

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh nové metody pro hodnocení celkové fyzické zátěže

Autor: Ing. Irena VRÁNOVÁ

Vedoucí práce: Ing. Marek BUREŠ, Ph.D.

Akademický rok 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Irena VRÁNOVÁ**
Osobní číslo: **S22N0074P**
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Návrh nové metody pro hodnocení celkové fyzické zátěže**
Zadávající katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Úvod do řešené problematiky
2. Metody hodnocení celkové fyzické zátěže v tuzemsku a ve světě
3. Definování problematických oblastí v dosavadním hodnocení
4. Návrh nové metody pro hodnocení
5. Ověření v praxi
6. Zhodnocení a závěr

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**
Rozsah grafických prací: **0**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. Praha: ČVUT, 2013, 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.
2. SHORROCK, Steven, WILLIAMS, Claire. *Human Factors and Ergonomics in Practice: Improving System Performance and Human Well-Being in the Real World*. CRC Press, 2017. 456 s. ISBN 9781472439253.
3. SKŘEHOT, Petr A. *Organizační faktor v prevenci rizik na pracovištích. Bezpečnost a hygiena práce*. Wolters Kluwer ČR, 2017. č. 3, s. 14-22. ISSN 0006-0453.
4. FILO, Petr. *Nové metody v ergonomii*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita, 2013. 104 s. ISBN 978-80-7375-870-7.
5. ŠVÁBOVÁ, Květa a kol. *Vybrané kapitoly z pracovního lékařství. Díl 1-Pracovnílékařské služby, pracovní prostředí, nemoci z povolání, ergonomie*. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, 2015. 104 s. ISBN 978-80-87023-32-7.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Marek Bureš, Ph.D.**
Regionální technologický institut

Konzultant diplomové práce: **Ing. Ilona Kačerová**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání diplomové práce: **19. září 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2023**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2022

Prohlášení o autorství

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

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Marku Burešovi, Ph.D. a konzultantce paní Ing. Iloně Kačerové, Ph.D. za jejich čas, odborné vedení a cenné rady, které mi poskytli při zpracování této práce.

Dále bych ráda poděkovala MUDr. Janě Langmajerové, Ph.D. z laboratoře fyziologie práce Zdravotního ústavu za poskytnutí informací a podkladů nezbytných ke zpracování práce.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Vránová	Jméno Irena	
STUDIJNÍ PROGRAM	N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Bureš, Ph.D.	Jméno Marek	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh nové metody pro hodnocení celkové fyzické zátěže		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2023
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	118	TEXTOVÁ ČÁST	106	GRAFICKÁ ČÁST	12
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	----

<p>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce je zaměřena na revizi současného hodnocení celkové fyzické zátěže pomocí metody měření srdeční tepové frekvence a odhadu energetického výdeje pomocí tabulkové metody. Výstupem analýzy je navržení nové metody měření CFZ, a tudíž přesnější zařazení hodnocené práce do příslušné kategorie práce.</p>
<p>KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Metoda měření srdeční frekvence, fyzická zátěž, celková fyzická zátěž, kategorizace práce</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Vránová	Name Irena		
STUDY PROGRAMME	N0715A270012 Industrial Engineering and Management			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bureš, Ph.D.	Name Marek		
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Suggestion of a new method for the evaluation of total physical load			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2023
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	118	TEXT PART	106	GRAPHICAL PART	12
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diploma thesis is focused on the revision of the current evaluation of the total physical load using the method of measuring the heart rate, and the estimation of energy expenditure using the tabular method. The output of the analysis is the design of a new CFZ measurement method, and therefore a more accurate classification of the assessed work into the relevant work category.
KEY WORDS	Method of measuring the heart rate, physical load, total physical load, categorization of work

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	10
Seznam obrázků	12
Seznam tabulek	13
Úvod.....	16
1 Pracovní zátěž	17
1.1 Fyzická zátěž	19
1.1.1 Celková fyzická zátěž.....	20
1.1.2 Lokální svalová zátěž	22
1.1.3 Pracovní poloha.....	23
1.1.4 Manipulace s břemeny	24
1.2 Kategorizace práce	25
1.3 Důsledky nadměrné fyzické zátěže	26
1.4 Ochrana zdraví při fyzické zátěži	27
2 Metody hodnocení celkové fyzické zátěže v tuzemsku a ve světě	28
2.1 Tabulková metoda	32
2.2 Metoda měření srdeční frekvence.....	32
2.3 Ventilometrie	33
2.4 Nepřímá kalorimetrie.....	33
2.5 Přímá kalorimetrie	34
2.6 Akcelerometrie	35
2.7 Metoda dvojité značené vody	36
2.8 Pedometrie	37
3 Definování problematických oblastí v dosavadním hodnocení	38
3.1 Maximální pracovní kapacita MWC	39
3.2 Maximální srdeční frekvence HR_{max}	42
3.3 Bazální metabolismus BMR a klidová rychlost metabolismu M_0	43
3.4 Klidová srdeční frekvence HR_0	44
3.5 Průměrná srdeční frekvence při práci HR_{wm}	44
4 Návrh nové metody pro hodnocení	45
4.1 Klidová srdeční frekvence HR_0	48
4.2 Bazální metabolismus BMR a klidová rychlost metabolismu M_0	48
4.3 Maximální srdeční frekvence HR_{max} a maximální pracovní kapacita MWC	49
4.4 Výpočet tepelné zátěže	50

4.5	Výpočet indexu nárůstu srdeční frekvence (RM).....	51
5	Ověření nové metody v praxi	59
6	Zhodnocení stávající a nové metody hodnocení celkové fyzické zátěže	95
	Závěr.....	97
	Seznam použitých zdrojů	99
	Seznam příloh.....	106

Přehled použitých zkratk a symbolů

A	Věk
a	Průsečík lineárního vztahu
AEE	Pohybové aktivity
b	Průsečík lineárního vztahu
BMI	Index tělesné hmotnosti
BMR	Bazální metabolismus
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
bpm	Počet úderů za minutu
CFZ	Celková fyzická zátěž
CO ₂	Oxid uhličitý
ČR	Česká republika
DLW	Dvojitě značená voda
Es	Objem energie spotřebované v potravě
Ev	Objem energie vynaložené na práci
EV	Energetický výdej
g	Gravitační síla
H _b	Výška jedince
HR	Srdeční frekvence
HR ₀	Srdeční frekvence v klidu (srdeční)
HR ₉₉	Hodnota HR překročena během 99 % doby trvání záznamu HR
ΔHR _E	Změna srdeční frekvence v tepech za minutu v důsledku jiných faktorů například respiračních účinků, cirkadiálních rytmů, dehydratace
HR-M	Rychlost metabolismu a srdeční frekvence
ΔHR _M	Zvýšení srdeční frekvence v tepech za minutu v důsledku dynamické svalové zátěže za neutrálních teplotních podmínek
HR _{max}	Maximální srdeční frekvence
ΔHR _N	Zvýšení srdeční frekvence v tepech za minutu v důsledku duševní zátěže
ΔHR _S	Zvýšení srdeční frekvence v tepech za minutu v důsledku statické svalové práce
ΔHR _T	Zvýšení srdeční frekvence v tepech za minutu v důsledku tepelného stresu
HR _{wm}	Průměrná srdeční frekvence při práci během období pozorování
IBP	Mezinárodní biologický program (International Biological Program)

IEMG	Integrovaná elektromyografie
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)
kcal	kilokalorie – jednotka energie: 1 kilokalorie (kcal) = 1 000 kalorií
kg	kilogram – jednotka hmotnosti: 1 kilogram (kg) = 1 000 gramů
kJ	kilojoul – jednotka energie: 1 kilojoul (kJ) = 1 000 joulů
LBW	Štíhlá tělesná hmotnost
M ₀	Rychlost metabolismu v klidu
m ²	Jednotka obsahu – metr čtvereční
MJ	Mezinárodní jednotka
Mprac.	Metabolická rychlost v průběhu směny
Mprac (brutto)	Hrubá pracovní metabolická rychlost
Mprac (netto)	Čistá pracovní metabolická rychlost
MWC	Maximální pracovní kapacita
N	newton – jednotka síly
O ₂	Kyslík
P	Hmotnost jedince
R	Korelační koeficient
REE	Klidový energetický výdej
RM	Index nárůstu srdeční frekvence
RMR	Rychlost metabolismu v klidu
SD	Směrodatná odchylka
TEE	Celkový energetický výdej
TEF	Termický efekt potravy
VO ₂	Spotřeba kyslíku
VO ₂ max	Maximální spotřeba kyslíku
W	Jednotka výkonu – watt
W/m ²	Jednotka výkonu – watt na metr čtvereční
W _{bl}	Štíhlá tělesná hmotnost muže a ženy
W _b	Tělesná hmotnost
% Fmax	Limit vynakládaných svalových sil
%MWC	Podíl celkové pracovní zátěže u konkrétní činnosti
%Mprac (brutto)	Poměr pracovního zatížení k maximálnímu MWC

Seznam obrázků

Obr. 1-1 – Přehled rizikových pracovních poloh [28]	24
Obr. 2-1 – Schéma principu měření metodou nepřímé kalorimetrie [47].....	33
Obr. 2-2 – Nepřímá kalorimetrie pomocí komory u spontánně ventilujícího pacienta [47]...	34
Obr. 2-3 – Schéma kalorimetru [53]	35
Obr. 2-4 – Akcelerometr [57].....	36
Obr. 2-5 – Měření s použitím krokoměru [61].....	37
Obr. 4-1– Excelový kalkulátor ženy [vlastní zpracování].....	55
Obr. 4-2 – Excelový kalkulátor muži [vlastní zpracování]	56
Obr. 4-3 – Excelový kalkulátor – krátkodobě přípustná srdeční frekvence – ženy [vlastní zpracování].....	57
Obr. 4-4 – Excelový kalkulátor – krátkodobě přípustná srdeční frekvence – muži [vlastní zpracování].....	58

Seznam tabulek

Tab. 1-1 – Přípustné a průměrné hygienické limity energetického výdeje s celkovou fyzickou zátěží [10].....	21
Tab. 1-2 – Průměrné hygienické limity pro počty pohybů ruky a předloktí [10]	23
Tab. 1-3 – Limity manipulace s břemeny pro muže a ženy [10]	25
Tab. 2-1 – Výhody a omezení metod měření fyzické aktivity a energetického výdeje používaných v ČR [vlastní zpracování dle 18, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61].....	29
Tab. 3-1 – Vztahy pro predikci MWC (W/kg) jako funkce věku [vlastní zpracování dle 63]	40
Tab. 4-1 – Tepelná zátěž mužů i žen [vlastní zpracování dle 88].....	51
Tab. 5-1 – Výpočet CFZ pro povolání kontrolor – současný způsob [vlastní zpracování]	60
Tab. 5-2 – Výpočet CFZ pro povolání kontrolor – nový způsob [vlastní zpracování]	60
Tab. 5-3 – Výpočet CFZ pro povolání operátor výroby – současný způsob [vlastní zpracování]	61
Tab. 5-4 – Výpočet CFZ pro povolání operátor výroby – nový způsob [vlastní zpracování] .	61
Tab. 5-5 – Výpočet CFZ pro povolání pracovník naskladňování – současný způsob [vlastní zpracování]	62
Tab. 5-6 – Výpočet CFZ pro povolání pracovník naskladňování – nový způsob [vlastní zpracování]	63
Tab. 5-7 – Výpočet CFZ pro povolání elektromechanik montáže trolejbusů – současný způsob [vlastní zpracování]	64
Tab. 5-8 – Výpočet CFZ pro povolání elektromechanik montáže trolejbusů – nový způsob [vlastní zpracování]	64
Tab. 5-9 – Výpočet CFZ pro povolání dělník – současný způsob [vlastní zpracování]	65
Tab. 5-10 – Výpočet CFZ pro povolání dělník – nový způsob [vlastní zpracování]	65
Tab. 5-11 – Výpočet CFZ pro povolání řidič – současný způsob [vlastní zpracování]	66
Tab. 5-12 – Výpočet CFZ pro povolání řidiče – nový způsob (krátkodobě přípustná SF) [vlastní zpracování]	67
Tab. 5-13 – Výpočet CFZ pro povolání řidič – nový způsob [vlastní zpracování].....	67
Tab. 5-14 – Výpočet CFZ pro povolání pracovnice online prodeje – současný způsob [vlastní zpracování]	68
Tab. 5-15 – Výpočet CFZ pro povolání pracovnice online prodeje – nový způsob (krátkodobě přípustná SF) [vlastní zpracování]	68
Tab. 5-16 – Výpočet CFZ pro povolání pracovnice online prodeje – nový způsob [vlastní zpracování]	69
Tab. 5-17 – Výpočet CFZ pro povolání operátor lakovny navěšování – současný způsob [vlastní zpracování]	70
Tab. 5-18 – Výpočet CFZ pro povolání operátor lakovny navěšování – nový způsob (krátkodobě přístupná SF) [vlastní zpracování]	70

Tab. 5-19 – Výpočet CFZ pro povolání operátor lakovny navěšování – nový způsob [vlastní zpracování].....	70
Tab. 5-20 – Výpočet CFZ pro povolání pracovníka vychystávky – současný způsob [vlastní zpracování].....	71
Tab. 5-21 – Výpočet CFZ pro povolání pracovníka vychystávky – nový způsob [vlastní zpracování].....	71
Tab. 5-22 – Výpočet CFZ pro povolání řidič VZV – současný způsob [vlastní zpracování].....	lxxii
Tab. 5-23 – Výpočet CFZ pro povolání řidič VZV – nový způsob [vlastní zpracování]	72
Tab. 5-24 – Výpočet CFZ pro povolání skladník – současný způsob [vlastní zpracování].....	73
Tab. 5-25 – Výpočet CFZ pro povolání skladník – nový způsob [vlastní zpracování]	73
Tab. 5-26 – Výpočet CFZ pro povolání obsluha stroje– současný způsob [vlastní zpracování]	74
Tab. 5-27 – Výpočet CFZ pro povolání obsluha stroje – nový způsob [vlastní zpracování]... ..	74
Tab. 5-28 – Výpočet CFZ pro povolání traktorista – současný způsob [vlastní zpracování].. ..	75
Tab. 5-29 – Výpočet CFZ pro povolání traktorista – nový způsob [vlastní zpracování].....	76
Tab. 5-30 – Výpočet CFZ pro pracoviště picking – současný způsob [vlastní zpracování]....	76
Tab. 5-31 – Výpočet CFZ pro pracoviště picking – nový způsob [vlastní zpracování]	77
Tab. 5-32 – Výpočet CFZ pro pracoviště expedice – současný způsob [vlastní zpracování].. ..	77
Tab. 5-33 – Výpočet CFZ pro pracoviště expedice – nový způsob [vlastní zpracování]	78
Tab. 5-34 – Výpočet CFZ pro povolání skladník – současný způsob [vlastní zpracování].....	79
Tab. 5-35 – Výpočet CFZ pro povolání skladník – nový způsob [vlastní zpracování]	79
Tab. 5-36 – Výpočet CFZ pro povolání skladníka centrální distribuce – současný způsob [vlastní zpracování].....	80
Tab. 5-37 – Výpočet CFZ pro povolání skladníka centrální distribuce – nový způsob [vlastní zpracování].....	80
Tab. 5-38 – Výpočet CFZ pro povolání elektromechanik – současný způsob [vlastní zpracování].....	81
Tab. 5-39 – Výpočet CFZ pro povolání elektromechanik – nový způsob [vlastní zpracování]	81
Tab. 5-40 – Výpočet CFZ pro povolání řidič retraku – současný způsob [vlastní zpracování]	82
Tab. 5-41 – Výpočet CFZ pro povolání řidiče retraku– nový způsob [vlastní zpracování]	82
Tab. 5-42 – Výpočet CFZ pro povolání kuchařka – současný způsob [vlastní zpracování]....	83
Tab. 5-43– Výpočet CFZ pro povolání kuchařka– nový způsob [vlastní zpracování]	83
Tab. 5-44– Výpočet CFZ pro povolání skladník denní směna – současný způsob [vlastní zpracování].....	84
Tab. 5-45 – Výpočet CFZ pro povolání skladník denní směna – nový způsob [vlastní zpracování].....	84

Tab. 5-46 – Výpočet CFZ pro povolání skladník noční směna – současný způsob [vlastní zpracování].....	85
Tab. 5-47 – Výpočet CFZ pro povolání skladník noční směna – nový způsob [vlastní zpracování].....	85
Tab. 5-48 – Výpočet CFZ pro povolání prodavačka – současný způsob [vlastní zpracování]	lxxxvi
Tab. 5-49 – Výpočet CFZ pro povolání prodavačka – nový způsob [vlastní zpracování]	86
Tab. 5-50 – Výpočet CFZ pro povolání operátor výroby – současný způsob [vlastní zpracování]	87
Tab. 5-51 – Výpočet CFZ pro povolání operátor výroby – nový způsob [vlastní zpracování]	87
Tab. 5-52 – Výpočet CFZ pro povolání kontrolor nakládky – současný způsob [vlastní zpracování].....	88
Tab. 5-53 – Výpočet CFZ pro povolání kontrolor nakládky – nový způsob [vlastní zpracování]	88
Tab. 5-54 – Výpočet CFZ pro povolání lakýrník – mokrá lakovna – současný způsob [vlastní zpracování].....	89
Tab. 5-55 – Výpočet CFZ pro povolání lakýrník – mokrá lakovna – nový způsob [vlastní zpracování].....	89
Tab. 5-56 – Výpočet CFZ pro povolání lakýrník – práškové lakovny – současný způsob [vlastní zpracování].....	90
Tab. 5-57 – Výpočet CFZ pro povolání lakýrník – práškové lakovny – nový způsob [vlastní zpracování].....	90
Tab. 5-58 – Výpočet CFZ pro povolání hutník – současný způsob [vlastní zpracování].....	91
Tab. 5-59 – Výpočet CFZ pro povolání hutník – nový způsob [vlastní zpracování].....	91
Tab. 5-60 – Výpočet CFZ pro povolání pracovníka vychystávky – současný způsob [vlastní zpracování].....	xcii
Tab. 5-61 – Výpočet CFZ pro povolání pracovníka vychystávky – nový způsob [vlastní zpracování].....	93
Tab. 5-62 – Výpočet CFZ pro povolání řidiče – současný způsob [vlastní zpracování].....	xciii
Tab. 5-63 – Výpočet CFZ pro povolání řidiče – nový způsob [vlastní zpracování].....	94

Úvod

Hodnocení pracovních podmínek vyžaduje správné určení rizikových faktorů, které v menší nebo větší míře ovlivňují život zaměstnance. Největší zastoupení v hlášených nemocích z povolání mají onemocnění způsobená fyzikálními faktory, včetně fyzické zátěže. Proto je důležité řešit problémy s nadměrnou fyzickou zátěží na pracovištích a minimalizovat rizika spojená s touto expozicí, tzn. přijmout opatření ke snížení míry rizika.

Zátěž může mít různé významy v závislosti na kontextu, ve kterém se používá. Obecně se však jedná o něco, co představuje nějaké ovlivnění člověka nebo systému, jež od nich vyžaduje určitou reakci nebo výkon. S tímto pojmem se lze nejčastěji setkat v rámci pracovního prostředí, kde nám zátěž představuje druh fyzického či psychického zatížení v rámci splnění určitého úkolu. Fyzickou zátěž v České republice vymezují dokumenty *nařízení vlády č. 361/2007 Sb. a vyhláška č. 432/2003 Sb.* Faktor fyzické zátěže je v nařízení vlády dále členěn na celkovou fyzickou zátěž, lokální svalovou zátěž, pracovní polohu a manipulaci s břemenem. Všechny tyto faktory lze hodnotit nebo nějakým způsobem změřit. V rámci této diplomové práce je snaha představit nejvýznamnější metody, které se používají k hodnocení celkové fyzické zátěže v tuzemsku a ve světě.

Důležitou součástí práce je představení metody měření srdeční frekvence a možnosti odhadu metabolismu pomocí srdeční frekvence. Nadměrná fyzická zátěž se u člověka může projevovat přetížením kardiiovaskulárního systému, pracovními úrazy, poškozením svalově kosterního aparátu, onemocněním svalů, kostí a dalšími možnými problémy ovlivňující výkonnost a kvalitu práce pracovníků. Proto se práce zaměřuje na možnosti zpřesnění zařazování prací do kategorií tak, aby v případě zařazení do rizikové kategorie z hlediska faktoru celková fyzická zátěž bylo možno přijmout preventivní opatření a předcházet tak poškození zdraví zaměstnanců. To je možné jednak přijetím opatření k minimalizaci rizik spojených s vystavením nadměrné celkové fyzické zátěži, dále častějším sledováním zdravotního stavu zaměstnanců v rámci častějších lékařských preventivních prohlídek a posouzením způsobilosti k vykonávání dané práce.

Základem druhé části práce je proto poukázat na problematiku části normy **ČSN EN ISO 8996 (833560) – Ergonomie tepelného prostředí – Určování metabolismu**, která hodnotí rychlost metabolismu pomocí srdeční frekvence. V rámci úvodu druhé části je nejprve přezkoumáno dosavadní stanovení jednotlivých parametrů. Následně je proveden nástěnný přehled vědecké literatury za účelem určení nejlepších výpočtů základních i souvisejících parametrů, které by mohly přesněji odhadnout metabolismus pomocí srdeční frekvence. Na základě podkladů těchto výpočtů je cílem provést jednak individuální vyhodnocení míry fyzické zátěže, jednak využití pro účely kategorizace. V závěru práce je ověření nové metody na základě několika povolání, u kterých by mohlo dojít k přehodnocení zařazení do kategorie práce.

1 Pracovní zátěž

Zátěž lze v obecné rovině definovat jako vnější sílu nebo vliv, který postihuje nějaký systém, proces nebo zatížení. V dalším případě si lze pod tímto pojmem představit nějaký druh fyzického, psychického, sociálního, emocionálního zatížení nebo nároku na osobu na systém, který se také může vztahovat na emoční nebo psychickou zátěž. To je například stres, únava nebo psychické napětí. Tyto faktory mohou mít negativní vliv na zdraví a pohodu jedince. [1]

Zátěž lze také chápat jako porušení rovnováhy mezi vnitřním stavem systému a jeho vnějším okolím, tj. systémem vnějším. Zatěžovaný systém může být chápán jako podsystem dalšího systému. Stupeň zátěže je dán především intenzitou působení vnějších vlivů, tj. vnějšího systému a vlastnostmi (výkoností či kapacitou) systému zatěžovaného. [2]

Tento pojem se užívá ve trojím smyslu jako prožitek, jako reakce a jako podnět, jež jsou důležité pro úplné pochopení pojmu zátěž. U biologické disciplíny se musí při zkoumání zátěže počítat s intraindividuální a interindividuální variabilitou, což znamená, že tyto disciplíny více zajímá odpověď organismu než samotná povaha podnětu. Do vymezení pojmu u biologických systémů je nutno zahrnout dynamiku podmínek. Při hodnocení zátěže je nutné rozebřit tři kategorie jevů:

- požadavky, které jsou kladené na činnost a podmínky, jež je realizují,
- chování jedince při výkonu činnosti projevující se ve vnější i vnitřní sféře,
- nároky, které kladou tyto požadavky a vlastnosti jedince. [2]

Zátěž tedy vzniká v důsledku nesouladu mezi požadavky a podmínkami na jedné straně a vlastnostmi či stavem člověka na straně druhé. [2]

Zátěž lze dělit podle různých kritérií, kde záleží na účelu, kontextu a oblasti, kterou zkoumáme. Paulík et al. [3] dělí, podle charakteru působících podnětů, zátěž na environmentální (biologické, fyzikální, chemické a klimatické), vlivy prostředí, dále na kosterně svalovou, přičemž jsou zde nároky na svalovou činnost, změny nebo setrvávání v určité poloze, tj. zvedání, držení, manipulace s břemeny a v poslední řadě na psychickou. Zeleníková [4] rozlišuje zátěž podobně, tedy zátěž biologickou, fyzickou (svalová činnost) a psychickou. V neposlední řadě lze dělit zátěž dle působení, na krátkodobou a dlouhodobou, nebo podle intenzity podnětů na minimální, lehkou neboli mírnou, střední a těžkou zátěž, jenž je často označována jako stres. [3]

V kontextu této práce je zapotřebí také definovat pracovní zátěž, jenž přímo souvisí s celkovou fyzickou zátěží. Pracovní zátěž lze definovat jako působení pracovních podmínek a požadavků práce na člověka. Fyziologická a psychická odezva organismu má vliv na působení těchto vnějších podmínek. Účinek pracovní zátěže na člověka a jeho schopnosti vyrovnat se s ní znamená pro člověka určitou pracovní námahu. [5] Mikuláščík [6] pracovní zátěž vysvětluje jako pracovní nároky, které jsou kladeny na pracovníka i v závislosti na způsob zvládnutí, ale také jak působí na psychiku pracovníka. V pracovních podmínkách je nezbytné posuzovat pracovní zátěž jako situaci nerovnováhy, kde jejich důsledky se mohou hromadit a negativně působit na organismus. [6] Vysoké pracovní nároky mohou na pracovníky působit v negativním slova smyslu. Mohou být pro ně emočně, ale i fyzicky náročné až vyčerpávající, proto je důležité vytvářet vhodnou nabídku podpůrných mechanismů. [7]

V pracovním procesu lze rozlišit různé znaky zátěže:

- jednostrannou, různorodou,
- krátkodobou, dlouhodobou, přerušovanou,
- lokální, celkovou,
- bez emočního nebo s emočním účinkem.

Pracovní zátěž lze dělit na dvě kategorie, tj. objektivní a subjektivní zátěž. První z nich pojímá měřitelné aspekty, např. počet klientů, počet kontaktů s klienty nebo také počet vyhotovených zpráv. Subjektivní zátěž nastává tehdy, když pracovník nabývá dojmu, že nemá schopnosti udělat požadovaný objem práce. V tomto případě se například jedná o vyhotovení počtu zpráv během určitého časového úseku či při pracovníkově dojmu neodbornosti splnit určitý specifický úkol. [8]

Při výkonu práce je člověk vystaven působení rizikových faktorů ovlivňujících jeho zdraví. Pojem rizikový faktor představuje každou okolnost, podmínku, činitele či vlastnost pracovního systému, který může být příčinou pracovního úrazu, nemoci z povolání, otravy nebo jiného poškození zdraví. V pracovním prostředí je nutné tyto „problémy“ vyhledávat a následně eliminovat. Pokud je nelze úplně odstranit, musí se učinit taková opatření, které povedou k omezení jejich působení. K těmto faktorům lze přiřadit i uspořádání pracoviště nebo jiné aspekty související s pracovní činností, včetně organizačních opatření. Celý přístup, který sleduje tuto oblast, se nazývá prevence rizik. [9] **Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.** stanovuje podmínky ochrany zdraví při práci. Rizikové faktory mikroklimatických podmínek se člení na:

- nepříznivé mikroklimatické podmínky (zátěž teplem a chladem),
- chemické faktory (chemické karcinogeny, mutageny, olovo, azbest aj.),
- biologické činitele,
- fyzickou zátěž, tj.:
 - celkovou fyzickou zátěž (nadměrné zatěžování – zvýšené fyzické úsilí, námaha),
 - lokální svalovou zátěž (jednostranná a opakovaná zátěž – opakované používání stejné svalové skupiny (statické nebo dynamické činnosti),
 - pracovní polohy (nevhodná pracovní pozice těla nebo některé jeho části během pracovních činností),
 - ruční manipulaci s břemeny (překračování hygienických limitů kladených na hmotnost přenášených břemen),
- fyzikální faktory, tj.:
 - hluk,
 - vibrace,
 - neionizující a ionizující záření. [10]

Podle **vyhlášky č. 432/2003 Sb.**, se dále mezi tyto faktory, jejichž expozici či zátěž je nutné hodnotit, řadí také:

- prach (s převážně fibrogenním účinkem, s možným fibrogenním účinkem, s převážně nespecifickým účinkem, s převážně dráždivým účinkem, minerální vláknité prachy);
- psychická zátěž (stres, napětí a jiné okolnosti narušující duševní pohodu pracovníka);
- zraková zátěž (používání zvětšovacíh přístrojů, práce vykonávaná za zvláštních světelných podmínek, spojená s neodstranitelným oslňováním, spojená s náročností na rozlišení detailů);
- práce ve zvýšeném tlaku vzduchu. [11]

1.1 Fyzická zátěž

Pracovní zátěž se obecně odvíjí od povahy práce, kterou pracovník vykonává a může zahrnovat fyzickou, psychickou, emoční a sociální zátěž. Fyzická zátěž, která je předmětem této práce, je „pracovní zátěž pohybového systému, srdečně cévního a dýchacího systému s odrazem v látkové přeměně a termoregulaci organismu“. [12] Obecně se týká fyzického nároku na organismus a představuje množství energie, kterou musí tělo vynaložit na splnění určitého úkolu. Tuto zátěž mohou představovat například opakované pohyby, zvedání těžkých předmětů, dlouhodobé stání nebo sedění či další faktory. [13]

Odhadnout fyzickou zátěž pracovníka je možné na základě hodnocení pracovních úkonů, které lze dělit do několika kategorií, například:

1. Dynamická zátěž vyjadřuje stav, kdy dochází ke střídavému zapojování svalových skupin, ke střídání napětí a uvolňování svalstva. [14] Přitom lze rozlišit, zda je práce vykonávána velkými nebo malými svalovými skupinami. [15] Mezi dynamické práce patří zejména činnosti, při kterých dochází ke střídání kontrakce, relaxace a délce koncentrace kratší než tři sekundy. Příkladem mohou být činnosti jako je chůze, běh, skákání, cyklistika, plavání a další činnosti, jenž zahrnují pohyb svalů a kloubů při pohybu těla. [16]
2. Statická zátěž zahrnuje činnosti jako je stání, sedění, držení nákladů nebo náradí, které způsobují napětí v svalových skupinách, aniž by došlo k pohybu těla. U této kategorie dochází k izotermické kontrakci svalů, ve kterém dochází ke zvyšování napětí. [14] Tato práce je taktéž charakteristická staženými svaly a přetrváváním v této poloze dlouhou dobu. [15]
3. Manuální zátěž zahrnuje činnosti jako je zdvihání, přenášení a manipulace s těžkými předměty nebo materiály, které mohou vést k svalovým poraněním, včetně zranění zad. [13]
4. Teplotní zátěž zahrnuje vystavení těla teplotním podmínkám jako jsou vysoké nebo nízké teploty, vlhkost nebo vítr, které mohou vést k dehydrataci, úpalu nebo podchlazení. [10]
5. Akutní zátěž zahrnuje krátkodobou zátěž, která se obvykle vyskytuje v rámci jedné pracovní směny nebo během krátkého období. Příkladem může být zdvihání těžkých předmětů během několika hodin nebo několika minut v rámci jedné práce. [17]
6. Chronická zátěž zahrnuje opakující se nebo dlouhodobou zátěž, která může vést k opakovanému stresu na těle po delší dobu. Příkladem mohou být opakované pohyby jako je opakované zvedání těžkých předmětů nebo opakované pohyby určitých svalových skupin, které mohou vést k chronickým problémům s pohybovým aparátem. [17]

Tyto typy fyzické zátěže se mohou prolínat s odlišnými účinky na tělo. Je důležité, aby byla fyzická zátěž posuzována v kontextu pracovního prostředí a byly přijaty opatření k minimalizaci rizik spojených s vystavením fyzické zátěži. Fyzická zátěž může mít pozitivní nebo negativní vliv na tělo v závislosti na její intenzitě, délce a četnosti. Pravidelná fyzická aktivita může vést ke zlepšení kondice, snížení rizika chronických onemocnění a zlepšení celkového zdraví. Příliš vysoká zátěž nebo nedostatek času na zotavení se může vést k únavě, přetížení a zranění. Nadměrné přetěžování jedince může způsobit nerovnováhu mezi celkovou svalovou a kardiovaskulární kapacitou, ale může mít vliv též na nároky na fyzickou zdatnost vyplývající z pracovních úkolů. Zdrojem nepřiměřené fyzické náročnosti pracovních úkonů může být například nepřiměřená velikost a hmotnost břemene, nefyziologická pracovní poloha či jednostranné přetěžování některých svalových skupin. [18] V důsledku to může vyvolat přetěžování kardiovaskulárního systému, vyšší počet pracovních úrazů, potíže a onemocnění

svalově kosterního aparátu, především páteře, onemocnění svalů, šlach, kloubů a kostí. Dále také neurotické příznaky a psychosomatická onemocnění jsou následkem psychické zátěže. [19]

Příkladem práce, jenž je pojena s fyzickou zátěží je manipulace s materiálem s různou podobou. Dle Chundely dochází při vyšší námaze k vyšší přeměně metabolismu. Člověk by při tomto výdeji měl doplnit více potravy, aby došlo k vyrovnání energetické bilance $E_v = E_s$.

kde:

E_v lze označit jako objem energie vynaložené na práci (kJ),

E_s lze označit jako objem energie spotřebované v potravě (kJ). [20]

Cílem je zjistit, zda „fyzická námaha při vykonávané činnosti nepřevyšuje fyziologické možnosti pracovníka a nemůže vyvolat poškození zdraví“. [18]

Z několika zahraničních studií vyplynulo, že autoři často míru zátěže hodnotí jako procento z maximální pracovní kapacity. Dle nich by optimální zatížení, podle doporučení pro 8hodinovou pracovní směnu, nemělo přesáhnout 33 % VO_{2max} (tj. maximální pracovní kapacity konkrétního muže nebo ženu). Stejně tak i v České republice byly stanoveny limity celkové fyzické zátěže na obdobném principu, které jsou vysvětleny v kapitole níže. [21] [22]

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. stanovuje podmínky ochrany zdraví při práci s fyzickou zátěží. Hodnocení fyzické zátěže lze rozdělit do následujících čtyř hlavních oblastí:

- celková fyzická zátěž,
- lokální svalová zátěž,
- pracovní poloha,
- manipulace s břemenem. [10]

Posuzování fyzické zátěže je spojené s autorizovanou laboratoří a je dost složitě uchopitelné v praxi. Zaměstnanci a zaměstnavatelé nejsou v tomto případě schopni určit překračování či dodržování stanovených limitů. Přitom jde o podstatné kritérium průběžnosti zaměstnanců, hlavně z hlediska jejich dlouhodobé připravenosti k výkonu práce, z hlediska udržitelnosti výkonu, a i z hlediska možného poškození zdraví. [23] V následujících podkapitolách jsou rozvedeny složky fyzické zátěže.

1.1.1 Celková fyzická zátěž

Za celkovou fyzickou zátěž lze považovat „zátěž při dynamické fyzické práci vykonávané velkými svalovými skupinami, při které je zatěžováno více než 50 % svalové hmoty.“ [10] Tato hodnota se posuzuje z hlediska energetické náročnosti práce, pomocí hodnot energetického výdeje vyjádřených v netto hodnotách a pomocí hodnot srdeční frekvence. Zátěž při výkonu práce zahrnuje jakékoliv fyzické námahy a úsilí, jež zaměstnanec musí vyvinout při plnění svých pracovních činností. [12] Mezi faktory ovlivňující celkovou fyzickou zátěž patří například:

- fyzická aktivita jako je chůze, běh, zdvihání či přenášení těžkých břemen,
- délka pracovní doby, kde delší doba práce může znamenat zvýšení toho faktoru,
- pracovní prostředí ve významu vysoké nebo nízké teploty, hlučné prostředí nebo pracovní pozice vedoucí k nepříjemné či podmíněné přijatelné pracovní poloze,
- stres, který může zvýšit faktor zátěže a následně může vést k únavě. [12] [18] [24]

Hygienickými limity celkové fyzické zátěže se rozumí hodnoty energetického výdeje:

- směnové průměrné,
- směnové přípustné,
- minutové přípustné,
- průměrné roční,
- přípustné hodnoty srdeční frekvence přepočtené na průměrnou osmihodinovou směnu. [10]

Přípustnými hygienickými limity se rozumí limity, které se v průměrné směně bez ohledu na její délku nenavyšují. Všechny limity hygienické zátěže jsou uvedené v zákoně na průměrnou osmihodinovou směnu. Za osmihodinovou směnu pokládáme směnu, jenž probíhá za obvyklých pracovních podmínek, při níž doba výkonu práce jednotlivých pracovních operací odpovídá skutečné míře zátěže. Průměrné a přípustné hygienické limity pro hodnoty energetického výdeje při práci s celkovou fyzickou zátěží jsou uvedeny v tabulce 1-1 níže. V zákoně jsou taktéž uvedeny přípustné a průměrné hygienické limity pro pracovníky ve věkové kategorii 15 až 18 let. [10]

Tab. 1-1 – Přípustné a průměrné hygienické limity energetického výdeje s celkovou fyzickou zátěží [10]

Energetický výdej	Jednotky	Muži	Ženy
Směnový průměrný	MJ	6,8	4,5
Směnový přípustný	MJ	8	5,4
Roční průměrný	MJ	1 600	1 060
Minutový přípustný	$\text{kJ}\cdot\text{min}^{-1}$	34,5	23,7
	W	575	395

Hygienický limit pro minutovou hodnotu srdeční frekvence je nejvýše 150 tepů/minutu. Průměrná hodnota srdeční frekvence je stanovena na 102 tepů/minutu. Hodnota, která může být pro vyšetřovanou osobu ještě dlouhodobě únosná, pokud není překračována hodnota zvýšení srdeční frekvence nad výchozí hodnotu (tj. klidovou hodnotu) je 110 tepů/minutu. Nejvyšší přípustná hodnota zvýšení srdeční frekvence nad výchozí hodnotu je stanovena na 28 tepů/minutu. [10]

Jde-li o práci, která je delší než 8 hodin, hodnota limitu odpovídá navýšení průměrného hygienického limitu v procentech skutečné době výkonu práce. U směny dvanáctihodinové nesmí být průměrné hodnoty energetického výdeje navýšeny o více než 20 %. Procentuální navýšení průměrného hygienického limitu je posuzováno vždy v závislosti na konkrétní délce směny a činí 5 % za každou hodinu nad osmihodinovou směnu. [10]

Dle výzkumu provedeného autorkou této práce, neexistuje přímá zmínka o tom, jak byly stanoveny limitní hodnoty energetického výdeje i srdeční frekvence pro fyzickou zátěž ve výše uvedené vyhlášce. Je však pravděpodobné, že limitní hodnoty pochází z knihy Acta hygienica epidemiologica et microbiologica vydané v roce 1978 Institutem hygieny a epidemiologie v Praze pro krajské hygieniky. [25] Šváblová také uvádí dle knihy Acta hygienica epidemiologica et microbiologica, že limitní hodnoty byly stanoveny na úrovni zdatnosti průměrného muže nebo ženy ve věku 45 let. Hranice dlouhodobě únosné fyzické zátěže vykonávané velkými svalovými skupinami na základě energetického výdeje byla stanovena na úrovni 33 % maximální pracovní kapacity, resp. VO_2max 45letého průměrně zdatného muže nebo ženy (tj. 102 tepů/minutu). Hranice krátkodobě únosné práce na úrovni 70 % maximální pracovní kapacity, resp. VO_2max 45letého průměrně zdatného muže nebo ženy (tj. 150 tepů/minutu).

