 1423); ČSN EN ISO 10819 (01 1423); ČSN ISO 9612 (01 1622)</p>
		e	<p>Nebezpečné látky a záření uvolňované během provozu pracovních prostředků musí být indikovatelné a vhodně odvedeny, či odstíněny aby nebylo ohroženo zdraví obsluhy.</p>	<p>ČSN EN 621-1 až 2 (83 3230); ČSN EN 12198-1 (83 3260)</p>
		f	<p>Přehledné pracoviště - optimální rozhled, přehled, výhled, zorné vzdálenosti a úhly.</p> <p>Pohodlné pracoviště - vhodné rozměry prostoru pro člověka a jeho činnost,</p>	<p>Nařízení vlády č. 178/2001 Sb. č. 523/2002 Sb. č. 361/2007 Sb.</p>

				<p>pohodlná pracovní poloha, pohodlné a fyziologicky vhodné pracovní pohyby těla i jeho částí (končetin), přiměřené fyzické zatížení člověka.</p>
				<p>Účelově uspořádané pracoviště - vzhledem k člověku vhodně umístěné ovládače, sdělovače a další zařízení. Přehledně rozmístěné strojní a technické zařízení. Pohodlná a bezpečná manipulace s materiálem.</p>
				<p>Hygienické pracoviště - plnění požadavky na optimální osvětlení, dobré podmínky viditelnosti, příznivé akustické podmínky, optimální mikroklimatické podmínky, zajištění proti škodlivinám a záření, snadno udržovatelné z hlediska pořádku.</p>
				<p>Bezpečné pracoviště - zajištění ochrany proti úrazům, bezpečný přístup a odchod z pracoviště a bezpečný únik v případě havárie.</p>
				<p>Esteticky příjemné pracoviště - designově (tvarově i barevně) vzbuzující kladné emotivní pocity.</p>

Příloha č. 10 – Metodika – IV. Fáze – Krok 6 – Kontrola faktorů prostředí na pracovišti:

Tabulka 30 – Profesiografický list (35)

Faktor prostředí	Kritérium	Subkritérium	Kontrolní list pro metodu profesiografie		Hodnocení - běžný provoz					Hodnocení - mimořádná situace						
			Možný stav kritéria	Váhový faktor	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
					Vyberte KŘÍŽKEM dle váhového faktoru možný stav kritéria nebo subkritéria					Vyberte KŘÍŽKEM dle váhového faktoru možný stav kritéria nebo subkritéria						
Fyzická zátěž	1		Srdeční frekvence do 75 - žádné nároky	1												
			Srdeční frekvence 75 - 94 - malé nároky	2												
			Srdeční frekvence 95 - 114 - střední nároky	3	x							x				
			Srdeční frekvence 115 - 134 - vysoké nároky	4												
			Srdeční frekvence nad 135 - mimořádně vysoké nároky	5												
Namáhavost práce	2	2.1	Prsty a ruce	Žádné požadavky	1											
				Malé požadavky	2											
				Normální nároky na sílu	3											
				Vysoké nároky na sílu nebo velmi jemné pohyby a pracovní polohy	4	x							x			
				Mimořádné nároky na sílu nebo velmi jemné pohyby a pracovní polohy	5											
	2.2	Chodidla a nohy	Práce v sedě v pohodlné poloze - žádné nároky	1												
			Všeobecná práce v sedě	2												
			Práce ve stoje, dovolující měnit polohu - normální nároky na svalovou sílu	3			x					x				
			Práce ve stoje nebo vsedě nepohodlná, větší nároky na svalovou sílu	4												

				Práce s častým přecházením nebo v extrémně strnulé poloze vsedě, stoje nebo s velkými nároky na svalovou sílu	5																		
				2.3	Páteř	Žádné požadavky	1																
						Práce v předepsané poloze - malé nároky	2																
						Zdvihání břemen v limitech v pohodlné poloze - běžné požadavky	3				x					x							
						Časté zdvihání břemen nad 30 kg, namáhavá statická práce - vysoké požadavky	4																
						Extrémně vysoká zátěž	5																
				2.4	Ramena	Žádné požadavky	1																
						Malé požadavky	2																
						Normální nároky na sílu a pracovní polohu	3																
						Vysoké nároky na sílu nebo nepohodlné pracovní polohy	4						x					x					
Mimořádné nároky na sílu nebo velmi obtížné pracovní polohy	5																						
Pracovní místo	3	3.1	Poloha vsedě	Poloha vsedě je bez omezení	1																		
				Výška sedu je přizpůsobitelná jen pro výšky postavy do 185 cm	2																		
				Sedadlo má jen omezené výškové a stranové seřizování - porušená stabilita	3						x								x				
				Výška sedu je limitována jen pro osoby 162 - 184 cm - bez seřizování	4																		
				Poloha vsedě je velmi nepohodlná - nelze seřizovat - nestabilní	5																		
		3.2	Prostor pro chodidla a nohy	Práce vsedě i ve stoje bez omezení - žádné nároky	1																		
				Částečné prostorové omezení - překážky	2						x									x			

