

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management

Studijní specializace: N0715A270012S00 Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Návrh implementace rehabilitací ve virtuální realitě
v průmyslovém podniku**

Autor: Bc. Tea BAJIČOVÁ

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

Akademický rok 2021/2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Tea BAJIČOVÁ**
Osobní číslo: **S20N0021P**
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Návrh implementace rehabilitací ve virtuální realitě
v průmyslovém podniku**
Zadávající katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Úvod do řešené problematiky
2. Péče o zdraví zaměstnanců v průmyslových podnicích
3. Návrh metodiky
4. Implementace ve vybraném podniku
5. Závěr

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

Seznam doporučené literatury:

1. KROEMER-ELBERT, Katrin, KROEMER, Henrike, KROEMER-HOFFMAN, Anne. *Ergonomics-How to design for ease and efficiency*. 3rd edition. Elsevier Science Publishing, 2018, 756 s. ISBN 978-0-128-13296-8.
2. CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. Praha: ČVUT, 2013, 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.
3. GREENGARD, Samuel. *Virtual Reality*. The MIT Press, 2019, 264 s. ISBN 262537524.
4. GÖRNER, Tomáš, HOŘEJŠÍ, Petr, KURKIN, Ondřej. VYZTYMDP : *Virtuální realita: úvodní úroveň*, e-book. Plzeň: ZČU-KPV, 2012. ISBN 978-80-87539-07.
5. HUGGETT, Cindy. *Virtual training basics*. 2nd edition. Alexandria, VA: ATD Press, 2018. ISBN 978-1947308657.

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: **20. září 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2022**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

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

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 chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Marku Burešovi, PhD. za cenné rady, ochotu a čas, který mi věnoval během zpracování diplomové práce. Děkuji také Ing. Iloně Kačerové za veškerou pomoc a rady ohledně diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu po celou dobu studia.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bajičová	Jméno Tea	
STUDIJNÍ OBOR	Průmyslové inženýrství a management (PIMB)		
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 implementace rehabilitací ve virtuální realitě v průmyslovém podniku		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	78	TEXTOVÁ ČÁST	73	GRAFICKÁ ČÁST	5
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS	Diplomová práce se zabývá možností využití virtuální reality za účelem rehabilitací v průmyslových podnicích. První část práce je zaměřena na teoretické poznatky týkající se problematiky ergonomie, péče o zdraví pracovníků a virtuální reality. V další části práce je navržena metodika potřebná pro identifikaci potřeb pracovníků a definování plánu rehabilitace. Následně je metodika ověřena v rámci dvou podniků a pro šetřené pracovníky je navržen doporučený postup spolu se zaměřením rehabilitací.
KLÍČOVÁ SLOVA	Virtuální realita, rehabilitace, nemoc z povolání, ergonomie, Nordic Questionnaire, Meisterův dotazník, Phalenův test

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bajičová	Name Tea	
FIELD OF STUDY	Průmyslové inženýrství a management (PIMB)		
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	Proposal for the implementation of virtual reality rehabilitation in industrial enterprises		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2022
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	78	TEXT PART	73	GRAPHICAL PART	5
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION	<p>The thesis deals with the possibility of using virtual reality for rehabilitation purposes in industrial companies. The first part of the thesis is focused on theoretical knowledge related to ergonomics, health care of workers and virtual reality. The next part of the thesis proposes the methodology needed to identify the needs of workers and define a rehabilitation plan. Subsequently, the methodology is validated within two companies and a recommended course of action is proposed for the investigated workers along with the focus of rehabilitation.</p>
KEY WORDS	<p>Virtual reality, rehabilitation, occupational disease, ergonomics, Nordic Questionnaire, Meister questionnaire, Phalen Maneuver</p>

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	10
Přehled použitých zkratk	11
Úvod	12
1 Řešená problematika	13
1.1 Ergonomie pracovního místa	14
1.2 Kategorizace prací	16
1.3 Nemoci z povolání	17
1.4 Péče o zdraví zaměstnanců v průmyslových podnicích	20
1.4.1 Úprava a racionalizace pracovišť	20
1.4.2 Organizační opatření	21
1.4.3 Fyzioterapie a regenerační cviky	22
1.5 Využití virtuální reality při péči o zdraví	22
1.5.1 Definice virtuální reality	23
1.5.2 Příklady využití virtuální reality pro rehabilitace	24
2 Návrh metodiky	28
2.1 Posouzení fyzické zátěže	28
2.2 Dotazníkové šetření	29
2.3 Analýza pracovníků	31
3 Ověření metodiky ve výrobním oddělení	35
3.1 Skladník	35
3.1.1 Posouzení fyzické zátěže	36
3.1.2 Dotazníkové šetření	37
3.1.3 Analýza pracovníků	40
3.1.4 Shrnutí výsledků	41
3.2 Obsluha zapékací pece	41
3.2.1 Posouzení fyzické zátěže	41
3.2.2 Dotazníkové šetření	43
3.2.3 Analýza pracovníků	45
3.2.4 Shrnutí výsledků	46
3.3 Operátor výroby	47
3.3.1 Posouzení fyzické zátěže	47

3.3.2	Dotazníkové šetření.....	49
3.3.3	Analýza pracovníků.....	51
3.3.4	Shrnutí výsledků.....	53
3.4	Celkové vyhodnocení	53
4	Ověření metodiky v administrativním oddělení.....	56
4.1	Posouzení fyzické zátěže	56
4.2	Dotazníkové šetření	57
4.3	Analýza pracovníků	60
4.4	Celkové vyhodnocení	62
5	Shrnutí výstupů a další postup	64
	Závěr.....	68
	Použité zdroje.....	69
	PŘÍLOHA č. 1.....	i
	PŘÍLOHA č. 2.....	iv