Tyto limitní hodnoty jsou převzaty i autorkou práce, nicméně metodické návody pro měření neexistují v oficiální verzi, proto se autorka práce zabývá touto problematikou. [21] [25]

Hodnocení celkové fyzické zátěže pracovníka během pracovní směny může být provedeno několika způsoby. Nejčastějšími metodami jsou v současné době:

- tabulkové metody,
- hodnocení energetického výdeje pomocí srdeční frekvence,
- ventilometrie,
- nepřímá kalorimetrie.

Tyto metody budou více rozebrány v kapitole 2. *Metody hodnocení celkové fyzické zátěže v tuzemsku a ve světě.*

1.1.2 Lokální svalová zátěž

Lokální svalovou zátěž lze definovat jako „*zátěž malých svalových skupin při výkonu práce končetinami*“. Měření lokální fyzické zátěže je použitelné pro jednoduché pracovní činnosti, kdy chceme zjistit přesnou hodnotu vynakládané pracovní síly. [10] Jedná se o měření absolutních hodnot vynakládané svalové síly, počet pohybů posuzovaných pohybových struktur a pracovní polohy ve vazbě na rozsah statické a dynamické složky práce při práci v charakteristické směně. Pro hodnocení jsou limity vynakládaných svalových sil udávány v procentech (% Fmax). [26] S ohodnocením lokální svalové zátěže je vždy spojena analýza pracovních podmínek obsahující:

- popis práce se sledováním časových faktorů práce,
- režim práce a odpočinku v průběhu konání práce,
- rozbor režimu práce uvnitř pracovních operací, délku trvání jednotlivých úkonů a doby odpočinku,
- nárazové práce s velkou silovou zátěží,
- zaujímání nefyziologických pracovních poloh,
- manipulační rovinu a pohybový prostor,
- umístění ovládacích prvků stroje nebo technického zařízení,
- používané pracovní nástroje a nářadí,
- manipulovaný materiál. [12]

Hodnocení lokální svalové zátěže musí vždy zahrnovat údaje zda:

- v průběhu pracovní doby nejsou přesahovány svalové síly krátkodobé limitní v % Fmax,
- hodnota celosměnového časově váženého průměru vynakládaných svalových sil nepřesahuje limitní hodnoty,
- celosměnová četnost pohybů za osmihodinovou směnu v závislosti na velikosti vynakládaných svalových sil nepřekračuje dané limitní hodnoty. [18]

Pro měření této oblasti se zejména používají jednoduchá měřidla pro měření tahu, tlaku, pák apod. jako jsou mincíře, dynamometry, momentové klíče, jednoduché tenzometry bez kontinuálního časového záznamu atd. Metoda je vhodná pouze pro jednoduché a stále se opakující pracovní činnosti. Zátěž lze také měřit pomocí tenzometrické aparatury s kontinuálním časovým záznamem nebo tzv. IEMG (integrovaná elektromyografie), která je nejpřesnější. Tato metoda je založena na principu snímání elektrofyziologických potenciálů vyšetřovaných svalových skupin. Metody, zejména metoda IEMG, jsou vhodné pouze pro měření a vyhodnocení lokální zátěže v úrovni ruky a předloktí. [18]

Tabulka 1-2 zobrazuje průměrné hygienické limity pro směnové a minutové počty pohybů ruky a předloktí za průměrnou osmihodinovou pracovní směnu ve zkrácené verzi. Úplná tabulka je uvedena v PŘÍLOZE č. 1. První sloupec uvádí procentuální hodnoty síly vztažené k maximální síle měřeného člověka. Ostatní sloupce obsahují limity pohybů rukou na celou pracovní směnu a jejich přepočítaný minutový počet. [10]

Tab. 1-2 – Průměrné hygienické limity pro počty pohybů ruky a předloktí [10]

% Fmax	Průměrný počet pohybů za průměrnou osmihodinovou směnu	Průměrný minutový počet pohybů za průměrnou osmihodinovou směnu
7	27 600	58
8	24 300	51
9	21 800	44
10	19 800	41
11	18 100	37
12	16 700	34
13	15 500	32
14	14 400	29
15	13 500	29
16	12 700	26
17	12 000	25
18	11 400	24
19	10 900	23

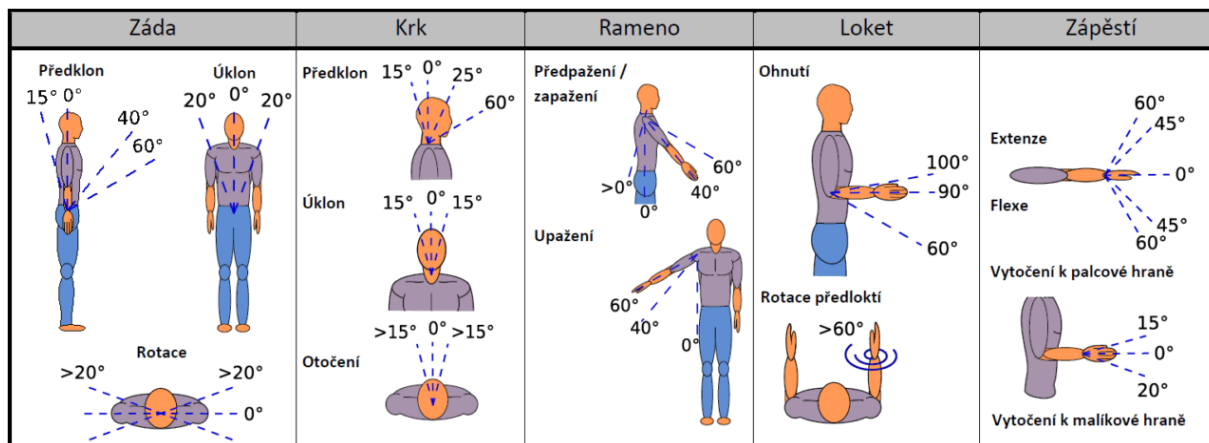
1.1.3 Pracovní poloha

Pracovní polohou se rozumí postavení těla tzn. postavení trupu, hlavy, dolních a horních končetin. Polohu lze dělit na základní pracovní polohu, kdy při výkonu hlavní činnosti setrvává v dané poloze podstatnou část pracovní směny a vedlejší pracovní polohu, kdy pracovník zaujímá pracovní polohu při pomocných nebo vedlejších úkonech a operacích. Tyto úkony jsou prováděny převážně po kratší časový úsek. [27]

Prvním krokem v této oblasti je rozhodnutí, zdali se jedná o pracovní polohu statickou nebo dynamickou. Statická poloha značí polohu trvající déle než 4 sekundy. Pro hodnocení pracovní polohy při práci existují následující tři možné stupně hodnocení pracovní polohy a pohybů, jež jsou následně uvedeny na obrázku č. 1-1:

- **Přijatelné** – zdravotní riziko je považované za nízké nebo zanedbatelné pro téměř všechny zdravé dospělé osoby. Není potřeba žádná úprava pracoviště.
- **Podmíněně přijatelné** – existuje zvýšené zdravotní riziko pro celou skupinu pracovníků nebo její část. Riziko, spolu se souvisejícími rizikovými faktory, se musí analyzovat a co nejdříve snížit. Není-li to možné, musí se přijmout jiná vhodná opatření, například zajistit přijatelnost použití strojního zařízení odpovídajícími provozními pokyny.
- **Nepřijatelné** – zdravotní riziko je nepřijatelné pro jakoukoliv skupinu pracovníků. Je nutná změna pracoviště vedoucí ke zlepšení pracovního prostoru. [10]

„Průměrný hygienický limit pro dobu práce v jednotlivých nepříjemných pracovních polohách v průměrné osmihodinové směně je 30 minut. Doba trvání jednotlivých nepříjemných pracovních poloh nesmí být delší než 1 až 8 minut v závislosti na typu pracovní polohy. Průměrný hygienický limit pro dobu práce v jednotlivých podmíněně přijatelných pracovních polohách v průměrné osmihodinové směně je 160 minut. Doba trvání jednotlivých podmíněně přijatelných pracovních poloh pak nesmí být delší než 1 až 8 minut v závislosti na typu pracovní polohy. Práce spojená se zaujímáním podmíněně přijatelných a nepříjemných pracovních poloh po dobu překračující stanovené hygienické limity musí být přerušována bezpečnostními přestávkami v trvání 5 až 10 minut po každých 2 hodinách od započetí výkonu práce nebo musí být zajištěno střídání činností nebo zaměstnanců.“ [10]



Obr. 1-1 – Přehled rizikových pracovních poloh [28]

1.1.4 Manipulace s břemeny

Manipulací s břemenem se rozumí „přepřavování nebo nošení břemene jedním nebo současně více zaměstnanci včetně jeho zvedání, pokládání, strkání, tahání, posunování nebo přemísťování, při kterém v důsledku vlastností břemene nebo nepříznivých ergonomických podmínek může dojít k poškození páteře zaměstnance nebo onemocnění z jednostranné nadměrné zátěže. Za ruční manipulaci s břemenem se pokládá též zvedání a přenášení živého břemene.“ [10]

Limity pro ruční manipulaci s břemenem jsou stanoveny na osmihodinovou pracovní směnu. Procentuální navýšení průměrného hygienického limitu je posuzováno vždy v závislosti na konkrétní délce směny a činí 5 % za každou hodinu nad 8hodinovou směnu. Maximální možné navýšení limitů za 12hodinovou směnu však činí 20 %. [10]

Občasným zvedáním a přenášením břemene se rozumí zvedání a přenášení břemene nepřesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně. Častým zvedáním a přenášením břemene se rozumí zvedání a přenášení břemene přesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně. [10]

Tab. 1-3 – Limity manipulace s břemeny pro muže a ženy [10]

	Muž	Žena
Občasné zvedání a přenášení	50 kg	20 kg
Časté zvedání a přenášení	30 kg	15 kg
Práce vsedě	5 kg	3 kg
Kumulativní hmotnost / 8 h	10 000 kg	6 500 kg
Tažné síly	280 N	220 N
Tlačné síly	310 N	250 N

1.2 Kategorizace práce

Kategorizace práce vyjadřuje souhrnné hodnocení míry zátěže zaměstnance ze zdravotního hlediska podle faktorů určujících kvalitu pracovních podmínek. Toto vychází z posouzení výskytu a rizik faktorů, které mohou ovlivnit zdraví zaměstnanců. To je základním podkladem pro klasifikaci prací v hodnocení zdravotních rizik podle **vyhlášky 432/2003 Sb.**, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií. Rizikové faktory, které se kategorizují, jsou tyto: *prach, chemické látky, hluk, vibrace, neionizující záření a elektromagnetická pole, fyzická zátěž, pracovní poloha, zátěž teplem, zátěž chladem, psychická zátěž, zraková zátěž, práce s biologickými činiteli, práce ve zvýšeném tlaku vzduchu.* [11]

Výsledek pracovního zařazení do jedné z kategorií je objektivním podkladem pro stanovení opatření k ochraně zdraví při práci a omezení možných rizik poškození zdraví. Jde především o stanovení minimálního obsahu a četnosti lékařských preventivních prohlídek v rámci závodní preventivní zdravotní péče a o zajištění průběžného sledování jednotlivých rizikových faktorů expozice zaměstnanců v pracovních podmínkách prostřednictvím měření. V neposlední řadě hodnocení zdravotních rizik prováděné v rámci pracovního zařazení napomáhá i k identifikaci potřeby týkající se dalších opatření k ochraně zdraví při práci – technických, organizačních a náhradních opatření (identifikace vhodných osobních ochranných pracovních prostředků). [29]

Podle paragrafu § 37 odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů, se práce dělí podle míry faktorů, které mohou ovlivnit zdraví zaměstnanců a jejich rizikovitosti pro zdraví zařazují do čtyř kategorií:

- 1. kategorie** – do této kategorie se řadí práce, u kterých dle současného poznání není pravděpodobný nepříznivý vliv na zdraví pracovníka.
- 2. kategorie** – kategorie druhá označuje profese, které mají na zdraví pracovníků vliv jenom výjimečně, a to zejména u vnímavých jedinců. U těchto zařazených prací nejsou překračovány hygienické limity stanovené příslušnými právními předpisy.
- 3. kategorie** – třetí kategorie zahrnuje práce, u kterých jsou překračovány hygienické limity či jsou naplněna kritéria pro zařazení dané práce do této kategorie. Zároveň platí, že biologická expozice fyzických osob není spolehlivě snížena technickými opatřeními a za tímto účelem je v zásadě nutné používat osobní ochranné pracovní prostředky. Dalším kritériem zařazení prací do této kategorie je také statisticky častější výskyt nemocí z povolání.
- 4. kategorie** – riziko je nejzávažnější, jenž nelze vyloučit ani při používání dostupných a použitelných ochranných opatření. Je proto přípustná pouze při mimořádných okolnostech jako jsou například záchranáři, nehody apod. Tato kategorie není

definována u faktoru neionizující záření, elektromagnetického pole, fyzické zátěže, pracovní polohy, zátěže chladem, psychické zátěže ani zrakové zátěže. [30]

Tento oddíl nezahrnuje práce prováděné na pracovištích staveb, které nebyly v provozu déle než jeden rok. [30]

Zaměstnavatelé mají povinnost vyhledávat rizika na pracovišti. To znamená hledat rizikové faktory pracovního prostředí, které se na daném pracovišti vyskytují, případně se mohou vyskytovat při provozu strojů a technologických procesech. Vyhledávání – objektivizace rizika se provádí především měřením rizikových faktorů. Měření a kontroly pro účely klasifikace – zařazení prací do kategorie rizika nebo změna klasifikace, mohou zaměstnavatelé za použití § 38 zákona provádět pouze prostřednictvím držitelů schválených certifikátů nebo oprávněných držitelů. Zaměstnavatel musí navíc na základě provedených měření posoudit míru rizika jednotlivých faktorů pracovního prostředí. Při hodnocení se vychází z doby, po kterou byl zaměstnanec vystaven posuzovanému rizikovému faktoru (doba expozice) a výsledků měření jednotlivých faktorů nebo hodnocení faktorů naměřených – psychická zátěž nebo zraková zátěž. Expozice se odhadují v typické pracovní směně, tzn. směna, ke které dochází za normálních pracovních podmínek a která odráží skutečné vystavení pracovníka faktorům pracovního prostředí při běžném používání nebo někdy relevantní pro sezónní práci. Pokud je v určité práci více faktorů a v různých kategoriích, je výsledná kategorie práce určena negativně hodnoceným faktorem. [29] [30]

1.3 Důsledky nadměrné fyzické zátěže

Fyzická zátěž zatěžuje pohybový aparát, dýchací orgány a kardiovaskulární systém a výrazně ovlivňuje energetický výdej a termoregulaci organismu. Tato zátěž je v rámci pracovního procesu vážný problém. Důsledkem nadměrné zátěže je např. častý výskyt onemocnění pohybového ústrojí, což přináší zaměstnancům bolestivé problémy a zaměstnavatelům časté pracovní neschopnosti, které působí negativně na finanční prostředky. Z toho důvodu je proto důležité problému věnovat dostatečnou pozornost, a v rámci preventivních opatření a postupů předcházet vlivům fyzické zátěže na zdraví zaměstnanců. Mezi důsledky nadměrné fyzické zátěže na pracovníka jsou zejména:

- poranění a úrazy jako jsou vykloubení, natažení svalů, výrony, zlomeniny nebo dokonce vnitřní poranění,
- únava a vyčerpání, které ovlivňují koncentraci, produktivitu a schopnost pracovat,
- zhoršené zdraví a zvýšení rizika onemocnění, jež mohou vést k srdečním chorobám, kardiovaskulárním onemocněním, zvýšenému krevnímu tlaku, cukrovce anebo bolesti zad,
- psychické problémy, například úzkost, deprese a stres,
- snížená kvalita práce, kterou pracovník musí odvést v podobě výrobku nebo služby. [31]

Při nadměrné fyzické zátěži se zvyšuje riziko úrazu, které se může projevit poškozením svalové kosterního aparátu především páteře, kloubů, šlach, svalů, kostí a úponů z jednostranného přetěžování. Nevhodná pracovní poloha má také negativní vliv na zdraví pracovníka v podobě kosterně – svalového aparátu s ovlivněním krevního oběhu a dýchání. Tyto faktory mohou mít vliv na výkonnost a kvalitu práce daného pracovníka. [32] V některých případech může nadměrná fyzická zátěž způsobit změny organismu, které mohou být i trvalé. [16] Bolesti v oblasti bederní páteře postihují téměř 80 % populace, jež souvisí s nesprávným nastavením pracovních podmínek. [27] Při dlouhodobé nadměrné zátěži části pohybového aparátu může docházet k poškození tkáně s následným vznikem mikrotraumat, edému či dystrofických změn

s poruchou překrvení. Nejčastější povolání, u kterých vznikají tato onemocnění, jsou horníci, dělníci, práce ve stavebnictví nebo zemědělství, ve sklářském, textilním či potravinářském průmyslu. [18]

Pracovníci České republiky jsou v této oblasti chráněni legislativou, která shromažďuje zdravotně, společensky i ekonomicky nejzávažnější důsledky expozice rizikových faktorů práce a pracovních podmínek, tzv. nemoci z povolání. Nemoci z povolání jsou nemoci, jejichž definice je uvedena v platné právní úpravě. Nemoci z povolání jsou nemoci „vznikající nepříznivým působením chemických, fyzikálních, biologických nebo jiných škodlivých vlivů a akutní otravy vznikající nepříznivým působením chemických látek na zdraví, pokud vznikly za podmínek uvedených v seznamu nemocí z povolání“. Seznam nemocí z povolání je přílohou novelizovaného nařízení vlády č. 290/1995 Sb. Seznam je rozdělen do šesti kapitol, které jsou seřazeny celkem do 86 bodů. Při poslední novelizaci seznamu nařízením vlády č. 506/2021 Sb. byl doplněn oddíl II.11, který umožňuje identifikovat chronická onemocnění bederní páteře způsobená těžkou fyzickou prací. Tato položka nabyla účinnosti dne 1. ledna 2023. [33]

1.4 Ochrana zdraví při fyzické zátěži

Ergonomie je věda vycházející z neustále snahy lidí optimalizovat své úsilí k dosažení určitých cílů. Splétá dohromady různá pole a lze se s ní téměř každý den. Důležitou roli hraje také optimální návrh pracoviště, který zohledňuje možnosti a omezení zaměstnance. V zásadě jde o nejlepší využití dostupný prostor pro zaručení bezpečného pracovního prostředí bez ohrožení zdraví pro dosažení maximální efektivity práce. [34]

Efektivní ochrana zdraví při práci vyžaduje existenci komplexního systému, který se skládá z příslušné legislativy, profesní organizace BOZP a cíleného akčního programu. [35] Účinné řízení bezpečnosti proto musí vycházet z důkladného pochopení spolupráce mezi technickou, lidskou a organizační složkou pracovního systému v každém podniku. Dodržení zásad v oblasti BOZP s eliminací potenciálních rizik musí být u každého zaměstnavatele na prvním místě. [36]

Mezi nejdůležitější zásady ochrany zdraví při fyzické pracovní zátěži zařazují autoři Tuček, Cíkr a Pelcová v knize *Pracovní lékařství pro praxi. Příručka s doporučenými standardy* následující:

- odstranění zdrojů nepřiměřené fyzické zátěže,
- omezení nebo úplné odstranění nepřírodných pracovních poloh,
- ergonomické uspořádání pracoviště a pracovního místa,
- správné rozvržení fyzické zátěže, střídání s lehčí fyzickou zátěží,
- dostatek odpočinkových časů, zařazování přestávek,
- nástroje a nářadí splňující ergonomické požadavky,
- vhodná organizace práce – střídání pracovníků a činností,
- dodržovat zásady správné manipulace s břemeny,
- zajistit dostatečný zácvik pro nové pracovníky,
- vhodné pracovní zařazení podle zdravotní způsobilosti,
- zabezpečit lékařskou práci a preventivní lékařské prohlídky,
- zajistit bezpečnost práce a používat osobní ochranné pracovní pomůcky. [18]

2 Metody hodnocení celkové fyzické zátěže v tuzemsku a ve světě

Pro přesné vyhodnocení aktuální a měnící se úrovně fyzické aktivity je nutné přesné hodnocení pro pochopení vztahů mezi fyzickou aktivitou a zdravotními výsledky. Fyzická aktivita je komplexní a mnohostranná problematika, která je obtížně přesně změřitelná. Pro různé cílové skupiny byly vyvinuty a ověřeny různé nástroje hodnocení, které ve výsledku činí přes 30 různých technik. Výběr nejlepší metody závisí na několika faktorech jako je velikost studie, věk populace a účel studie, a také spolehlivost a validace nástrojů. [37]

Řada komplexních přehledů hodnocení fyzické aktivity popsala různé metody měření fyzické aktivity u širokého spektra populací, což se autorka práce taktéž pokusila shrnout a uvést několik velmi používaných metod. Definovat typické zástupce jenom pro Českou republiku a ostatní země není v současné době možné, protože principy těchto metod jsou používány po celém světě. [37]

Fyzická aktivita je definována jako jakýkoliv tělesný pohyb kosterními svaly vedoucí k výdeji energie. Je důležité zdůraznit rozdílnost významu pojmů fyzická aktivita a energetický výdej. Fyzickou aktivitu lze definovat také jako chování, které vede ke zvýšení energetického výdeje nad klidovou úroveň. Celkový energetický výdej (TEE) lze následně označit jako celkové množství energie vynaložené během 24 hodin. Tento výdej obsahuje celkem tři hlavní složky:

- Bazální (klidová) rychlost metabolismu (BMR).
 - Bazální energetický výdej (BMR) je nejnižší energetický výdej organismu ráno těsně po probuzení tzn. 12–18 hodin po posledním jídle. Tento pojem je definován jako minimální produkce tepla v organismu a je ovlivněn antropometrickými ukazateli (věkem, tělesnou teplotou a pohlavím). V klinické praxi nemá tento koeficient význam, protože neodráží energetický výdej v průběhu 24 hodin. [38]
 - Klidový energetický výdej (REE) je velmi široce používán. Měření je prováděno za méně přísných podmínek než měření bazálního energetického výdeje, tudíž je hodnota vyšší. Toto množství energie odpovídá energetickým potřebám organismu při běžném fyzickém pohybu. [38]
- Termický efekt potravy (TEF) představuje nárůst energetického výdeje postprandiálně s maximem za 90 minut po perorálním příjmu potravy a návratem k preprandiálním hodnotám za 2-4 hodiny. Je způsoben metabolickými nároky organismu na zpracování potravy a je uváděn v procentech přijaté energie. Při přívodu normální potravy je odhadován termický efekt na 10 %. [38]
- Pohybové aktivity (AEE) zvyšují energetický výdej o 20-60 % v závislosti na typu zátěže. [38] Mezi faktory ovlivňující tuto komponentu je intenzita, trvání a frekvence aktivity. [39]

Přístupy měření fyzické aktivity se běžně používají ke kvantifikaci množství a typu pohybu prováděného jednotlivci v různých prostředích. V praxi se lze setkat s těmito metodami, které jsou odlišné svým principem měření energetického výdeje (kJ) zkoumaných jedinců:

1. tabulkové metody,
2. metoda měření srdeční frekvence a odhad metabolismu pomocí srdeční frekvence,
3. ventilometrie,
4. nepřímá kalorimetrie,
5. přímá kalorimetrie,
6. akcelerometrie,
7. dvojitě značená voda (DLW),
8. pedometrie. [40] [41]

Každá metoda má svá omezení i své přednosti, které jsou shrnuty do této tabulky.

Tab. 2-1 – Výhody a omezení metod měření fyzické aktivity a energetického výdeje používaných v ČR [vlastní zpracování dle 18, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61]

Metoda	Výhody	Limity
<p>Tabulková metoda</p>	<p>Tabulková metoda je relativně snadná a rychlá metoda, která nevyžaduje žádné speciální vybavení nebo školený personál.</p> <p>Umožňuje měřit energetický výdej jedince bez nutnosti nákladných investic.</p> <p>Neinvazivní metoda, kde není nutné zasahovat do těla jedince.</p> <p>Tato metoda poskytuje rychlý odhad energetického výdeje na základě faktorů jako je například věk, pohlaví, hmotnost a úroveň fyzické aktivity.</p>	<p>Metoda je méně přesná než jiné metody měření energetického výdeje, protože nebere v úvahu individuální rozdíly v metabolismu a složení těla u jednotlivých osob.</p> <p>Může být ovlivněna různými faktory jako je například výška a zdravotní stav jedince, což může vést k nepřesnostem v odhadu energetického výdeje.</p> <p>Metoda také není schopna poskytnout podrobné informace o energetickém výdeji během různých aktivit nebo o fyziologických změnách v organismu.</p>
<p>Metoda měření srdeční frekvence/odhad energetického výdeje pomocí srdeční frekvence</p>	<p>Výhodou metody měření srdeční frekvence je jednoduchost, snadná použitelnost a nízká cena.</p> <p>Nevyžaduje žádné speciální přístroje nebo vybavení.</p> <p>Je vhodná pro široké spektrum fyzických aktivit a umožňuje individuální přizpůsobení na základě aktuálního stavu jedince.</p> <p>Neinvazivní metoda, kde není nutné zasahovat do těla jedince.</p>	<p>Srdeční frekvence není přesným měřítkem intenzity fyzické aktivity u každého jedince, protože může být ovlivněna různými faktory jako jsou stres, únava, léky apod. Dále může být ovlivněna faktory fyziologickými jako jsou věk, pohlaví, stav atd.</p> <p>Nepřesné měření sedavých a lehkých aktivit.</p> <p>Elektrické nebo magnetické rušení běžnými elektrickými zařízeními.</p>

Metoda	Výhody	Limity
Ventilometrie	<p>Ventilometrie poskytuje poměrně přesné a spolehlivé měření celkového energetického výdeje.</p> <p>Metoda může být použita pro různé typy pacientů, včetně těch s různými nemocemi a zdravotními stavy.</p> <p>Umožňuje měření energetického výdeje v klidu i během fyzické aktivity.</p> <p>Neinvazivní metoda, kde není nutné zasahovat do těla jedince.</p>	<p>Metoda je poměrně nákladná, a to jak z hlediska pořízení potřebného vybavení, tak z hlediska školení personálu.</p> <p>Náročnost na použití a výpočet.</p> <p>V případě některých stavů jako je například obezita nebo pokročilá plicní onemocnění, je těžší získat přesné měření.</p>
Nepřímá kalorimetrie	<p>Neinvazivní metoda, kde není nutné zasahovat do těla jedince.</p> <p>Poskytuje přesné výsledky, pokud je použita správně se správným vybavením.</p> <p>Použití je rychlé a snadné. Může být provedena opakovaně během jedné návštěvy. Umožňuje sledovat změny v energetickém výdeji jedince v průběhu času.</p>	<p>Vysoká cena metody. Dále vyžaduje speciální vybavení a školený personál.</p> <p>Nepřímá kalorimetrie je omezena tím, že neposkytuje přímé měření energetického výdeje a pouze odhaduje výdej na základě objemu vdechovaného a vydechovaného vzduchu.</p> <p>Metoda může být ovlivněna různými faktory jako je například nadměrné pocení, které může vést ke ztrátě tekutin a zkreslení výsledků. Dále neposkytuje informace o dalších parametrech jako je například složení těla, což může být důležité pro výpočet energetického výdeje pro určité cílové populace.</p>
Přímá kalorimetrie	<p>Kalorimetrie je považována za přesnou metodu měření energetického výdeje, která měří přímo produkci tepla a ztráty tepla.</p> <p>Metoda poskytuje přesné výsledky, což je důležité zejména pro výzkumné účely, kde je nutné mít co nejpreciznější data.</p>	<p>Přímá kalorimetrie je nákladná metoda, protože vyžaduje použití speciálního kalorimetru, což znamená vysoké náklady na výrobu a údržbu zařízení.</p> <p>Tato metoda vyžaduje umístění jedince do uzavřeného prostoru, což je limitující faktor pro použití v klinické praxi nebo při měření energetického výdeje v běžném životě.</p> <p>Pro správné použití metody je zapotřebí vyškolený personál.</p>

Metoda	Výhody	Limity
Akcelerometrie	<p>Akcelerometry poskytují nepřímé měření fyzické aktivity na základě pohybu těla a zrychlení.</p> <p>Moderní přístroje jsou malé, lehké a snadno přenosné. Dále poskytují spolehlivé informace o pohybu a intenzitě fyzické aktivity.</p> <p>Akcelerometry nepotřebují další specializované zařízení k měření.</p> <p>Neinvasivní metoda a méně zatěžující pro subjekty.</p>	<p>Akcelerometry musí být správně kalibrovány pro každého jednotlivce a typ aktivity, aby poskytovaly spolehlivé údaje.</p> <p>Akcelerometry poskytují informace o pohybu, nikoliv o intenzitě fyzické aktivity. Dále mohou být omezené při rozlišování mezi různými typy aktivit jako je chůze a běh, což může vést k nepřesnému měření energetického výdeje.</p> <p>Nepřesnost prediktivních rovnic pro převod počtu aktivit na energetický výdej, zejména v rámci řady různých činností.</p>
Metoda dvojitě značené vody (DLW)	<p>Poskytuje přesné a spolehlivé informace o celkovém energetickém výdeji.</p> <p>Nevyžaduje účast subjektu při měření.</p> <p>Metodu lze použít u lidí různého věku, pohlaví, tělesné stavby a fyzické aktivity.</p> <p>Zahrnuje všechny zdroje energetického výdeje, včetně termogeneze a metabolického vlivu potravy.</p>	<p>Limitem metody je vysoká cena, která vyžaduje speciální vybavení a vyškolený personál.</p> <p>Invasivní metoda, která vyžaduje podání speciálních roztoků a odebrání krve.</p> <p>Vzhledem k nákladům a obtížnosti aplikace se obvykle používá pouze v klinických nebo výzkumných prostředích.</p> <p>Metoda neposkytuje žádné konkrétní podrobnosti o fyzické aktivitě.</p>
Pedometrie	<p>Pedometry jsou snadno použitelné a mají jednoduché ovládání.</p> <p>Přístroj je poměrně levný a snadno dostupný.</p> <p>Pedometry jsou považovány za spolehlivou metodu pro měření krokové aktivity, což zahrnuje i měření celkového energetického výdeje.</p> <p>Dokáže motivovat lidi k udržení fyzické aktivity.</p>	<p>Přesnost pedometrů se může lišit v závislosti na jejich kvalitě a způsobu nošení. Například přesnost může být ovlivněna chůzí v kopcích, během nebo jiných nerovných podmínkách.</p> <p>Přístroje nemohou rozlišovat různé druhy fyzické aktivity jako například plavání, jízda na kole nebo posilování.</p> <p>Pedometry mohou být náchylné k chybám jako například ztráta, poškození.</p>

2.1 Tabulková metoda

Celková fyzická zátěž hodnocená pomocí tabulkových metod se řídí normou ČSN EN ISO 8996 Ergonomie tepelného prostředí – Určování metabolismu, která byla novelizována v roce 2022. Stanovuje se tepelná produkce organismu, přičemž norma obsahuje několik typů tabulek pro přibližný odhad nebo výpočet energetického výdeje při vykonávání práce:

- a) tabulky pro energetický výdej pro typické činnosti, které se zařazují do jedné z pěti tříd rychlosti metabolismu: klidová, nízká, střední, vysoká a velmi vysoká.
- b) tabulky pro odhad energetického výdeje dle složek činnosti, které jsou odhadnuty odpovídající rychlosti metabolismu pomocí údajů nebo vzorců. [42]

Ve starší verzi normy ČSN EN ISO 8996 z roku 2005 lze najít průměrné hodnoty energetického výdeje u jednotlivých povolání. Tabulka obsahuje různá zaměstnání s hodnotami výdeje za celou pracovní dobu, avšak nezahrnují delší přestávky jako např. polední přestávka na oběd apod. Skutečné hodnoty se mohou odchylovat v závislosti na technologii a organizaci práce. [43]

Tabulková metoda má obrovskou výhodu oproti jiným metodám v rychlosti dosažení výsledku energetické náročnosti vykonávané práce. Nicméně chybovost tabulkové metody pro analýzu energetického výdeje může být poměrně vysoká, a to zejména u jedinců s odlišnou tělesnou stavbou, fyziologickými vlastnostmi a fyzickou aktivitou. Tato metoda totiž nebere v úvahu individuální rozdíly v metabolismu a složení těla jednotlivých osob, což může vést k nepřesnostem v odhadu energetického výdeje. V praxi se mohou chyby výrazně lišit v závislosti na konkrétní situaci a použité tabulce, nicméně některé studie uvádějí, že chybovost tabulkové metody může být až 30 % při odhadu bazálního metabolismu a až 50 % při odhadu celkového energetického výdeje. [42]

Celkově lze říci, že tabulková metoda může být užitečným nástrojem pro rychlý odhad energetického výdeje u běžné populace, ale její omezení v přesnosti a aplikovatelnosti na specifické populace je třeba brát v úvahu.

2.2 Metoda měření srdeční frekvence

Měření srdeční frekvence během fyzické aktivity je jednou z nejrozšířenějších metod pro objektivní hodnocení fyzické zátěže. Na podkladu výsledků měření srdeční frekvence je umožněno dále odhadnout celkový energetický výdej na základě dobře zavedeného vztahu mezi srdeční frekvencí, příjmem kyslíku a spotřebou energie. [44] Při pohybu se srdeční frekvence zvyšuje v závislosti na intenzitě zátěže, protože svaly potřebují více kyslíku, který je přiváděn krevním oběhem. Čím intenzivnější je fyzická aktivita, tím více svalů je zapojeno a tím více kyslíku je potřeba, což vede ke zvyšování srdeční frekvence. Rychlost spotřeby kyslíku je u zdravého člověka lineárně závislá na srdeční frekvenci v rozmezí 90 až 150 tepů/min. [45] Korelace těchto hodnot je nízká při sedavých aktivitách, což je jediným omezením metody odhadu energetického výdeje člověka dle měření srdeční frekvence. [41]

Metoda spočívá v měření srdeční frekvence pracovníka během práce, na jehož základě lze získat průměrnou hodnotu při vykonávání pracovní činnosti (resp. měření za celou směnu). Ve výsledku stanoví příslušný certifikovaný pracovník míru zátěže z rozdílu výchozí klidové frekvence a průměrné srdeční frekvence. Metoda může být použita k měření zátěže při jakékoliv práci, při které se pracovník dostatečně zatíží. Nicméně může být ovlivněna řadou faktorů jako je například stres, únava, tepelnou zátěží a další. Vývoj moderních technologií umožnil použití různých typů monitorů srdeční frekvence, včetně náramkových hodinek, hrudních pásů nebo senzorů na prstu. [42]

Tato metoda je v studii předmětem dalšího zkoumání. V kapitole 3. *Definování problematických oblastí v dosavadním hodnocení* bude proveden výzkum problematických částí s následným návrhem nového výpočtu energetického výdeje v dalším výzkumu.