			Prostorové omezení pro postavy vyšší nad 185 cm	3																		
			Prostorová těsnost pro práce vsedě i pro práce vstoje je práce obtížná	4																		
			Prostor je nedostatečný - velmi obtížná pohyblivost při práci	5																		
			3.3	Dosahy horní končetiny	Není důležitý	1																
					Práce v optimálním prostoru a dosah vyhovuje osobám vysokým 162 - 184 cm	2																
					Všeobecně vyhovující prostor pro dosah jen průměrné osoby	3																
					Pohyby převážně mimo optimální dosah nebo částečně nevyhovující pracovní prostor	4																
					Zcela nevyhovující prostor nebo rozmístění pracovních předmětů mimo dosah	5																
			Požadavky na zrak	4	Uvažovat osvětlení a vel. kritického detailu	Velmi malé nároky	1															
						Žádné detaily	2															
Žádné jemné detaily - čtení novin	3																					
Velmi jemné detaily	4																					
Extrémní namáhání zraku	5																					
Požadavky na sluch	5		Žádné nároky	1																		
			Malé nároky	2																		
			Běžné nároky	3																		
			Velké nároky	4																		
			Velmi vysoké nároky	5																		
Postřeh a pozornost	6		Není důležitý	1																		
			Práce bez zvláštního zatížení pozornosti - velmi malé nároky	2																		
			Občasné větší soustředění pozornosti - střední požadavky	3																		

			Trvalá pozornost větší intenzity - důležité	4																
			Trvale nutné a velmi časté střídání úrovně pozornosti - vysoce nutné	5																
Požadavky na myšlení	7		Práce které nekladou žádné zvláštní požadavky na proces myšlení	1																
			Práce s malými nároky na proces myšlení	2																
			Práce s většími nároky na proces myšlení	3			x				x									
			Práce s vysokými nároky na proces myšlení	4																
			Práce s mimořádnými požadavky na proces myšlení	5																
Požadavky odpovědnosti	8		Žádná	1																
			Malá	2																
			Střední	3					x							x				
			Velká	4																
			Velmi velká	5																
Psychické nároky	9		Zcela nepodstatné	1																
			Malé požadavky - málo stresových příčin	2																
			Běžné požadavky	3																
			Vyžadují vyrovnanou osobnost a dobrou toleranci ke konfliktům	4					x											x
			Extrémně vysoké neuropsychické zatížení	5																
Pracovní rytmus	10		Volná nerytmická práce	1																
			Rytmus udaný pracovníkem	2																
			Sleduje se celkový rytmus v návaznosti na ostatní	3																
			Rytmické práce - běžící pás - vynucené tempo	4					x											x
			Práce v časové tísní ve vynuceném tempu	5																
ost pr	11		Zcela nepodstatná	1	x												x			

Fyzikální činitelé pracovního prostředí	12			Žádné nároky	2																
				Běžné nároky na rychlost práce	3																
				Vysoké nároky	4																
				Extrémně vysoké nároky	5																
		12.1	Osvětlení a podmínky viditelnosti	Optimální intenzita osvětlení a ostatních složek činitele osvětlení	1																
				Dobrá zraková pohoda	2																
				Dobré vidění - lze rozpoznávat blízké i vzdálené předměty	3	x															
				Zhoršené osvětlení	4																
				Velká zraková zátěž, nedostatečné osvětlení - narušení bezpečnosti práce	5																
		12.2	Hluk a akustické podmínky	Žádný hluk - normální přirozené prostředí	1																
				Žádný rušivý hluk	2																
				Hladina hluku pod 85 dB	3	x															
				Hladina hluku mezi 85 dB az 100 dB	4																
				Hladina hluku nad 100 dB	5																
		12.3	Chvění a vibrace	Žádné - není vnímáno	1																
				Sporadicky dojde k mírnému chvění	2																
				Mírné chvění - odpovídá řízení nákladního auta	3																
				Chvění se vyskytuje ve velkém rozsahu - částečně pocit nepohodlí	4				x												
				Silné dlouhotrvající chvění - pocit nepohodlí až možnost rizika	5																
		12.4	Mikroklimatické podmínky	Pracovní prostředí vzdušné případně klimatizované	1																
Dobré klimatické podmínky	2																				
Dobré klimatické podmínky - částečně rušené	3																				
Obtížné klimatické podmínky - velké kolísání teplot, vlhkosti vzduchu	4											x									
Velmi obtížné klimatické podmínky	5																				

		12.5	Zápach	Subjektivně	1															
				Subjektivně	2															
				Subjektivně	3				x						x					
				Subjektivně	4															
				Subjektivně	5															
Působení chem. činitelů	13	Škodlivé látky, prach, plyny, kouř a jiné	Žádné škodliviny	1																
				2																
				3						x										
				4																
				5																
Nebezpečí úrazu	14		Nezjistitelné	1																
				2																
				3							x									
				4																
				5																
Nebezpečí vzniku chorob z povolání	15		Nezjistitelné	1																
				2																
				3																
				4																
				5																
Celkové posouzení prostředí	16		Práce celkově vyhovuje v posuzovaném stavu	1																
				2																
				3																
				4																
				5																

Postup vyhodnocení	Součet počtu výskytů sloupců hodnocení	3	7	6	6	3	3	11	8	3	0
	Součet sloupců hodnocení x váhový koeficient	3	14	18	24	15	3	22	24	12	0
1. Vypočítáme součet počtu výskytů v jednotlivých sloupcích.		CELKEM					CELKEM				
2. Vynásobíme součet počtu výskytů v jednotlivých sloupcích příslušným váhovým faktorem (1 až 5)		74					61				
3. Sečteme výsledek ad 2.		4,6					3,8				
4. Vydělíme výsledek ad 3. číslem 16											
5. Přiřadíme stupeň náročnosti práce dle CELKOVÉHO VYHODNOCENÍ ZATÍŽENÍ											
CELKOVÉ VYHODNOCENÍ PRACOVNÍHO ZATÍŽENÍ											
Rozpětí hodnot získaných hodnocením	Pracovní zatížení a nároky na pracovníka	Stupeň náročnosti práce									
1,0 - 1,5	Velmi malé	1									
1,6 - 2,5	Malé	2									
2,6 - 3,5	Střední	3									
3,6 - 4,5	Zvýšené	4									
4,6 - 5,0	Vysoké	5									