Seznam obrázků

Obrázek 1-1 Závislost prvků pracoviště – přepracování dle [34]	15
Obrázek 1-2 Vývoj počtu hlášených případů nemocí z povolání v letech 2011–2020 [vlastní zpracování]	19
Obrázek 1-3 Rozdělení hlášených případů nemocí z povolání podle CZ NACE za rok 2020 [vlastní zpracování]	19
Obrázek 2-1 Oblasti těla zohledněné v Nordic Questionnaire [14]	30
Obrázek 2-2 Phalenův test [43]	32
Obrázek 3-1 Rozložení skupiny dle pohlaví a věku [vlastní zpracování]	35
Obrázek 3-2 Výsledky druhé části Nordic Questionnaire pro pozici skladník [vlastní zpracování]	38
Obrázek 3-3 Měření síly stisku pomocí digitálního siloměru [vlastní zdroj]	40
Obrázek 3-4 Výsledky druhé části Nordic Questionnaire pro pozici obsluha zapékací pece [vlastní zpracování]	43
Obrázek 3-5 Výsledky Phalenova testu pro pozici obsluha zapékací pece [vlastní zpracování]	45
Obrázek 3-6 Výsledky druhé části Nordic Questionnaire pro pozici operátor výroby [vlastní zpracování]	50
Obrázek 3-7 Výsledky Phalenova testu pro pozici operátor výroby [vlastní zpracování]	52
Obrázek 3-8 Výsledky druhé části Nordic Questionnaire pro výrobní podnik	54
Obrázek 3-9 Ukázka reportu v Power BI pro pozici obsluha zapékací pece [vlastní zpracování]	55
Obrázek 3-10 Pracovník pozice obsluha zapékací pece [vlastní zdroj]	55
Obrázek 4-1 Rozložení skupiny dle pohlaví a věku [vlastní zpracování]	56
Obrázek 4-2 Výsledky druhé části Nordic Questionnaire pro administrativní pracovníky [vlastní zpracování]	58
Obrázek 4-3 Výsledky Phalenova testu pro administrativní pracovníky [vlastní zpracování]	60
Obrázek 5-1 Ukázka aplikací ve VR [vlastní zdroj]	67

Seznam tabulek

Tabulka 1-1 Termíny periodické prohlídky dle kategorie práce [44]	17
Tabulka 2-1 Stanovené faktory Meisterova dotazníku [18].....	31
Tabulka 2-2 Maximální síly stisku dle věku a pohlaví [6].....	33
Tabulka 3-1 Zhodnocení fyzické zátěže pro pozici skladník	36
Tabulka 3-2 Výsledky třetí části Nordic Questionnaire pro pozici skladník [vlastní zpracování]	39
Tabulka 3-3 Výsledky Meisterova dotazníku pro pozici skladník [vlastní zpracování]	39
Tabulka 3-4 Výsledky měření síly stisku pro pozici skladník [vlastní zpracování]	40
Tabulka 3-5 Zhodnocení fyzické zátěže pro pozici obsluha zapékací pece.....	42
Tabulka 3-6 Výsledky třetí části Nordic Questionnaire pro pozici obsluha zapékací pece [vlastní zpracování]	44
Tabulka 3-7 Výsledky Meisterova dotazníku pro pozici obsluha zapékací pece [vlastní zpracování]	45
Tabulka 3-8 Výsledky měření síly stisku pro pozici obsluha zapékací pece [vlastní zpracování]	46
Tabulka 3-9 Zhodnocení fyzické zátěže pro pozici operátor výroby.....	48
Tabulka 3-10 Výsledky třetí části Nordic Questionnaire pro pozici operátor výroby [vlastní zpracování]	50
Tabulka 3-11 Výsledky Meisterova dotazníku pro pozici operátor výroby [vlastní zpracování]	51
Tabulka 3-12 Výsledky měření síly stisku pro pozici operátor výroby [vlastní zpracování] ..	52
Tabulka 4-1 Posouzení fyzické zátěže pro administrativní pracovníky.....	57
Tabulka 4-2 Výsledky Meisterova dotazníku pro administrativní pracovníky [vlastní zpracování]	59
Tabulka 4-3 Výsledky měření síly stisku pro administrativní pracovníky [vlastní zpracování]	61
Tabulka 5-1 Shrnutí problémů a možnost řešení ve VR [vlastní zpracování]	65
Tabulka 5-2 Ukázka rehabilitačního plánu ve VR pro dva pracovníky [vlastní zpracování] ..	66

Přehled použitých zkratk

3D	Trojdimenzionální
CZ-ISCO	Klasifikace zaměstnání dle Českého statistického úřadu
CZ-NACE	Klasifikace ekonomických činností vydávaná Evropskou komisí
Fmax	Maximální svalová síla
HMD	Head-mounted display
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OWAS	Ovako Working posture Assesment System
RULA	Rapid Upper Limb Assessment
VR	Virtuální realita

Úvod

Již dlouhodobě je hlavní prioritou téměř každého průmyslového podniku zajištění co největší efektivity systému vedoucí k vyšším ziskům. Avšak v současné době, kdy se průmyslové podniky ocitají ve vysoce konkurenčním prostředí, jak z hlediska snahy o získání nových či udržení stávajících zákazníků, tak z hlediska zajištění dostatečně kvalifikovaných pracovníků, se objevují další kritéria, na která je třeba klást důraz. Jedním z nich je potřeba péče o zdraví zaměstnanců a s tím spojené vytvoření vhodných podmínek na pracovišti. Zaměstnavatelé mohou být k řešení této problematiky motivováni hned několika důvody – může jít o snahu udržet své zaměstnance spokojené a výkonné, o zachování dobrého jména podniku, o nutnost dodržovat daná legislativní nařízení týkající se ergonomie či o úsilí cílené na předejití nákladů spojených se vznikem nemoci z povolání.