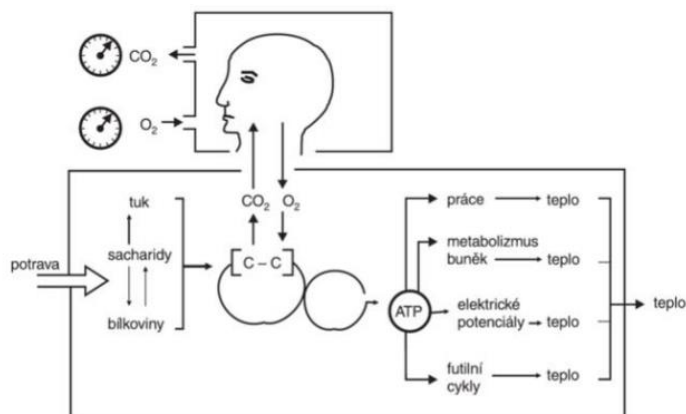
2.3 Ventilometrie

Ventilometrie je metoda měření celkového energetického výdeje (TEE), která využívá změny objemu hrudníku během dýchání. [18] Princip spočívá v tom, že při nádechu se zvětšuje objem plic a hrudníku a mění se tlak v hrudní dutině, což se projeví mírným pohybem dutiny břišní a hrudníku. Ventilometrie je považována za poměrně přesnou metodu měření celkového energetického výdeje, kterou lze využít jak v klidu, tak při fyzické aktivitě. Pro správnou interpretaci výsledků je však důležité vzít v úvahu další faktory jako je věk, pohlaví, tělesná hmotnost, stav pacienta atd. [42] Pro měření se používá přístroj, tzv. ventilometr, který měří objem vydechaného vzduchu. Následně se provede výpočet korekce na standardní teplotu vzduchu, barometrický tlak a tlak nasycených par. [46]

2.4 Nepřímá kalorimetrie

Vedle metod využívaných převážně ve výzkumných studiích se v klinické oblasti preferuje využívání nepřímé kalorimetrie. [47] Nepřímá kalorimetrie je metoda měření energetického výdeje pomocí analýzy výměny plynů a objemu vzduchu vdechovaného a vydechaného během dýchání. Tato metoda umožňuje měřit energetický výdej neinvazivně a nepřímou cestou, což znamená, že není nutné zasahovat přímo do těla jedince, ani měřit tepelnou produkci. [48]

Proces měření probíhá tak, že jedinec dýchá do uzavřeného systému, který je vybaven senzory pro měření koncentrace kyslíku (O_2) a oxidu uhličitého v dechu (CO_2). Vzorek vdechovaného a vydechaného vzduchu je následně analyzován a na základě změn v koncentracích kyslíku a oxidu uhličitého lze vypočítat energetický výdej jedince. [38] Princip této metody je znázorněn na obrázku 2-1.



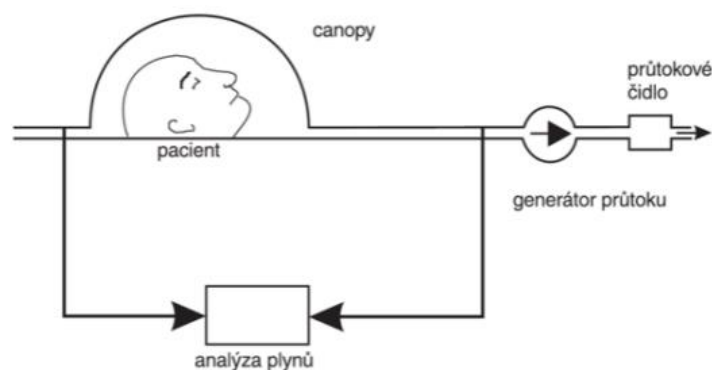
Obr. 2-1 – Schéma principu měření metodou nepřímé kalorimetrie [47]

Než se začne s měřením, musí se v první řadě splnit tyto podmínky:

- Provést kalibrace přístroje podle požadavků výrobce.
- Mezi jednotlivými měřeními by měla být minimální 20minutová pauza, aby si přístroj odpočinul.
- Místo, kde probíhá vyšetření, by mělo být pohodlné a subjekt by měl mít 10 až 20 minut klidový režim před zahájením měření.
- Dodržení správné délky měření.

- Vyšetřovaná osoba musí být informována o průběhu měření, v den měření a den předem by měla omezit náročné fyzické aktivity.
- Potraviny, etanol, kofein a nikotin mohou významně ovlivnit RMR, proto by se měl jedinec vyvarovat konzumaci těchto látek.
- Pacienti musí být v ustáleném stavu nejméně 5 minut. [49]

Mezi základní komponenty k měření patří zejména analyzátor vydechovaného CO₂, analyzátor spotřeby O₂, přístroj schopný s dostatečnou přesností měřit objem vdechovaného a vydechovaného vzduchu a procesor zpracovávající měřená data. [47] Původní sběr plynu za časovou jednotku se dříve prováděl do Douglasova vaku s následnou analýzou koncentrace CO₂ a O₂. Tento způsob byl nahrazen moderními metabolickými monitory, jenž se využívají k měření nepřímé kalorimetrie ventilované kanopy (plastické komory pro hlavu vyšetřovaného). Z těchto monitorů lze následně zjistit klidový energetický výdej, respirační kvocient (CO₂/O₂), a pokud je dostupná sbíraná moč, je možnost vypočítat odpad dusíku a rozdíl v oxidaci cukrů, tuků a bílkovin na energetickém výdeji. Nicméně se musí brát zřetel na vysoké nároky kladené na personál, který musí kalibrovat přístroj, hlídat standardní podmínky a správně interpretovat výsledky. [38]



Obr. 2-2 – Nepřímá kalorimetrie pomocí komory u spontánně ventilujícího pacienta [47]

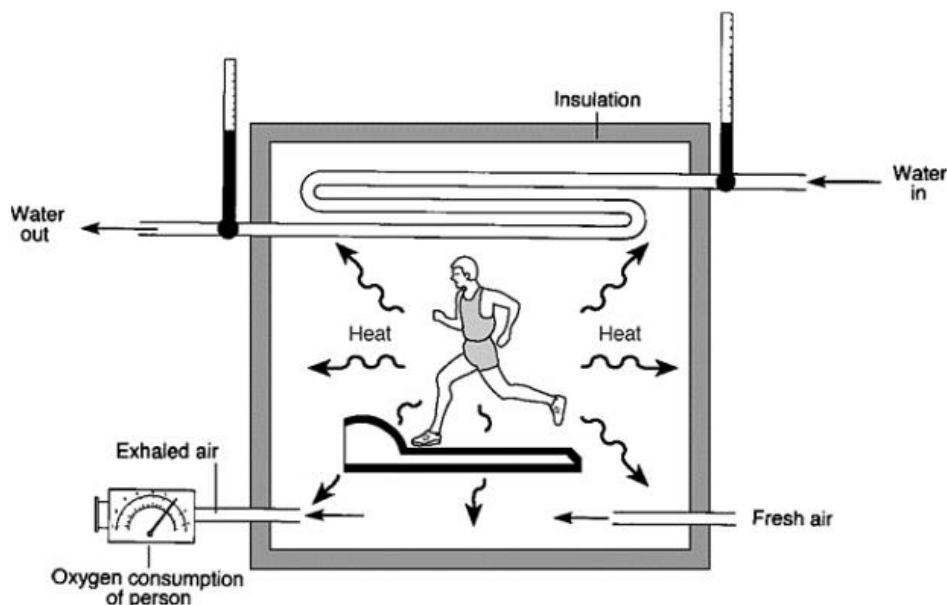
Nepřímá kalorimetrie je nejběžnější a přesný způsob energetického výdeje u člověka. Tento způsob je jednodušší než přímá kalorimetrie a také mnohem levnější. Lze říci, že je tato metoda založena na zjištění produkce energie výpočtem produkce biologických oxidací uvolněných energií (tj. CO₂, H₂O a konečných katabolismů proteinů) nebo měřením spotřeby O₂. Kyslík je poměrně snadno změřitelný, protože nedochází ke skladování a jeho spotřeba je úměrná okamžité potřebě. [47] Nepřímá kalorimetrie je přesná a neinvazivní metoda a může umožnit hodnocení energetického výdeje v terénu pomocí ambulantních metabolických systémů. [41]

2.5 Přímá kalorimetrie

Přímá kalorimetrie je metoda měření energetického výdeje organismu, která spočívá v přímém měření množství tepla vyprodukovaného tělem. Tato metoda je založena na základním fyzikálním principu, že množství vyprodukovaného tepla je přímo úměrné energetickému výdeji organismu. [50] První studie byla vytvořena v 18. století v Paříži Antoniem Lavoisierem otcem energetického metabolismu. Lavoisier měřil množství rozpuštěné vody, jež se vytvořila po vložení morčete do malé komory obklopené ledem. Tímto způsobem je známá teplota tajícího ledu, ze které lze vypočítat všechny metabolické procesy zvířete. [51]

Je to nejpřesnější metoda pro kvantifikaci rychlosti metabolismu, ale její použití je omezeno vysokou cenou. Princip přímé kalorimetrie spočívá v umístění jedince do uzavřeného prostoru zvaného kalorimetr, který umožňuje přesné měření tepla, které tělo vyzařuje. Existují čtyři typy přímých kalorimetrů – izotermické kalorimetry (kalorimetry tepelného toku), heat sink přímé

kalorimetry, kalorimetry s přímým prouděním nebo přímé diferenční kalorimetry. [52] Kalorimetr má zpravidla dvě komory oddělené termálně izolovanou stěnou. Vnitřní komora obsahuje osobu, která je měřena, zatímco vnější komora obsahuje chladicí kapalinu. Při pohybu tepelné energie z těla do chladicí kapaliny je množství vyzařovaného tepla měřeno pomocí termoelektrických čidel. Následující obrázek znázorňuje schéma kalorimetru. Měření energie uvolněné spaláním chemických látek jsou u živých zvířat a lidí mnohem složitější. [53]



Obr. 2-3 – Schéma kalorimetru [53]

Přímá kalorimetrie je považována za jednu z nejpřesnějších metod měření energetického výdeje, protože umožňuje přesné měření produkce tepla a tepelných ztrát. Tato metoda má však několik nevýhod jako jsou vysoké náklady na výrobu a údržbu kalorimetru a omezená použitelnost měření spotřeby energie v reálném životě, protože vyžaduje umístění člověka v uzavřeném prostoru. [50] [51] [52] [53]

2.6 Akcelerometrie

Zvýšení rychlosti metabolismu nad klidový stav je obvykle spojeno se zvýšením tělesného pohybu. První využití tohoto nástroje lze najít ve 20. letech 20. století, kdy se používal v mostech pro záznam vibrací nebo v letadlech (pro měření rychlení). Tato metoda je založena na měření zrychlení tělesa, což je změna rychlosti v čase a je vyjádřena v násobcích gravitační síly ($g = 9,8 \text{ m/S}^2$). [54] Toto zvýšení pohybu lze hodnotit pomocí akcelerometrů, které lze umístit na tělo (např. krokoměry) nebo na více místech na těle, což umožňuje dodatečné hodnocení pohybu paží a nohou. Hlavní funkcí akcelerometrů je to, že snímač převádí pohyby na elektrické signály (počty), které jsou úměrné svalové síle vyvolávající pohyb. [55] Tato jednotka nemá fyziologický význam, ale byla široce používána k predikci energetického výdeje (kilokalorií) prostřednictvím statistického modelování v různých věkových skupinách. [54] Měření probíhá ve třech osách, kde každá odpovídá jednomu směru v prostoru – osa x je vodorovná, osa y je svislá a osa z je kolmá na rovinu os x a y. [41]

$$VM = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (1)$$

S rostoucím zaměřením na fyzickou aktivitu a zdraví se za posledních 10 let rozšířilo používání akcelerometrů ke stanovení denního celkového energetického výdeje (TEE) nebo energetického výdeje založeného na aktivitě (AEE). [42] Tyto nástroje se v praktickém použití

ukázaly jako spolehlivé, objektivní a méně zatěžující pro účastníky měření, všestranné a méně nákladné ve srovnání s jinými metodami odhadu energie. [41] To bylo částečně podpořeno zahrnutím takových zařízení do malých fitness trackerů, často spojených s aplikacemi pro mobilní telefony. Rozšířené používání jednoduchých krokoměrů vedlo ke sledování osobní aktivity a širšímu používání ve výzkumných systémech pro sledování aktivity a metabolismu. [42]

Přestože akcelerometry poskytují objektivní měření, je důležité si uvědomit některá omezení. Primárně měří pohybovou aktivitu při nošení přes bok (typická poloha umístění), proto chybí pohyb horní části těla. Navíc nedokážou rozlišit, zda člověk nese nějakou váhu (např. chůze s těžkou taškou spotřebuje více energie než chůze bez zátěže). Akcelerometry neinformují o držení těla a nemohou tedy rozlišovat mezi sezením a stáním na místě. [56]



Obr. 2-4 – Akcelerometr [57]

2.7 Metoda dvojitě značené vody

Metoda dvojitě značené vody je metoda používaná k měření celkového energetického výdeje (TEE) u lidí. Tato metoda je založena na rozdílu mezi rychlostmi přeměny vodíku a kyslíku tělesné vody v závislosti na produkci oxidu uhličitého (CO_2), přičemž umožňují měření produkce CO_2 při nulovém zatížení. Vzhledem k tomu, že produkce oxidu uhličitého může přímo souviset s výdejem energie, měření odráží výdej energie mimo pracovní oblasti. DLW je považován za metodu hodnocení zlatého standardu. [58]

Princip této metody spočívá v injekci určitého množství vody obsahující izotopy kyslíku (^{18}O) a vodíku (^2H) do těla jedince a následném měření změny koncentrace těchto izotopů v těle po určité době. Tyto izotopy jsou radioaktivní a nelze je vidět ani cítit. Zatímco vodíkový indikátor se ztrácí jako voda, kyslíkový indikátor se ztrácí jako voda i jako oxid uhličitý.

Při této metodě se voda s izotopy kyslíku a vodíku podává pacientovi k pití, aby se rovnoměrně rozšířila po celém těle a následně se sleduje změna koncentrace izotopů v těle během následujících několika hodin až dnů. Tato změna koncentrace je měřena vzorkováním krve a moči, které se odebírají v průběhu následujících dnů. Metoda dvojitě značené vody se zakládá na faktu, že voda obsahující izotopy kyslíku a vodíku se distribuuje po celém těle a poté se z těla vylučuje především močí a potem. Změna koncentrace izotopů kyslíku a vodíku v těle po podání značené vody je tedy přímou indikací energetického výdeje organismu za dané období. [59]

Tato metoda má vysokou přesnost i téměř neinvazivní charakter a umožňuje měření energetického výdeje po dobu několika dnů až týdnů, což je výhodné pro měření celkového

energetického výdeje v běžných podmínkách a při různých aktivitách. Je také možné použít tuto metodu pro měření energetického výdeje u lidí všech věkových kategorií a v různých zdravotních stavech. Nevýhodou této metody jsou náklady na výrobu a použití izotopů kyslíku a vodíku a také náklady na analýzu vzorků krve a moči. Dalším omezením techniky je poskytnutí pouze míry průměrného celkového fyzického výdeje za dobu měření, ale neposkytuje konkrétní podrobnosti o fyzické aktivitě. [41]

2.8 Pedometrie

Pedometrie je metoda měření fyzické aktivity, která sleduje počet kroků, které člověk ujde za určité časové období. Princip krokoměru spočívá v použití malého zařízení zvaného krokoměr, který je umístěn na opasku nebo zápěstí. Tento přístroj měří počet kroků, které člověk během dne ujde a podílí se tak na fyzických pohybových aktivitách (AEE). [41]

Krokoměr obvykle obsahuje akcelerometr, který měří pohyby těla a převádí je na kroky. Krokoměr může v závislosti na modelu měřit různé parametry, jako je počet kroků, ušlá vzdálenost, rychlost, délka aktivity a spotřeba kalorií. Data získaná z krokoměru lze poté načíst do počítače pro analýzu. [60] Pedometrie je velmi oblíbená metoda měření fyzické aktivity, protože je jednoduchá a levná. Může být použita ke kontrole a zvýšení denní aktivity, což může zlepšit zdraví a snížit riziko chronických onemocnění. Krokoměry jsou také široce používány v klinických podmínkách k posouzení účinnosti terapie a rehabilitace. [61]

Je však třeba si uvědomit, že měření kroků není úplně přesná metoda měření fyzické aktivity. Měření se mohou lišit v závislosti na umístění a použití krokoměru. Krokoměr navíc nedělá různé druhy aktivit a nezohledňuje intenzitu ani zátěž fyzické aktivity. [41]



Obr. 2-5 – Měření s použitím krokoměru [61]

3 Definování problematických oblastí v dosavadním hodnocení

Fyziologie práce byla předmětem zkoumání v druhé polovině dvacátého století, avšak v průběhu 90. let téměř toto téma vymizelo ve prospěch „moderních“ oborů jako jsou muskuloskeletální poruchy a psychosociální faktory. Tyto moderní předměty jsou zásadní a obavy o psychosociální pracovní prostředí představuje významný vývoj v oblasti ochrany zdraví při práci od absence poruch a nemocí směrem k pohodě v pracovním prostředí. Používání zdravotních a bezpečnostních norem v „rozvinutých“ zemích a v ostatních zemích může vyvolat problém zejména v otázkách fyziologie práce a výkonnosti v horkých podmínkách. Je pozoruhodné, že všechny normy ISO týkající se tepelného prostředí byly vyvinuty na základě studií prováděných výhradně ve vyspělých zemích a lze tedy zpochybnit účinnost těchto norem u populace se zvláštními charakteristikami morfologie, potravin a životních podmínek. [62] [63]

Hodnocení pracovních podmínek u průmyslové praxe tzn. operátoři, skladníci atd. vyžaduje správné vyhodnocení rychlosti metabolismu. Tato diplomová práce reviduje základ popsaný v normě ČSN EN ISO 8996 **Ergonomie tepelného prostředí – Určování metabolismu** pro hodnocení rychlosti metabolismu na pracovišti ze záznamu srdeční frekvence pracovníka během reprezentativního časového období. Všechny standardy pocházející z rovnice tepelné rovnováhy naznačující, že teplo produkované v těle, tzv. metabolismus musí být z těla evakuováno, aby se zajistila konstantní teplota. [42] [43]

Norma ISO byla poprvé publikována v roce 1990 na základě prací Spitzera, Hettingera a Kaminskyho z roku 1982 z dat shromážděných v letech 1960 až 1975 v Německu. V roce 2004 byla provedena revize, nicméně struktura byla zachována se starými daty. V roce 2022 byla znovu přezkoumána Evropským výborem pro normalizaci, nicméně i v novelizaci byly nalezeny nedostatky v hodnocení celkového energetického výdeje. Nyní je, zejména v této diplomové práci, znovu přezkoumána a z dostupných výzkumů jsou navrženy vzorce odlišné od vzorců uvedených v normách pro použitelnost u jakékoliv populace, namísto dělnické populace západních zemí implicitně uvažovanou v předchozích verzích. [63]

Na první úrovni jsou prezentovány tabulkové metody, které se v průběhu novelizací neodlišují v hodnotách průměrného metabolismu. Norma ČSN EN ISO 8996 [43] charakterizuje průměrnou rychlost metabolismu pro daná povolání nebo dané činnosti. Novelizovaná norma ČSN EN ISO 8996 operuje se stejnými rozsahy průměrné rychlosti metabolismu pouze pro dané činnosti, zaměstnání v této normě již nejsou definována. [42]

Druhá úroveň popisuje postup tabulkové metody, jejímž předmětem je rozpoznávání různých činností daného pracovníka během reprezentativního časového období. Dále odhad průměrné rychlosti metabolismu pro každého pracovníka, zaznamenání posloupnosti činností s časem a výpočet časově vážené průměrné rychlosti metabolismu. [43] Naproti tomu norma ČSN EN ISO 8996 [42] údaje a vzorce pro hodnocení rychlosti metabolismu do tří stupňů – v klidu, pro činnosti s posuny, pro činnosti bez posunu i pro specifické činnosti, jež nejsou od původní normy aktualizovány. Norma předkládá stejná data jako verze normy z roku 2005. Nicméně tento způsob může vést k velmi velkým chybám v závislosti na složitosti práce, znalosti pracovních podmínek pozorovatele a jeho schopnosti rozpoznat různé činnosti s vyhodnocením jejich odpovídající rychlosti metabolismu. [42]

Třetí úroveň je odhad metabolické rychlosti ze záznamu srdeční frekvence, která je předmětem dalšího zkoumání této práce. Pomocí hlavních svalových skupin při čistě dynamické práci, bez statické svalové, tepelné a psychické zátěže, lze odhadnout rychlost metabolismu měřením srdeční frekvence při práci. Za takových podmínek existuje lineární vztah mezi rychlostí

metabolismu a srdeční frekvencí. Ve výsledku je tato metoda považována dle normy ČSN EN ISO 8996 za přesnější než metody hodnocení první a druhé úrovně. [42]

Novelizovaná norma ČSN EN ISO 8996 [42] [43] předkládá výzkumným pracovníkům čtyři způsoby ke stanovení vztahu HR-M (rychlost metabolismu – wattů a srdeční frekvence – tepy za minutu). Tato diplomová práce bude analyzovat hodnocení ze vzorce:

$$M_{prac.} = \frac{(MWC - M_0)}{(HR_{max} - HR_0)} (HR_{wm} - HR_0) + M_0 \quad (2)$$

kde: $M_{prac.}$...odpovídající metabolická rychlost v průběhu směny ve W/kg nebo ve W/m²,
 MWC ...maximální pracovní kapacita ve W nebo ve W/m²,
 M_0 ...klidová rychlost metabolismu ve W nebo ve W/m²,
 HR_{max} ...maximální srdeční frekvence v tepech za minutu (bpm),
 HR_0 ...srdeční frekvence v klidu v tepech za minutu,
 HR_{wm} ...průměrná srdeční frekvence pozorovaná během sledovaného časového období v tepech za minutu.

Pro účely navrhované nové metody pro stanovení parametrů MWC, M_0 a M_{prac} jsou využity jednotky W/m². Srdeční frekvenci v daném čase lze chápat jako součet těchto položek: [42][43]

$$HR = HR_0 + \Delta HR_M + \Delta HR_S + \Delta HR_T + \Delta HR_N + \Delta HR_E \quad (3)$$

kde: HR ...srdeční frekvence,
 HR_0 ...srdeční frekvence, v tepech za minutu, v klidu za neutrálních tepelných podmínek,
 ΔHR_M ...je zvýšení srdeční frekvence v tepech za minutu v důsledku dynamické svalové zátěže za neutrálních teplotních podmínek,
 ΔHR_S ...je zvýšení srdeční frekvence v tepech za minutu v důsledku statické svalové práce (tato složka závisí na vztahu mezi použitou silou a maximální dobrovolnou silou pracovní svalové skupiny),
 ΔHR_T ...je zvýšení srdeční frekvence v tepech za minutu v důsledku tepelného stresu (teplotní složka je diskutována v ISO 9886),
 ΔHR_N ...je zvýšení srdeční frekvence v tepech za minutu v důsledku duševní zátěže,
 ΔHR_E ...je změna srdeční frekvence v tepech za minutu v důsledku jiných faktorů například respiračních účinků, cirkadiálních rytmů, dehydratace.

Hodnocení pracovních podmínek vyžaduje správné vyhodnocení rychlosti metabolismu pomocí výše uvedeného vzorce. Tato práce reviduje základ ČSN EN ISO 8996 z roku 2005 a 2022 pro stanovení rychlosti metabolismu z měření srdeční frekvence za časové období. V následujících podkapitolách bude poukázáno na problematiku oblasti tohoto hodnocení.

3.1 Maximální pracovní kapacita MWC

Maximální pracovní kapacita (MWC) je vyjádření maximální spotřeby kyslíku (VO₂) představující množství kyslíku za jednotku času, kterou může člověk spotřebovat za maximálních podmínek svých kardiovaskulárních možností. Množství VO₂ a následně MWC lze vyhodnotit pomocí zátěžového testu srdce. Subjekt v testu vyvíjí rostoucí úsilí obecně na ergonomeckém kole nebo běžeckém pásu. Takovéto zátěžové testy zvyšují zdravotní riziko zkoumaného subjektu, proto je lze provádět pouze pod přísným lékařským dohledem. [63]

Hodnocení maximální pracovní kapacity MWC vycházející z výzkumu Gilleta z roku 1982 byl použit jako výchozí výpočet pro normu ČSN EN ISO 8996. [43] [63] Tento parametr byl odvozen dle věku i hmotnosti a je uveden v normě jako:

$$\text{Muži: } MWC = (41,7 - 0,22 * A) * P^{0,666} \quad (4)$$

$$\text{Ženy: } MWC = (35,0 - 0,22 * A) * P^{0,666} \quad (5)$$

kde: MWC... maximální pracovní kapacita ve W/m²,

A... věk jedince v rocích,

P... hmotnost jedince v kilogramech. [43]

Mnoho studií se snažilo určit vztah mezi MWC a individuálními charakteristikami zkoumaných jedinců, kde téměř všichni kooperovali s algebraickým vztahem na závislosti věku a váze. Autor výzkumu [63] provedl rozbor sedmi významných studií publikovaných za posledních 40 let se vztahy pro výpočet maximální pracovní kapacity. Studie byla provedena pro muže a ženy ve věku od 20 do 60 let. Nicméně problémem tohoto výzkumu jsou odlišné podmínky, zejména počet subjektů. Proto vzorce nemají stejnou statistickou váhu. [63]

Tab. 3-1 – Vztahy pro predikci MWC (W/kg) jako funkce věku [vlastní zpracování dle 63]

Studie	Charakteristika	Muži		Přesnost	Ženy		Přesnost
		a	b		a	b	
Bugajska <i>et al.</i>		21,40	0,18	SD = 3,7	19,50	0,18	SD=3,1
Fitzgeralds <i>et al.</i>	Aktivní				18,80	0,15	
	Sedavý				15,25	0,12	
Tanaka <i>et al.</i>	Sedavý				19,50	0,20	R=0,8
Dehn and Bruce	Sedavý	17,38	0,097				
	Aktivní	19,69	0,14				
Wilson and Tanaka	Sedavý	18,86	0,14				
	Aktivní	21,37	0,14				
Gillet Y.		18,00	0,10		14,50	0,10	
Střední hodnoty		19,45	0,133		17,51	0,15	

Autor [63] na závěr svého výzkumu zprůměroval hodnoty obou koeficientů, přičemž konečný vzorec vypadá následovně:

$$\text{Muži: } MWC = 19,45 - 0,133 * A \quad (6)$$

$$\text{Ženy: } MWC = 17,51 - 0,15 * A \quad (7)$$

kde: MWC... maximální pracovní kapacita ve W/kg,

A... věk jedince v rocích.

Tento vzorec se zdá být lepší než ty, které byly navrženy Gilletem uvedené v původní normě. Tyto vzorce mají směrodatnou odchylku SD = 12,5 % (korelační koeficient = 0,581). Zatímco u původního vzorce autor uvedl korelační koeficient 0,63. Zmíněné parametry jsou nižší než koeficienty uváděné (pokud jsou uvedeny) ve výše zmíněných studiích. [63] Aktualizovaná norma ČSN EN ISO 8996 převzala uvedený vzorec s malou úpravou. V rámci výpočtu v nové

normě se počítá s tzv. štíhlou tělesnou hmotností (LBW). Tento parametr lze získat po odečtení součinu frakce tukové hmoty s reálnou hmotností od reálné hmotnosti. Původně byl deskriptor LBW používán k popisu souvislosti mezi velikostí těla a rizikem vzniku chorob a úmrtnosti. Nicméně později se tato metoda také používala k studiu farmakokinetických vlastností léků. V roce 2005 byla navržena nová podoba vzorců pro muže a ženy, která byla vyvinuta na základě studie celkem 373 pacientů (168 mužů a 205 ženy) s hmotností 40,7 – 216,5 kg, resp. s BMI 17,1 – 69,9 kg/m². Rovnice v sobě zahrnuje pohlaví, hmotnost a i výšku. [42] [64]

$$\text{Muži: } W_{bl} = \left(1,08 - \frac{W_b}{80 \cdot H_b^2} \right) * W_b \quad (8)$$

$$\text{Ženy: } W_{bl} = \left(0,86 - \frac{W_b}{107,5 \cdot H_b^2} \right) * W_b \quad (9)$$

kde: W_{bl} ...štíhlá tělesná hmotnost muže a ženy v kilogramech,

W_b ...hmotnost jedince v kilogramech,

H_b ...výška jedince v metrech.

Nicméně v českém prostředí byl proveden, jako první v celosvětovém měřítku v průběhu 70. letech, terénní výzkum energetického výdeje při sportovních aktivitách různého typu. [65] Celostátní vyšetření bylo provedeno pro 2 186 mužů a 1 576 žen z věkových kategorií 12, 15, 18, 25, 35, 45 a 55. Výsledky měření maximální spotřeba kyslíku VO_2max autorů Seliger & Bartůňek byly v roce 1976 publikovány v rámci Mezinárodního biologického programu IBP. [66] Dodnes je těchto výsledků využíváno jako normativů k posuzování zdatnosti mužů i žen. Otázkou zůstává, zda hodnoty získané před 40 lety platí i dnes, protože se mění způsob stravování, celkový energetický výdej pohybu a celkový životní styl, který se odráží na váze populace a podílí se v mladších věkových kategoriích na sekulárním trendu růstu. [65] Nicméně novější studie provedená autory Máčka a Máčkové [67] či kolektivu autorů Novák, Votík, Štork, Zeman [68] prokazují, že výsledky výzkumu Mezinárodního biologického programu (IBP) jsou ve shodě s novějšími nálezy a lze je i nadále používat jako referenční hodnoty, jak u dětí a mládeže, tak i u skupin dospělých ve věku 25 až 65 let.

Proto bude nový výpočet maximálního metabolismu vycházet z tohoto českého výzkumu Seligera a Bartůňka. Výchozí hodnoty VO_2max jsou uvedeny v PŘÍLOZE č. 2 pro věkové kategorie 11–60 let mužů i žen. Níže je uveden vzorec výpočtu maximálního metabolismu, který bude v následující kapitole blíže představen. [66]

$$MWC = \left(\frac{\left(\frac{\left(\frac{(VO_2max * Váha * 60)}{1000} \right) * 20,19}{Povrch\ těla} \right)}{60} \right) * 16,667 \quad (10)$$

kde: MWC ... maximální pracovní kapacita ve W/m²,

VO_2max ... maximální spotřeba kyslíku v ml*kg⁻¹*min.

3.2 Maximální srdeční frekvence HR_{max}

Srdeční frekvence je relativně velmi snadné kardiovaskulární měření, zejména ve srovnání s invazivními či neinvazivními metodami používanými k měření. V důsledku toho se měření využívá k hodnocení reakce srdce na intenzitu zátěže, kde maximální srdeční frekvence je často interpretována jako horní limit pro zvýšení kardiovaskulární funkce. Výzkum posledních 100 let ukazuje, že navzdory neustálému zvyšování intenzity cvičení, dosáhne srdeční frekvence maximální hodnotu. Tato hodnota se již poté nezvyšuje. [69]

Maximální srdeční frekvence (HR_{max}) je koeficient uvedený v ČSN EN ISO 8996 [43] vyjádřený rovnicí:

$$HR_{max} = 205 - 0,62 * A \quad (11)$$

kde: HR_{max} ...maximální srdeční frekvence v tepech za minutu,
A... věk jedince v rocích.

Obvyklým předpokladem maximální tepové frekvence je, že klesá s věkem. Robers a Landwehr [69] publikovali článek s názvem *The surprising history of the 'HRmax= 220-age' equation*, kde zkoumali 38 vzorců řešící předpověď HR_{max} navržených během 80 let. Všechny tyto vzorce se velmi silně přibližují vzorci

$$HR_{max} = 208 - 0,7 * A \quad (12)$$

kde: HR_{max} ...maximální srdeční frekvence v tepech za minutu,
A... věk jedince v rocích,

jenž následně bude použit v novém navrhovaném hodnocení metodou měření srdeční frekvence. Tento vzorec je použit i v novelizované normě ČSN EN ISO 8996 [42]. Původní výpočet se téměř neliší s ohledem na získané velmi nízké korelační koeficienty. Nicméně nepřesnost predikce se rovná 11 tepům/minutu. [42] [69]

Nejpřesnější výraz je dle autorů Robers a Landwehr [69] vyjádřen Inbar et al. [70]:

$$HR_{max} = 205,8 - 0,685 * A \quad (13)$$

kde: HR_{max} ...maximální srdeční frekvence v tepech za minutu,
A... věk jedince v rocích,

příčemž chyba odhadu je velmi velká, $SD = 6,4$ bpm. Tento výraz je založen na velmi rozsáhlé studii s 1 424 subjekty s korelačním koeficientem 0,67. [63]

Další velký výzkum vedl k rovnici

$$HR_{max} = 207 - 0,64 * A \quad (14)$$

kde: HR_{max} ...maximální srdeční frekvence v tepech za minutu,
A... věk jedince v rocích,

s korelačním koeficientem 0,42. Nicméně je zapotřebí dalších rozsáhlých studií, aby se vyvinuly vícenásobné regrese pro různé populace. [63] Z přehledu Robergse a Landwehra je poměrně pozoruhodné, že „za 80 let nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl mezi muži a ženami, mezi sedavými, aktivními a trénovanými subjekty, mezi hispánskými a kavkazskými subjekty, mezi subjekty v dobrém zdravotním stavu a méně dobrém stavu“. [69]

3.3 Bazální metabolismus BMR a klidová rychlost metabolismu M_0

Bazální metabolismus (BMR) je minimální výdej energetické rychlosti k udržení funkce životně důležitých orgánů u subjektu v klidu tzn. 12 hodin po jídle, po klidném spánku, ležení a stavu úplného duševní a fyzické uvolnění. [71] Představuje přibližně 50-70 % denního energetického výdeje, kde v průběhu času klesá přibližně o 1-2 % za dekádu. Tento parametr zahrnuje také energii používanou pro srdeční, mozkové i jiné funkce, ale i dýchání, regulace teploty, trávení nebo obnovování buněk. [72]

BMR se obvykle vyjadřuje v kJ nebo kcal za určitou časovou jednotku (např. kJ/den nebo kcal/den). Toto číslo se vypočítá s ohledem na věk, pohlaví, výšku a váhu jedince. [71] BMR je velmi individuální a může se velmi lišit od člověka k člověku. Průzkumy výzkumných pracovníků ukazují, že muži mají obvykle vyšší BMR než ženy, stejně tak vysocí a svalnatí lidé mají vyšší bazální metabolismus než lidé s menší svalovou hmotou a nižší hmotností. Další studie ukázali, že BMR klesá u starších jedinců ve srovnání s mírami u mladších jedinců, a to i po zohlednění změn ve složení těla souvisejících s věkem. [73]

Bazální metabolismus a klidová rychlost metabolismu jsou dva termíny, které se často zaměňují, protože oba popisují množství energie spotřebované tělem v klidovém stavu. Klidová rychlost metabolismu (M_0 , RMR) se používá nejčastěji k vyjádření celkového energetického výdeje. Prakticky je tato hodnota o něco vyšší než bazální metabolismus, který by odpovídal klidovému stavu organismu při dodržení přísných klinických kritérií. Obvykle se vyjadřuje v kJ nebo kcal za určitou časovou jednotku a odhaduje se často pomocí matematických modelů, které zahrnují různé faktory, jako je věk, pohlaví, hmotnost a svalová hmota. [71]

V normě ČSN EN ISO 8996 [42] [43] je oblast bazálního metabolismu úplně vynechána. Norma z roku 2005 pouze stanovuje klidový metabolismus $M_0 = 55 \text{ W/m}^2$, který je stejný pro muže i ženy. Zdroj této úvahy není v normě uveden, proto nelze ověřit chybovost při použití, přičemž souvislost s bazálním metabolismem je plně vynechána. [43] Druhý z těchto dokumentů vypočítává také pouze klidový metabolismus. [42] [64]

$$\text{Muži: } M_0 = 60 * \text{povrch těla} \quad (15)$$

$$\text{Ženy: } M_0 = 55 * \text{povrch těla} \quad (16)$$

kde: M_0 ...klidová rychlost metabolismu ve W.

Z výzkumu autorky této práce lze odvodit, že klidová rychlost metabolismu je několikanásobek bazálního metabolismu. Toto tvrzení je založeno na tom, že RMR je obvykle měřen za podmínek, které se od BMR liší především v podobě mírné fyzické aktivity, přijímání potravy, snížené tepelné izolace atd. Tyto faktory mohou způsobit mírné zvýšení metabolické rychlosti v porovnání s BMR. Nicméně je potřeba poznamenat, že výpočet těchto parametrů je ovlivněn dalšími faktory jako je například věk, pohlaví, hmotnost, svalová hmota nebo hormonální hladina. Výsledky po zahrnutí faktorů mohou způsobit rozdíly v RMR a BMR mezi jednotlivci a mohou také ovlivnit poměr těchto koeficientů, který se může mírně lišit v závislosti na metodě měření, podmínkách a populaci. Garg et al. udává metabolické hodnoty ve watttech, které se v průměru rovnají 1,60 a 1,67násobku tělesné hmotnosti v sedě, ve vzpřímené podobě to znamená 112 W a 117 W nebo 60 a 63 W/m^2 při zohlednění tělesných rozměrů studovaných subjektů. Z toho vyplývá, že klidová rychlost metabolismu by následně odpovídala přibližně 1,4násobku bazálního metabolismu. [74] Dle výzkumu Světové zdravotní organizace z roku 1985, klidová rychlost metabolismu přibližně odpovídá vztahu $= 1,53 * \text{BMR}$, což znamená, že celková energetická spotřeba těla je asi 1,53krát vyšší než BMR pro první kategorii. V ostatních dvou kategoriích se operuje s koeficienty 1,76 pro druhou kategorii a 2,25 pro kategorii třetí. Studie vykazala celkem tři kategorie – sedavá nebo lehká aktivita, aktivní nebo středně aktivní, silný

nebo silně aktivní. [75] Klidový metabolismus lze v některých případech uvažovat jako konstantu. V tomto případě jsou hodnoty stanoveny takto, **60 W/m² u mužů a 53 W/m² u žen.** [76]

3.4 Klidová srdeční frekvence HR₀

Klidová srdeční frekvence stanovuje počet srdečních stahů za minutu. Tato hodnota nám ukazuje stav celého organismu a její případné snižování je odrazem vzrůstajících vytrvalostních schopností. U novorozence může být klidová srdeční frekvence až 140 tepů za minutu. V průběhu prvních třech let se rychle snižuje, dále pak klesá pozvolna až do dospělosti, přičemž se může pohybovat kolem 70 tepů/minutu. [77]

Norma ČSN EN ISO 8996 vydaná v roce 2005 definuje klidovou srdeční frekvenci na **70 tepů/minutu**. V novelizované normě **ČSN EN ISO 8996 z roku 2022** je stanovena také pevná hodnota klidové srdeční frekvence **70 tepů/minutu pro ženy i muže**. Je však zřejmé, že tento koeficient se velmi liší mezi zkoumanými jednotlivci, což také vede k podhodnocení nebo nadhodnocení rychlosti metabolismu, když je HR₀ větší nebo menší než tato hodnota. [42] [43]

Dle jiného pohledu se klidová frekvence definuje jako nejnižší srdeční frekvence naměřená během několika minut v klidovém stavu. Pro stanovení tohoto parametru by se mělo postupovat následovně:

1. Pracovníka necháme v klidném prostředí sedět kolem 10 minut.
2. Naměříme srdeční frekvenci (HR) po dobu 5 minut.
3. Vypočítáme klidovou frekvenci z průměru naměřených hodnot.

Pro přesnější dosažení výsledku se doporučuje alespoň 3 měření, ze kterých je následně vypočten zmíněný průměr. Nicméně do tohoto stanovení může vstupovat jako ovlivňující faktor stres, který bude tento parametr nadhodnocovat.

Malchaire et al. navrhl nové stanovení klidové tepové frekvence dle „metody“ HR₉₉. Pomocí tohoto způsobu je hodnota klidové frekvence stanovena průměrem 5 minut nejnižších hodnot tepu za celou směnu (tj. 8 hodin – 480 minut). [78] Měření probíhá pomocí příslušných přístrojů, což se jeví jako nejlepší možné řešení. Tato metoda bude využita v novém hodnocení CFZ.

3.5 Průměrná srdeční frekvence při práci HR_{wm}

Z výše uvedeného textu vyplývá, že MWC je ideálně hodnocena během dynamické práce, přičemž v průmyslové praxi se toto úsilí týká především posunů a střídavých pohybů končetin umožňujících krevní oběh. V dalších případech musí pracovník vyvíjet statické úsilí se svaly staženými bez pohybů: zvedání břemene, tlačení, tahání atd. V těchto případech lze říci, že kardiovaskulární omezení je rozhodně vyšší. [63]

Dle nařízení vlády č. 361/2007 v platném znění a vyhlášky č. 432/2003 Sb. je stanovena směnová průměrná srdeční frekvence pohybující se v rozmezí **od 92 do 102 tepů/minutu u mužů i žen**, přičemž minutová srdeční frekvence při hlavní pracovní operaci nepřekročí ani krátkodobě **150 tepů/minutu**. Nejvyšší přípustná hodnota následného **zvýšení tepové frekvence nad výchozí klidovou tepovou frekvenci nesmí přesáhnout 28 tepů/minutu**. [10] [11] Tyto hodnoty byly vyvozeny z hranice 33 % maximální pracovní kapacity, resp. VO₂max 45letého průměrně zdatného muže nebo ženy (tj. 102 tepů/minutu) a hranice krátkodobé únosné práce na úrovni 70 % maximální pracovní kapacity, resp. VO₂max 45letého průměrně zdatného muže nebo ženy (tj. 150 tepů/minutu). Stanovení limitních hodnot je blíže komentováno v kapitole 1.1.1 *Celková fyzická zátěž*. [21] [25]

4 Návrh nové metody pro hodnocení

Výsledky této práce umožňují modifikovat postup metody měření srdeční frekvence a odhadu metabolismu uvedené v normě **ČSN EN ISO 8996 Ergonomie tepelného prostředí – Určování metabolismu**. [42] [43] Výše uvedený výzkum umožnil vybrat soubor nejvhodnějších vzorců umožňujících odhadnout všechny parametry metody. Metodika analýzy záznamu srdeční frekvence na pracovišti bude v této části důkladně představena.

Cílem navrhované metody je zpřesnění odhadu metabolismu pomocí srdeční frekvence, tzn. zjistit, jaká je hrubá metabolická rychlost v průběhu pracovní směny (tj. hrubá pracovní metabolická rychlost). Tím lze umožnit přesnější zařazení hodnocené práce do příslušné kategorie práce. V zaměření na měření srdeční frekvence je nutné brát zřetel na zákony dané zemí, v tomto případě České republiky.

V nařízení vlády č. 361/2007 v platném znění a vyhlášky č. 432/2003 Sb. je stanovena, pro zařazení do 2 kategorie, **limitní hodnota srdeční celosměnové frekvence $HR_{wm} = 92$ až 102 tepů/minutu**. [10] [11] Horní limit 102 tepů/minut poté následně odpovídá limitu 33 % VO_2max průměrně zdatného 45letého muže nebo ženy (tj. jeho/její maximální pracovní kapacity). [21] [25]

Tento limit lze v České republice považovat za směrodatný. Nicméně navrhovaná metoda s ním kalkuluje trochu odlišným způsobem. V první řadě je změřena celosměnová průměrná srdeční frekvence, která je použita pro výpočet metabolické rychlosti při práci. V kontextu nárůstu srdeční frekvence je následně stanovena míra fyzické zátěže, tzn. je zjištěn procentní podíl vypočtené hrubé pracovní metabolické rychlosti z maximální kapacity měřeného pracovníka. Tímto způsobem je již zjištěna individuální zátěž měřeného pracovníka. Nicméně pro účely kategorizace jsou uvedené hodnoty každého měřeného pracovníka převedeny na 45letého průměrně zdatného muže nebo ženu. Z těchto získaných hodnot je proveden průměr minimálně dvou měřených pracovníků z měřené práce pro určení kategorizace. Výsledná průměrná hodnota je porovnána s limitem 33 % maximální pracovní kapacity, která je směrodatná pro druhou kategorii práce. Vyšší procentní podíl zařazuje práci do třetí kategorie práce. [10] [11] [21] [25] V rámci nastavení přesnějších podmínek pro hodnocení měřené práce je snaha určit i limit pro první kategorii práce. Z výpočtů bylo následně odvozeno, že limitní hodnota může být stanovena na 24 % maximální pracovní kapacity 45letého průměrně zdatného muže nebo ženu.

Zákon o ochraně zdraví při práci stanovuje i požadavek maximálního povoleného nárůstu srdeční frekvence během pracovního výkonu. Nárůst srdeční frekvence během práce je normální a přirozený, protože svaly potřebují více kyslíku a živin při zvýšené fyzické aktivitě. Nicméně při vysokém nárůstu srdeční frekvence může dojít k nadměrnému namáhání srdce a kardiovaskulárního systému, což může způsobit zdravotní problémy. Proto je v zákoně stanovena maximální povolená hodnota nárůstu srdeční frekvence během práce na **28 tepů/minutu**.

$$\text{Nárůst srdeční frekvence} = HR_{wm} - HR_0 \quad (17)$$

kde: HR_{wm} ...průměrná srdeční frekvence v tepech za minutu,

HR_0 ... klidová srdeční frekvence v tepech za minutu. [10] [11]

Tato skutečnost je ve výpočtu zohledněna hned dvojím způsobem. V první řadě v samotném vzorci, kde výsledná pracovní metabolická rychlost (resp. energetický výdej) je vypočítána pomocí navýšení srdeční frekvence nad klidovou hodnotu srdeční frekvence (viz. vzorec výše). V druhé řadě je zahrnuta v novém kalkulátoru, jenž umožňuje i výpočet tzv. rezervy srdeční frekvence, která je definována pomocí vzorce:

$$Rezerva SF = \frac{(HR_{wm} - HR_0)}{(HR_{max} - HR_0)} \quad (18)$$

kde: HR_{wm} ...průměrná srdeční frekvence v tepech za minutu,

HR_0 ... klidová srdeční frekvence v tepech za minutu,

HR_{max} ...maximální srdeční frekvence v tepech za minutu.

Tuto hodnotu někteří autoři považují za směrodatnější pro určení individuální míry únosnosti fyzické zátěže pro jednotlivce. [22]

Zákon taktéž stanovuje **krátkodobou maximální srdeční frekvenci** během pracovního výkonu. Při příliš vysokém tepu dochází k nadměrnému namáhání srdce, které může způsobit zdravotní problémy, a dokonce vést k úrazu nebo úmrtí. Proto je v tomto zákoně stanovena maximální srdeční frekvence na **150 tepů/minutu**, která představuje 70 % maximálního energetického výdeje 45letého průměrně zdatného muže nebo ženy. [10] [11] Tato skutečnost je zohledněna i v nově navrhovaném kalkulátoru v záložce *Krátkodobě přípustná hodnota muži nebo ženy*, kde dochází k porovnání maximální hodnoty srdeční frekvence každého měřeného pracovníka k limitu 70 % maximálního energetického výdeje 45letého průměrně zdatného muže nebo ženy. U této části již nedochází k zprůměrování uvedených hodnot, jak je popsáno výše. V praktickém použití, pokud u kohokoliv z měřených pracovníků dochází k překračování limitu 70 % maximálního energetického výdeje při hlavní pracovní operaci, je celá práce zařazena do třetí kategorie práce (viz. kategorizační vyhláška č. 432/2003 Sb. [11]). To znamená, že práce v sobě zahrnuje riziko vykládání větší srdeční námahy, než je povoleno pro druhou kategorii práce. [21] [25]

Základním vzorcem pro výpočet hrubé pracovní metabolické rychlosti pomocí srdeční frekvence, je již výše vysvětlený vzorec:

$$M_{prac} = \frac{(MWC - M_0)}{(HR_{max} - HR_0)} (HR_{wm} - HR_0) + M_0 \quad (19)$$

kde: M_{prac} ...odpovídající metabolická rychlost v průběhu směny ve W/kg nebo ve W/m²,

MWC ...maximální pracovní kapacita ve W nebo ve W/m²,

M_0 ...klidová rychlost metabolismu ve W nebo ve W/m²,

HR_{max} ...maximální srdeční frekvence v tepech za minutu (bpm),

HR_0 ...srdeční frekvence v klidu v tepech za minutu,

HR_{wm} ...průměrná srdeční frekvence pozorovaná během sledovaného časového období v tepech za minutu.

Pro účely navrhované nové metody jsou využity jednotky W/m². Stěžejním faktorem je získání správné hodnoty srdeční frekvence a údajů o měřených osobách. Přestože zde není dostupná komplexní metodika pro měření srdeční frekvence za účelem hodnocení celkové fyzické zátěže, je potřeba dodržet určité podmínky.

Za prvé je vždy nezbytné dodržet pravidlo rozložení měřených činností. To by mělo odpovídat časovému snímku průměrné směny včetně dodržení přestávek na jídlo a odpočinek. Výzkumné pracovníky v rámci měření zajímá hodnota celosměnového průměrného energetického výdeje (resp. hrubé pracovní metabolické rychlosti). Tato hodnota zahrnuje různé pracovní činnosti o různé délce trvání. Pokud by při měření nebylo dodrženo odpovídající zastoupení pracovních činností, mohlo by dojít ke zkreslení výsledků měření a následného výpočtu s chybným zařazením měřené práce do náležité kategorie.

Změřené hodnoty srdeční frekvence tudíž musí být správné a použitelné pro dále popisovanou metodu. Zejména je nezbytný správný způsob měření, během něhož musí být splněny následující kritéria:

1. Přístroj na měření srdeční frekvence musí být spolehlivý se správným nastavením. V zásadě se používají hodinky zobrazující hodnoty srdeční frekvence, hrudní monitory srdeční frekvence nebo EKG přístroje.
2. Pracovník by měl být připraven na měření srdeční frekvence tím, že bude sedět nebo stát v klidu po dobu alespoň 5 minut před samotným měřením.
3. Senzor na měření musí být umístěn na správném místě, obvykle na hrudníku nebo na zápěstí.
4. Provádění měření v pracovním prostředí musí probírat v souladu s místními předpisy, zejména by měla být zajištěna bezpečnost a soukromí pracovníka.
5. Výsledky měření musí být správně interpretovány pověřenými výzkumnými úředníky v kontextu s pracovníkovou fyziologií a pracovními úkony. Následuje dokumentování pro pozdější referenci a analýzu.

Zároveň je důležitý zdravotní stav měřených jedinců, aby mohly být výsledky použity pro další zpracování. Určité nemoci mohou způsobit, že osoba není způsobilá k práci, pokud by byla vystavena rizikovým faktorům pracovního prostředí jako je například celkové fyzické zatížení. V zásadě se jedná například o tyto nemoci, které také ovlivňují srdeční frekvenci:

- hypertenze (vysoký krevní tlak),
- srdeční arytmie,
- srdeční selhávání,
- poruchy štítné žlázy,
- chudokrevnost,
- onemocnění léčená perorálními kortikoidy,
- diabetes – hypoglykémie,
- jakákoliv akutní nemoc (viróza, horečka, infekce, bolest, ...), [79]
- morbidní obezita s indexem tělesné hmotnosti (BMI) nad 40. [80]

Zohlednění těchto podmínek zajišťuje přesnost a spolehlivost měření srdeční frekvence zaměstnanců, což umožňuje identifikovat případná zdravotní rizika a realizovat opatření ke zlepšení pracovního prostředí a ochrany zdraví zaměstnanců.

Použitý vzorec již umožňuje hodnotit rychlost metabolismu pomocí hodnot srdeční frekvence s následným zařazením do příslušné kategorie práce podle kapitoly 1.2 *Kategorizace práce*. Kategorie je poté stanovena na základě průměru hodnot minimálně dvou měřených pracovníků. Hodnoty získané z měření srdeční frekvence jsou tedy **HR_{wm}**, **HR₀**, **nárůst srdeční frekvence a nejvyšší srdeční frekvence dosažená během pracovní činnosti**. K výpočtu celkové fyzické zátěže (CFZ) dále je nutné znát několik osobních údajů měřených pracovníků. Pro analýzu srdeční frekvence a metabolismu je potřeba znát **věk (roky)**, **váhu (kilogram)** a **výšku (centimetry)**, protože tyto faktory mají vliv na fungování kardiovaskulárního systému a celkový metabolismus.

- Věk zejména ovlivňuje klidovou srdeční frekvenci, protože s věkem se tato hodnota mírně snižuje. U dospělých se obvykle považuje klidová srdeční frekvence v rozmezí 60 až 100 tepů za minutu. U starších lidí může být srdeční frekvence nižší z důvodu poklesu srdečního výkonu nebo sníženou citlivostí na hormony regulující srdeční činnost. Pro účely měření by mělo docházet k vyřazení pracovníků (mužů i žen) s klidovou srdeční frekvencí pod 55 tepů/minutu a nad 95 tepů/minutu. [25]

- Váha a výška jsou také rozhodující parametry ovlivňující metabolismus a srdeční frekvenci. Lidé s vyšší hmotností mají obvykle vyšší srdeční frekvenci, protože jejich srdce musí pumpovat krev většího objemu. Výška také ovlivňuje srdeční frekvenci, protože u lidí s větší výškou je obvykle větší objem krve, který musí srdce pumpovat, aby se zajistilo dostatečného prokrvení těla.

Dále budou uvedeny dílčí kroky navrhovaného výpočtu celkové fyzické zátěže.

4.1 Klidová srdeční frekvence HR_0

Zásadní úpravou v novém navrhovaném hodnocení je stanovení hodnoty klidové srdeční frekvence HR_0 . V nynějších normách [42] [43] je stanovena hodnota 70 tepů/minut pro každou měřenou osobu. Klidová srdeční frekvence představuje nejnižší tepovou frekvenci naměřenou během několika minut odpočinku. Tato věta v základu popírá pevně stanovenou hodnotu ve zmíněných normách, protože hodnota není měřena. V kapitole 3. *Definování problematických oblastí v dosavadním hodnocení* je nastíněn postup dosažení výsledku tohoto parametru. Nicméně zde může vstupovat jako ovlivňující faktor stres, který bude tento parametr výrazně nadhodnocovat. **Proto autorka navrhuje postupovat dle autora Malchaire et al., který navrhl nové stanovení klidové tepové frekvence dle „metody“ HR_{99} .** Klidová srdeční frekvence je následně rovna průměrné hodnotě pěti minut nejnižší tepové frekvence v průběhu celé směny, tj. 8 hodin – 480 minut. [78]

4.2 Bazální metabolismus BMR a klidová rychlost metabolismu M_0

Stanovení bazálního metabolismu souvisí s výpočtem povrchu těla umožňující odhad množství tělesné tkáně, který je jedním z faktorů ovlivňujících BMR. **Povrch těla** se často vypočítává pomocí některé z následujících rovnic:

- Du Bois & Du Bois z roku 1916: Povrch těla (m^2) = $0,007\ 184 * váha^{0,425} * výška^{0,725}$ (20)

- Gehan & George z roku 1970: Povrch těla (m^2) = $0,0235 * váha^{0,51456} * výška^{0,42246}$ (21)

- Mosteller z roku 1987: Povrch těla (m^2) = $\sqrt{\frac{váha * výška}{3\ 600}}$ (22)

- Shuter and Aslani z roku 2000: Povrch těla (m^2) = $0,0095 * váha^{0,441} * výška^{0,655}$ (23)

Richard F. Burton v roce 2008 vydal článek s názvem *Estimating body surface area from mass and height: Theory and the formula of Du Bois and Du Bois*, ve kterém porovnává celkem osm autorů včetně výše uvedených, kteří definovali výpočet povrchu těla. V závěru této studie byla uvedena skutečnost, že neexistuje žádný pádný důvod opustit formu rovnice, kterou zavedli Du Bois a Du Bois v roce 1916. Nicméně autor podotýká, že neexistuje žádný vzorec, který by seděl všem tělesným tvarům lidí. Lepší vzorec nelze nalézt pouze spojením hmotnosti, výšky a plochy pro více jedinců různé tělesné stavby. Místo toho by měly být získány nové vzorce pro konkrétní skupiny jedinců například podle pohlaví, věku, korpulentnosti (nebo indexu tělesné hmotnosti) a relativní délky končetin. [81] V kontextu této práce autorka použije pro nové stanovení CFZ vzorec autorů Du Bois & Du Bois:

$$Povrch\ těla\ (m^2) = 0,007\ 184 * Váha^{0,425} * Výška^{0,725} \quad (24)$$

V závislosti na stanovení kalorické spotřeby jedince, při různých úrovních fyzické aktivity, je nutné stanovit bazální metabolismus. Tento parametr lze definovat jako množství energie, které potřebuje organismus v klidovém stavu pro zajištění základních životních funkcí jako je

dýchání, srdeční činnost, oběhový systém, trávicí procesy a udržování teploty těla. Bazální metabolismus se obvykle vyjadřuje v kilokaloriích (kcal) nebo kilojoulech (kJ) za den. [82]

$$BMR (\text{ženy}) = 655,0955 + (9,5634 * \text{váha}) + (1,8496 * \text{výška}) - (4,6756 * \text{věk}) \quad (25)$$

$$BMR (\text{muži}) = 66,473 + (13,7516 * \text{váha}) + (5,0033 * \text{výška}) - (6,755 * \text{věk}) \quad (26)$$

kde: BMR... bazální metabolismus v kcal.

Tento výpočet, pro použití v hodnocení fyzické zátěže, musí být přepočten na BMR/m² takto:

$$BRM (\text{ženy i muži}) = \frac{BMR (\text{kcal}) * 4,18}{\frac{24}{60}} * \frac{16,667}{\text{povrch těla}} \quad (27)$$

kde: BMR... bazální metabolismus ve W/m². [82]

Každá činnost, kterou jedinec provádí, vyžaduje určitou energetickou spotřebu, která je vyšší než bazální metabolismus. Pokud se jedinec pohybuje, pracuje nebo trénuje, jeho energetická spotřeba se zvyšuje. Proto se spíše v praktickém měřítku používá klidová rychlost metabolismu (M₀). V odborné studii Světové zdravotnické organizace [75] lze nalézt tvrzení, že klidová rychlost metabolismu je přibližně 1,53násobkem bazálního metabolismu. Toto tvrzení je založeno na tom, že M₀ je obvykle měřena za podmínek, jež se od BMR liší například v mírné fyzické aktivitě, přijímání potravy a snížené tepelné izolaci. Tyto faktory mohou způsobit mírné zvýšení metabolické rychlosti v porovnání s BMR. Je však třeba poznamenat, že výpočet RMR a BMR může být ovlivněn mnoha faktory jako je věk, pohlaví, hmotnost, svalová hmota a hladina hormonů. Tyto faktory mohou vysvětlovat rozdíly v RMR a BMR mezi jednotlivci. Proto je důležité mít na paměti, že poměr RMR k BMR se může mírně lišit v závislosti na metodě měření, podmínkách a studované populaci.

$$M_0 = BMR * 1,53 \quad (28)$$

kde: M₀... klidová rychlost metabolismu ve W/m²,

BMR... bazální metabolismus ve W/m².

4.3 Maximální srdeční frekvence HR_{max} a maximální pracovní kapacita MWC

Pro výpočet hrubého pracovního metabolismu a následné cílové stanovení procenta z maximální pracovní kapacity (tj. maximálního metabolismu), je dále potřeba stanovit maximální srdeční frekvenci a vypočítat maximální pracovní kapacitu.

Maximální srdeční frekvence je srdeční frekvence dosažená při maximálním fyzickém úsilí. Nejpresněji se získá při zátěžovém testu. Nicméně pro účely nového kalkulátoru bude použit vzorec, protože nelze z organizačních a provozních důvodů testovat měřené figuranty. Existují různé způsoby, jak vypočítat maximální tepovou frekvenci, kde jedním z nejběžnějších je použití vzorce „220 minus věk“ pro muže a „226 minus věk“ pro ženy. Tento vzorec je však pouze přibližný a může se lišit mezi věkovými skupinami a různými úrovněmi zdatnosti. Ve srovnávací studii autorů Robergs a Landwehr bylo zahrnuto třicet rovnic pro výpočet maximální srdeční frekvence. Rovnice byly použity k přepočtu HR_{max} pro věk 20 až 100 let. Z těchto dat byla vypočtena nová regresní rovnice

$$HR_{max} = 208,754 - 0,734 * A \quad (29)$$

kde: HR_{max}... maximální srdeční frekvence v tepech za minutu,

A... věk jedince v rocích,

kteřá je velmi blízká rovnici Tanakou et al. [69] Tento níže uvedený vzorec je následně v aktualizované normě ČSN EN ISO 8996 i v novém způsobu stanovení celkové fyzické zátěže. [42]

$$HR_{max} = 208 - 0,7 * A \quad (30)$$

kde: HR_{max} ... maximální srdeční frekvence v tepech za minutu,

A... věk jedince v rocích.

Výpočet **maximální pracovní kapacity (MWC)** je důležitou součástí metody odhadu (resp. výpočtu) metabolické rychlosti pomocí měření srdeční frekvence. Maximální kapacita je vyjádřena jako „*maximální spotřeba kyslíku (VO_2) představující množství kyslíku za jednotku času, kterou může člověk spotřebovat za maximálních podmínek svých kardiovaskulárních možností.*“ [63] Z definice následně vyplývá, že maximální pracovní kapacitu lze vysvětlit jako nejvyšší úroveň fyzické aktivity, kterou by teoreticky mohl jedinec provádět během práce, aby byla zajištěna optimální zátěž pro organismus. Výchozí hodnotou tohoto výpočtu je **maximální spotřeba kyslíku VO_{2max}** . Tento parametr bude vycházet z rozsáhlého výzkumu autorů Seligera a Bartůňka publikovaného roku 1976, jejichž hodnoty jsou uvedeny v PŘÍLOZE č. 2. [66] Autorka této práce zkoumala aktuálnost normativů pro českou populaci v aktuálních českých výzkumech. Studie [67] a [68] v závěru deklarují, že hodnoty dosažené u této skupiny se významně neliší, a proto budou použity v tomto výpočtu pro českou populaci. Maximální pracovní kapacita je proto stanovena touto rovnicí:

$$MWC = \left(\frac{\left(\frac{\left(\frac{(VO_2max * Váha * 60)}{1000} \right)^{20,19}}{Povrch\ těla} \right)}{60} \right) * 16,667 \quad (31)$$

kde: MWC ... maximální pracovní kapacita ve W/m^2 ,

VO_{2max} ... maximální spotřeba kyslíku v $ml * kg^{-1} * min$.

Ve výpočtu tohoto koeficientu dochází k několika převodům jednotek. Spotřeba energie se posuzuje měřením spotřeby kyslíku za pečlivě kontrolovaných podmínek. Příjem kyslíku souvisí s výdejem oxidu uhličitého plus tepla. Převod probíhá na kalorie za předpokladu množství vydechaného oxidu uhličitého, které by poskytlo kalorickou hodnotu pro kyslík 4,825 kcal/l (20,19 kJ). [83] [84] [85] Posledním převodním koeficientem jsou kalorie za minutu vyjadřující vydanou energii v kaloriích za čas jedné minuty. Jedna kalorie za minutu je rovna 16,667 W (1 W = 0,06 kJ/min). [86] [87]

4.4 Výpočet tepelné zátěže

V novém hodnocení bude zahrnut výpočet **tepelné zátěže** na pracovníka, který hodnotí mikroklimatické parametry vnitřního prostředí. Tento parametr se stanovuje pomocí úbytků váhy měřeného pracovníka po pracovní směně. V níže uvedené tabulce 4-1 jsou vidět kategorie vah, do kterých je zařazen pracovník před měřením. Po měření ho následně znovu zvážíme a určíme tak o kolik kilogramů klesla váha, tj. například o 0 kg, 0,5 kg, 1 kg, 1,5 kg nebo 2 kg. Tepelná zátěž přímo ovlivňuje průměrnou srdeční frekvenci, proto je nutné upravit tento parametr tím, že je od průměrné srdeční frekvence odečtena příslušná hodnota z tabulky 4-1. [88]

$$Upravená\ HR_{wm} = HR_{wm} - \text{tepelná zátěž} \quad (32)$$

kde: Upravená HR_{wm} ...průměrná srdeční frekvence bez tepelné zátěže,
 HR_{wm} ...průměrná srdeční frekvence v tepech za minutu.

Touto změnou následuje oprava i výpočtu nárůstu srdeční frekvence do následujícího vzorce:

$$\text{Nárůst srdeční frekvence} = \text{Upravená } HR_{wm} - HR_0 \quad (33)$$

kde: Upravená HR_{wm} ...průměrná srdeční frekvence bez tepelné zátěže,
 HR_0 ... klidová srdeční frekvence v tepech za minutu.

Tab. 4-1 – Tepelná zátěž mužů i žen [vlastní zpracování dle 88]

	50 kg	60 kg	70 kg	80 kg	90 kg
0 kg	0	0	0	0	0
0,5 kg	7	6	5	4	4
1 kg	14	12	10	9	8
1,5 kg	21	18	15	13	12
2 kg	38	23	20	18	16

4.5 Výpočet indexu nárůstu srdeční frekvence (RM)

Pro výpočet je nezbytný výpočet indexu nárůstu srdeční frekvence (RM), tzn. o kolik naroste rychlost metabolismu s každým tepem pracovníka. Výpočet se provádí pomocí reálně změřené srdeční frekvence v klidu, vypočtené hodnoty maximální srdeční frekvence, pomocí vypočtených hodnot maximální pracovní kapacity a bazálního metabolismu.

$$RM = \frac{(MWC - M_0)}{(HR_{max} - HR_0)} \quad (34)$$

kde: RM...index nárůstu srdeční frekvence,
MWC...maximální pracovní kapacita ve W/m^2 ,
 M_0 ... klidová rychlost metabolismu ve W/m^2 ,
 HR_{max} ... maximální srdeční frekvence v tepech za minutu,
 HR_0 ... klidová srdeční frekvence v tepech za minutu. [42] [43]

Z tohoto parametru následně vyplývá určení **metabolické rychlosti v průběhu směny (Mprac)** při určité fyzické práci. Tento parametr se obvykle vyjadřuje v jednotkách W nebo W/kg , přičemž k účelům nové metody je využita jednotka W/m^2 . V tomto výpočtu se musí nejprve stanovit hrubý výkon práce, který zahrnuje jak užitečnou práci, tak i všechny ztráty energie.

$$M_{prac1} (brutto) = (RM * \text{Upravená } HR_{wm}) - (RM * HR_0 - M_0) \quad (35)$$

kde: $M_{prac1} (brutto)$...hrubá pracovní metabolická rychlost ve W/m^2 ,
RM...indexu nárůstu srdeční frekvence,
Upravená HR_{wm} ...průměrná srdeční frekvence bez tepelné zátěže,
 HR_0 ... klidová srdeční frekvence v tepech za minutu,
 M_0 ... klidová rychlost metabolismu ve W/m^2 .

Výše uvedená rovnice vypočítá hrubou pracovní metabolickou rychlost, která je rozdílem metabolické rychlosti při práci a metabolické rychlosti v klidu. V dalším výpočtu pak lze stanovit individuální vyhodnocení měřeného pracovníka. Tento poměr znázorňuje, kolik procent činí tato hodnota z maximální pracovní kapacity měřeného pracovníka během pracovní směny. Popřípadě je možné, zejména v novém kalkulátoru, detailně analyzovat metabolické rychlosti při dílčích pracovních činnostech za celou směnu. Lze tím stanovit, které aktivity pracovníka zatěžují, (resp. pokud by tyto činnosti dělal pracovník celý den, překračoval by tímto hranice stanovené legislativou ČR), i které mají opačný vliv na pracovníka. Ve výpočtu je použita hrubá pracovní metabolická rychlost, která zahrnuje práci i ztráty energie při práci.

$$\text{Individuální vyhodnocení} = \frac{M_{prac1}(\text{brutto})}{MWC} \quad (36)$$

kde: Individuální vyhodnocení...poměr pracovní kapacity při dané pracovní aktivitě, který je vyjádřený v %,

$M_{prac1}(\text{brutto})$... hrubá pracovní metabolická rychlost ve W/m^2 ,

MWC ...maximální pracovní kapacita měřeného pracovníka ve W/m^2 .

Individuální vyhodnocení by mohlo sloužit k určení únosnosti zátěže pro konkrétního pracovníka. Nicméně, jak již bylo několikrát uvedeno, limity pro celkovou fyzickou zátěž v České republice jsou dle platné legislativy stanoveny jako 33 % maximální pracovní kapacity 45letého průměrně zdatného muže nebo ženy. Toto stanovení tvoří základ pro kategorizaci práce. Celý tento převod následně umožňuje objektivní a srovnatelné hodnocení fyzické zátěže v různých věkových skupinách. [21] [25]

V první řadě je převedena hrubá metabolická rychlost měřeného pracovníka na hrubou metabolickou rychlost 45letého průměrně zdatného figuranta (muže nebo ženu) stejných antropometrických charakteristik:

$$M_{prac2}(\text{brutto}) = M_{prac1}(\text{brutto}) - BMR\ 1(\text{měřeného}) + BMR\ 2(\text{45letého}) \quad (37)$$

kde: $M_{prac2}(\text{brutto})$... hrubá pracovní metabolická rychlost korigovaná na 45letého průměrného člověka ve W/m^2 ,

$M_{prac1}(\text{brutto})$... zjištěná hrubá pracovní metabolická rychlost ve W/m^2 ,

$BMR\ 1$... bazální metabolismus měřeného pracovníka ve W/m^2 ,

$BMR\ 2$... bazální metabolismus 45letého průměrně zdatného člověka ve W/m^2 .

Následuje vyvození, do jaké míry by byl při stejné práci zatěžován již zmíněný 45letý muž nebo 45letá žena stejných antropometrických charakteristik. Tímto krokem je vypočítáno, kolik procent z maximální teoretické pracovní kapacity 45letého činí vypočtená hrubá korigovaná pracovní metabolická rychlost.

$$\%M_{prac}(\text{brutto}) = \frac{M_{prac2}(\text{brutto})}{MWC(45letého)} \quad (38)$$

kde: $\%M_{prac}(\text{brutto})$... poměr pracovního zatížení k maximálnímu MWC vyjádřený v %,

$M_{prac2}(\text{brutto})$... hrubá pracovní metabolická rychlost korigovaná na 45letého průměrného člověka ve W/m^2 ,

MWC ... maximální pracovní kapacita 45letého průměrného člověka ve W/m^2 .

Z těchto rozsáhlých výpočtů se v konečné fázi, po zprůměrování výsledků $\%M_{prac}(\text{brutto})$ alespoň dvou měřených pracovníků, lze dostat k možnosti zařadit hodnocenou práci do příslušné kategorie práce. V rámci legislativy České republiky jsou stanoveny limitní hodnoty

pro zařazení měřené práce do kategorie práce. [10] [11] Hranice dlouhodobě únosné fyzické zátěže, pro kategorii druhou na základě energetického výdeje, je stanovena na úrovni 33 % maximální pracovní kapacity 45letého průměrně zdatného člověka, tzn. muže nebo ženy (tj. 102 tepů/minutu). Vyšší hodnoty poté zařazují hodnocenou práci do kategorie třetí. Z dolního limitu pro kategorizaci práce (tj. 92 tepů/minutu) byla odvozena první kategorie, která se může stanovit jako 24 % maximální pracovní kapacity 45letého průměrně zdatného člověka, tj. muže nebo ženy. Jak již bylo uvedeno, legislativa zohledňuje i překračování krátkodobé přípustné limitní hodnoty, tj. 70 % maximální pracovní kapacity 45letého průměrně zdatného muže nebo ženu (tj. 150 tepů/minutu). Nicméně nesmí být překračována během hlavní pracovní operace u žádného z měřených. [21] [25]

Navrhovaný kalkulátor taktéž umožňuje výpočet čistého pracovního metabolismu, který lze použít pro výpočet netto energetického výdeje za směnu. Nicméně v nařízení vlády č. 361/2007 Sb. se celková fyzická zátěž posuzuje z mj. z hlediska energetické náročnosti práce, tj. pomocí hodnot energetického výdeje vyjádřených v netto hodnotách. Tento výpočet je nejprve proveden pomocí odečtu ztráty energie, které nejsou užitečné pro vykonávanou práci. Proto se z hrubé hodnoty odečítá klidová rychlost metabolismu a získává se tak hodnota $M_{prac} (netto)$ - tedy čistá hodnota výkonu práce.

$$M_{prac} (netto) = M_{prac1} (brutto) - M_0 \quad (39)$$

kde: $M_{prac} (netto)$... čistá pracovní metabolická rychlost ve W/m^2 ,

$M_{prac1} (brutto)$... hrubá pracovní metabolická rychlost ve W/m^2 ,

M_0 ... klidová rychlost metabolismu ve W/m^2 .

Následně je možné zahrnout čistou pracovní metabolickou rychlost do procentního přepočtu MWC, který nám posuzuje podíl čisté pracovní zátěže u konkrétní činnosti. Tento parametr nám dává informaci o tom, jak energeticky náročná byla konkrétní vykonávaná činnost vzhledem k individuální zdatnosti měřeného jedince. Zaměstnavatel se následně může zaměřit na optimalizování této činnosti, čímž může snížit celkovou zátěž na organismus měřených pracovníků. V rámci výpočtu dochází k odečítání maximální pracovní kapacity s klidovou rychlostí metabolismu, což nám značí i parametr rezervy srdeční frekvence, který naopak odečítá maximální srdeční frekvenci a výchozí klidovou srdeční frekvenci. Oba výsledky zohledňují individuální tělesnou zdatnost a trénovanost jedince stejným způsobem. Čím vyšší rezerva srdeční frekvence, tím vyšší zdatnost, a tudíž větší schopnost zvládnout danou fyzickou práci s menším vynaloženým úsilím. Někteří autoři [22] intenzitu fyzické zátěže vyjádřenou v % rezervy srdeční frekvence považují za přesnější ukazatel zátěže organismu než % VO_{2max} .

$$\% MWC = \frac{M_{prac} (netto)}{(MWC - M_0)} \quad (40)$$

kde: % MWC... podíl celkové pracovní zátěže u konkrétní činnosti,

$M_{prac} (netto)$... čistá pracovní metabolická rychlost ve W/m^2 ,

MWC... maximální pracovní kapacita ve W/m^2 ,

M_0 ... klidová rychlost metabolismu ve W/m^2 .