Zároveň je pro dnešní dobu typický rychlý technologický pokrok, který se nevyhýbá ani odvětvím spojeným s péčí o lidské zdraví. Jednou z moderních technologií, která nachází stále nové možnosti využití, je virtuální realita. Ta se v současné době využívá i za účelem rehabilitací, avšak v poměrně malém měřítku. Cílem této práce je vytvořit metodický postup, který by identifikoval zdravotní komplikace pracovníků a umožnil tak vhodné zacílení následné rehabilitační péče ve virtuální realitě za účelem prevence vzniku zdravotních obtíží. Klíčovým bodem při potenciální implementaci je definování relevantních problémových oblastí, na které je třeba zaměřit rehabilitační plán.

1 Řešená problematika

Pro uvedení do problematiky řešené v této práci je třeba definovat samotný pojem ergonomie. Pojem ergonomie vychází ze spojení dvou řeckých slov, a to „ergon“ = práce a „nomos“ = zákon, pravidlo. Jedná se o disciplínu zaměřenou na povahu interakcí mezi člověkem a systémem (tj. pracovním prostředím a technikou) z hlediska vědy, designu, technologie nebo organizace. [23] Mezinárodní ergonomická společnost definuje pojem ergonomie následně: „*Ergonomie je vědecká disciplína, optimalizující interakci mezi člověkem a dalšími prvky systému a využívající teorii, poznatky, principy, data a metody k optimalizaci pohody člověka a výkonnosti systému.*“ [11]

Dle jiné definice představuje ergonomie využití vědeckých principů, metod a údajů z různých oborů pro vývoj systémů, v nichž hrají významnou roli lidé. Oblast využití ergonomie pak sahá od jedné osoby používající jednoduchý nástroj až po složité sociotechnické systémy zahrnující více osob. Důležitým východiskem je poznání, že systémy mají přinášet užitek lidem, ať už jde o spotřebitele, výrobní pracovníky, obsluhu systémů nebo údržbáře. Jde o vědeckou disciplínu zaujímající neutrální postoj – nestaví se na stranu zaměstnavatelů ani na stranu pracovníků. [28]

Zatímco v minulosti byla ergonomie ovlivňována technologií a fungovala spíše jako reaktivní opatření pro již existující systémy, v dnešní době dochází k opačnému trendu – ergonomie ovlivňuje technologii a mluví se o tzv. proactive design approach. [50] Na péči o zaměstnance je kladen větší důraz než kdy jindy – ať už z etických nebo ekonomických důvodů.

Za hlavní přínos ergonomie lze považovat tzv. humanizaci techniky – tj. přizpůsobení systému člověk – technika – prostředí právě člověku. [20] Není možné přizpůsobovat člověka jeho pracovišti, ale naopak – pracoviště by mělo být adekvátně přizpůsobeno potřebám a možnostem člověka.

V rámci systému lze řešit čtyři základní typy úloh:

1. **Ergonomická racionalizace**, která je zaměřená na již existující systém, se známou strukturou i chováním, a hledá takové nastavení parametrů, které přinese požadované chování systému.
2. **Ergonomické modelování**, kdy systém již existuje nebo je známa jeho struktura. Na základě stanovení struktury je predikováno pravděpodobné chování systému.
3. **Ergonomická analýza** je charakteristická existujícím systémem s neznámou strukturou a chováním. Chování je zjišťováno experimentálně a odvíjí se od něj struktura.
4. **Projekční ergonomie**, kdy systém neexistuje, avšak má předepsanou strukturu, která má s dostatečnou pravděpodobností zajistit jeho požadované chování. [20]

Výše zmiňovaný systém tedy představuje účelově definovanou množinu prvků a jejich vzájemných vazeb, které společně definují vlastnosti celku. Při propojení s výrobními podniky a jejich pracovišti se pak lze zaměřit na vazbu člověk – stroj. [20]

Z dodržování ergonomických zásad se stává standard, bez kterého lze jen těžko zajistit hladké fungování podniku. K této skutečnosti vede fakt, že množství ergonomických zásad je dnes již ustanoveno legislativními nařízeními daných zemí a národními či mezinárodními standardy. To je tedy první z důvodů pro růst významu ergonomie – pokud jsou pravidla dána v legislativě, podniky považují jejich dodržování za nutné. [24] Ergonomii lze ale také chápat jako nástroj pro zajištění vyšší efektivity výroby a konkurenceschopnosti podniku. K zefektivnění lidské práce dochází na základě vytvoření vhodných organizačních a technických podmínek. [1] Motivací pro dodržování ergonomických zásad pak může být i zmíněné zvýšení efektivity, které je v souladu se snahou každého podniku o dosažení stanovených ekonomických cílů.