Průměrné a přípustné hygienické limity pro hodnoty energetického výdeje při práci s celkovou fyzickou zátěží jsou uvedeny v kapitole 1.1.1 *Celková fyzická zátěž*. Energetický výdej za dobu trvání činnosti, resp. energetický výdej za průměrnou směnu (tj. 480 min), lze vypočítat následujícím způsobem:

$$EV = \frac{\left(\frac{M_{prac1(brutto)} * povrch\ těla}{16,667}\right) * 480}{1000} - \frac{\left(\frac{BRM * povrch\ těla}{16,667}\right) * 480}{1000} \quad (41)$$

kde: EV ... energetický výdej za průměrnou směnu v MJ,

M_{prac1 (brutto)}...hrubá pracovní metabolická rychlost ve W/m²,

BMR...bazální metabolismus ve W/m².

V rámci nového výpočtu celkové fyzické zátěže byl vytvořen excelový kalkulátor, který zohledňuje všechny výše definované vzorce a určí kategorii měřené práce. Vstupními parametry jsou věk, váha, výška a doba trvání práce měřeného člověka. **Z příslušného zařízení, tj. hodinek nebo hrudního monitoru srdeční frekvence, je zjištěna klidová srdeční frekvence (HR₀), průměrná srdeční frekvence (HR_{wm}) a nejvyšší změřená srdeční frekvence stanovené doby měření.** Tyto údaje jsou zvýrazněny žlutou barvou a výzkumný pracovník je musí zadat povinně do kalkulátoru, jinak nedojde k výpočtu. Červeně a oranžově značené pole jsou klíčové hodnoty, podle kterých dochází k zařazení daného povolání do příslušné kategorie práce, jak je popsáno výše.

ŽENY	Hodnoty	Korekce na 45letou ženu		Jednotky	ŽENY	Hodnoty	Korekce na 45letou ženu		Jednotky
Věk:	23	45		let	Věk:	22	45		let
Váha:	95	95		kg	Váha:	85	85		kg
Váha - rozdíl:	0,0	0,0		kg	Váha - rozdíl:	0,0	0,0		kg
Výška:	168	168		cm	Výška:	173	173		cm
Doba trvání činnosti:	480,0	480,0		min	Doba trvání činnosti:	480,0	480,0		min
Průměrná srdeční frekvence (HR _{wm}):	100,00	100,00		tep/min	Průměrná srdeční frekvence (HR _{wm}):	100,00	100,00		tep/min
Klidová srdeční frekvence (HR ₀):	86	86		tep/min	Klidová srdeční frekvence (HR ₀):	88	88		tep/min
Povrch těla:	2,043	2,043		m ²	Povrch těla:	1,990	1,990		m ²
Upravená průměrná srdeční frekvence:	100	100		tep/min	Upravená průměrná srdeční frekvence:	100	100		tep/min
VO ₂ max:	35,4	28,7		ml/kg/min	VO ₂ max:	35,7	28,7		ml/kg/min
Maximální pracovní kapacita (MWC):	553,953	449,108		W/m ²	Maximální pracovní kapacita (MWC):	513,013	412,422		W/m ²
Bazální metabolismus (BRM):	41,842	39,406		W/m ²	Bazální metabolismus (BRM):	40,959	38,345		W/m ²
Klidová rychlost metabolismu (M ₀):	64	60		W/m ²	Klidová rychlost metabolismu (M ₀):	63	59		W/m ²
Maximální srdeční frekvence (HR _{max}):	191,9	176,5		tep/min	Maximální srdeční frekvence (HR _{max}):	192,6	176,5		tep/min
Nárůst srdeční frekvence:	14	14		tep/min	Nárůst srdeční frekvence:	12	12		tep/min
RM-tj. index nárůstu srdeční frekvence	4,626	4,296			RM-tj. index nárůstu srdeční frekvence	4,305	3,997		
Mprac1 (brutto):	128,788	120,440		W/m ²	Mprac1 (brutto):	114,332	106,634		W/m ²
Mprac (netto):	64,769	60,149		W/m ²	Mprac (netto):	51,665	47,967		W/m ²
% MWC (netto)	13,220%	15,470%		%	% MWC (netto)	11,472%	13,559%		%
Individuální vyhodnocení	23,249%	26,818%		%	Individuální vyhodnocení	22,286%	25,856%		%
Individuální zařazení pracovníka	1				Individuální zařazení pracovníka	1			
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: Mprac2 (brutto):	126,352	120,440		W/m ²	Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: Mprac2 (brutto):	111,718	106,634		W/m ²
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: %Mprac (brutto)	28,134%	26,818%		%	Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: %Mprac (brutto)	27,088%	25,856%		%
BM za čas činnosti v MJ	2,462	2,318		MJ	BM za čas činnosti v MJ	2,348	2,198		MJ
EV za dobu trvání činnosti: netto v MJ (tj. brutto EV minus BM/dobu činnosti)	5,115	4,768		MJ	EV za dobu trvání činnosti: netto v MJ (tj. brutto EV minus BM/dobu činnosti)	4,206	3,915		MJ
Rezerva SF	13,220%	15,470%		%	Rezerva SF	11,472%	13,559%		%
Dlouhodobě unosná SF (tep/min)	112,48 - 117,77	108,63 - 113,15		tep/min	Dlouhodobě unosná SF (tep/min)	114,15 - 119,38	110,13 - 114,55		tep/min
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	27,611%								
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2								

Obr. 4-1– Excelový kalkulátor ženy [vlastní zpracování]

MUŽI	Hodnoty	Korekce na 45letého muže	Jednotky		MUŽI	Hodnoty	Korekce na 45letého muže	Jednotky	
Váha:	53	53	kg	Váha:	45	45	kg		
Váha - rozdíl:	0,0	0,0	kg	Váha - rozdíl:	0,0	0,0	kg		
Výška:	173	173	cm	Výška:	173	173	cm		
Doba trvání činnosti:	480,0	480	min	Doba trvání činnosti:	480,0	480	min		
Průměrná srdeční frekvence (HR _{wm}):	100,00	100,00	tep/min	Průměrná srdeční frekvence (HR _{wm}):	100,00	100,00	tep/min		
Klidová srdeční frekvence (HR ₀):	85	85	tep/min	Klidová srdeční frekvence (HR ₀):	85	85	tep/min		
Povrch těla:	1,628	1,628	m ²	Povrch těla:	1,519	1,519	m ²		
Upravená průměrná srdeční frekvence:	100,00	100,00	tep/min	Upravená průměrná srdeční frekvence:	100,00	100,00	tep/min		
VO ₂ max:	42,4	36,2	ml/kg/min	VO ₂ max:	42,4	36,2	ml/kg/min		
Maximální pracovní kapacita (MWC):	464,375	396,471	W/m ²	Maximální pracovní kapacita (MWC):	422,675	360,869	W/m ²		
Bazální metabolismus (BRM):	43,926	40,314	W/m ²	Bazální metabolismus (BRM):	43,586	39,713	W/m ²		
Klidová rychlost metabolismu (M ₀):	67	62	W/m ²	Klidová rychlost metabolismu (M ₀):	67	61	W/m ²		
Maximální srdeční frekvence (HR _{max}):	189,1	176,5	tep/min	Maximální srdeční frekvence (HR _{max}):	189,1	176,5	tep/min		
Nárůst srdeční frekvence:	15	15	tep/min	Nárůst srdeční frekvence:	15	15	tep/min		
RM-tj. index nárůstu srdeční frekvence	3,815	3,659		RM-tj. index nárůstu srdeční frekvence	3,420	3,280			
Mprac1 (brutto):	124,436	116,564	W/m ²	Mprac (brutto):	117,982	109,959	W/m ²		
Mprac (netto):	57,229	54,884	W/m ²	Mprac (netto):	51,295	49,198	W/m ²		
% MWC (netto)	14,409%	16,393%	%	% MWC (netto)	14,409%	16,393%	%		
Individuální vyhodnocení	26,796%	29,400%	%	Individuální vyhodnocení	27,913%	30,471%	%		
Individuální zařazení pracovníka	2			Individuální zařazení pracovníka	2				
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: Mprac2 (brutto):	120,823	116,564	W/m ²	Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: Mprac (brutto):	114,109	109,959	W/m ²		
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: %Mprac (brutto)	30,475%	29,400%	%	Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: %Mprac (brutto)	31,621%	30,471%	%		
BM za čas činnosti v MJ	2,060	1,891	MJ	BM za čas činnosti v MJ	1,907	1,737	MJ		
EV za dobu trvání činnosti: netto v MJ (tj. brutto EV minus BM/dobu činnosti)	3,776	3,576	MJ	EV za dobu trvání činnosti: netto v MJ (tj. brutto EV minus BM/dobu činnosti)	3,255	3,073	MJ		
Rezerva SF	14,409%	16,393%	%	Rezerva SF	14,409%	16,393%	%		
Dlouhodobě unosná SF (tep/min)	111,03 - 116,23	107,88 - 112,45	tep/min	Dlouhodobě unosná SF (tep/min)	111,03 - 116,23	107,88 - 112,45	tep/min		
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	31,048%								
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2								

Obr. 4-2 – Excelový kalkulátor muži [vlastní zpracování]

ŽENY	Hodnoty	Korekce na	Jednotky		ŽENY	Hodnoty	Korekce na	Jednotky
		45letou ženu					45letou ženu	
Věk:	23	45	let		Věk:	22	45	let
Váha:	75	75	kg		Váha:	75	75	kg
Váha - rozdíl:	2,0	2,0	kg		Váha - rozdíl:	2,0	2,0	kg
Výška:	168	168	cm		Výška:	173	173	cm
Doba trvání činnosti:	480,0	480,0	min		Doba trvání činnosti:	480,0	480,0	min
Maximální změřená srdeční frekvence	150	150	tep/min		Maximální změřená srdeční frekvence	150	150	tep/min
Klidová srdeční frekvence (HR ₀):	86	86	tep/min		Klidová srdeční frekvence (HR ₀):	88	88	tep/min
Povrch těla:	1,848	1,848	m ²		Povrch těla:	1,887	1,887	m ²
Upravená průměrná srdeční frekvence:	132	132	tep/min		Upravená průměrná srdeční frekvence:	132	132	tep/min
VO ₂ max:	35,4	28,7	ml/kg/min		VO ₂ max:	35,7	28,7	ml/kg/min
Maximální pracovní kapacita (MWC):	483,550	392,031	W/m ²		Maximální pracovní kapacita (MWC):	477,389	383,783	W/m ²
Bazální metabolismus (BRM):	41,256	38,562	W/m ²		Bazální metabolismus (BRM):	40,745	37,988	W/m ²
Klidová rychlost metabolismu (M ₀):	63	59	W/m ²		Klidová rychlost metabolismu (M ₀):	62	58	W/m ²
Maximální srdeční frekvence (HR _{max}):	191,9	176,5	tep/min		Maximální srdeční frekvence (HR _{max}):	192,6	176,5	tep/min
Nárůst srdeční frekvence:	46	46	tep/min		Nárůst srdeční frekvence:	44	44	tep/min
RM-tj. index nárůstu srdeční frekvence	3,970	3,680			RM-tj. index nárůstu srdeční frekvence	3,968	3,680	
Mprac1 (brutto):	245,744	228,276	W/m ²		Mprac1 (brutto):	236,930	220,033	W/m ²
Mprac (netto):	182,623	169,275	W/m ²		Mprac (netto):	174,591	161,911	W/m ²
% MWC (netto)	43,437%	50,829%	%		% MWC (netto)	42,065%	49,718%	%
Individuální vyhodnocení	50,821%	58,229%	%		Individuální vyhodnocení	49,630%	57,333%	%
Individuální zařazení pracovníka	2				Individuální zařazení pracovníka	2		
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: Mprac2 (brutto):	243,051	228,276	W/m ²		Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: Mprac2 (brutto):	234,173	220,033	W/m ²
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: %Mprac (brutto)	61,998%	58,229%	%		Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: %Mprac (brutto)	61,017%	57,333%	%
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2				Výsledná kategorie hodnocené práce:	2		

Obr. 4-3 – Excelový kalkulačtor – krátkodobě přípustná srdeční frekvence – ženy [vlastní zpracování]

MUŽI	Hodnoty	Korekce na 45letého muže	Jednotky	MUŽI	Hodnoty	Korekce na 45letého muže	Jednotky
	Věk:	27	45		let	Věk:	27
Váha:	75	75	kg	Váha:	75	75	kg
Váha - rozdíl:	0,0	0,0	kg	Váha - rozdíl:	0,0	0,0	kg
Výška:	173	173	cm	Výška:	173	173	cm
Doba trvání činnosti:	480,0	480	min	Doba trvání činnosti:	480,0	480	min
Maximální změřená srdeční frekvence	150	150	tep/min	Maximální změřená srdeční frekvence	150	150	tep/min
Klidová srdeční frekvence (HR ₀):	65	65	tep/min	Klidová srdeční frekvence (HR ₀):	65	65	tep/min
Povrch těla:	1,887	1,887	m ²	Povrch těla:	1,887	1,887	m ²
Upravená průměrná srdeční frekvence:	150,00	150,00	tep/min	Upravená průměrná srdeční frekvence:	150,00	150,00	tep/min
VO ₂ max:	42,4	36,2	ml/kg/min	VO ₂ max:	42,4	36,2	ml/kg/min
Maximální pracovní kapacita (MWC):	566,983	484,075	W/m ²	Maximální pracovní kapacita (MWC):	566,983	484,075	W/m ²
Bazální metabolismus (BRM):	45,655	42,538	W/m ²	Bazální metabolismus (BRM):	45,655	42,538	W/m ²
Klidová rychlost metabolismu (M ₀):	70	65	W/m ²	Klidová rychlost metabolismu (M ₀):	70	65	W/m ²
Maximální srdeční frekvence (HR _{max}):	189,1	176,5	tep/min	Maximální srdeční frekvence (HR _{max}):	189,1	176,5	tep/min
Nárůst srdeční frekvence:	85	85	tep/min	Nárůst srdeční frekvence:	85	85	tep/min
RM-tj. index nárůstu srdeční frekvence	4,006	3,758		RM-tj. index nárůstu srdeční frekvence	4,006	3,758	
Mprac1 (brutto):	410,353	384,494	W/m ²	Mprac (brutto):	410,353	384,494	W/m ²
Mprac (netto):	340,500	319,410	W/m ²	Mprac (netto):	340,500	319,410	W/m ²
% MWC (netto)	68,493%	76,233%	%	% MWC (netto)	68,493%	76,233%	%
Individuální vyhodnocení	72,375%	79,429%	%	Individuální vyhodnocení	72,375%	79,429%	%
Individuální zařazení pracovníka	3			Individuální zařazení pracovníka	3		
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: Mprac2 (brutto):	407,236	384,494	W/m ²	Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: Mprac (brutto):	407,236	384,494	W/m ²
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: %Mprac (brutto)	84,127%	79,429%	%	Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: %Mprac (brutto)	84,127%	79,429%	%
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3			Výsledná kategorie hodnocené práce:	3		

Obr. 4-4 – Excelový kalkulátor – krátkodobě přípustná srdeční frekvence – muži [vlastní zpracování]

5 Ověření nové metody v praxi

Tato kapitola je klíčovou částí diplomové práce. Shrnuje nový metodický přístup využitý při hodnocení celkové fyzické zátěže, měřicí techniku a zařízení a v neposlední řadě i zařazení pracovní pozice do tří kategorií práce. Kategorizace prací je základním nástrojem hodnotícím vliv práce na zdraví pracovníka, proto je brán důraz na jeho správné určení. Vypočtená kategorie práce nám umožňuje posoudit intenzitu práce, kterou osoba vykonává vzhledem k její maximální pracovní kapacitě a zároveň nám říká, zda je pracovní zátěž lehká, středně těžká nebo těžká či je pro danou osobu přiměřená a bezpečná. Tato oblast nicméně slouží k primární ochraně pracovníků, zejména v předepisování bezpečnostních přestávek, výzvam k postoupení častějších lékařských prohlídek nebo stanovení rotace na pracoviště, která nejsou riziková pro zdraví pracovníků. Povinnost kategorizovat je dána zákonem a legislativně jsou dány základní podmínky pro tuto oblast. Důležitou roli při zvolení správné kategorie hrají orgány ochrany veřejného zdraví, zdravotní ústavy a další autorizované laboratoře fyziologie práce, kterým může sloužit nová metoda hodnocení celkové fyzické zátěže, jež je klíčová pro zahrnutí povolání do příslušné kategorie práce.

Cílem výzkumu je vyhodnocení správnosti zařazení povolání do příslušné kategorie práce. V současném způsobu hodnocení celkové fyzické zátěže na základě přílohy č. 1 k vyhlášce č. 432/2003 Sb. pomocí metody měření srdeční frekvence jsou měřeni vždy dva pracovníci stejné profese. [11] Výsledky měření průměrné směnové srdeční frekvence jsou zprůměrovány a slouží jako podklad pro zařazení práce do příslušné kategorie. V tomto způsobu není vůbec zohledňován věk pracovníků a v průměrné směnové srdeční frekvenci se neodrazí klidová srdeční frekvence. Tento postup může hrát významnou roli v nepřesnosti zařazení měřené práce do následné kategorie. Proto je vytvořena celá tato diplomová práce, která by měla přinést zpřesnění celého výpočtu a stanovení přesnější kategorie práce dle predispozic pracovníků.

Současný i nově navrhovaný způsob metody měření srdeční frekvence se týká zejména průmyslové praxe, například svářečů, obráběčů, výrobních dělníků, obsluhy strojů, stavebních dělníků, provozních zámečníků, strojníků chemické úpravy vody a údržby, manipulačních dělníků, servisních techniků, skladníků atd.

V rámci tohoto výzkumu byla zkoumána skupina žen a mužů z české populace ve věku 19–57 let, u kterých se ověřovala přesnost stávající metody posuzování celkové fyzické zátěže s novou metodou zařazení práce. Celkem bylo změřeno 48 mužů a 12 žen, tj. 30 rozdílných povolání. **Vstupními parametry je zejména popis pracovní pozice, věk, pohlaví, výška a váha měřené osoby. Z příslušného zařízení, tj. hodinek pro zobrazení srdeční frekvence je zjištěna klidová srdeční frekvence (HR_0), průměrná srdeční frekvence (HR_{wm}) a nejvyšší naměřená srdeční frekvence během hlavní pracovní operace.** Ve srovnání stávajícího hodnocení a navrhovaného výpočtu dochází zejména k změně kategorie práce. Tato změna je vždy v prvním nastání situace popsána. V příloze jsou uvedeny souhrnné tabulky, které kompletně shrnují informace o všech participantech s rozdělením dle jednotlivých osob zúčastněných na tomto experimentu. **Nicméně v tomto srovnávacím výzkumu je zahrnuto pouze měření na základě srdeční frekvence.** V praktickém použití kategorii práce ovlivňuje i překračování další limitů, které se v rámci kategorizační vyhlášky hodnotí, např. manipulování břemen atd.

První experiment byl proveden u povolání kontrolor, který v rámci pracovních činností provádí kontrolu příjmu zboží. Pracovní náplní je zejména kontrola určitých parametrů jako je například stav zboží, trvanlivost, gramáž, země původu a počet kusů. Pracovník obdrží průměrně 150–200 ks palet se zbožím, z toho cca 50 palet je zkontrolováno náhodným vzorkem zboží (3

balíky). V případě 16 palet se stejným druhem zboží zaměstnanec kontroluje průměrně 3 palety. V rámci jedné palety pracovník ideálně kontroluje zboží v horním, středním i spodním patře, přičemž má k dispozici mobilní vozík s kontrolní vahou a zvedací plošinou. Po provedení kontroly vytiskne pracovník etikety, kterými polepí palety se zbožím a zboží uloží zpět do krabice či přepravky na paletě. Jak již vyplývá z popisu, je práce vykonávána vestoje s přecházením po pracovišti. Pracovníci musí splňovat interní předpisy bezpečnosti provozu. V první řadě musí mít bezpečnou obuv pro výkon tohoto povolání. Pro směny neexistuje zavedený standard, v průměru zaměstnanec zkontroluje kolem 50 palet se zbožím. Hodnocena byla práce mužů, která je vykonávána v ranních směnách. Ranní směna je stanovena od 6:00 hod do 14:30 hod. K dispozici mají pracovníci 30minutovou přestávku na jídlo a oddech. Pracovní směna trvá 510 minut, čistého času práce je 480 minut. Měření byli následující dva pracovníci s těmito vstupními údaji potřebnými k určení náležité kategorie práce.

Kontrolor č. 1:

- Věk: 41 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 189 cm,
- Váha: 101 kg,
- HR₀: 83 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 86,57 tepů/minutu.

Kontrolor č. 2:

- Věk: 41 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 171 cm,
- Váha: 110 kg,
- HR₀: 87 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 101,64 tepů/minutu.

Při stávajícím hodnocení jsou obě pracovní pozice zařazeny do 2. kategorie, protože nepřekračují hygienické limity uvedené ve vyhlášce, tj. nepřekračují limit 92–102 tepů/minutu. [11] V rámci nového hodnocení jsou uvedené hodnoty %Mprac (brutto) určující kategorizaci, menší než hraničních 24 % maximální pracovní kapacity 45letého průměrně zdatného muže, která byla nastavena v této studii pro první kategorii práce. Nicméně záleží na zaměstnavateli a krajské hygienické stanici, zda by schválila první kategorii práce. Pokud by se tak nestalo, akreditovaní pracovníci by měřenou profesí zařadili do 2. kategorie práce.

Tab. 5-1 – Výpočet CFZ pro povolání kontrolor – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Kontrolor č. 1	Kontrolor č. 2
HR _{wm}	86,57 tepů/minutu	101,64 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	2 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(86,57 + 101,64) / 2 = 94,105 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-2 – Výpočet CFZ pro povolání kontrolor – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Kontrolor č. 1	Kontrolor č. 2
Individuální hodnocení	15,554 %	25,517 %
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	2 kategorie
Přepoččet na kategorizaci: Mprac (brutto)	86,468 W/m ²	160,666 W/m ²
Přepoččet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	16,050 %	26,406 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	21,228 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	1 kategorie	

Další experiment byl proveden u operátorů výroby, resp. operátorů autoklávu. Pracovní náplní těchto operátorů je vložení hadice s malým průměrem na slabé trny a poté trny se postříkají gelem. Hadičky jsou namáčeny do gelu a následně nasouvány na trny, kde jsou upevněny čepičkami. Vozík s trny je poté vložen do autoklávu s následným spuštěním cyklu. Mezitím se hadice odnáší do pračky. Po dokončení cyklu se vozík vyveze, čepičky se sundají a hadice se sundávají z trnů. Tento postup se poté opakuje. Proměřeny a hodnoceny byly dvě ženy, které pracují v třísměnném provozu po dobu 8hodinových směn. Pracovnice mají 25minutovou přestávku na oběd a jednu 5minutovou přestávku. Ranní směna trvá od 6:00 do 14:00, odpolední směna od 14:00 do 22:00 a noční směna od 22:00 do 6:00.

Operátor výroby č. 1:

- Věk: 20 let,
- Pohlaví: Žena,
- Výška: 168 cm,
- Váha: 69 kg,
- HR₀: 71 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 95,84 tepů/minutu.

Operátor výroby č. 2:

- Věk: 21 let,
- Pohlaví: Žena,
- Výška: 172 cm,
- Váha: 80 kg,
- HR₀: 77 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 102,54 tepů/minutu.

Podle současného hodnocení měřené práce jsou obě pracovní pozice zařazeny do 2. kategorie, protože nepřekračují hygienické limity stanovené vyhláškou, tj. není překračován hygienický limit 102 tepů/minut. [11] Nicméně pokud by nedocházelo k průměrování směnové srdeční frekvence pro určení kategorie práce, u druhého operátora výroby by došlo zařazení do třetí kategorie práce. V rámci nastavení nového hodnocení měřené práce je následná kategorizace stanovena jako průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků vztažených k 45leté ženě. Z tohoto výpočtu je následně stanovena třetí kategorie práce. Zaměstnavatel je povinen zajistit bezpečnostní přestávky, zatímco zaměstnanci podstupují častější lékařské prohlídky nebo rotují na pracoviště, která nejsou riziková pro jejich zdraví.

Tab. 5-3 – Výpočet CFZ pro povolání operátor výroby – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Operátor výroby č.1	Operátor výroby č. 2
HR _{wm}	95,84 tepů/minutu	102,54 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(95,84 + 102,54) / 2 = 99,19 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-4 – Výpočet CFZ pro povolání operátor výroby – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Operátor výroby č.1	Operátor výroby č.2
Individuální hodnocení	30,904 %	31,737 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	2 kategorie
Přepočítání na kategorizaci: Mprac (brutto)	143,295 W/m ²	156,413 W/m ²
Přepočítání na kategorizaci: %Mprac (brutto)	38,347 %	39,106 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	38,727 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

Následným analyzovaným povoláním jsou pracovníci zabývající se vykládkou tašek z lanovky. V rámci pracovní činnosti nejprve postupně probíhá odebírání tašek z lanovky s následným pokládáním na prázdné kazety, které jsou umístěny na pásu. Jakmile jsou tašky naplněny do kazet, pracovník stiskne ovládací zařízení a plné kazety odjedou na pásu. Po tomto úkonu přijedou nové prázdné kazety. Tento proces se opakuje, dokud není vůz plný. Po zaplnění vozu pracovník zaznamená čas a počet kusů, včetně počtu vadných kusů do pracovního sešitu a počítače. Poté se pracovník přesune na pracovní pozici obsluha třídění tašek – nakládka na lanovku. S touto pozicí se pracovník střídá po 30–45 minutách, v závislosti na sortimentu výroby a dokončení vozu. Práce je vykonávána vestoje s přecházením mezi pracovišti. Na pracovní pozici obsluha třídění tašek – vykládka z lanovky pracují 3 muži, kteří se zároveň střídají i na další pozici – nakládka na lanovku.

Pracovník naskladňování č. 1:

- Věk: 52 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 185 cm,
- Váha: 88 kg,
- HR₀: 78 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 114 tepů/minutu.

Pracovník naskladňování č. 2:

- Věk: 50 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 175 cm,
- Váha: 80 kg,
- HR₀: 64 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 82 tepů/minutu.

V rámci současného stanovení je hodnocena průměrná srdeční frekvence měřených pracovníků. Nicméně nařízení vlády č. 361/2007 Sb. stanovuje, že zvýšení tepové frekvence nad klidovou tepovou frekvenci nesmí průměrně přesáhnout hranici 28 tepů/minutu. [10] Zvýšení bylo dosaženo u prvního měřeného pracovníka naskladňování, ale průměrná hodnota je stále pod zákonnou limitní hodnotou. Proto byla i nadále tato práce zařazena pod druhou kategorii. U nového výpočtu dochází k překročení hranice 33 % maximální pracovní kapacity 45letého muže, proto je výsledná kategorie hodnocené práce zahrnuta do třetí kategorie.

Tab. 5-5 – Výpočet CFZ pro povolání pracovník naskladňování – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Pracovník naskladňování č. 1	Pracovník naskladňování č. 2
HR _{wm}	114 tepů/minutu	82 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	1 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(114 + 82) / 2 = 98 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-6 – Výpočet CFZ pro povolání pracovník naskladňování – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Pracovník naskladňování č. 1	Pracovník naskladňování č. 2
Individuální hodnocení	46,936 %	27,954 %
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	2 kategorie
Přepočet na kategorizaci: Mprac (brutto)	221,294 W/m ²	132,411 W/m ²
Přepočet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	43,778 %	26,578 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	35,178 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

V rámci prováděného experimentu byla zkoumána práce elektromechaniků, kteří se zabývají montáží trolejbusů. Provedené měření a hodnocení práce bylo zaměřené na muže a týkalo se práce prováděné v jednosměnném režimu (R). Pracovníci mají osmihodinové směny, které trvají od 6:00 do 14:00. Během směny mají k dispozici 30minutovou přestávku na oběd a 10minutovou technologickou přestávku. Pokud provádějí práci na střeše se zvednutými horními končetinami, mají nárok na dvě 10minutové přestávky. Celková délka směny je 480 minut, přičemž čistý pracovní čas činí 440 nebo 430 minut. V rámci diplomové práce byly vybrány činnosti, které tvoří největší část pracovní doby, a to:

- Kompletní příprava drátů – zabírá přibližně 25 % směny a provádí se u stolu.
- Elektroinstalace v kabině – tvoří přibližně 25 % směny a provádí se vestoje.
- Elektroinstalace na střeše – zabírá přibližně 50 % směny a vyžaduje práci na střeše trolejbusu, často vkleče nebo v dřepu.

Pracovník provádí montáž elektroinstalace do trolejbusů, což zahrnuje přípravu podsestav, jejich zapojení, umístění a propojení s trolejbusem. Součástí práce je také zapojení měniče klimatizace a střešní jednotky. Na střešní jednotce pracovník propojuje jednotlivé kabely, odhaluje je a připojuje je do svornic. Práce na střeše trolejbusu se provádí převážně vkleče nebo v dřepu. Kompletní příprava drátů se provádí vestoje u pracovního stolu nebo případně vsedě. Práce v kabině trolejbusu se vykonává vestoje se zapojením obou horních končetin.

Průměrně pracovník tráví na montáži trolejbusu přibližně 250 hodin. Na střešní jednotce stráví pracovník přibližně 9 hodin a na měniči klimatizace cca 3 hodiny. K provádění práce využívá pracovník paletový vozík průměrně jednou za hodinu. Při manipulaci s těžšími břemeny se používá paletový vozík. Na pracovním místě pracují jak muži, tak ženy.

Elektromechanik montáž trolejbusů č.1:

- Věk: 24 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 172 cm,
- Váha: 74 kg,
- HR₀: 59 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 80 tepů/minutu.

Elektromechanik montáž trolejbusů č.2:

- Věk: 25 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 183 cm,
- Váha: 78 kg,
- HR₀: 67 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 75 tepů/minutu.

Pracovník příslušného úřadu v tomto případě stanovuje první kategorii práce při stávajícím způsobu hodnocení měřené práce. Navrhovaný výpočet již měřenou prací zařadil do druhé kategorie práce.

Tab. 5-7 – Výpočet CFZ pro povolání elektromechanik montáže trolejbusů – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Elektromechanik montáž trolejbusů č.1	Elektromechanik montáž trolejbusů č.2
HR _{wm}	80 tepů/minutu	75 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	1 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(80 + 75) / 2 = 77,5 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	1 kategorie	

Tab. 5-8 – Výpočet CFZ pro povolání elektromechanik montáže trolejbusů – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Elektromechanik montáž trolejbusů č.1	Elektromechanik montáž trolejbusů č.2
Individuální hodnocení	26,136 %	17,991 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	1 kategorie
Přepočet na kategorizaci: Mprac (brutto)	147,554 W/m ²	98,789 W/m ²
Přepočet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	30,718 %	20,782 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	25,750 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Analyzována byla také práce dělníků provádějící broušení bubnů. Pracovník v rámci průměrné 8hodinové směny vykonává zejména tyto činnosti:

- Broušení 68 minut (cca 14 % ze směny),
- Čištění 168 minut (cca 35 % ze směny),
- Manipulace 168 minut (cca 35 % ze směny),
- Ostatní 26 minut (cca 5,5 % ze směny),
- Přestávky 50 minut (cca 10,5 % ze směny).

Pracovník na začátku směny umístí buben na rotační válečky podle jeho váhy a velikosti pomocí jeřábu nebo elektrického ručně ovládaného vozíku. Poté pracovník obrušuje bočnice bubnu zvenku pomocí úhlové brusky s lamelovým kotoučem a sváry v místě pro výdřevu brusným kotoučem. Dále obrušuje sváry na bočnicích v prostoru pro navíjení a také svár spoje korpusu v tomto prostoru. Následně upravuje vstupy pro kabel pomocí brusky a dokončuje hrany pilníkem. Poté obrušuje rampu pomocí brusky, na velkém ráfku vytváří úkosy a celý buben čistí od rozstřiku ze svařování pomocí škrabky, sekáče a pilníku. Po dokončení práce přemísťuje buben na předem stanovené místo. Tato práce se vykonává buď vestoje s pohybem po pracovišti nebo vsedě.

Pracovník používá úhlovou brusku, sekáč, škrabku, pilník, elektrický ručně ovládaný vozík a mostový jeřáb. K osobním ochranným pracovním prostředkům patří pracovní oděv, obuv, rukavice, ochranné brýle, štít se systémem odsávání a sluchová ochrana. Hmotnost ručně

manipulovaného břemene nepřesahuje 15 kg. Pracovník ručně manipuluje pouze s náradím a řetězy. Norma pro tuto práci za směnu není stanovena. Proměřena a hodnocena byla práce mužů, která je vykonávána v jednosměnném provozu (ranní). Pracovníci pracují v 8hodinových směnách od 6:00 hod do 14:00 hod. K dispozici mají 30minutovou přestávku na oběd a dvě 10minutové bezpečnostní přestávky. Pracovní směna trvá 480 minut, čistého času práce je 430 minut.

Dělník č.1:

- Věk: 50 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 172 cm,
- Váha: 94 kg,
- HR₀: 85 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 103 tepů/minutu.

Dělník č.2:

- Věk: 45 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 175 cm,
- Váha: 85 kg,
- HR₀: 82 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 107 tepů/minutu.

Dle stávajícího hodnocení musí být dle příslušné legislativy vypočtena průměrná směnová srdeční frekvence měřených pracovníků. Tato hodnota v tomto případě přesahuje dosud platný limit pro druhou kategorii práce (tj. 92–102 tepů/minutu), tudíž je profese zařazena do třetí kategorie práce. [11] Nicméně v rámci návrhového nového výpočtu není překračován limit 33 % maximální pracovní kapacity 45letého průměrně zdatného muže, proto může být práce zařazena do druhé kategorie práce.

Tab. 5-9 – Výpočet CFZ pro povolání dělník – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Dělník č. 1	Dělník č. 2
HR _{wm}	103 tepů/minutu	107 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(103 + 107) / 2 = 105 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

Tab. 5-10 – Výpočet CFZ pro povolání dělník – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Dělník č. 1	Dělník č. 2
Individuální hodnocení	30,698 %	35,955 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	3 kategorie
Přepočet na kategorizaci: Mprac (brutto)	161,318 W/m ²	185,487 W/m ²
Přepočet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	29,144 %	35,955 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	32,550 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Dalším měřením povoláním jsou pracovníci v oddělení dopravy zabývající se zavážením zboží ze skladu jednoho obchodního řetězce přímo k zákazníkům. Byla provedena analýza a hodnocení práce mužů, kteří pracují v jednosměnném provozu. Pracovníci v denní směně pracují po dobu 10 hodin. Směna začíná v 7:30 hod nebo v 8:30 hod a končí v 18:15 hod nebo v 19:15 hod. Během směny mají k dispozici 30minutovou přestávku na jídlo a odpočinek a také 15minutovou technologickou přestávku. Celková doba pracovní směny je 600 minut. Řidiči

mají k dispozici tři typy dodávek: doručení zboží k chodníku, doručení za první zamykatelné dveře a vynesení zboží do bytu. Při své práci řidiči využívají různé nástroje jako jsou rudl, schodišťový rudl, skate a popruhy. V 95 % případů jezdí pracovníci ve dvojicích, ale v případě nepřítomnosti druhého řidiče se řidič menších palet (do 600 kg) stará sám. Řidiči mají standardně tři časová okna pro své výjezdy:

- Ráno (8:00 hod – 12:00 hod) – zboží do 1000 kg,
- Odpoledne (12:00 hod – 16:00 hod) – zboží do 900 kg,
- Pozdní odpoledne (16:00 hod – 20:00 hod) – zboží do 600 kg.

Po prvním kole mají pracovníci 30minutovou pauzu na oběd, během druhého nebo třetího kola se stavují na svačinu v obchodním domě (cca 15 min). Měření řidiči měli následující várky:

- ráno (7:30 – 12:00) – 980 kg,
- odpoledne (12:00 – 13:30) – 974 kg,
- pozdní odpoledne (14:00 – 17:40) – 420 kg.

Řidič č.1:

- Věk: 39 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 178 cm,
- Váha: 95 kg,
- HR₀: 81 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 99,07 tepů/minutu.

Řidič č.2:

- Věk: 55 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 188 cm,
- Váha: 91 kg,
- HR₀: 59 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 87,84 tepů/minutu.

Oba řidiči byli podrobena měření srdeční frekvence pro stanovení kategorie práce. V rámci měření u pracovníka došlo k výskytu 150 tepů/minut v průběhu směny. Při stávajícím hodnocení je určena třetí kategorie práce. Jinak tomu není ani při novém hodnocení, kde je překračována hranice krátkodobé únosné práce na úrovni 70 % maximální pracovní kapacity, resp. VO₂max 45letého průměrně zdatného muže. Pokud bychom nezaznamenali tento výskyt je hodnocená práce zařazena v obou případech do druhé kategorie (viz tabulka č. 5-9 a tabulka č. 5-11). [10] [11]

Tab. 5-11 – Výpočet CFZ pro povolání řidič – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Řidič č.1	Řidič č.2
HR _{wm}	99,07 tepů/minutu	87,84 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	1 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	$(99,07 + 87,84) / 2 = 93,455$ tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie – výskyt 150 tepů/minutu	

Tab. 5-12 – Výpočet CFZ pro povolání řidiče – nový způsob (krátkodobě přípustná SF) [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení – krátkodobě přípustná SF</i>	Řidič č.1	Řidič č.2
Individuální hodnocení	72,941 %	84,800 %
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	3 kategorie
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: Mprac2 (brutto):	417,196 W/m ²	394,057 W/m ²
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: %Mprac (brutto)	76,801 %	77,364 %
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	3 kategorie

Tab. 5-13 – Výpočet CFZ pro povolání řidič – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Řidič č.1	Řidič č.2
Individuální hodnocení	28,050 %	36,345 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	3 kategorie
Přepočtená hodnota na kategorizaci: Mprac (brutto)	159,872 W/m ²	169,752 W/m ²
Přepočtená hodnota na kategorizaci: %Mprac (brutto)	29,431 %	33,327 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	31,379 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Do této práce byla měřena práce pracovníků internetového prodeje, jejichž pracovní náplní je kompletace online objednávek. V rámci začátku směny si nejprve připraví nákupní vozík s plastovými košíky a připojí etikety s čísly a kódy objednávek na košíky ve vozíku. Poté pomocí čtečky načte kódy z nalepených etiket a zobrazí se jí seznam objednaného zboží s označením polic v obchodě. Postupně vyhledá zboží ze seznamu na policích, načte kódy zboží, vloží je do papírových tašek nebo plastových sáčků a umístí do košíků podle příslušných objednávek. V případě, že požadované zboží není skladem, pracovníce musí nahradit daný výrobek podobným výrobkem se stejnou váhou a cenou, pokud je to možné. Hotové objednávky na vozíku pak odveze do skladu pro internetový obchod, načte kód pro ukončení objednávky a uloží vozík s košíky do skladu. Poté si pracovníce vezme nové etikety s objednávkami a začíná plnit nové objednávky.

Práce je vykonávána vestoje s přecházením a občasným dřepem nebo klekem. Občas je potřeba přenášet břemena do váhy 15 kg. Tato pracovní pozice je zařazena do třídy práce IIIa podle NV 361/2007 Sb. [10] Normou stanoveným pro tuto práci je 168 připravených položek za hodinu na osobu. Proměřena a hodnocena byla práce žen, která je vykonávána v jednosměnném provozu (R) v 8hodinových směnách, směna od 6:00 – 14:00 hod. Pracovníce mají k dispozici přestávku na oběd 30 minut. Směna je celkem 510 minut, čistého času práce je 480 minut.

Pracovnice online prodeje č.1:

- Věk: 23 let,
- Pohlaví: žena,
- Výška: 168 cm,
- Váha: 58 kg,
- HR₀: 86 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 86,21 tepů/minutu.

Pracovnice online prodeje č.2:

- Věk: 22 let,
- Pohlaví: žena,
- Výška: 173 cm,
- Váha: 62 kg,
- HR₀: 88 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 104,15 tepů/minut.

Měření probíhalo u dvou žen s výše uvedenými vstupními parametry. V rámci záznamu srdeční frekvence došlo ke krátkodobému překročení 150 tepů/minutu u obou pracovnic. Tento výskyt zapříčil, ve stávajícím hodnocení, zařazení měřené práce do kategorie třetí, avšak pokud by nedošlo k překročení, byla by zkoumaná práce zařazena do druhé kategorie. Nový kalkulátor v příslušné záložce *Krátkodobě přípustná – ženy* dokáže zařadit povolání dle stanoveného limitu 70 % maximální pracovní kapacity 45leté ženy do druhé nebo třetí kategorie práce. V tomto případě by po korekci na 45letou pracovnici došlo k překročení stanoveného limitu 70 % a zařazení práce do třetí kategorie. V případě zaměření čistě na pracovnice bez korigace na „fiktivního“ 45letého pracovníka, si lze všimnout dodržení limitu 70 % maximální pracovní kapacity (viz. Tabulka č. 5-13). Nikoliv jako v předchozím případě, kde probíhalo měření u dvou řidičů nejmenovaného obchodního řetězce.

Tab. 5-14 – Výpočet CFZ pro povolání pracovnice online prodeje – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Pracovnice online prodeje č.1	Pracovnice online prodeje č.2
HR _{wm}	86,21 tepů/minutu	104,15 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(86,21 + 104,15) / 2 = 95,18 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie – výskyt 150 tepů/minutu	

Tab. 5-15 – Výpočet CFZ pro povolání pracovnice online prodeje – nový způsob (krátkodobě přípustná SF) [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení – krátkodobě přípustná SF</i>	Pracovnice online prodeje č.1	Pracovnice online prodeje č.2
Individuální hodnocení	66,424 %	65,204 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	2 kategorie
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: Mprac2 (brutto):	274,057 W/m ²	276,014 W/m ²
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: %Mprac (brutto)	81,042 %	80,238 %
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	3 kategorie

Tab. 5-16 – Výpočet CFZ pro povolání pracovníce online prodeje – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Pracovnice online prodeje č.1	Pracovnice online prodeje č.2
Individuální hodnocení	15,306 %	27,753 %
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	2 kategorie
Přepočet na kategorizaci: Mprac (brutto)	60,840 W/m ²	115,763 W/m ²
Přepočet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	17,991 %	33,653 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	25,822 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Dále byla proměřena a hodnocena práce operátorů lakovny, kde pracovník v rámci svých pracovních činností obsluhuje lakovací linku, tzn. navěšuje a svěšuje plechy a háčky. Pracovník připravuje materiál pro navěšování na policový vozík s kolečky a přemísťuje ho na pracoviště navěšování. Na pracovišti pracovník navěšuje úchytné háčky a na ně pak připevňuje materiál. Další jeho činností je svěšování, které se provádí po nalakování dílů. Pracovník připravuje policové vozíky s kolečky, svěsí materiál na háčky a umístí ho do vozíků. Poté vozíky přesune na předem určené místo pro export. Na konci pracovní směny pracovník odstraňuje pomocné háčky. Součástí práce je také administrativa a práce na počítači. Práce se vykonává vestoje a zahrnuje přecházení po pracovišti.

Během jedné směny pracovník navěsí přibližně 540 plechů a 960–2000 háčků. Dále během směny svěsí přibližně 540 plechů a 960–2000 háčků (celkový počet pohybů je vypočítán na základě průměrného počtu 1 500 háčků za směnu). Váha menších dílů je přibližně 0,5 kg a představují přibližně 20% produkce. Váha středních dílů je průměrně 10 kg a tvoří přibližně 40% produkce. Váha větších dílů je průměrně 15 kg a více a tvoří přibližně 40% produkce. Výjimečně se vyskytují díly o váze 25 kg, které jsou těžší. Manipulace s většími a těžšími díly vyžaduje práci dvou pracovníků. Háčky mají váhu 0,55 kg (malé háčko) a 1,77 kg (velké háčko). Na pracovišti navěšování a svěšování pracují jak muži, tak ženy. Ženy se věnují pomocným pracím, zajišťují logistiku a administrativu (práce s počítačem) a v případě potřeby pomáhají mužům s navěšováním a svěšováním.

Proměřena a hodnocena byla práce mužů, která je vykonávána ve třísměnném provozu (R, O, N). Pracovníci pracují v 8hodinových směnách, ranní směna od 6:00 hod do 14:00 hod, odpolední směna od 14:00 hod do 22:00 hod a noční směna od 22:00 hod do 6:00 hod. K dispozici mají 30minutovou přestávku na oběd a 15minutovou bezpečnostní přestávku. Směna je celkem 480 minut, čistého času práce je 435 minut.

Operátor lakovny – navěšování č.1:

- Věk: 27 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 173 cm,
- Váha: 90 kg,
- HR₀: 65 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 103 tepů/minutu.

Operátor lakovny – navěšování č.2:

- Věk: 22 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 183 cm,
- Váha: 72 kg,
- HR₀: 71 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 107 tepů/minutu.

Měření byli dva mužští pracovníci lakovny s výše uvedenými antropometrickými charakteristikami, výchozí klidovou srdeční frekvencí a průměrnou srdeční frekvencí. Jak již

bylo zmíněno v předchozích dvou případech, i v této analýze byla zaznamenána přístrojem srdeční frekvence na úrovni 150 tepů/minutu. Zároveň byl u obou měřených pracovníků zjištěn nárůst srdeční frekvence oproti klidovému nad 28 tepů/minutu. Tyto hlediska pak následně zařazují práci do třetí kategorie dle současného hodnocení. Podíváme-li se na nový návrh výpočtu, je zřejmé zařazení obou pracovníků do třetí kategorie práce z hlediska překročení limitu 70 % maximální pracovní kapacity 45letého průměrně zdatného muže. I v případě nezahrnutí překročení krátkodobě přípustné srdeční frekvence (tj. 150 tepů/minutu), je práce i tak zařazena do třetí kategorie.

Tab. 5-17 – Výpočet CFZ pro povolání operátor lakovny navěšování – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Operátor lakovny – navěšování č.1	Operátor lakovny – navěšování č.2
HR _{wm}	103 tepů/minutu	107 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(103 +107) / 2 = 105 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie – výskyt 150 tepů/minutu	

Tab. 5-18 – Výpočet CFZ pro povolání operátor lakovny navěšování – nový způsob (krátkodobě přístupná SF) [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení – krátkodobě přípustná SF</i>	Operátor lakovny – navěšování č.1	Operátor lakovny – navěšování č.2
Individuální hodnocení	72,103 %	69,343 %
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	2 kategorie
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: Mprac2 (brutto):	451,109 W/m ²	383,953 W/m ²
Korigovaná hodnota na 45letého pracovníka: %Mprac (brutto)	83,915 %	84,577 %
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	3 kategorie

Tab. 5-19 – Výpočet CFZ pro povolání operátor lakovny navěšování – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Operátor lakovny – navěšování č.1	Operátor lakovny – navěšování č.2
Individuální hodnocení	38,568 %	38,399 %
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	3 kategorie
Přepoččet na kategorizaci: Mprac (brutto)	239,962 W/m ²	210,878 W/m ²
Přepoččet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	44,638 %	46,452 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	45,545 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

Proměřena a hodnocena byla také práce mužů na pozici pracovníka vychystávky. V rámci pracovní činnosti provádí pracovník vychystávku zboží (míchaných a celých palet). Nejprve si musí připravit prázdnou paletu na elektrický paletový vozík a poté dle instrukcí ze sluchátka kompletuje zboží na paletu. Po zkompletování paletu obalí fólií a odveze ji na místo pro výdej. Pracovník je dále zodpovědný za rozvoz palet z příjmu. Práce je vykonávána vestoje s přecházením po pracovišti. Pracovníci musí splňovat interní předpisy bezpečnosti provozu. Základem jsou pracovní pomůcky včetně obuvi. Norma za směnu není stanovena, přičemž na této pracovní pozici pracují výhradně muži. Práce je vykonávána v noční směně, která je od 17:00 hod do 1:30 hod. V rámci směny mají pracovníci nárok na 30minutovou přestávku na jídlo a oddech a 4 bezpečnostní přestávky po 5 minutách. Pracovní směna trvá 510 minut, čistého času práce je 460 minut.

Pracovník vychystávky č. 1:

- Věk: 35 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 185 cm,
- Váha: 85 kg,
- HR₀: 81 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 88,5 tepů/minutu.

Pracovník vychystávky č. 2:

- Věk: 22 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 187 cm,
- Váha: 97 kg,
- HR₀: 89 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 103,68 tepů/minutu.

Měření byli dva muži s výše uvedenými vstupními údaji. V rámci současného způsobu měření nepřekračují dosud platné hygienické limity stanovené zákonem České republiky. Proto je stanovena, u těchto pracovníků, druhá kategorie práce. I u nového způsobu výpočtu celkové fyzické zátěže je stanovena u této měřené práce druhá kategorie.

Tab. 5-20 – Výpočet CFZ pro povolání pracovníka vychystávky – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Pracovník vychystávky č. 1	Pracovník vychystávky č. 2
HR _{wm}	88,5 tepů/minutu	103,68 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(88,5 + 103,68) / 2 = 96,09 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-21 – Výpočet CFZ pro povolání pracovníka vychystávky – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Pracovník vychystávky č. 1	Pracovník vychystávky č. 2
Individuální hodnocení	18,974 %	23,716 %
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	1 kategorie
Přepočten na kategorizaci: Mprac (brutto)	101,284 W/m ²	151,619 W/m ²
Přepočten na kategorizaci: %Mprac (brutto)	20,440 %	28,583 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	24,512 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Další ověřující dvojicí byli zvoleni dva řidiči vysokozdvizného vozíku, kteří zaskladňují palety do regálů či ručně doplňují zboží do spádových regálů. Mezi pracovní pomůcky patří speciální obuv a oblečení do chladného prostředí, včetně termoprádla, kalhot, bundy, vesty, rukavic a čepice. Průměrně pracovník manipuluje s cca 100 položkami denně. Norma za směnu není stanovena. Práce je vykonávána v ranních a nočních směnách. Ranní směna trvá od 6:00 do 14:30 hodin a noční směna od 17:00 do 1:30 hodin. K dispozici mají pracovníci 30minutovou přestávku na jídlo i odpočinek a tři bezpečnostní přestávky po 10 minutách. Celková délka směny je 510 minut s čistým pracovním časem činícím 450 minut

Řidič VZV č. 1

- Věk: 50 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 179 cm,
- Váha: 122 kg,
- HR₀: 86 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 95,7 tepů/minutu.

Řidič VZV č. 2

- Věk: 26 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 180 cm,
- Váha: 97 kg,
- HR₀: 92 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 101,39 tepů/minutu.

Tab. 5-22 – Výpočet CFZ pro povolání řidič VZV – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Řidič VZV č. 1	Řidič VZV č. 2
HR _{wm}	95,7 tepů/minutu	101,39 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	2 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(95,7 + 101,39) / 2 = 98,545 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-23 – Výpočet CFZ pro povolání řidič VZV – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Řidič VZV č. 1	Řidič VZV č. 2
Individuální hodnocení	21,933 %	19,781 %
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	1 kategorie
Přepočtená na kategorizaci: Mprac (brutto)	130,131 W/m ²	124,674 W/m ²
Přepočtená na kategorizaci: %Mprac (brutto)	20,831 %	22,862 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	21,847 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	1 kategorie	

Další výzkum byl proveden u pracovníků skladu. Pro účely ověření nového stanovení byly vybrány hlavní pracovní činnosti skladníků, a to expedice zboží a příjem materiálu. V rámci expedice pracovník připravuje palety za elektrickým tahačem, v hale vyhledává dle příslušné dokumentace hotové palety a ty přepravuje do skladu. Poté pracovník scannerem naskenuje každou přepravku zvlášť, provede soupis a vytiskne štítky. V některých případech přesune přepravky na jinou paletu, nalepí štítek, převáže páskou a obalí fólií. Následně paletu pomocí vozíku doveze na místo pro expedici. Průměrně skladník připraví za směnu asi 12 palet. Tato práce kombinuje práci vestoje a vsedě při obsluze vysokozdvizného vozíku i v kanceláři při přípravě dokumentů.

Při druhé části pracovních činností, tj. příjmu materiálu, pracovník rozváží součástky a materiál na určená místa na výrobní hale a odváží prázdné přepravky a vozíčky zpět do skladu k

naplnění. Dále pracovník musí rozbalovat nově přivezené palety od dodavatelů, které rozdělí podle typu materiálu na jednotlivé vozíčky a rozveze je do výroby. Průměrně skladník za směnu vyskládá a rozdělí 20 palet, dle denního příjmu. Práce se provádí vstoje s přecházením po skladě a hale.

Práce je vykonávána v dvousměnném provozu (R, O) nebo třisměnném provozu (R, O, N) se směnou trvající 8 hodin. Ranní směna je od 6:00 hod do 14:00 hod, odpolední směna od 14:00 hod do 22:00 hod a noční směna od 22:00 hod do 6:00 hod. Pracovníci mají k dispozici 20minutovou a 10minutovou přestávku.

V rámci výzkumu byly analyzovány dvě pracovnice skladu, jejichž vstupní parametry jsou následující:

Skladník č. 1

- Věk: 57 let,
- Pohlaví: Žena,
- Výška: 170 cm,
- Váha: 72 kg,
- HR₀: 57 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 77 tepů/minutu.

Skladník č. 2

- Věk: 57 let,
- Pohlaví: Žena,
- Výška: 172 cm,
- Váha: 98 kg,
- HR₀: 70 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 80,32 tepů/minutu.

Měření byly dvě ženy s výše uvedenými vstupními údaji. V rámci současného způsobu hodnocení je měřená práce zařazena do první kategorie. Nicméně v rámci nového nastavení došlo k přesunu měřené práce do druhé kategorie.

Tab. 5-24 – Výpočet CFZ pro povolání skladník – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Skladník č. 1	Skladník č. 2
HR _{wm}	77 tepů/minutu	80,32 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	1 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	$(77 + 80,32) / 2 = 78,66$ tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	1 kategorie	

Tab. 5-25 – Výpočet CFZ pro povolání skladník – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Skladník č. 1	Skladník č. 2
Individuální hodnocení	32,003 %	23,780 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	1 kategorie
Přepočtení na kategorizaci: Mprac (brutto)	106,897 W/m ²	94,023 W/m ²
Přepočtení na kategorizaci: %Mprac (brutto)	28,156 %	20,918 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	24,537 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Další měřené povolání je obsluha stroje, resp. dva pracovníci dohlížející na provoz kalandru. Pracovník plní extrudéry směsí z přepravek, která je následně pomocí dopravního pásu přemístěna do válců kalandru. Obsluha kalandru je prováděna pomocí elektronického ovladače, kde pracovník nastavuje specifické parametry. Při obsluze mondonu připravuje pracovník plastová pouzdra, na která se navíjejí galety. Také kontroluje navíjení galet a kvalitu produktu. Dále pracovník naskenuje kód, vytiskne štítky, nalepí je na galety a zajistí lepenkou proti rozmotání. Nakonec se galety uloží do chlazeného skladu. Součástí práce je údržba celé linky. Pracovník pracuje vestoje s přecházením. Norma za směnu je cca 200 galet. Váha manipulovaných přepravek se směsí je cca 250 kg a váha galet je cca 5-10 kg. Pracovník využívá ruční paletový vozík, elektrický ruční vozík a stromečkové stojany na převážení galet. V rámci ověření stávající kategorizace práce byli přizváni dva pracovníci těchto strojů. Práce je vykonávána ve třísměnném provozu (R, O, N) v 8hodinových směnách, směna od 6:00 – 14:00 hod. Pracovníci mají k dispozici 1x10 min přestávku a 1x25 min přestávku na oběd.

Obsluha stroje č. 1

- Věk: 31 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 176 cm,
- Váha: 81 kg,
- HR₀: 88 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 111,88 tepů/minutu.

Obsluha stroje č. 2

- Věk: 30 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 173 cm,
- Váha: 80 kg,
- HR₀: 90 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 115,31 tepů/minutu.

Tab. 5-26 – Výpočet CFZ pro povolání obsluha stroje– současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Obsluha stroje č. 1	Obsluha stroje č. 2
HR _{wm}	111,88 tepů/minutu	115,31 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	$(111,88 + 115,31) / 2 = 113,595$ tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

Tab. 5-27 – Výpočet CFZ pro povolání obsluha stroje – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Obsluha stroje č. 1	Obsluha stroje č. 2
Individuální hodnocení	33,533 %	35,117 %
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	3 kategorie
Přepočtená na kategorizaci: Mprac (brutto)	188,393 W/m ²	198,259 W/m ²
Přepočtená na kategorizaci: %Mprac (brutto)	37,455 %	39,464 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	38,582 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

Zajímavým povoláním zpřístupněným pro ověření nové metody CFZ je práce dvou traktoristů na pozicích přibližovačů dříví, jež pracují v jednosměnném provozu (ranní). Pracovníci pracují v 8hodinových směnách s 30minutovou přestávkou na oběd. Pracovní směna trvá 510 minut, čistého času práce je 480 minut. U pracovníků byly analyzovány pracovní činnosti na průměrnou pracovní směnu:

- | | |
|---|--------------------------------|
| • Jízda traktorem | 165 minut (cca 34 % ze směny), |
| • Vyklizování dříví – sestavení nákladu | 105 minut (cca 22 % ze směny), |
| • Uložení dříví na skládce | 140 minut (cca 30 % ze směny), |
| • Denní údržba | 30 minut (cca 6 % ze směny), |
| • Ostatní přípravné práce a rezerva | 40 minut (cca 8 % ze směny). |

Pracovník na pozici přibližovačů dříví provádí přibližování dřeva na traktoru. Před zahájením práce každé směny se provádí kontrola a údržba traktoru. Následně dochází k přípravě pracoviště, včetně označení pracoviště či přípravy skládek. Pracovník nasadí řetězy na vyklizované dříví pomocí pomůcky na provléknutí a posléze přiblíží dřevo k traktoru pomocí vysílačky. Poté odveze dříví na skládku, kde řetězy odhákne a uchytí zpět na traktor. Dřevo je následně zarovnáno a urovnáno na skládce. Celý proces se několikrát denně opakuje.

Práce se provádí vestoje s přecházením po pracovišti a vsedě při řízení traktoru. U této pracovní pozice musí být dodržena striktní bezpečnost práce. Ochranné pomůcky zahrnují pracovní obuv, pracovní oděv, rukavice, helmu a ochranu sluchu. Norma za směnu se liší podle vzdálenosti pracoviště a typu dřeva. Průměrně pracovník přiblíží 21 až 30 m³ dřeva za pracovní směnu. Tuto práci vykonávají pouze muži.

Traktorista č. 1:

- Věk: 51 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 175 cm,
- Váha: 92 kg,
- HR₀: 78 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 85,97 tepů/minutu.

Traktorista č. 2:

- Věk: 47 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 175 cm,
- Váha: 80 kg,
- HR₀: 86 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 103,02 tepů/minutu.

Tab. 5-28 – Výpočet CFZ pro povolání traktorista – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Traktorista č. 1	Traktorista č. 2
HR _{wm}	85,97 tepů/minutu	103,02 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(85,97 + 103,02) / 2 = 94,495 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-29 – Výpočet CFZ pro povolání traktorista – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Traktorista č. 1	Traktorista č. 2
Individuální hodnocení	20,893 %	29,879 %
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	2 kategorie
Přepočtená na kategorizaci: Mprac (brutto)	100,042 W/m ²	146,724 W/m ²
Přepočtená na kategorizaci: %Mprac (brutto)	19,937 %	29,450 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	24,694 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Na pracovišti pickingu se během pracovního dne pracovník věnuje činnostem ve skladu. Jeho úkoly zahrnují vybírání a přípravu zboží podle objednávek na palety, kontrolu průvodních dokumentů a balení palety pomocí automatické baličky. Poté je paleta přesunuta na kontrolní pracoviště. Dále se provádí expediční práce s využitím nízkozdvižného vozíku nebo jiné mechanizační techniky. Pracovník se také stará o údržbu manipulační techniky a udržování čistoty na pracovišti. Součástí jeho práce je také spolupráce při inventarizaci skladu a drobné úkoly na počítači. Pracovník převážně pracuje vestoje s pohybem po pracovišti a výjimečně sedí při práci u počítače. K plnění úkolů používá nůž, skener, manuální paletový vozík a elektrický paletový vozík. Mezi ochranné pomůcky patří pracovní obuv, pracovní oděv, reflexní vesta a případně i helma v určitých situacích. Pracovník v průměru připraví 4 palety se zbožím během jedné směny. Na pracovišti pracuje celkem 15 mužů a 1 žena, přičemž zkoumání byli dva muži s následujícími údaji.

Pracoviště picking č. 1

- Věk: 40 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 193 cm,
- Váha: 95 kg,
- HR₀: 80 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 100,61 tepů/minutu.

Pracoviště picking č. 2

- Věk: 34 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 180 cm,
- Váha: 78 kg,
- HR₀: 85 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 86,22 tepů/minutu.

Tab. 5-30 – Výpočet CFZ pro pracoviště picking – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Pracoviště picking č. 1	Pracoviště picking č. 2
HR _{wm}	100,61 tepů/minutu	86,22 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	1 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(100,61 + 86,22) / 2 = 93,415 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-31 – Výpočet CFZ pro pracoviště picking – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Pracoviště picking č. 1	Pracoviště picking č. 2
Individuální hodnocení	32,080 %	13,962 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	1 kategorie
Přepočítání na kategorizaci: Mprac (brutto)	169,970 W/m ²	71,655 W/m ²
Přepočítání na kategorizaci: %Mprac (brutto)	33,180 %	14,895 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	24,037 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Proměřena a znovu hodnocena byla práce pracovníků zabývajících se expedicí zboží. Pracovníci si nejprve připraví paletu na podval za elektrickým tahačem a přesunou se do výrobní haly. Na základě dokumentace vyhledává požadované hotové palety se zbožím, které připojí za tahač a přepraví je do skladu. Poté pracovník postupně skenuje každou přepravku, provádí soupis a tiskne štítky. V některých případech přesouvá přepravky na jinou paletu, přilepuje štítky, pevně je převazuje páskou a obaluje fólií podle požadavků daného zákazníka. Poté vozíkem přepraví paletu na místo pro expedici. Pracovník se také podílí na nakládce do přistaveného kamionu. Průměrně připraví během jedné směny přibližně 12 palet. Práce se provádí převážně vestoje s pohybem a občas vsedě, zejména při obsluze vysokozdvizného vozíku nebo v kanceláři při přípravě dokumentů.

Expedice č. 1:

- Věk: 57 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 172 cm,
- Váha: 72 kg,
- HR₀: 57 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 77,07 tepů/minutu.

Expedice č. 2:

- Věk: 57 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 172 cm,
- Váha: 98 kg,
- HR₀: 70 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 80,33 tepů/minutu.

Tab. 5-32 – Výpočet CFZ pro pracoviště expedice – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Expedice č. 1	Expedice č. 2
HR _{wm}	77,07 tepů/minutu	80,33 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	1 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	$(77,07 + 80,33) / 2 = 78,7$ tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	1 kategorie	

Tab. 5-33 – Výpočet CFZ pro pracoviště expedice – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Expedice č. 1	Expedice č. 2
Individuální hodnocení	29,939 %	22,279 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	1 kategorie
Přepočet na kategorizaci: Mprac (brutto)	128,968 W/m ²	114,563 W/m ²
Přepočet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	27,161 %	20,207 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	23,684 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	1 kategorie	

Dále byla provedena měření a hodnocení práce mužů pracujících ve skladě ve směně trvající od 8:00 do 16:00 hodin. Pracovníci pracují v osmihodinové směně s přestávkou na jídlo a odpočinkem trvající 30 minut. Celková délka pracovní směny je 480 minut, z toho čistý pracovní čas činí 450 minut. Procentuální rozdělení pracovních činností v průměrné osmihodinové směně je:

- Příprava na práci 22 minut (cca 5 % ze směny),
- Úklid 22 minut (cca 5 % ze směny),
- Práce ve skladu 90 minut (cca 20 % ze směny),
- Výměna a nabíjení autobaterií 90 minut (cca 20 % ze směny),
- Administrativní činnost 90 minut (cca 20 % ze směny),
- Prodej autobaterií a příprava objednávek z e-shopu 136 minut (cca 30 % ze směny).

V rámci své pracovní činnosti se pracovník zaměřuje na obsluhu skladu a prodejny autobaterií. Jeho úkoly zahrnují přesun palet s autobateriemi pomocí vysokozdvížného vozíku do určených míst ve skladu a umístění autobaterií do regálů. V případě jednotlivých kusů je práce prováděna ručně, zatímco celé palety se přesouvají pomocí vysokozdvížného vozíku. Pracovník odstraňuje palety z regálů a odebírá potřebný počet autobaterií, které pak převáží do prodejny. Prázdné palety jsou pak převezeny zpět do skladu. Příchozí autobaterie jsou zkontrolovány pracovníkem pomocí ručního zkoušečky na kapacitu a označeny barevnými samolepkami pro jednodušší reklamaci. Pokud je kapacita autobaterie v pořádku, je ručně přemístěna do prodejny pro následný prodej. Pracovník se také zabývá zpracováním objednávek, výdejek a přípravou štítků připevněných k zabaleným autobateriím. Dále se stará o prodej a správné vyplnění záručních listů. Mezi další úkoly patří vyřizování reklamací, výměna a nabíjení autobaterií. Součástí práce je také úklid skladových prostor a likvidace odpadu vzniklého při balení a vykládání autobaterií.

Pracovník pracuje převážně vestoje s pohybem po pracovišti a občas sedí při obsluze vysokozdvížného vozíku a administrativních činnostech. K plnění úkolů využívá vysokozdvížný vozík, paletový vozík, ruční vozík, rudl, nožik, nabíječky a testery autobaterií. Mezi ochranné pomůcky patří ochranné rukavice, pracovní obuv a helma. Norma za směnu není dána. Na vysokozdvížném vozíku převezme pracovník průměrně 2 palety denně (na jedné paletě 45 ks autobaterií) a na rudlu převezme pracovník průměrně 5 ks autobaterií denně. Dále pracovník ručně zabalí cca 25 kusů autobaterií denně. Na pracovní pozici pracují 3 muži, z nichž dva byli podrobeni měření práce.

Skladník č.1:

- Věk: 42 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 185 cm,
- Váha: 110 kg,
- HR₀: 86 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 97,11 tepů/minutu.

Skladník č.2:

- Věk: 19 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 180 cm,
- Váha: 123 kg,
- HR₀: 80 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 101 tepů/minutu.

Tab. 5-34 – Výpočet CFZ pro povolání skladník – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Skladník č. 1	Skladník č. 2
HR _{wm}	97,11 tepů/minutu	101 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	2 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(97,11 + 101) / 2 = 99,055 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-35 – Výpočet CFZ pro povolání skladník – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Skladník č. 1	Skladník č. 2
Individuální hodnocení	22,619 %	26,344 %
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	2 kategorie
Přepočtená na kategorizaci: Mprac (brutto)	131,725 W/m ²	205,721 W/m ²
Přepočtená na kategorizaci: %Mprac (brutto)	22,921 %	32,909 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	27,915 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Proměřena byla také práce skladníků, resp. skladníků centrální distribuce. Pracovníci se v rámci pracovního zaměření podílí na činnostech ve skladu, tj. přijímají a expedují materiál, připravují materiál pro rozvoz a provádí skladové operace pomocí informačního systému. Další úlohou těchto pracovníků je fyzická inventura materiálů a udržování skladových prostor v čistotě. Při práci využívá pracovník kombinaci stání a pohybu po pracovišti, ale také sedí při práci na počítači. K manipulaci s materiály využívá jak manuální, tak elektrický paletový vozík. Jako ochranné pomůcky používá pracovní obuv, reflexní vestu, rukavice a ochrannou přilbu. Na pracovní pozici skladník – centrální distribuce pracují celkem dva muži, kteří pracují v jednosměnném provozu (ranní). Pracovníci pracují v 8hodinových směnách (od 7:00 hod do 15:30 hod). K dispozici mají 30minutovou přestávku na oběd. Pracovní směna trvá 510 minut, čistého času práce je 480 minut.

Skladník centrální distribuce č.1:

- Věk: 43 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 194 cm,
- Váha: 92 kg,
- HR₀: 87 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 94,36 tepů/minutu.

Skladník centrální distribuce č.2:

- Věk: 54 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 178 cm,
- Váha: 94 kg,
- HR₀: 85 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 88,63 tepů/minutu.

Tab. 5-36 – Výpočet CFZ pro povolání skladníka centrální distribuce – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Skladník centrální distribuce č.1	Skladník centrální distribuce č.2
HR _{wm}	94,36 tepů/minutu	88,63 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	1 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	$(94,36 + 88,63) / 2 = 91,495$ tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-37 – Výpočet CFZ pro povolání skladníka centrální distribuce – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Skladník centrální distribuce č.1	Skladník centrální distribuce č.1
Individuální hodnocení	20,110 %	17,097 %
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	1 kategorie
Přepoččet na kategorizaci: Mprac (brutto)	102,132 W/m ²	85,281 W/m ²
Přepoččet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	20,385 %	15,795 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	18,090 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	1 kategorie	

Do výzkumu bylo zařazeno i povolání elektromechanika. Během pracovního procesu se zaměstnanec specializuje na montáž pohonů. Na začátku směny obdrží kompletní dokumentaci související se specifickou zakázkou a připravenou přepravku s kabely. Zaměstnanec provádí připojení kabelových svazků, rozmisťuje je po celé přepravce a upevňuje je na svých místech. V případě potřeby provádí úpravy kabelů. Následně nasazuje návlečky na kabely a zajišťuje je. Hotové zakázky jsou poté převezeny na kontrolu. Práce se převážně provádí vestoje s občasným sezením. K provedení těchto úkonů se využívá manipulační jeřáb, ruční paletový vozík, pomocné vozíky. Mezi používané nástroje a pomůcky patří kleště, štípačky, nůžky, řezáky, utahováky, šroubováky a fén. Zaměstnanec také využívá schůdky a stupínky. Přesné normy výkonu nejsou stanoveny, jelikož závisí na specifické zakázce. Zaměstnanci mají předem stanovený počet hodin a dnů na dokončení zakázky. Manipulace se převážně týká menších dílů. Počet manipulovaných přepravek se liší v závislosti na zakázce, a vozíky se zakázkami ovládá více zaměstnanců. Na této pracovní pozici pracují jak muži, tak ženy.

Elektromechanik č. 1:

- Věk: 50 let,
- Pohlaví: žena,
- Výška: 165 cm,
- Váha: 70 kg,
- HR₀: 76 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 104 tepů/minutu.

Elektromechanik č. 2:

- Věk: 53 let,
- Pohlaví: žena,
- Výška: 168 cm,
- Váha: 90 kg,
- HR₀: 74 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 102 tepů/minutu.

Tab. 5-38 – Výpočet CFZ pro povolání elektromechanik – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Elektromechanik č. 1	Elektromechanik č. 2
HR _{wm}	104 tepů/minutu	102 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(104 + 102) / 2 = 103 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

Tab. 5-39 – Výpočet CFZ pro povolání elektromechanik – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Elektromechanik č. 1	Elektromechanik č. 2
Individuální hodnocení	40,509 %	39,368 %
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	3 kategorie
Přepočten na kategorizaci: Mprac (brutto)	145,041 W/m ²	157,369 W/m ²
Přepočten na kategorizaci: %Mprac (brutto)	37,995 %	36,147 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	37,071 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

Proměřena a hodnocena byla práce pracovníků retraku vozíku. Tato práce je vykonávána v jednosměnném provozu (R). Pracovníci pracují v 8hodinových směnách, směna začíná od 6:00 hod a končí ve 14:00 hod. K dispozici mají 30minutovou přestávku na oběd. Směna je celkem 480 minut, čistého času práce je 450 minut. Na začátku pracovní směny pracovník získá informace o speciálních objednávkách uložených v počítači. Poté si je vytiskne a zaznamená pozice ve skladu. Pracovník také připraví jednotlivé objednávky kabelů (dle typu a metrů) a pomocí retraku je předá do výroby. Pro sledování polohy materiálu má k dispozici scanner, který mu ukazuje umístění konkrétního materiálu. Pracovník označí materiál lístečkem s datem a QR kódem a uloží jej na paletu. Jakmile je paleta plná, pracovník ji přesune na příslušné místo a přechází k nové objednávce. Pracovník pravidelně kontroluje obrazovku ve frontě skladu, kde se zobrazují naléhavé objednávky. Nové objednávky kontroluje několikrát denně. Práce se provádí v sedě při obsluze retraku a práci na počítači, ale také vestoje s pohybem po pracovišti. Průměrně pracovník vyřídí 80 až 120 výdejů.

Řidič retraku č.1:

- Věk: 48 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 186 cm,
- Váha: 95 kg,
- HR₀: 82 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 94 tepů/minutu.

Řidič retraku č.2:

- Věk: 35 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 178 cm,
- Váha: 105 kg,
- HR₀: 86 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 101 tepů/minutu.

Tab. 5-40 – Výpočet CFZ pro povolání řidič retraku – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Řidič retraku č.1	Řidič retraku č.2
HR _{wm}	94 tepů/minutu	101 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	2 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(94 + 101) / 2 = 97,5 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-41 – Výpočet CFZ pro povolání řidiče retraku– nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Řidič retraku č.1	Řidič retraku č.2
Individuální hodnocení	24,446 %	25,074 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	2 kategorie
Přepočtená na kategorizaci: Mprac (brutto)	124,100 W/m ²	156,356 W/m ²
Přepočtená na kategorizaci: %Mprac (brutto)	23,585 %	27,174 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	25,380 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Do této diplomové práce byla zahrnuta i práce žen, starající se o provoz kuchyně a jídelny. Na začátku pracovní směny pracovníce připravují výdejnu, zejména provádí úklid jídelních stolů, připravují nádobí a prázdné termoboxy pro dodavatele. Při přípravě obědů pracovníce vybalí jídlo z nerezových nádob a případně je předehejí nebo dohřejí. Následuje samotný proces výdeje obědů, během kterého pracovníce také doplňují potřebné nádobí. Po skončení výdeje obědů se provádí úklid jídelny, kuchyně a likvidace potravin.