1.1 Ergonomie pracovního místa

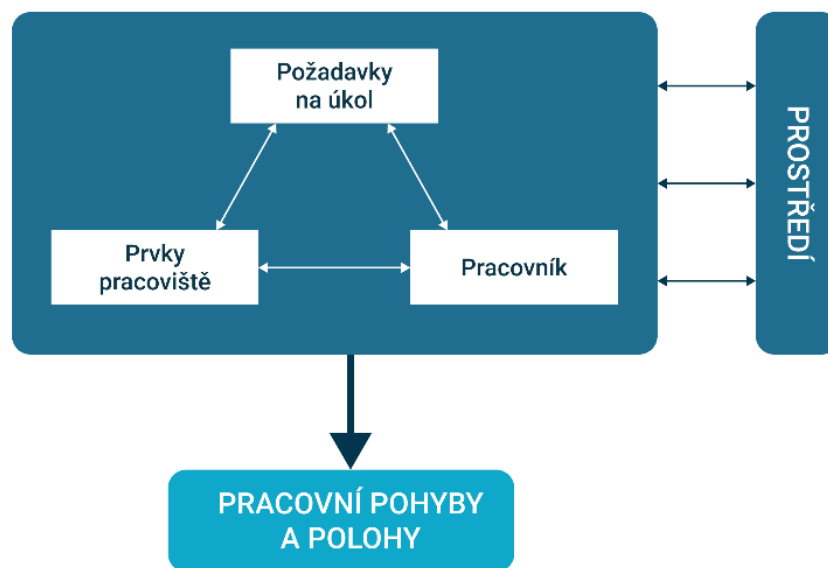
V souvislosti s průmyslovým pracovištěm je úkolem ergonomie zajistit, aby bylo dané pracoviště zdravotně nezávadné a vhodně uspořádané. Cílem je existence takového pracovního místa, kde zaměstnanec nebude vystaven nevhodné pracovní zátěži. Nejdůležitějším kritériem při tvorbě pracoviště je bezpečnost pracovníka. V návaznosti na bezpečnost je ale také žádoucí zaměřit se na pohodlnost pracovníka při práci (zajištěnou např. vhodnými zornými podmínkami či umístěním předmětů do dosahových zón), která následně ovlivňuje i jeho výkon. [53] Tato filozofie návrhu zaměřeného na uživatele uznává lidskou variabilitu jako jeden z parametrů návrhu. Výsledkem jsou konstrukční prvky, které berou v úvahu lidské schopnosti a omezení a mají zabudovaná ochranná opatření sloužící k zamezení nebo snížení dopadů lidských chyb či selhání systému. [28]

Pro upřesnění pojmů, pracovní místo lze definovat jako „část pracoviště, na kterém pracovník vykonává pracovní činnost požadovanou technologií výroby, včetně obsluhy, údržby a oprav technických objektů. Je to také místo na pojízdném stroji, místo v řídicím centru (dozorný apod.).“ [32]

Cílem ergonomického návrhu pracovního místa je tedy zvýšení pracovní výkonnosti (jak kvantitativně, tak i kvalitativně) a zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci skrze:

- minimalizaci fyzické zátěže a s ní související námahy pracovníka,
- usnadnění provádění úkolů, tj. zajištění bezproblémové výměny informací s okolím, minimalizace fyzických překážek apod.,
- zajištění možnosti co nejjednoduššího obsluhování jednotlivých prvků pracoviště. [34]

Navržení pracoviště splňujícího ergonomické zásady představuje nelehký úkol, neboť je třeba vzít v úvahu velké množství vzájemně se ovlivňujících prvků a snažit se splnit požadavky, z nichž si některé mohou vzájemně odporovat. Ve své podstatě existuje vzájemná závislost mezi prvky pracoviště, pracovníkem, požadavky na úkol, prostředím a obvyklými pohyby a polohami těla, které pracovník zaujímá (viz Obrázek 1-1). Jako příklad k objasnění závislostí lze uvést člověka pracujícího převážně v sedě, provádějícího práci na počítači, jež je brána jako požadavek na úkol. Pokud je stůl (tj. první prvek pracovního místa) příliš nízký a sedadlo (tj. druhý prvek pracovního místa) příliš vysoké vzhledem k antropometrickým charakteristikám pracovníka, bude se pracovník naklánět dopředu (nevhodná pracovní poloha), což bude mít negativní dopad na jeho fyzickou zátěž, jeho zdraví (zejména pokud by měl na tomto pracovním místě pracovat delší dobu) a v neposlední řadě na jeho celkovou výkonnost. Jestliže je za pracovníkem okno, které způsobuje odlesky na obrazovce počítače (charakteristika prostředí), bude se pracovník pravděpodobně naklánět do strany (nevhodná pracovní poloha), aby lépe viděl na obsah obrazovky (požadavek na úkol). To bude mít opět podobné důsledky jako předchozí příklad. Při navrhování pracoviště je proto třeba zaujmout systémový pohled a zohlednit charakteristiky pracovního prostředí, pracovníka i požadavky na provedení konkrétního úkolu. [34]



Obrázek 1-1 Závislost prvků pracoviště – přepracování dle [34]

Při návrhu nového či analýze již existujícího pracovního místa je z hlediska ergonomie nutné zaměřit se na následující faktory:

Pracovní polohy, tj. polohy, které pracovník během výkonu práce zaujímá, lze obecně rozdělit na polohu vsedě, vstoje, vkleče nebo jejich kombinaci. Jedná se o celkové postavení těla, trupu, hlavy, horních a dolních končetin. Poloha, ve které pracovník přetrvává po většinu doby výkonu práce, se označuje jako základní pracovní poloha. Polohy, které pracovník zaujímá během vykonávání pomocných operací, jako je například údržba, a které se tedy vyskytují po kratší časový úsek, se označují jako vedlejší pracovní polohy. Pro jakoukoliv pracovní polohu je ale nutné zajištění dostatečné stability těla a zabránění přetěžování muskuloskeletálního systému pracovníka. [4] [33]

V rámci hodnocení se pracovní polohy dělí následujícím způsobem:

- přijatelné pracovní polohy,
- podmíněně-přijatelné pracovní polohy (hygienický limit pro práci v takové poloze je stanoven na 160 minut za osmihodinovou směnu),
- nepřijatelné pracovní polohy (hygienický limit pro práci v takové poloze je stanoven na 30 minut za osmihodinovou směnu). [40]

Pracovní pohyby musí být prováděny v takovém počtu opakování a v takovém rozsahu, aby došlo k minimalizaci zatížení používaných svalových skupin. Pracovník musí mít k dispozici dostatečný prostor, aby mohl pohyby provádět plynule, rytmicky a nerušeně, bez zvýšeného rizika mechanického poranění (tj. bez rizika naražení do okolních prvků pracoviště). [4]