Práce se vykonává vestoje. Pracovnice nosí ochrannou čepici, rukavice a zástěru. Maximální hmotnost manipulovaného břemene je 40 kg a manipulaci s ním provádí dvě pracovníce. Průměrná hmotnost hlavního jídla na talíři, které se vydává, je přibližně 0,5 kg, a hmotnost polévky v hrnku je také kolem 0,5 kg. Pracovnice v průměrné směně vydají přibližně 326 obědů. Na pracovní pozici kuchařka pracují dvě ženy (ve směně trvající 5,5 hodiny) a tři ženy (ve směně trvající 4 hodiny). Pracovní směna je od 9:30 hod do 15:00 hod nebo od 11:00 hod do 15:00 hod. Pracovnice 5,5hodinového úvazku mají k dispozici 30minutovou přestávku na oběd. Práce trvá celkem 330 minut, čistého času práce trvá 300 minut. Čistý čas práce pro 4hodinovou směnu je 240 minut.

Kuchařka č.1:

- Věk: 48 let,
- Pohlaví: ženy,
- Výška: 175 cm,
- Váha: 102 kg,
- HR₀: 81 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 100 tepů/minutu.

Kuchařka č.2:

- Věk: 50 let,
- Pohlaví: žena,
- Výška: 172 cm,
- Váha: 73 kg,
- HR₀: 89 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 100 tepů/minutu.

Tab. 5-42 – Výpočet CFZ pro povolání kuchařka – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Kuchařka č.1	Kuchařka č.2
HR _{wm}	100 tepů/minutu	100 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	2 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(100 + 100) / 2 = 100 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-43– Výpočet CFZ pro povolání kuchařka– nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Kuchařka č.1	Kuchařka č.2
Individuální hodnocení	31,188 %	27,142 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	2 kategorie
Přepočten na kategorizaci: Mprac (brutto)	135,554 W/m ²	96,784 W/m ²
Přepočten na kategorizaci: %Mprac (brutto)	29,844 %	25,506 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	27,675 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Proměřena a hodnocena byla práce skladníků, která je vykonávána ve dvousměnném provozu. Pracovníci denní směny pracují v 10hodinových směnách. Směna je od 7:30 hod do 18:15 hod, případně od 8:30 hod do 19:15 hod. K dispozici mají 30minutovou a 15minutovou přestávku na jídlo a oddech. Pracovní směna trvá 600 minut.

Během ranní pracovní směny pracovníci převážejí zboží na určenou lokalitu pomocí elektrických paletových vozíků. Pracovník používá vozík s vidlemi nebo manipulační vozík, na který manuálně nakládá zboží podle objednávky. Po dokončení objednávky provádí administrativní úkony a přepravuje zboží na určené místo pro výdej. Pracovník manuálně odebírá zboží pouze z dolních a prvních pater regálů. Pro zboží umístěné ve zbývajících regálech pracovník používá retrak pro manipulaci.

Skladník denní směna č.1:

- Věk: 52 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 180 cm,
- Váha: 100 kg,
- HR₀: 59 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 89,21 tepů/minutu.

Skladník denní směna č.2:

- Věk: 45 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 183 cm,
- Váha: 91 kg,
- HR₀: 80 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 84,09 tepů/minutu.

V rámci současného stanovení je hodnocena průměrná srdeční frekvence měřených pracovníků. Nicméně nařízení vlády č. 361/2007 Sb. stanovuje, že zvýšení tepové frekvence nad klidovou tepovou frekvenci nesmí průměrně přesáhnout hranici 28 tepů/minutu. [10] Zvýšení bylo dosaženo u prvního měřeného pracovníka naskladňování, ale průměrná hodnota obou nárůstů srdeční frekvence je stále pod limitní hodnotou. Proto byla i nadále tato práce zařazena pod první kategorii práce. U nového výpočtu dochází k překročení hranice 24 % maximální pracovní kapacity 45letého muže, proto je hodnocená práce zařazena do druhé kategorie.

Tab. 5-44– Výpočet CFZ pro povolání skladník denní směna – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Skladník denní směna č.1	Skladník denní směna č.2
HR _{wm}	89,21 tepů/minutu	84,09 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	1 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(89,21 + 84,09) / 2 = 86,65 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	1 kategorie	

Tab. 5-45 – Výpočet CFZ pro povolání skladník denní směna – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Skladník denní směna č.1	Skladník denní směna č.2
Individuální hodnocení	36,367 %	16,577 %
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	1 kategorie
Přepočet na kategorizaci: Mprac (brutto)	188,369 W/m ²	86,100 W/m ²
Přepočet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	33,943 %	16,577 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	25,260 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

V rámci druhé směny, tj. noční směny, pracovníci provádí vykládání zboží z kamionu pomocí vysokozdvizného vozíku. Při své činnosti pracovník provádí kontrolu zboží. Poškozené zboží je fotograficky zdokumentováno a administrativně zpracováno. Každá paleta je označena pomocí ručního laserového skeneru. Pracovník následně distribuuje zboží do skladových lokalit pomocí vozíku. Dále se pracovník zabývá vykládáním objednávek ze skladu za použití vozíku. Pracovník musí opakovaně vystupovat a nastupovat, protože každou paletu je nutné ručně rozbalit a rozdělit obaly. Zboží je pak rozděleno do prodejních lokalit v samoobslužném prostoru, přičemž některé položky jsou umístěny na zemi a v první polici nad zemí.

Pracovník také doplňuje palety s produkty z kamionu, které jsou určené pro prodejní místa. Součástí pracovní náplně je také převádění zboží z papírových palet na dřevěné palety a jejich zabezpečení páskou. Zboží je pak uskladněno v regálech o výšce od 140 cm do 210 cm. V případě, že se zboží nevejde na příslušnou lokalitu, je nutné jej ručně přeskládat.

Skladník noční směna č.1:

- Věk: 36 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 178 cm,
- Váha: 98 kg,
- HR₀: 90 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 97,36 tepů/minutu.

Skladník noční směna č.2:

- Věk: 36 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 175 cm,
- Váha: 70 kg,
- HR₀: 91 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 102,96 tepů/minutu.

Tab. 5-46 – Výpočet CFZ pro povolání skladník noční směna – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Skladník noční směna č.1	Skladník noční směna č.2
HR _{wm}	97,36 tepů/minutu	102,96 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(97,36 + 102,96) / 2 = 100,16 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-47 – Výpočet CFZ pro povolání skladník noční směna – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Skladník noční směna č.1	Skladník noční směna č.2
Individuální hodnocení	18,855 %	24,672 %
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	2 kategorie
Přepočet na kategorizaci: Mprac (brutto)	110,974 W/m ²	121,045 W/m ²
Přepočet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	20,067 %	26,235 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	23,151 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	1 kategorie	

Proměřena a hodnocena byla práce žen, která je vykonávána v různých pracovních směnách, dle následujících modelů:

- model prodejna po-ne, otevírací doba 9-18 hod, pracovní doba 8,45 - 18,45 hod (9,5 hod čistého pracovního času + 0,5 hod povinná přestávka),
- model prodejna po-pá + so, otevírací doba 8-17 hod, pracovní doba po – pá 7,45-17,45 hod (9,5 hod čistého pracovního času + 0,5 hod povinná přestávka) so 8-11 hod, pracovní doba 7,45-11,15 hod (3,5 hod čistého pracovního času),
- model výdejna po-pá, otevírací doba 9-17 hod, pracovní doba 8,45-17,15 hod (8 hod čistého pracovního času + 0,5 hod povinná přestávka).

V rámci své pracovní činnosti se prodavačky zaměřují na prodejní servis a přímý prodej celého sortimentu zboží. Dále je součástí jejich činností vedení evidence zboží v elektronickém systému. Pracovnice poskytují zákazníkům informace o nabízených službách a kompletním sortimentu zboží. V systému zjišťují dostupnost zboží, přijímají objednávky a reklamace od zákazníků. Také připravují a kompletují objednané zboží pro potřeby centrály společnosti (vlastní přesun zboží mezi pobočkami). Pracovnice kontrolují stav skladu na prodejně a připravují podklady pro objednávky od centrály. Jsou zodpovědné za svěřené zboží a pokladní hotovost. Dále se starají o úklid prodejny a zázemí.

Práce je vykonávána vestoje s pohybem po pracovišti. Pro vykonávání práce, pracovnice používají odlamovací nůž, schůdky a manipulační vozík. Jako osobní pracovní prostředky nosí pracovní oděv a obuv s páskem.

Prodavačka – asistentka prodeje č. 1:

- Věk: 39 let,
- Pohlaví: žena,
- Výška: 162 cm,
- Váha: 73 kg,
- HR₀: 87 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 92,05 tepů/minutu.

Prodavačka – asistentka prodeje č. 2:

- Věk: 45 let,
- Pohlaví: žena,
- Výška: 164 cm,
- Váha: 63 kg,
- HR₀: 73 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 87,18 tepů/minutu.

Tab. 5-48 – Výpočet CFZ pro povolání prodavačka – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Prodavačka – asistentka prodeje č.1	Prodavačka – asistentka prodeje č.2
HR _{wm}	92,05 tepů/minutu	87,18 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	1 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	$(92,05 + 87,18) / 2 = 89,615$ tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	1 kategorie	

Tab. 5-49 – Výpočet CFZ pro povolání prodavačka – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Prodavačka – asistentka prodeje č.1	Prodavačka – asistentka prodeje č.2
Individuální hodnocení	19,090 %	27, %
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	2 kategorie
Přepočet na kategorizaci: Mprac (brutto)	79,898 W/m ²	100,614 W/m ²
Přepočet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	20,161 %	27,880 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	24,021 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Zkoumána byla dále práce operátorů výroby, kteří provádí obsluhu autoklávu. Na začátku směny se pracoviště a pracovní pomůcky připravují. Pracovníci otevrou autokláv a vyjedou s manipulačním vozíkem. Poté přesunou vozík mimo autokláv a přejedou na druhý manipulační vozík, kterým vjedou do autoklávu. Poté spustí cyklus a přesunou se na vulkanizovaný vozík, kde provádějí svou pracovní činnost. Odvíčkují trny a víčka a naskládají je na stůl. Sundají hadice z trnů a vloží je do bedýnky. Pro zajištění dostatečného ochlazení trnů je proveden jejich postřík. Následně pracovník nastříká připravený rohling, natáhne ho na trn a zavíčkuje. Tento postup se opakuje pro každý rohling. Po dokončení natahování celého vozíku se přesouvají k pračce, kde skládají vyprané hadice do připraveného síta. Poté vloží vulkanizované hadice do pračky a zapnou ji. Pracovníci se poté připravují na další cyklus.

Práce se vykonává vestoje s pohybem po pracovišti. Pracovník používá gumovou palici a rouno. Jako osobní ochranné pracovní prostředky nosí návleky, rukavice, ochranné brýle a pracovní obuv. Norma za směnu není stanovena z důvodu rozdílnosti výsledného produktu. Na pracovní pozici operátora autoklávu pracuje pouze mužský personál ve třisměnném provozu (ranní, odpolední a noční). Pracovníci pracují v 8hodinových směnách. Ranní směna od 6:00 hod do 14:00 hod, odpolední směna od 14:00 hod do 22:00 hod a noční směna od 22:00 hod do 6:00

hod. K dispozici mají pracovníci 30minutovou přestávku na jídlo a dvě 5minutové bezpečnostní přestávky. Pracovní směna trvá 480 minut, čistého času práce je 440 minut.

Operátor výroby – obsluha stroje č.1:

- Věk: 20 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 185 cm,
- Váha: 76 kg,
- HR₀: 81 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 111,87 tepů/minutu.

Operátor výroby – obsluha stroje č.2:

- Věk: 26 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 185 cm,
- Váha: 85 kg,
- HR₀: 86 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 115,32 tepů/minutu.

Měření byli dva mužští pracovníci s výše uvedenými antropometrickými charakteristikami, klidovou a průměrnou srdeční frekvencí. Jak již bylo zmíněno v předchozích případech, byl u obou měřených pracovníků zjištěn nárůst srdeční frekvence oproti klidovému nad 28 tepů/minutu. Tyto hlediska pak následně zařazují práci do třetí kategorie dle současného hodnocení. V rámci nové způsobu hodnocení je i tak hodnocená práce zařazena do třetí kategorie, protože došlo k překročení limitu 33 % maximální pracovní kapacity 45letého průměrně zdatného muže.

Tab. 5-50 – Výpočet CFZ pro povolání operátor výroby – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Operátor výroby – obsluha stroje č.1	Operátor výroby – obsluha stroje č.2
HR _{wm}	111,87 tepů/minutu	115,32 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(111,87 + 115,32) / 2 = 113,595 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

Tab. 5-51– Výpočet CFZ pro povolání operátor výroby – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Operátor výroby – obsluha stroje č.1	Operátor výroby – obsluha stroje č.2
Individuální hodnocení	36,113 %	36,860 %
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	3 kategorie
Přepočten na kategorizaci: Mprac (brutto)	206,796 W/m ²	212,975 W/m ²
Přepočten na kategorizaci: %Mprac (brutto)	44,508 %	42,981 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	43,744 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

Součástí ověřování nové metody je práce kontrolorů nakládky, kteří svojí pracovní směnu začínají procházením záznamů nakládek a objednávek uložených v počítači. Nejprve si pracovník vytiskne potřebné papíry pro kontrolu nakládky, seznamy objednávek, vypíše si potřebné poznámky, doplní razítko s datem a jménem a přesune jej na výdej. Provádí také kontrolu zavedení palet a půlpalet na určená místa výdeje. Dále kontroluje stavbu palet a kvalitu jejich uskladnění. Z počítače si pracovník vytiskne zprávu o komisi obsahující objednávku od jednoho obchodu s konkrétním počtem kartonů. S použitím nízkozdvižného vozíku se přesune k paletě se zbožím, odkud odstraní ochrannou fólii a zkontroluje číslo palety. Pracovník projde

seznam zboží, které by mělo být na této paletě, a manipuluje se zbožím, aby zjistil, zda je všechno přítomné. Pokud je paleta kompletní, znovu ji zabalí fólií, označí číslem palety a vrátí na místo výdeje. Pokud se objeví chyba, pracovník ji sleduje a hledá zaměstnance, který paletu sestavil. Pokud je počet palet na místě výdeje odlišný od požadavku, musí pracovník najít chybu. Během dne se kontrolor střídá mezi prací na počítači a kontrolou na místech výdeje. Práce na počítači tvoří přibližně 20 % směny, zatímco 80 % času pracovník stráví kontrolou na místech výdeje. Práce se provádí vestoje nebo vsedě u počítače a vestoje s pohybem mezi místy výdeje a pracovním místem s počítačem. Kontrolor má k dispozici nízkozdvíhový paletový vozík. Mezi ochranné prostředky patří pracovní boty, reflexní vesta a pracovní bunda.

Kontrolor nakládky č. 1:

- Věk: 51 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 180 cm,
- Váha: 90 kg,
- HR₀: 68 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 78 tepů/minutu.

Kontrolor nakládky č. 2:

- Věk: 55 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 185 cm,
- Váha: 89 kg,
- HR₀: 86 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 101 tepů/minutu.

Tab. 5-52 – Výpočet CFZ pro povolání kontrolor nakládky – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Kontrolor nakládky č. 1	Kontrolor nakládky č. 2
HR _{wm}	78 tepů/minutu	101 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	2 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(78 + 101) / 2 = 89,5 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	1 kategorie	

Tab. 5-53 – Výpočet CFZ pro povolání kontrolor nakládky – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Kontrolor nakládky č. 1	Kontrolor nakládky č. 2
Individuální hodnocení	21,607 %	29,331 %
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	2 kategorie
Přepočtená na kategorizaci: Mprac (brutto)	107,562 W/m ²	137,163 W/m ²
Přepočtená na kategorizaci: %Mprac (brutto)	20,592 %	26,959 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	23,776 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	1 kategorie	

Proměřena a hodnocena byla práce mužů – lakýrníků, která je vykonávána ve třisměnném provozu (R, O, N). Pracovníci pracují v 8hodinových směnách, ranní směna od 6:00 hod do 14:00 hod, odpolední směna od 14:00 hod do 22:00 hod a noční směna od 22:00 hod do 6:00 hod. K dispozici mají 30minutovou přestávku na oběd a 15minutovou bezpečnostní přestávku. Směna je celkem 480 minut, čistého času práce je 435 minut. Pro měření byly vybrány ty činnosti, které jsou pracovníky vykonávány v největším poměru.

Jedná se o tyto činnosti:

- Příprava materiálu 261 minut (cca 60 % ze směny),
- Lakování 87 minut (cca 20 % ze směny),
- Přesun materiálu 87 minut (cca 20 % ze směny).

V rámci své pracovní činnosti se pracovník specializuje na obsluhu mokré lakovny. Jeho úkolem je zabalit nábytek do papíru nebo fólie a pomocí vysokozdvížného vozíku ho přemístit do lakovací kabiny. Poté pracovník připraví barvu, naplní lakovací pistoli a nanese barvu na nábytek. Součástí jeho práce je také ruční broušení pomocí brusky. Po dokončení lakování se nábytek přesune do sušárny. Pracovní činnost se vykonává vestoje s pohybem po pracovišti a vsedě při obsluze vysokozdvížného vozíku. Pracovník pracuje s lakovací pistolí, vibrační bruskou a ručními hoblíky. Očekávaný výkon za směnu se pohybuje mezi 4 a 6 kusy nábytku na jednoho pracovníka. Průměrná hmotnost jednoho kusu nábytku je přibližně 400 kg. Pracovník manipuluje s nábytkem pomocí vysokozdvížného vozíku.

Lakýrník – mokrá lakovna č.1:

- Věk: 55 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 186 cm,
- Váha: 110 kg,
- HR₀: 78 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 90 tepů/minutu.

Lakýrník – mokrá lakovna č.2:

- Věk: 39 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 179 cm,
- Váha: 95 kg,
- HR₀: 80 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 103 tepů/minutu.

Tab. 5-54 – Výpočet CFZ pro povolání lakýrník – mokrá lakovna – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Lakýrník – mokrá lakovna č.1	Lakýrník – mokrá lakovna č.2
HR _{wm}	90 tepů/minutu	103 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(90 + 103) / 2 = 96,5 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-55 – Výpočet CFZ pro povolání lakýrník – mokrá lakovna – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Lakýrník – mokrá lakovna č.1	Lakýrník – mokrá lakovna č.2
Individuální hodnocení	24,407 %	32,218 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	2 kategorie
Přepočet na kategorizaci: Mprac (brutto)	128,378 W/m ²	183,016 W/m ²
Přepočet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	22,426 %	33,828 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	28,127 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Součástí nejmenovaného závodu je také prášková lakovna. Pracovník si na začátku směny připraví barvy, zkontroluje nastavení stroje a zahájí proces lakování. Lakování probíhá pomocí automatického lakování a ručního dolakování dílů. Pracovník drží lakovací pistoli v pravé ruce a manuálně nanáší lak na díly ve speciální kabině. Během směny se také stará o čištění kabiny. Práce se vykonává vestoje s pohybem po pracovišti. Očekávaný výkon za směnu je přibližně 1 350 kusů na jednoho pracovníka. Pracovníci lakovny nepřemisťují díly, pouze je posouvají. Hmotnost přenášených břemen se pohybuje do 25 kg (např. kbelík s barvou). Barva se průměrně mění 20krát za směnu. Po každé výměně barvy se kabina očistí čisticí hadicí. Váha vybavení a náradí se pohybuje do 2 kg. Váha čisticí hadice a lakovací pistole je přibližně 2 kg.

Lakýrník – práškové lakovny č.1:

- Věk: 23 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 180 cm,
- Váha: 85 kg,
- HR₀: 88 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 96 tepů/minutu.

Lakýrník – práškové lakovny č.2:

- Věk: 31 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 179 cm,
- Váha: 90 kg,
- HR₀: 83 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 102 tepů/minutu.

Tab. 5-56 – Výpočet CFZ pro povolání lakýrník – práškové lakovny – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Lakýrník – práškové lakovny č.1	Lakýrník – práškové lakovny č.2
HR _{wm}	96 tepů/minutu	102 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(96 + 102) / 2 = 99 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-57 – Výpočet CFZ pro povolání lakýrník – práškové lakovny – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Lakýrník – práškové lakovny č.1	Lakýrník – práškové lakovny č.2
Individuální hodnocení	18,427 %	28,029 %
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	2 kategorie
Přepočet na kategorizaci: Mprac (brutto)	109,959 W/m ²	165,111 W/m ²
Přepočet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	21,755 %	31,483 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	26,619 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Další měřené pracovní činnosti se týkají pracovníků obsluhy šachtové pece, kteří v rámci 8hodinové průměrné směny vykonávají zejména tyto činnosti:

- Odpich šachtové pece 80 minut (cca 20 % ze směny),
- Čištění vypouštěcího žlábků 80 minut (cca 20 % ze směny),
- Čištění výfuků 40 minut (cca 10 % ze směny),
- Tvorba vycpávek 40 minut (cca 10 % ze směny),
- Manipulace s VZV 120 minut (cca 30 % ze směny),
- Úklid + pomocné práce 40 minut (cca 10 % ze směny).

Pracovník provádí činnosti spojené s obsluhou šachtové pece, jako je odpichování, čištění vypouštěcího žlábků, čištění výfukového kanálu a vytváření těsnění. Také manipuluje s hrnci pomocí vysokozdvizného vozíku. Součástí práce je také uklízení pracoviště a pomocné práce. Práce se vykonává vestoje s pohybem nebo ve vzprámeném sedě při obsluze VZV. Pracovník používá železné nástroje, kladivo, koště, lopatu a nůž. Mezi osobní ochranné pracovní prostředky patří pracovní oděv, rukavice, obuv, návleky na nohy, ochranná přilba a ventilovaný kryt obličeje. Průměrná hmotnost ručně manipulovaného břemene je 8 kg a maximální hmotnost je 17 kg. Na pozici hutníka pracují výhradně muži.

Hutník č.1:

- Věk: 32 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 185 cm,
- Váha: 100 kg,
- HR₀: 87 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 107,64 tepů/minutu.

Hutník č.2:

- Věk: 35 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 185 cm,
- Váha: 115 kg,
- HR₀: 90 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 110,1 tepů/minutu.

Tab. 5-58 – Výpočet CFZ pro povolání hutník – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Hutník č. 1	Hutník č. 2
HR _{wm}	107,64 tepů/minutu	110,1 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	3 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(107,64 + 110,1) / 2 = 108,87 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

Tab. 5-59 – Výpočet CFZ pro povolání hutník – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Hutník č. 1	Hutník č. 2
Individuální hodnocení	30,194 %	30,359 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	2 kategorie
Přepočet na kategorizaci: Mprac (brutto)	181,429 W/m ²	194,427 W/m ²
Přepočet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	33,348 %	32,978 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	33,163 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

V rámci diplomové práce byla měřena také práce pracovníků vychystávky. V rámci své pracovní činnosti se pracovník zabývá přípravou smíšených palet. Po přijetí zboží výtahem na pracoviště, pracovník může nastavit výšku a polohu palety pro snadnější manipulaci. Poté naskenuje kód palety, rozřízne fólii nožem a vybalí jednu krabici, kterou zvaží a vloží do AKL boxu. Pracovník pokračuje vkládáním zboží do boxů. Po naplnění boxu aktivuje pedál pro jeho odeslání. Na pracovišti příjmu pracují pouze muži.

Při výdeji zboží dorazí plný box na pracoviště, kde pracovník může nastavit výšku a polohu boxu pro snadnější manipulaci. Dostane zakázku na monitoru, která zobrazuje počet kartonů, které je třeba odebrat z AKL bedny. Kartony jsou následně vkládány do distribučních boxů pro doručení do obchodů. Po naplnění boxu je opět aktivován pedál pro jeho odeslání.

Práce se provádí vestoje s pohybem po pracovišti. Jako ochranná pomůcka se používá pracovní obuv. Maximální hmotnost ručně manipulovaného břemene je 20 kg. Maximální hmotnost AKL přepravky je 50 kg a hmotnost distribučního boxu je 200 kg (pracovník však s břemeny manuálně manipuluje). Při příjmu se očekává norma 900 kartonů za hodinu a při výdeji 500 kartonů za hodinu. Na pozici pracovníka vychystávky zboží v automatizovaném skladu pracuje 70 % mužů a 30 % žen (ženy pouze na pracovišti výdeje). Práce je vykonávána v jednosměnném provozu. Pracovníci pracují v 10hodinových směnách. K dispozici mají 30minutovou přestávku na oběd a oddech. Pracovní směna trvá 630 minut, čistého času práce je 600 minut.

Pracovník vychystávky zboží č.1:

- Věk: 32 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 172 cm,
- Váha: 65 kg,
- HR₀: 74 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 99 tepů/minutu.

Pracovník vychystávky zboží č.2:

- Věk: 21 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 170 cm,
- Váha: 110 kg,
- HR₀: 84 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 103 tepů/minutu.

Tab. 5-60 – Výpočet CFZ pro povolání pracovníka vychystávky – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Pracovník vychystávky zboží č.1	Pracovník vychystávky zboží č.2
HR _{wm}	99 tepů/minutu	103 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	3 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(99 + 103) / 2 = 101 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-61 – Výpočet CFZ pro povolání pracovníka vychystávky – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Pracovník vychystávky zboží č.1	Pracovník vychystávky zboží č.2
Individuální hodnocení	32,833 %	25,783 %
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	2 kategorie
Přepočet na kategorizaci: Mprac (brutto)	161,649 W/m ²	192,262 W/m ²
Přepočet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	36,105 %	31,465 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	33,785 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	3 kategorie	

Poslední analyzovanou prací byla práce techniků automatizace, která je vykonávána ve dvousměnném provozu (denní, noční). Pracovníci pracují ve 12hodinových směnách. V pondělí až pátek mají pracovníci k dispozici dvě 40minutové přestávky a v sobotu a neděli mají dvě 35minutové přestávky. Pracovní směna trvá 720 minut, čistého času práce je od pondělí do pátku 640 minut, v sobotu a neděli 650 minut.

Na začátku pracovního dne se provádí příprava směny, plánování inspekcí a údržby zařízení pomocí vizualizace. Pracovník zajišťuje technický dohled nad zařízením, odstraňuje poruchy, provádí opravy a kontroluje a udržuje zařízení podle plánu. Také zadává informace o zakázkách do tabletu. V případě potřeby pracovník občas pracuje ve výškách. Součástí práce je také úklid pracoviště. Práce se provádí vestoje s pohybem po pracovišti a sedě na PC při kontrole zařízení. Pracovník používá různé nástroje, jako jsou šroubovák, inbus klíče, aku vrtačku, aku pilu, kladivo, ráčnu a pajzr. Pracovník ovládá elektrické paletové vozíky, pracovní plošiny a jeřáby. Mezi ochranné pomůcky patří pracovní obuv, rukavice, přilba při práci ve výškách a polomaska s filtrem při údržbě trolejového napájení. Neexistuje stanovená norma pro počet provedených úkolů za směnu. Maximální hmotnost ručně manipulovaných břemen je 20 kg. Na pracovní pozici technika/mechanika automatizace pracují pouze muži.

Technik automatizace č.1:

- Věk: 21 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 175 cm,
- Váha: 64 kg,
- HR₀: 87 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 99 tepů/minutu.

Technik automatizace č.2:

- Věk: 47 let,
- Pohlaví: Muž,
- Výška: 185 cm,
- Váha: 96 kg,
- HR₀: 84 tepů/minutu,
- HR_{wm}: 96 tepů/minutu.

Tab. 5-62 – Výpočet CFZ pro povolání řidiče – současný způsob [vlastní zpracování]

<i>Stávající hodnocení</i>	Technik automatizace č.1	Technik automatizace č.2
HR _{wm}	99 tepů/minutu	96 tepů/minutu
Individuální zařazení pracovníka	2 kategorie	2 kategorie
Průměrná směnová srdeční frekvence	(99 + 96) / 2 = 97,5 tepů/minutu	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

Tab. 5-63 – Výpočet CFZ pro povolání řidiče – nový způsob [vlastní zpracování]

<i>Nové hodnocení</i>	Technik automatizace č.1	Technik automatizace č.2
Individuální hodnocení	22,674 %	24,320 %
Individuální zařazení pracovníka	1 kategorie	2 kategorie
Přepoččet na kategorizaci: Mprac (brutto)	119,106 W/m ²	127,399 W/m ²
Přepoččet na kategorizaci: %Mprac (brutto)	27,180 %	23,973 %
Průměr relativních hodnot všech měřených pracovníků:	25,576 %	
Výsledná kategorie hodnocené práce:	2 kategorie	

6 Zhodnocení stávající a nové metody hodnocení celkové fyzické zátěže

Cílem celého této diplomové práce je zpřesnění odhadu metabolismu pomocí srdeční frekvence a revize současného hodnocení dle normy **ČSN EN ISO 8996 Ergonomie tepelného prostředí – Určování metabolismu** [42] [43] a **legislativy České republiky**. [10] [11]

Stávající metoda v rámci nařízení vlády č. 361/2007 v platném znění [10] a vyhlášky č. 432/2003 Sb. [11] je prováděna na základě průměru směnové srdeční frekvence měřených pracovníků. Limitní hodnota srdeční celosměnové frekvence je pro druhou kategorii stanovena na $HR_{wm} = 92$ až 102 tepů/minutu. Pokud naměřená srdeční frekvence přesahuje nebo dokonce nedosahuje této limitní hodnoty, je stanovena buď třetí nebo první kategorie práce, jak je popsáno v kapitolách výše. Zákon taktéž stanovuje krátkodobou maximální srdeční frekvenci během pracovního výkonu (tj. 150 tepů/minutu). V praktickém použití, pokud u kohokoliv z měřených pracovníků dochází k překračování limitu při hlavní pracovní operaci, je celá práce zařazena do třetí kategorie práce (viz. kategorizační vyhláška č. 432/2003 Sb. [11]).

Tento stávající způsob je z pohledu autorky nedostatečný, proto jsou v rámci diplomové práci uvedeny soubory vzorců z vědeckých výzkumů, které umožňují přesnější výpočet některých parametrů, jako je bazální metabolismus, klidová rychlost metabolismu, maximální srdeční frekvence a maximální pracovní kapacita. Pomocí těchto vzorců lze tak získat přesnější informace o fyzické zátěži pracovníků, což je vidět ve výše uvedené kapitole. Ze vstupních údajů měřených pracovníků je v rámci výzkumu vypočítána individuální kategorie práce, která posuzuje maximální pracovní kapacitu měřeného pracovníka během pracovní směny. Tento ukazatel slouží k detailní analýze metabolické rychlosti při jednotlivých pracovních činnostech daného pracovníka po celou směnu. Tímto způsobem lze určit a analyzovat pracovní činnosti, které zatěžují pracovníka a překračují hranice stanovené legislativou v České republice, což v rámci stávajícího hodnocení není možné.

Pro účely kategorizace v České republice jsou hodnoty každého měřeného pracovníka přepočítány na ekvivalentní hodnotu pro průměrného 45letého muže nebo ženu s průměrnou fyzickou kondicí. K určení kategorie práce je poté provedeno průměrování naměřených hodnot minimálně dvou pracovníků. Tato průměrná hodnota je následně porovnána s hranicí dlouhodobě udržitelné fyzické zátěže vykonávané velkými svalovými skupinami na základě energetického výdeje. Tato hranice je stanovena na úrovni 33 % maximální pracovní kapacity 45leté průměrně zdatné osoby (tj. muže nebo ženy), což odpovídá průměrné srdeční frekvenci 102 tepů za minutu. V rámci nového přístupu k určování kategorie práce byla také stanovena úroveň pro první kategorii práce, která je stanovena na 24 % maximální pracovní kapacity 45letého průměrně zdatného muže nebo ženy. Součástí tohoto nového hodnocení je také stanovení hranice krátkodobě udržitelné práce, která je stanovena na úrovni 70 % maximální pracovní kapacity, což odpovídá maximální srdeční frekvenci 150 tepů za minutu u průměrného 45letého muže nebo ženy.

V rámci ověření nové metody byl proveden srovnávací výzkum celkem 30 povolání, který zahrnuje měření 48 mužů a 12 žen ve věkovém rozmezí 19–57 let. U téměř poloviny těchto povolání (tj. 12 povolání) by došlo ke změně kategorie práce. Nejčastější změnou je přesunutí aktuálně stanovené kategorie do vyšší, např. z první kategorie do druhé nebo z druhé kategorie do třetí kategorie. Tento přesun byl zaznamenán u celkem 8 měřených povolání, což má za následek větší ochranu pracovníků při vykonávání daného povolání. Zaměstnavatel je v rámci třetí kategorie práce povinen předepsat bezpečnostní přestávky či vyzvat zaměstnance k podstoupení častějších lékařských prohlídek. Dalším nápravným opatřením je stanovení rotace na pracoviště, která nejsou riziková pro zdraví pracovníků. U ostatních došlo k přesunu

do nižší kategorie práce. Tento nový způsob je zaměřený na individuální charakteristiky každého měřeného, což autorka vnímá pozitivně než u předchozí metody. Zároveň došlo ke zpřesnění výsledků kategorie práce.

Závěr

Práce je důležitou součástí každého člověka na celém světě s pozitivními nebo i negativními účinky. V pracovním prostředí je pracovník vystaven rizikovým faktorům, které se mohou negativně podepsat na jeho zdravotním stavu. Mezi rizikové faktory lze zařadit uspořádání pracoviště, nepříznivé mikroklimatické podmínky, ale i fyzickou zátěž. K povinnostem zaměstnavatele patří vyhledávat, posuzovat i hodnotit možná rizika v pracovním prostředí.

Fyzickou zátěž lze vyjádřit jako množství energie, kterou musí tělo vynaložit na splnění určitého úkolu. Tuto zátěž mohou představovat například opakované pohyby, zvedání těžkých předmětů, dlouhodobé stání nebo sedění či další faktory. Fyzická zátěž se dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. a vyhlášky č. 432/2003 Sb. člení do čtyř oblastí, tj. na celkovou fyzickou zátěž, lokální svalovou zátěž, pracovní polohy a ruční manipulaci s břemeny. Všechny tyto faktory lze posoudit nebo měřit různými způsoby. Tato diplomová práce se zaměřuje na prezentaci nejvýznamnějších metod, které se v České republice i ve světě používají k hodnocení celkové fyzické zátěže. Důležitou částí práce bylo představení metody měření srdeční frekvence a odhadu energetického výdeje pomocí srdeční frekvence.

Cílem celé této diplomové práce bylo přezkoumání základů metodiky prezentované v mezinárodní normě **ČSN EN ISO 8996 (833560) – Ergonomie tepelného prostředí – Určování metabolismu** pro hodnocení rychlosti metabolismu při práci ze záznamu srdeční frekvence za časové období. Tyto normy sice prošly jistými revizemi v roce 2005 nebo v minulém roce, tj. v roce 2022. Nicméně i v rámci těchto změn je současné zařazení měřené práce do kategorie práce velmi nepřesné i z hlediska vstupních parametrů stanovených legislativou České republiky. Zařazení pracovních činností do správné kategorie práce vymezuje zejména vyhláška č. 432/2003 Sb. Toto zařazení značí, jak velká je pravděpodobnost zdravotních rizik při výkonu daných pracovních činností. Vypočtená kategorie práce nám umožňuje posoudit intenzitu práce, kterou osoba vykonává vzhledem k její maximální pracovní kapacitě a zároveň nám říká, zda je pracovní zátěž lehká, středně těžká nebo těžká či je pro danou osobu přiměřená a bezpečná. Tato oblast nicméně slouží k primární ochraně pracovníků, zejména v předepisování bezpečnostních přestávek, výzvám k podstoupení častějších lékařských prohlídek nebo stanovení rotace na pracoviště, která nejsou riziková pro zdraví pracovníků.

V této diplomové práci jsou proto uvedeny soubory dostupných vzorců z vědeckých výzkumů umožňujících přesnější vypočtení parametrů jako je bazální metabolismus, klidová rychlost metabolismu, maximální srdeční frekvence a maximální pracovní kapacita. Z měření pracovníka je získána průměrná srdeční frekvence, výchozí klidová frekvence a nejvyšší srdeční frekvence dosažená během hlavní pracovní činnosti. K výpočtu celkové fyzické zátěže je dále nutné znát několik osobních údajů měřených pracovníků, resp. věk, váhu a výšku. V rámci těchto parametrů následně dochází k výpočtu individuální kategorie práce, která posuzuje maximální pracovní kapacitu měřeného pracovníka během pracovní směny. Tento ukazatel slouží zejména k detailní analýze metabolické rychlosti při dílčích pracovních činnostech za celou směnu. Lze tím stanovit a analyzovat pracovní činnosti, které pracovníka zatěžují, (resp. pokud by tyto činnosti dělal pracovník celý den, překračoval by tímto hranice stanovené legislativou ČR), i které mají opačný vliv na pracovníka.