Zorné podmínky jsou ovlivněné charakterem vykonávané práce, rozvržením pracovního místa a zdravotním stavem konkrétního pracovníka (konkrétně zrakovými vadami). Pracovní místo musí být uspořádáno tak, aby byl pracovník schopný bez námahy vidět veškeré předměty, které využívá k vykonávání své pracovní činnosti. [4]

Pracovní rovina by měla odpovídat charakteru vykonávané práce, používaným pracovním pomůckám a zejména by měla být přizpůsobena tělesným proporcím konkrétního pracovníka vykonávajícího danou činnost. Doporučenou výšku pracovní plochy lze obecně stanovit na

základě výšky pracovníka – např. pro člověka vysokého 155 cm je doporučená výška pracovní roviny 60 cm, pro člověka vysokého 185 cm se však hodnota zvyšuje na 70 cm. [4]

Rozmístění ovladačů a hmatníků musí být v rámci pracoviště takové, aby pracovník nebyl nucen zaujímat nevhodné polohy či provádět nadbytečné pohyby za účelem jejich dosažení. V případě, že se jedná o pracoviště s vysokým počtem ovladačů, je také nutné jejich vhodné označení a rozlišení zajišťující snížení rizika jejich záměny. Hmatníky pak musí být navrženy v souladu s anatomickou stavbou končetin a rozsahy jednotlivých kloubů. [4]

Umístění sdělovačů (neboli zařízení informujících pracovníky o průběhu výroby či sledovaných parametrech) by mělo odpovídat výšce očí pracovníka, tj. sdělovače by se měly nacházet v rovinách kolmých ke směru zorných pohledů. I z toho důvodu je vhodné spolu související sdělovače umísťovat vedle sebe v horizontální orientaci. [4]

1.2 Kategorizace prací

Rozřazení pracovních činností do kategorií je dáno vyhláškou č. 107/2013 Sb., která vešla v účinnost 1.5.2013 a nahradila dosud platnou vyhlášku č. 432/2003 Sb. Tato vyhláška stanovuje podmínky pro zařazení prací do kategorií, ale jsou zde také uvedeny limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli. Vyhláška obsahuje následujících třináct kritérií, která ovlivňují zařazení do příslušné kategorie:

- prach,
- chemické látky a směsi,
- hluk,
- vibrace,
- neionizující záření,
- fyzická zátěž,
- pracovní poloha,
- zátěž teplem,
- zátěž chladem,
- psychická zátěž,
- zraková zátěž,
- práce s biologickými činiteli,
- práce ve zvýšeném tlaku vzduchu. [57]

Povinnost zaměstnavatele zařazovat práce do kategorií je dána zákonem č. 205/2020 Sb. (dříve zákon č. 258/2000 Sb.). [62] Práce mohou být zařazeny do jedné ze čtyř následujících kategorií:

Kategorie 1 – Do této kategorie jsou zařazeny práce, u nichž není znám žádný pravděpodobný nepříznivý vliv na zdraví.

Kategorie 2 – U prací, zařazených do této kategorie, lze podle současné úrovně poznání očekávat nepříznivý vliv na zdraví člověka jen výjimečně, zejména u vnímavých jedinců (např. v případě alergií). Jedná se o práce, při kterých nejsou překračovány hygienické limity faktorů

stanovené zvláštními právními předpisy, a práce naplňující další kritéria pro jejich zařazení do této kategorie dle výše zmíněné vyhlášky.

Kategorie 3 – Tato kategorie zahrnuje práce, u kterých jsou překračovány hygienické limity či jsou splněna další kritéria pro jejich zařazení do této kategorie. Zároveň zde platí, že expozice fyzických osob vykonávajících práci není pod úroveň limitů spolehlivě snížena technickými opatřeními, a pro zajištění ochrany zdraví osob je tedy nutné používat ochranné pracovní prostředky, organizační a jiná ochranná opatření. Kritériem pro zařazení do této kategorie je také statisticky častější výskyt nemocí z povolání.

Kategorie 4 – Do této kategorie se řadí práce s vysokým rizikem ohrožení zdraví, které není možné zcela vyloučit ani s pomocí dostupných a použitelných ochranných opatření. [40]

Díky kategorizaci prací je možné souhrnně zhodnotit úroveň zátěže zaměstnanců s ohledem na faktory pracovního prostředí, které ovlivňují kvalitu pracovních podmínek ze zdravotního hlediska. Výše uvedené kategorie pak vyjadřují pravděpodobnost a závažnost predikovaných zdravotních rizik. Pro tyto rizika je třeba v rámci řízení rizik přijmout příslušná opatření, která povedou k jejich úplné eliminaci či snížení závažnosti na akceptovatelnou úroveň. Kategorizace prací tak slouží nejen pro přehlednou evidenci prací z hlediska rizikových faktorů v pracovním prostředí, ale také jako prostředek pro ochranu zdraví zaměstnanců při práci. [54]

Při zařazení do třetí nebo čtvrté kategorie je práce chápána jako riziková a tato klasifikace s sebou mimo jiné nese povinnost zavedení bezpečnostních přestávek. Bezpečnostní přestávky jsou zaměstnancům započítávány do pracovní doby, a tak tento čas nelze strhávat ze mzdy. [40] Bezpečnostní přestávky tak znatelně zkracují dobu směny, ve které zaměstnanec aktivně vykonává pracovní činnost a odráží se na celkové produktivitě podniku.

Na základě zařazení do horší kategorie práce se také snižuje interval mezi periodickými lékařskými prohlídkami prováděnými za účelem včasné identifikace změn zdravotního stavu zaměstnance. U první kategorie je nutné prohlídku provádět jednou za 6 let (u zaměstnanců do 49 let věku) nebo jednou za 4 roky (u zaměstnanců starších 50 let). Naopak v případě zařazení do čtvrté kategorie jsou prohlídky povinné každoročně – pro všechny zaměstnance bez ohledu na jejich věk. Stanovené termíny pro periodické prohlídky dle příslušné kategorie práce jsou uvedeny v tabulce níže (viz Tabulka 1-1). Tento interval však může být ovlivněn i jinými hledisky, než je zařazení do kategorie práce, například v případě, že zaměstnanci pracují v noci. [44] S častějšími povinnými prohlídkami dochází pro zaměstnavatele k nárůstu nákladů, které je na ně nutné vynaložit.

Tabulka 1-1 Termíny periodické prohlídky dle kategorie práce [44]

Kategorie 1	1 x za 6 let u zaměstnance do 49 let věku
	1 x za 4 roky u zaměstnance, který dovršil 50 let věku
Kategorie 2	1 x za 4 roky u zaměstnance do 49 let věku
	1 x za 2 roky u zaměstnance, který dovršil 50 let věku
Kategorie 3	1 x za 2 roky bez ohledu na věk zaměstnance
Kategorie 4	1 x ročně bez ohledu na věk zaměstnance

1.3 Nemoci z povolání

Dle nařízení vlády č. 290/1995 Sb. označuje pojem nemoc z povolání „*nemoci vznikající nepříznivým působením chemických, fyzikálních, biologických nebo jiných škodlivých vlivů,*

pokud vznikly za podmínek uvedených v seznamu nemocí z povolání. Nemoci z povolání se rozumí též akutní otrava vznikající nepříznivým působením chemických látek.“ [39]

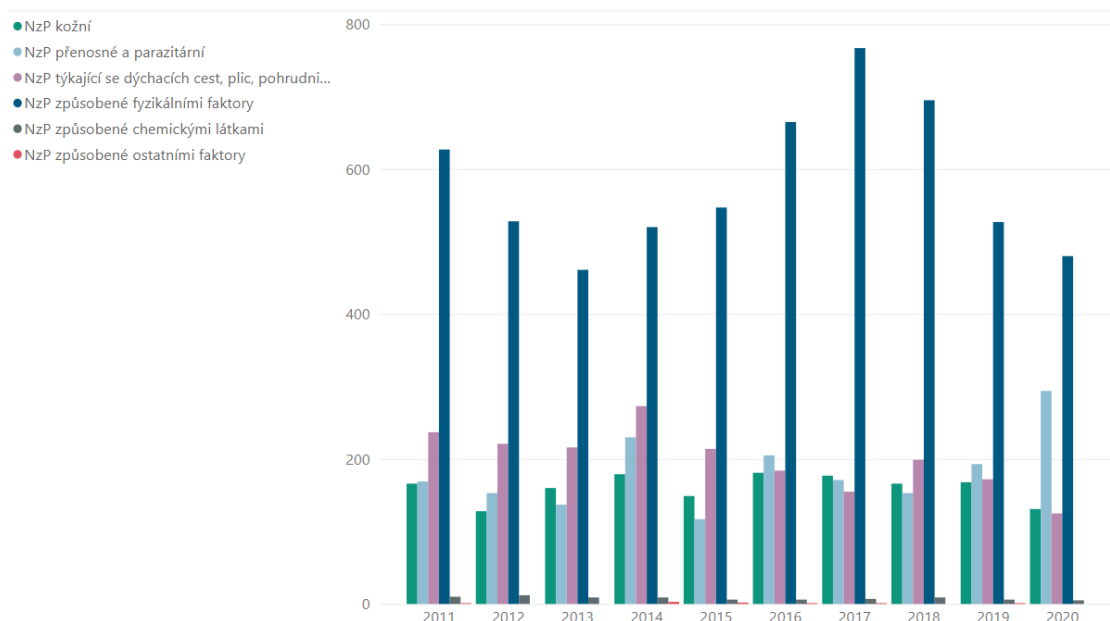
Seznam nemocí z povolání obsahuje šest tzv. kapitol neboli kategorií, do kterých jsou nemoci rozděleny. Dělení je následující [39]:

- Nemoci z povolání způsobené chemickými látkami.
- Nemoci z povolání způsobené fyzikálními faktory.
- Nemoci z povolání týkající se dýchacích cest, plic, pohrudnice a pobřišnice.
- Nemoci z povolání kožní.
- Nemoci z povolání přenosné a parazitární.
- Nemoci z povolání způsobené ostatními faktory a činiteli.

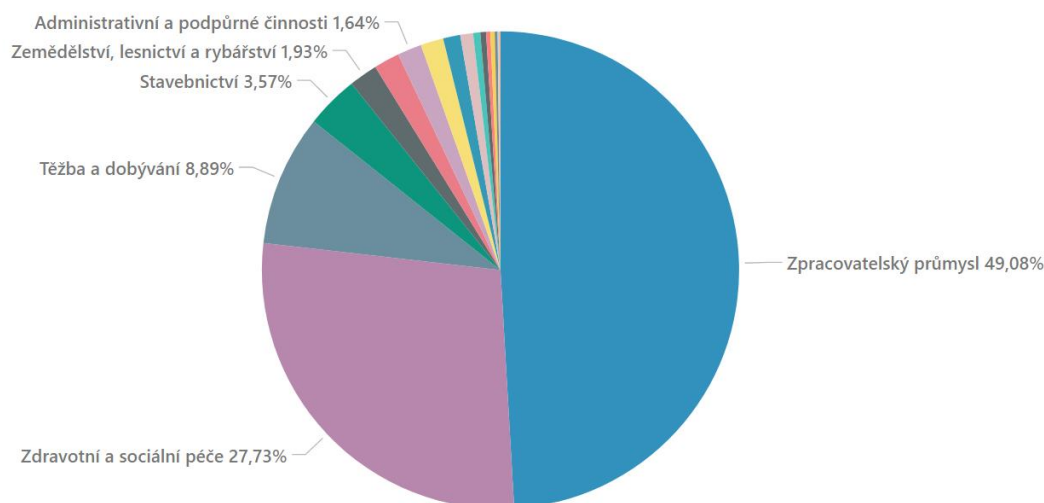
Dle státního zdravotního úřadu bylo v roce 2020 v České republice nahlášeno celkem 1112 profesionálních onemocnění (z toho se v 1035 případech jednalo o nemoc z povolání a ve zbylých 77 případech o ohrožení nemoci z povolání). Profesionální onemocnění byla nahlášena u 952 osob (438 mužů a 514 žen). Ve srovnání s rokem 2019 celkový počet hlášených profesionálních onemocnění mírně poklesl o 2,9 %. [5]