Nicméně pro účely kategorizace v ČR jsou hodnoty každého měřeného pracovníka přepočítány na ekvivalentní hodnotu pro 45letého průměrně zdatného muže nebo ženu. Pro určení kategorizace dochází následně k zprůměrování získaných hodnot z měření minimálně dvou pracovníků. Tato průměrná hodnota se následně porovná s hranicí dlouhodobě únosné fyzické zátěže vykonávané velkými svalovými skupinami na základě energetického výdeje, která je

stanovena na úrovni 33 % maximální pracovní kapacity, resp. $VO_2\max$ 45letého průměrně zdatného muže nebo ženy (tj. 102 tepů/minutu). V rámci nového způsobu stanovení kategorie práce byla také definována úroveň pro první kategorii práce, která je stanovena na 24 % maximální pracovní kapacity 45letého průměrně zdatného muže nebo ženy. Součástí nového hodnocení je stanovení i hranice krátkodobé únosné práce na úrovni 70 % maximální pracovní kapacity, resp. $VO_2\max$ 45letého průměrně zdatného muže nebo ženy (tj. 150 tepů/minutu).

Nicméně dle výzkumu provedeného autorkou této práce, neexistuje přímá zmínka o tom, jak byly stanoveny limitní hodnoty energetického výdeje, maximální pracovní kapacity i srdeční frekvence pro fyzickou zátěž ve výše uvedené vyhlášce. Pokud nějaké zdroje přeci jenom existují, jsou velmi staré a z dnešního pohledu již téměř nerelevantní. Autorka práce v souvislosti s touto oblastí doporučuje provedení výzkumů ve stanovení přesnějších limitů v legislativě České republiky.

Stěžejní kapitolou této práce je ověření nově definované metody hodnocení celkové fyzické zátěže v praktickém použití. V rámci výzkumu bylo zkoumáno celkem 30 povolání, tj. 60 mužů i žen ve věkovém rozmezí mezi 19–57 lety. V poslední kapitole dochází zejména ke srovnání stávajícího hodnocení a nově navrženého způsobu hodnocení. K diplomové práci vznikl i excelový kalkulátor, který dle vybraných vzorců stanovuje jednak individuální vyhodnocení měřeného pracovníka, a jednak slouží ke kategorizaci práce dle platné legislativy.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Stress...at work. *National Institute for Occupational Safety and Health* [online]. Washington,DC: National Institute for Occupational Safety and Health, © 2022 [25.3.2023]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/99-101/default.html#What%20Workers%20Say%20About%20Stress%20on%20the%20Job>.
- [2] ŠTIKAR, J., RYMEŠ, M., RIEGEL, K., HOSKOVEC, J. *Psychologie ve světě práce*. Praha: Karolinum, 2003. ISBN 80-246-0448-5.
- [3] PAULÍK, K. et al. *Moderátory a mediátory zátěžové odolnosti*. 1.vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Filozofická fakulta, 2009. 240 s. ISBN 978-80-7368-635-2.
- [4] ZELENÍKOVÁ, R. *Zátěž a stres v práci zdravotnických pracovníků*. [online]. [cit.17.1.2023]. Dostupné z: https://www.mediprofi.cz/33/zatez-a-stres-v-praci-zdravotnickych-pracovniku-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EvvmkXV2S0dZhGHRxkyj_0mw9PBWuC7BmQ/
- [5] GLIVICKÝ, V. *Ergonomie a uplatnění jejích nástrojů a metod na pracovišti*. Praha: Akademie práce a zdraví ČR, o.p.s. MPSV ČR, 2004. Dostupné z: <https://mapis.vubp.cz/PR/ShowDokument.aspx?guid=0cc3bf79-6801-4543-b5c6-3775990975ca>.
- [6] MIKULÁŠTÍK, M. *Manažerská psychologie 3., přepracované vydání*. 3. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2015. 344 s. ISBN 978-80-247-4221-2.
- [7] VÁVROVÁ, S. *Doprovázení v pomáhajících profesích*. 1. vyd. Praha: Portál, 2012. 159 s. ISBN 978-80-262-0087-1.
- [8] PEŠEK R., PRAŠKO, J. *Syndrom vyhoření – jak se prací a pomáháním druhým nezničit. Pohledem kognitivně behaviorální terapie*. 1. vyd. Praha: PASPARTA Publishing, s.r.o., 2016. 179 s. ISBN 978-80-88163-00-8.
- [9] Rizikové faktory. *Znalostní systém prevence rizik v BOZP*. [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., © 2016–2023 [1.3.2023]. Dostupný z: <https://zsbozp.vubp.cz/rizikove-faktory>.
- [10] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, 2007. [online]. [cit. 1.2.2023]. In: Sběrka zákonů České republiky, částka 111, s. 5086. ISSN 1211-1244. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>.
- [11] Vyhláška 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazení prací do kategorií, limitní hodnoty kazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběr biologického materiál pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací a azbestem a biologickými činiteli, 2003. In: Sběrka zákonů České republiky, částka 142, s. 5-12. ISSN 1211-1244. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-432#:~:text=432%2F2003%20Sb.-Vyhl%C3%A1%C5%A1ka%2C%20kterou%20se%20stanov%C3%AD%20podm%C3%ADnky%20pro%20za%C5%99azov%C3%A1n%C3%AD%20prac%C3%AD%20do%20kategori%C3%AD,s%20azbestem%20a%20biologick%C3%BDmi%20C4%8Diniteli>.

- [12] Fyziologické faktory. *Znalostní systém prevence rizik v BOZP*. [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., © 2016–2023 [cit. 1.3.2023]. Dostupný z: <https://zsbozp.vubp.cz/fyzicka-zatez>.
- [13] GOETSCH, D.L. *Occupational safety and health for technologists, engineers, and managers*. 8.vyd. Hoboken, New Jersey: Pearson, 2015. 692 s. ISBN 978-01-33484-17-5.
- [14] MÁLEK, B. a kol. *Hygiena práce*. 1. vyd. Praha: Avicem, 1987. 280 s. ISBN: 978-80-86817-46-0.
- [15] MAREK, J. SKŘEHOT, P. *Základy aplikované ergonomie*. 1. vyd. Praha: VÚBP, 2009. Bezpečný podnik. ISBN 978-80-86973-58-6.
- [16] BRHEL, P., MANOUŠKOVÁ, M., HRNČÍŘ, E. a kol. *Pracovní lékařství. Základy primární pracovnělékařské péče*. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2005. 338 s. ISBN 80-7013-414-3.
- [17] MURRAY, D.W. & HAMOUDI, A. *A Brief on Self-Regulation and Toxic Stress: How Do Acute and Chronic Stress Impact the Development of Self-Regulation?* OPRE Report #2016-83, Washington, DC: Office of Planning, Research and Evaluation, Administration for Children and Families, U.S. Department of Health and Human Services, 2016. Dostupné z: <https://fpg.unc.edu/sites/fpg.unc.edu/files/resources/reports-and-policy-briefs/HowDoAcuteChronicStressImpactDevelopment.pdf>
- [18] TUČEK, M., CIKRT, M., PELCLOVÁ, D. *Pracovní lékařství pro praxi. Příručka s doporučenými standardy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005. 344 s. ISBN 80-247-0927-92.
- [19] TUČEK, M., SLÁMOVÁ, A. *Hygiena a epidemiologie pro bakaláře*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2012. 216 s. ISBN 978-80-246-2136-4
- [20] CHUNDELA, L. *Ergonomie*. Vyd. 2. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 173 s. ISBN 978-80-01-03802-4.
- [21] ŠVÁBOVÁ, K a kol. *Vybrané kapitoly z pracovního lékařství. Díl 2 – Zdravotní způsobilost k práci, fyziologie práce, psychologie práce*. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, 2015. 96 s. ISBN 978-80-87023-33-4.
- [22] WU, H.C., & WANG, M. J. J. *Relationship between maximum acceptable work time and physical workload*. Ergonomics, 45(4), 280–289, 2022. doi:10.1080/00140130210123499
- [23] MALÝ, S., SVOBODOVÁ, L., TILHON, J., MLEZIVOVÁ, I. *Ergonomické stresory pod kontrolou aneb Ergonomie – jak na to*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2016. 254 s. ISBN 978-80-87676-27-1.
- [24] MUSLIH, & HARDANI, R. T. S. *Effect of Work Environment And Workload on Employee Performance*. International Journal of Economics, Social Science, Entrepreneurship and Technology (IJESSET) Vol. 1 Issue 1, February, 2022, pp, 23-35
<https://journal.sinergicendikia.com/index.php/ijeset/article/download/24/43>
- [25] *Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica: příloha*. Praha: Institut hygieny a epidemiologie, 1978. ISSN 0862-5956.

- [26] Posuzování lokální svalové zátěže. *Krajská hygienická stanice Královehradeckého kraje* [online]. Hradec Králové [cit. 15.11.2022]. Dostupné z: http://www.khshk.cz/e-learning/kurs5/222_posuzovn_lokln_svalov_zte.html
- [27] GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O. *Ergonomie. Optimalizace lidské činnosti*. 1. vyd. Praha: Grada, 2002. 240 s. ISBN 80-247-0226-6.
- [28] Jak hodnotit pracovní prostředí. *Zdravý podnik*. [online]. Olomouc: ZdravýPodnik s.r.o. © 2021 [cit. 17.11.2022]. Dostupné z: <https://zdravypodnik.cz/2021/03/04/jak-hodnotit-pracovni-prostredi-1-ergonomie/>
- [29] Kategorizace prací – informace pro zaměstnavatele. *Znalostní systém prevence rizik v BOZP*. [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., © 2016–2023 [cit. 3.3.2023]. Dostupný z: <https://zsbozp.vubp.cz/kategorizace-praci-informace-pro-zamestnavatele>
- [30] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, 2000. [online]. [cit. 5.2.2023]. In: Sbírka zákonů České republiky, částka 74, s. 3622. ISSN 1211-1244. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>
- [31] ŠPLÍCHALOVÁ, A. *Vliv fyzické zátěže na lidské zdraví. BOZP profi.cz*. [online]. Praha: Verlag Dashöfer, 2020. Dostupné z: https://www.bozpprofi.cz/33/vliv-fyzicke-zateze-na-lidske-zdravi-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EIMrKgIu0xQ7JDN1MDFwNfIZwRYsMFH_3w/#:~:text=po%C5%A1kozen%C3%AD%20%C5%A1lach%2C%20%C3%BApon%C5%AF%20sval%C5%AF%2C%20perifern%C3%ADch,p%C5%99i%20manipulaci%20s%20b%C5%99emeny%20je
- [32] BAUMRUK, J. *Analýza rizik při práci: příručka pro zaměstnavatele*. Vyd. 3., dopl. A přeprac. vyd. Praha: Fortuna, 2000. 135 s. ISBN 80-707-1209-0.
- [33] URBAN, P. *Nemoci z povolání*. [online]. Praha: Státní zdravotní ústav. [cit. 15.2.2023]. Dostupné z: <https://szu.cz/tema/pracovni-prostredi/nemoci-z-povolani/#:~:text=Nemoci%20z%20povol%C3%A1n%C3%AD%20jsou%20nemoci,v%20seznamu%20nemoc%C3%AD%20z%20povol%C3%A1n%C3%AD%20>
- [34] SHORROCK, S., WILLIAMS, C. *Human Factors and Ergonomics in Practice: Improving System Performance and Human Well-Being in the Real World*. CRC Press, 2017. 456 s. ISBN 978-14-72439-25-3.
- [35] ŠVÁBOVÁ, K. a kol. *Vybrané kapitoly z pracovního lékařství. Díl 1 – Pracovnílékařské služby, pracovní prostředí, nemoci z povolání, ergonomie*. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, 2015. 104 s. ISBN 978-80-87023-32-7.
- [36] SKŘEHOT, P. A. *Organizační faktor v prevenci rizik na pracovištích. Bezpečnost a hygiena práce*. Wolters Kluwer ČR, 2017. č. 3, s. 14-22. ISSN 0006-0453.
- [37] MANSI, S., AL KHALDI, H. M. *Measurement of Physical Activity in Adults: A Review of Methods*. International Journal of Health Sciences. 2016, Vol. 4, No. 2, pp. 11-20. ISSN: 2372-5060. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.15640/ijhs.v4n2a2>
- [38] SVAČINA, Š. et al. *Klinická dietologie*. Praha: Grada Publishing, 2008. 384 s. ISBN: 978-80-247-2256-6.

- [39] WELK, Gregory J., ed. *Physical activity assessments for health-related research*. Champaign, Ill.: Human Kinetics, c2002, x, 269 s. ISBN 0-7360-3748-9.
- [40] Ergonomická rizika – zaměřeno na fyzickou, psychickou a zrakovou zátěž. *BOZPinfo*. [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i. [cit. 14.2.2023]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/ergonomicka-rizika-zamereno-na-fyzickou-psychickou-zrakovou-zatez>
- [41] NDAHIMANA, D., KIM, E-K. *Measurement Methods for Physical Activity and Energy Expenditure: a Review*. Clin Nutr Res. 2017; 6(2): 68-80. ISSN 2287-3732 Dostupné z: <https://doi.org/10.7762/cnr.2017.6.2.68>
- [42] ČSN EN ISO 8996. *Ergonomie tepelného prostředí – Určování metabolismu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022, 28 s. Třídící znak 833560.
- [43] ČSN EN ISO 8996. *Ergonomie tepelného prostředí – Určování metabolismu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005, 28. Třídící znak 833560.
- [44] HOLEČEK, M. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada, RPPO, 2006. 288 s. ISBN 80-247-1562-7.
- [45] RENNIE, K. L., HENNINGS, S. J., MITCHELL, J., & WAREHAM, N. J. (2001). *Estimating energy expenditure by heart-rate monitoring without individual calibration*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2001, 33(6), 939–945. doi:10.1097/00005768-200106000-00013
- [46] Posuzování celkové fyzické zátěže. *Krajská hygienická stanice Královéhradeckého kraje* [online]. Hradec Králové [cit. 15.11.2022]. Dostupné z: http://www.khshk.cz/e-learning/kurs5/221_posuzovni_celkov_fyzick_zte.html
- [47] ZADÁK, Z. *Výživa v intenzivní péči. 2., rozš. a aktualiz. vyd.* Praha: Grada, 2008. 552 s. ISBN 978-80-247-2844-5.
- [48] SHARMA, S. a kol. *Klinická výživa a dietologie v kostce*. Praha: Grada, 2018. 240 s. ISBN: 978-80-271-0228-0.
- [49] COMPHER, Ch., FRANKENFIELD, D., KEIM, N., & ROTH-YOUSEY, L. *Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting Metabolic Rate in Adults: A Systematic Review*. Journal of the American Dietetic Association, 2006, 106 (6), 881–903. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.02.009>
- [50] JAVORKA, K. *Lékařská fyziologie*. Slovakia: Osveta, 2001. ISBN: 978-80-806-3291-5.
- [51] MANN, J., TRUSWELL S. *Essentials of human nutrition*. (3th ed.). Oxford, United Kingdom: Oxford University Press, 2007. 678 s. ISBN 978-80-8063-231-6.
- [52] KAIYALA, K. J., & RAMSAY, D. S. *Direct animal calorimetry, the underused gold standard for quantifying the fire of life*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 2010, 158(3), 252–264. Dostupné z doi: 10.1016/j.cbpa.2010.04.013

- [53] HOLEČEK, M. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. 1.vyd. Praha: Grada, 2006, 286 s. ISBN 80-247-1562-7.
- [54] SASAKI, J. E., DA SILVA, K. S., DA COSTA, B. G. G. & JOHN, D. *Measurement of Physical Activity Using Accelerometers*. Computer-Assisted and Web-Based Innovations in Psychology, Special Education, and Health, 2016, 33–60. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802075-3.00002-4>
- [55] Accelerometers. *Physical Activity Resource Center For Public Health*. [online]. Pittsburgh: Physical Activity Resource Center for Public Health (PARC-PH). [19.11.2022] Dostupné z <http://www.parcph.org/accDef.aspx>
- [56] LEE, I-M., SHIROMA, E. J. *Using accelerometers to measure physical activity in large-scale epidemiological studies: issues and challenges*. British Journal of Sports Medicine 2014; 48: 197-201. Dostupné z: <https://bjsm.bmj.com/content/48/3/197>
- [57] CANINO, M., WAGNER, L., SANDERS, L. *Accelerometers*. SlidePlayer. [online]. 2015. Dostupné z: <https://slideplayer.com/slide/6120279/>
- [58] What is the Doubly-Labelled Water Method? *International Atomic Energy Agency*. [online]. Vienna, Austria: Vienna International Centre, © 1998–2023. [cit. 18.11.2022]. Dostupné z: <https://doubly-labelled-water-database.iaea.org/about>
- [59] Westerterp, K. R. *Doubly labelled water assessment of energy expenditure: principle, practice, and promise*. European Journal of Applied Physiology, 2017, 117(7), 1277–1285. doi:10.1007/s00421-017-3641-x. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5486561/>
- [60] SCHNEIDER, P. L., CROUTER, S. E., & BASSETT, D. R. *Pedometer Measures of Free-Living Physical Activity: Comparison of 13 Models*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2004, 36(2), 331–335. doi: 10.1249/01.mss.0000113486.60548.e9
- [61] Pedometers. *Physical Activity Resource Center For Public Health*. [online]. Pittsburgh: Physical Activity Resource Center for Public Health (PARC-PH). [cit. 20.11.2022] Dostupné z <http://www.parcph.org/pedDef.aspx>
- [62] FILO, Petr. *Nové metody v ergonomii*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita, 2013. 104 s. ISBN 978-80-7375-870-7.
- [63] MALCHAIRE, J., d'AMBROSIO A. FR, PALELLA BI. *Evaluation of the metabolic rate based on the recording of the heart rate*. Ind Health. 2017; 55(3):219-232. Dostupné z: doi:10.2486/indhealth.2016-0177
- [64] JANMAHASATION, S., DUFFULL, S.B, ASH, S., WARD, L. C., BYRNE, N.M., GREEN, B. *Quantification of lean bodyweight*. Clin. Pharmacokinet. 2005, 44 pp. 1051-1065.
- [65] HELLER, J. *Zátěžová funkční diagnostika ve sportu. Východiska, aplikace a interpretace*. 1. vyd. Praha: univerzita Karlova, Karolinum, 2018, 310 s. ISBN: 978-80-246-3359-6.
- [66] SELIGER, V. & BARTŮNĚK, V. *Mean values of various indices of physical fitness in the investigation of Czechoslovak population aged 12–55 years*. Prague, Czechoslovak Union for Physical Culture, 1976, 117 s.

- [67] MÁČEK, M. & MÁČKOVÁ, J. *Platí ještě dnes hodnoty získané v Mezinárodním biologickém programu v letech 1968 až 1974?* *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 1996, 5 (1), 1-3.
- [68] NOVÁK, J., VOTÍK, J., ŠTORK, M., ZEMAN, V. *Srovnání normativů tělesné zdatnosti čs. populace z r. 1976 se současnou sportující a nesportující populací.* *The Scientific Journal for Kinanthropology, Studia Kinanthropologica*, 2019, roč. 20, č. 1, s. 67-76. ISSN 1213-2101.
- [69] ROBERGS, R. A., LANDWEHR, R. *The surprising history of the "HRmax= 220-age" equation.* *Journal of Exercise Physiology Online* 5.2, 2002, 1-10.
- [70] INBAR, O. OTEN, A., SCHEINOWITZ, M., ROTSTEIN, A., DLIN, R. a CASABURI, R. *Normální kardiopulmonální odezvy během postupného cvičení u mužů ve věku 20-70 let.* *Med Sci Sport Exerc*, 1994; 26(5):538-546
- [71] TRUMBO, P., SCHLICKER, S., YATES A. A, POOS, M. *Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, The National Academies. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids.* *J Am Diet Assoc*. 2002 Nov;102(11):1621-30. Dostupné z: doi: 10.1016/s0002-8223(02)90346-9.
- [72] COSS-BU, J. A., & MEHTA, N. M. *Energy Metabolism.* *Encyclopedia of Food and Health*, 2016, 503–510. doi:10.1016/b978-0-12-384947-2.00254-3.
- [73] MARCUS, J. B. *Weight Management: Finding the Healthy Balance.* *Culinary Nutrition*, 2013, 431–473. doi:10.1016/b978-0-12-391882-6.00010-8
- [74] GARDG, A., CHAFFIN, D.B., HERRIN, G.D. *Predikce rychlosti metabolismu pro ruční práce s materiálem.* *Am Ind Hyg Assoc J* 39, 661–74. 1978.
- [75] WHO. *Požadavky na lidskou energii. Zpráva o společné poradě odborníků FAO/WHO/UNU.* Světová zdravotnická organizace, Řím, 2001.
- [76] SPITZER, H., HETTINGER, T., KAMINSKY, G. *Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit.* Beuth Verlag, 1982.
- [77] MACHOVÁ, J. *Biologie člověka pro učitele.* Praha: Karolinum, 2008. 272 s. ISBN 978-80-246-3357-2
- [78] MALCHAIRE, J. *Méthodologie générale d'interprétation des enregistrements continus de fréquence cardiaque aux postes de travail.* *Cah Med Trav* 25, 1988, 181–6.
- [79] JANEČEK, J. *Léčiva a stavy ovlivňující tepovou frekvenci.* Preventado, 2020.
- [80] NOVÁKOVÁ, T. *Detailní rozbor změn legislativy v oblasti pracovnělékařských služeb (PLS) a její dopad na zavedenou praxi* [online]. BOZP.cz, Bezpečnost práce, [cit. 20.2.2023]. Dostupné z <https://www.bozp.cz/aktuality/novelizace-pracovnelekarskych-sluzeb/>
- [81] BURTON, R. F. *Estimating body surface area from mass and height: Theory and the formula of Du Bois and Du Bois.* *Annals of Human Biology*, 2008, 35(2), 170–184. doi:10.1080/03014460801908439
- [82] KALVACH, Z., ZADÁK, Z., JIRÁK, R., ZAVÁZALOVÁ, H. *Geriatric a gerontologie.* Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0548-6.
- [83] ALPERS, D. H., STENSON, W.F., TAYLOR, B.E. & BIER, D., M. *Manual of Nutritional Therapeutics. Lippincott Manual Series (Formerly Known As the Spiral Manual Series).* 5.

- vyd. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008. 642 s. ISBN: 978-07-817-6841-2
- [84] WEBB, G. *Modern Nutrition in Health and Disease*. 9th edition. M. E. Shils, J. A. Olsen, M. Shike and A. C. Ross (editors). Baltimore: Williams & Wilkins, 1999. ISBN 0-683-30769-X.
- [85] BURSZEIN, S. *Energy Metabolism, Indirect Calorimetry, and Nutrition*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1989. ISBN: 978-06-830-1141-8.
- [86] Convert Kilojoule/minute to Watt. *Unitconverters.net*. [online]. The Woodlands: Maple Tech. International LLC. [cit. 30.3.2022] Dostupné z: <https://www.unitconverters.net/power/kilojoule-minute-to-watt.htm>
- [87] ESTON, R. & REILLY, T. *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual: Tests, Procedures and Data*. Third Edition: Volume Two: Physiology. Oxfordshire: Routledge, 2013. 376 s. ISBN: 978-11-352-5265-6.
- [88] BURKE, E. Use your heart monitor to keep an eye on heat stress [online]. Active Network, LLC. [cit. 30.3.2022]. Dostupné z <https://www.active.com/articles/use-your-heart-monitor-to-keep-an-eye-on-heat-stress>
- [89] CHUNDELA, L. *Ergonomie*. 3. Vyd. Praha: ČVUT, 2013, 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.

Seznam příloh

PŘÍLOHA č. 1 – Průměrné hygienické limity pro počty pohybů ruky a předloktí

PŘÍLOHA č. 2 – Výchozí ukazatele fyzické zdatnosti – populační normativy pro ukazatel VO_{2max}

PŘÍLOHA č. 3 – Souhrnné tabulky výsledků srovnání současného hodnocení a nově navrženého hodnocení

PŘÍLOHA č. 1

**Průměrné hygienické limity pro počty pohybů ruky a předloktí
[10]**

% Fmax	Průměrný počet pohybů za průměrnou osmihodinovou směnu	Průměrný minutový počet pohybů za průměrnou osmihodinovou směnu
7	27 600	58
8	24 300	51
9	21 800	44
10	19 800	41
11	18 100	37
12	16 700	34
13	15 500	32
14	14 400	29
15	13 500	29
16	12 700	26
17	12 000	25
18	11 400	24
19	10 900	23
20	10 400	22
21	10 000	21
22	9 600	20
23	9 300	19
24	9 000	19
25	8 700	18
26	8 400	18
27	8 100	17
28	7 800	17
29	7 500	16
30	7 200	15
31	6 900	15
32	6 600	14
33	6 300	14
34	6 000	13
35	5 800	12
36	5 600	12
37	5 400	11
38	5 200	11
39	5 000	10
40	4 800	10
41	4 600	10
42	4 400	9
43	4 200	9
44	4 000	9
45	3 800	8
46	3 600	8
47	3 400	7
48	3 200	7
49	3 000	7
50	2 700	7
51	2 400	7
52	2 100	7
53	1 800	7

PŘÍLOHA č. 2

Výchozí ukazatele fyzické zdatnosti – populační normativy pro ukazatel $VO_2\max$ [66]

MUŽI	
Věk	VO ₂ max
11	50,9
12	50,1
13	49,5
14	48,8
15	48,2
16	47,2
17	47,1
18	46,5
19	46
20	45,5
21	45
22	44,6
23	44,1
24	43,6
25	43,2
26	42,8
27	42,4
28	42
29	41,6
30	41,2
32	40,4
34	39,6
36	39
38	38,2
40	37,6
42	36,8
44	36,2
46	35,6
48	34,8
50	34,2
52	33,6
54	32,9
56	32,3
58	31,6
60	31

ŽENY	
Věk	VO ₂ max
11	39,2
12	38,9
13	38
14	38,2
15	37,9
16	37,6
17	37,3
18	37
19	36,7
20	36,4
21	36
22	35,7
23	35,4
24	35,1
25	34,8
26	34,4
27	34,1
28	33,8
29	33,5
30	33,2
32	32,6
34	31,9
36	31,3
38	30,6
40	30
42	29,4
44	28,7
46	28,1
48	27,4
50	26,8
52	26,2
54	25,6
56	24,9
58	24,2
60	23,6

PŘÍLOHA č. 3

**Souhrnné tabulky výsledků srovnání současného hodnocení a
nově navrženého hodnocení [vlastní zpracování]**

Pracovní pozice	Věk [roky]	Pohlaví	Výška [cm]	Váha [kg]	HR ₀ [tepy/min]	HR _{wm} [tepy/min]	Stávající hodnocení	Nové hodnocení, tj. korekce na 45letého průměrně zdatného
Kontrolor č. 1	41	Muž	189	101	83	86,57	1 kategorie	16,050 %
Kontrolor č. 2	41	Muž	171	110	87	101,64	2 kategorie	26,406 %
Kategorizace profese						ø 94,105	2. kategorie	21,228 % – 1 kategorie
Operátor výroby č. 1	20	Žena	168	69	71	95,84	2. kategorie	38,347 %
Operátor výroby č. 2	21	Žena	172	80	77	102,54	3. kategorie	39,106 %
Kategorizace profese						ø 99,19	2. kategorie	38,727 % – 3 kategorie
Pracovník naskladňování č. 1	52	Muž	185	88	78	114	3. kategorie	43,778 %
Pracovník naskladňování č. 2	50	Muž	175	80	64	82	1. kategorie	26,578 %
Kategorizace profese						ø 98	2. kategorie	35,178 % – 3 kategorie
Elektromechanik montáž trolejbusů č.1	24	Muž	172	74	59	80	1 kategorie	30,718 %
Elektromechanik montáž trolejbusů č.2	25	Muž	183	78	67	75	1 kategorie	20,780 %
Kategorizace profese						ø 77,5	1 kategorie	25,750 % - 2 kategorie
Dělník č.1	50	Muž	172	94	85	103	3 kategorie	29,144 %
Dělník č.2	45	Muž	175	85	82	107	3 kategorie	35,955 %
Kategorizace profese						ø 105	3 kategorie	32,550 % - 2 kategorie

Pracovní pozice	Věk [roky]	Pohlaví	Výška [cm]	Váha [kg]	HR ₀ [tepy/min]	HR _{wm} [tepy/min]	Stávající hodnocení	Nové hodnocení – krátkodobě přípustná SF	Nové hodnocení, tj. korekce na 45letého průměrně zdatného
Řidič č. 1	39	Muž	178	95	81	99,07	2 kategorie	76,801 % - 3 kategorie	29,431 %
Řidič č. 2	55	Muž	188	91	59	87,84	1 kategorie	77,364 % - 3 kategorie	33,327 %
Kategorizace profese						ø 93,46	3 kategorie (výskyt 150 tepů/minutu)	3. kategorie	31,379 % - 2 kategorie
Pracovnice online prodeje č.1	23	Žena	168	58	86	86,21	1 kategorie	81,042 % - 3 kategorie	17,991 %
Pracovnice online prodeje č.2	22	Žena	173	62	88	104,15	3 kategorie	80,238 % - 3 kategorie	33,653 %
Kategorizace profese						ø 95,18	3 kategorie (výskyt 150 tepů/min)	3. kategorie	25,822 % - 2 kategorie
Operátor lakovny – navěšování č.1	27	Muž	173	90	65	103	3 kategorie	83,915 % - 3 kategorie	44,638 %
Operátor lakovny – navěšování č.2	22	Muž	183	72	71	107	3 kategorie	84,577 % - 3 kategorie	46,452 %
Kategorizace profese						ø 105	3 kategorie (výskyt 150 tepů/min)	3 kategorie	45,545 % - 3 kategorie

Pracovní pozice	Věk [roky]	Pohlaví	Výška [cm]	Váha [kg]	HR ₀ [tepy/min]	HR _{wm} [tepy/min]	Stávající hodnocení	Nové hodnocení, tj. korekce na 45letého průměrně zdatného
Pracovník vychystávky č. 1	35	Muž	185	85	81	88,5	1. kategorie	20,440 %
Pracovník vychystávky č. 2	22	Muž	187	97	89	103,68	3. kategorie	28,583 %
Kategorizace profese						ø 96,09	2. kategorie	24,512 % – 2 kategorie
Řidič VZV č. 1	50	Muž	179	122	86	95,7	2. kategorie	20,831 %
Řidič VZV č. 2	26	Muž	180	97	92	101,39	2. kategorie	22,862 %
Kategorizace profese						ø 98,545	2. kategorie	21,847 % – 1 kategorie
Skladník č. 1	57	Žena	170	72	57	77	1. kategorie	28,156 %
Skladník č. 2	57	Žena	172	98	70	80,32	1. kategorie	20,918 %
Kategorizace profese						ø 78,66	1. kategorie	24,537 % – 2 kategorie
Obsluha stroje č.1	31	Muž	176	81	88	111,88	3. kategorie	37,455 %
Obsluha stroje č. 2	30	Muž	173	80	90	115,31	3. kategorie	39,464 %
Kategorizace profese						ø 113,595	3. kategorie	38,582 % – 3 kategorie
Traktorista č. 1	51	Muž	175	92	78	85,97	1. kategorie	19,937 %
Traktorista č. 2	47	Muž	175	80	86	103,02	3. kategorie	29,450 %
Kategorizace profese						ø 94,495	2. kategorie	24,694 % – 2 kategorie

Pracovní pozice	Věk [roky]	Pohlaví	Výška [cm]	Váha [kg]	HR ₀ [tepy/min]	HR _{wm} [tepy/min]	Stávající hodnocení	Nové hodnocení, tj. korekce na 45letého průměrně zdatného
Pracoviště picking č.1	40	Muž	193	95	80	100,61	2. kategorie	33,180 %
Pracoviště picking č.2	34	Muž	180	78	85	86,22	1. kategorie	14,568 %
Kategorizace profese						ø 93,415	2. kategorie	24,037 % – 2 kategorie
Expedice č. 1	57	Muž	172	72	57	77,07	1. kategorie	27,161 %
Expedice č. 2	57	Muž	172	98	70	80,33	1. kategorie	20,207 %
Kategorizace profese						ø 78,7	1. kategorie	23,684 % - 1 kategorie
Skladník č.1	42	Muž	185	110	86	97,11	2. kategorie	22,921 %
Skladník č.2	19	Muž	180	123	80	101	2. kategorie	32,909 %
Kategorizace profese						ø 99,055	2 kategorie	27,915 % - 2 kategorie
Skladník centrální distribuce č.1	43	Muž	194	92	87	94,36	2 kategorie	20,385 %
Skladník centrální distribuce č.2	54	Muž	178	94	85	88,63	1 kategorie	15,795 %
Kategorizace profese						ø 91,495	2 kategorie	18,090 % - 1 kategorie
Elektromechanik č.1	50	Žena	165	70	76	104	3. kategorie	37,995 %
Elektromechanik č.2	53	Žena	168	90	74	102	3. kategorie	36,147 %
Kategorizace profese						ø 103	3 kategorie	37,071 % - 3 kategorie

Pracovní pozice	Věk [roky]	Pohlaví	Výška [cm]	Váha [kg]	HR ₀ [tepy/min]	HR _{wm} [tepy/min]	Stávající hodnocení	Nové hodnocení, tj. korekce na 45letého průměrně zdatného
Řidič retraku č. 1	48	Muž	186	95	82	94	2 kategorie	23,585 %
Řidič retraku č. 2	35	Muž	178	105	86	101	2 kategorie	27,174 %
Kategorizace profese						ø 97,5	2 kategorie	25,380 % - 2 kategorie
Kuchařka č. 1	48	Žena	175	102	81	100	2 kategorie	29,844 %
Kuchařka č. 2	50	Žena	172	73	89	100	2 kategorie	25,506 %
Kategorizace profese						ø 100	2 kategorie	27,675 % - 2 kategorie
Skladník denní směna č.1	52	Muž	180	100	59	89,21	3 kategorie	33,943 %
Skladník denní směna č.2	45	Muž	183	91	80	84,09	1 kategorie	16,577 %
Kategorizace profese						ø 86,65	1 kategorie	25,260 % - 2 kategorie
Skladník noční směna č.1	36	Muž	178	98	90	97,36	2 kategorie	20,067 %
Skladník noční směna č.2	36	Muž	175	90	91	102,96	3 kategorie	26,235 %
Kategorizace profese						ø 100,16	2 kategorie	23,151 % - 1 kategorie

Pracovní pozice	Věk [roky]	Pohlaví	Výška [cm]	Váha [kg]	HR ₀ [tepy/min]	HR _{wm} [tepy/min]	Stávající hodnocení	Nové hodnocení, tj. korekce na 45letého průměrně zdatného
Prodavačka – asistentka prodeje č.1	39	Žena	162	73	87	92,05	2 kategorie	20,161 %
Prodavačka – asistentka prodeje č.2	45	Žena	164	63	73	87,18	1 kategorie	27,880 %
Kategorizace profese						ø 89,615	1 kategorie	24,021 % - 2 kategorie
Operátor výroby – obsluha stroje č.1	20	Muž	185	76	81	111,87	3 kategorie	44,508 %
Operátor výroby – obsluha stroje č.2	26	Muž	185	85	86	115,32	3 kategorie	42,981 %
Kategorizace profese						ø 113,595	3 kategorie	43,744 % - 3 kategorie
Kontrolor nakládky č. 1	51	Muž	180	90	68	78	1 kategorie	20,592 %
Kontrolor nakládky č. 2	55	Muž	185	89	86	101	2 kategorie	26,959 %
Kategorizace profese						ø 89,5	1 kategorie	23,776 % - 1 kategorie
Lakýrník – mokrá lakovna č.1	55	Muž	186	110	78	90	1 kategorie	22,426 %
Lakýrník – mokrá lakovna č.2	39	Muž	179	95	80	103	3 kategorie	33,828 %
Kategorizace profese						ø 96,5	2 kategorie	28,127 % - 2 kategorie

Pracovní pozice	Věk [roky]	Pohlaví	Výška [cm]	Váha [kg]	HR ₀ [tepy/min]	HR _{wm} [tepy/min]	Stávající hodnocení	Nové hodnocení, tj. korekce na 45letého průměrně zdatného
Lakýrník–práškové lakovny č.1	23	Muž	180	85	88	96	2 kategorie	21,755 %
Lakýrník – práškové lakovny č.2	31	Muž	179	90	83	102	3 kategorie	31,483 %
Kategorizace profese						ø 99	2 kategorie	26,619 % - 2 kategorie
Hutník č.1	32	Muž	185	100	87	107,64	3 kategorie	33,348 %
Hutník č.2	35	Muž	185	115	90	110,1	3 kategorie	32,978 %
Kategorizace profese						ø 108,87	3 kategorie	33,163 % - 3 kategorie
Pracovník vychystávky zboží č.1	32	Muž	172	65	74	99	2 kategorie	36,105 %
Pracovník vychystávky zboží č.2	21	Muž	170	110	84	103	3 kategorie	31,465 %
Kategorizace profese						ø 101	2 kategorie	33,785 % - 3 kategorie
Technik automatizace č.1	21	Mu	175	64	87	99	2 kategorie	27,180 %
Technik automatizace č.2	47	Muž	185	96	84	96	2 kategorie	23,973 %
Kategorizace profese						ø 97,5	2 kategorie	25,576 % - 2 kategorie