Nejvíce nahlášených případů bylo zařazeno do kategorie onemocnění způsobených fyzikálními faktory, konkrétně šlo o 480 případů (tj. 46,4 % z celkového počtu). V 316 případech se jednalo o nemoci z přetěžování končetin a ve 145 případech o nemoc z vibrací. V roce 2019 pak onemocnění způsobená fyzikálními faktory tvořila dokonce až 49,4 % z celkového počtu nahlášených profesionálních onemocnění. Stejný trend je zřejmý i v dostupných datech z předchozích let.

Obrázek 1-2 zobrazuje vývoj počtu hlášených případů v letech 2011 až 2020. Z dostupných zdrojů také vyplývá, že nejčastěji diagnostikovaným profesionálním onemocněním je již několik let za sebou syndrom karpálního tunelu na pravé a levé ruce při práci s přetěžováním končetin nebo při práci s vibrujícími nástroji a zařízeními. Mezi nejvíce postižené pracovníky se pravidelně zařazují pracovníci v odvětví ekonomické činnosti „výroba motorových vozidel, přívěsů a návěsů“ spolu s pracovníky odvětví „zdravotní a sociální péče“. Obrázek 1-3 ukazuje, že ve 49,08 % nahlášených případů v roce 2020 se jednalo o pracovníky zpracovatelského průmyslu. Nemoci z povolání jsou tedy aktuálním tématem i pro průmyslové podniky. [5]



Obrázek 1-2 Vývoj počtu hlášených případů nemocí z povolání v letech 2011–2020 [vlastní zpracování]



Obrázek 1-3 Rozdělení hlášených případů nemocí z povolání podle CZ NACE za rok 2020 [vlastní zpracování]

Jako jeden z nejobvyklejších zdravotních problémů spjatých s pracovní činností lze uvést tzv. muskuloskeletální poruchy. Jedná se o poškození nebo onemocnění kloubů a dalších tkání, nejčastěji postihují krk, záda, ramena a horní končetiny. Mezi příčiny se řadí například nadměrná fyzická zátěž, nevhodné pracovní polohy či špatně prováděná manipulace s břemeny. Muskuloskeletální poruchy se u pracovníků projevují na škále od menších bolestí až po závažné zdravotní problémy vyžadující odbornou léčbu a vedoucí k absenci v práci či nutnosti povolání opustit. Takovéto závažnější problémy pak mohou spadat i do výše zmíněné definice nemocí z povolání. [38]

Převážná část muskuloskeletálních poruch spojených s pracovní činností má postupný vývoj a je způsobena kombinací rizikových faktorů. Rizikové faktory lze dělit na fyzické a biomechanické, organizační a psychosociální a individuální. Mezi fyzické a biomechanické

rizikové faktory spadají například nepřírozené a statické pracovní polohy (dlouhé sezení nebo stání), vibrace či často se opakující pohyby. Příkladem organizačních a psychosociálních rizikových faktorů může být dlouhá pracovní doba s nedostatečnými přestávkami či šikana a diskriminace na pracovišti. Zejména v kombinaci s fyzickými faktory mají tendence zvyšovat míru stresu, únavy a úzkosti pracovníků. Individuální rizikové faktory zohledňují stav konkrétního pracovníka – jeho životní styl a zdravotní historii. [38]

1.4 Péče o zdraví zaměstnanců v průmyslových podnicích

Vznik nemoci z povolání s sebou nese důsledky jak pro zaměstnance, tak i pro zaměstnavatele. Zaměstnanec se potýká se zdravotními problémy, které mohou v nejhorších případech vést až k invaliditě a znemožnění vykonávání své pracovní činnosti. Zaměstnavatel naopak naráží na nutnost uhrazení nákladů na odškodnění zaměstnance a na problémy organizační (ve spojitosti s hledáním náhrady pro vykonávání dané pracovní činnosti). I proto je třeba se o zdraví zaměstnanců začít starat včas – ne pouze řešit problémy v případě, že už k nim došlo.

Z toho důvodu se v rámci průmyslových podniků v případě pracovišť, kde jsou pracovníci vystaveni fyzické zátěži, hojně využívají ergonomická opatření, jako jsou změna designu pracovních míst, vhodný nábytek a nástroje, ergonomické směrnice, přestávky na odpočinek a funkce rotace. [35]

Následující kapitoly jsou zaměřené na možnosti prevence vzniku nemocí z povolání a zajištění vhodného pracovního prostředí. Mezi nejznámější a nejčastěji používané způsoby v České republice se řadí ergonomická racionalizace pracovišť či zavedení potřebných organizačních opatření ke snížení fyzické či kognitivní zátěže. V dnešní době se ale rozvíjejí i další možnosti zaměřené na prevenci vzniku zdravotních potíží.

1.4.1 Úprava a racionalizace pracovišť

Hlavním principem racionalizace je snaha o neustálé zlepšování výrobního systému. Nástroje a metody racionalizace práce i pracovišť se již dlouho využívají k dosažení jedné ze základních podnikových priorit, tj. ke zlepšení procesů výroby vedoucím k co nejvyšší efektivitě a produktivitě. [48] Racionalizace usiluje o eliminaci zbytečných ztrát a maximální využití dostupných zdrojů při minimálních investicích. Často s sebou přináší zavedení nových technických opatření, jejichž cílem je vytvoření takových podmínek, které pracovníkům umožňují vykonávání pracovní činnosti s co nejvyšším výkonem, bez rozptylování, ale zároveň s co nejmenší fyzickou zátěží. [41] Tento aspekt racionalizace již souvisí se snížením rizika vzniku muskuloskeletálních obtíží.

K zavedení opatření je nejdříve nutné zhodnotit současný stav a identifikovat stávající problémy. K tomuto účelu lze využít množství metod ergonomické analýzy. Jako tradiční a často využívané metody lze zmínit ergonomické checklisty, dotazníky či analýzy NIOSH, RULA a OWAS. V současné době je již také široce rozšířené použití ergonomických softwarů jako je například Tecnomatix Jack nebo Delmia V5 Human.

Mezi jednoduché úpravy pracoviště, které jsou ale mnohdy potřebné a přínosné, lze zařadit:

- nastavení vhodné výšky stolu a židle,
- umístění často používaných předmětů do optimální pracovní roviny,
- snížení dosahových vzdáleností,
- pořízení vhodné techniky pro ulehčení manipulace materiálu,

- zavedení standardů pro vykonávání pracovní činnosti a jejich přehledné zobrazení na pracovišti,
- zajištění potřebných osobních ochranných prostředků. [48]

1.4.2 Organizační opatření

Jako základní organizační opatření využívaná k redukci přetěžování zaměstnanců lze uvést rotaci zaměstnanců u rizikových pracovních činností či zavedení povinných přestávek během práce. Z těchto dvou opatření vyplývá, že organizační opatření necílí přímo na odstranění zdroje přetěžování, ale na snížení celkové doby, po kterou je zaměstnanec vystaven přetížení pohybového aparátu. Mimo těchto dvou opatření ale za zmínku stojí také možné ponížení výkonových norem či řádné zaškolení pracovníků (zaměřené na řádné vykonávání pracovní činnosti, ale i na informovanost o možných rizicích a zdravotních následcích). [55]

1) Rotace zaměstnanců

Rotace zaměstnanců se často používá jako organizační opatření v situacích, kdy úroveň expozice rizikových faktorů na pracovišti nelze snížit kvůli charakteristice práce nebo prostřednictvím fyzikálních opatření. [51] Volí se u opakujících se, statických nebo monotónních činností s cílem zmírnit účinky svalového a kognitivního přetížení, monotónnosti a stresu. [47] Zavádí se také jako strategie pro zmírnění únavy pracovníků, zvýšení produktivity práce nebo spokojenosti a motivace pracovníků. [30]

Jde o jedno z nejčastěji využívaných organizačních opatření, jelikož se mezi jeho přínosy řadí podpora zdraví pracovníků a snižování nákladů. Snížení nákladů se dosahuje na základě skutečnosti, že jsou pracovníci vyškoleni k vykonávání většího počtu pracovních činností pro flexibilní rozdělení úkolů. K podpoře zdraví pracovníků dochází prostřednictvím střídání různých úkolů s různou úrovní expozice a zátěže různých částí těla, což vede ke snížení kumulativní expozice – díky tomu by mělo docházet také ke snížení muskuloskeletálního i kognitivního přetížení. [35][26]

Pro dosažení pozitivních výsledků na zdraví pracovníka je ale zásadní správná organizace a naplánování rotace práce. Musí být zohledněn počet pracovníků a pracovních činností, úroveň expozice, primárně zatěžovaná oblast těla u jednotlivých činností, frekvence pohybů či délka přestávky na odpočinek. [1] V opačném případě může dojít ke zhoršení stavu pracovníků či zvýšení rizika důsledkem navýšení kumulativních a maximálních sil. [7]

V případě, že jsou v rámci vykonávání pracovní činnosti překračovány hygienické limity, a zaměstnavatel nezajistí bezpečnostní přestávky, je jeho povinností, aby místo nich zajistil střídání rizikových činností neboli výše popsanou rotaci zaměstnanců. [40]

2) Bezpečnostní přestávky

Hlavní myšlenkou zavedení doplňkových přestávek na odpočinek v rámci pracovní směny je podpora zotavení z výkonu pracovní činnosti, což je z dlouhodobého hlediska důležitý faktor pro zdraví pracovníka. [8] Doplňkové přestávky na odpočinek se používají také k zajištění bezpečnosti práce. V mnoha průmyslových odvětvích a profesích jsou bezpečnostní přestávky považovány za tak důležité, že je jejich dodržování stanoveno právními předpisy a nařízeními. [49]

Povinnost zavedení bezpečnostních přestávek byla již krátce zmíněna, konkrétně v souvislosti se zařazením do třetí či čtvrté kategorie práce dle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Je stanoveno, že první přestávku, trvající minimálně 15 minut, je nutno zařadit nejvýše po dvou hodinách od začátku vykonávání práce. Dále jsou během směny vyžadovány přestávky trvající alespoň 10

minut po každých dvou hodinách od ukončení předchozí přestávky. Poslední přestávka je pak zařazena nejpozději jednu hodinu před koncem směny. [40]

Z dostupných zdrojů vyplývá, že zařazení oddechových přestávek během pracovní směny do jisté míry napomáhá předcházet muskuloskeletálním poruchám či zmírňovat jejich symptomy. [9] Mimo to je také zkoumán vliv přestávek na zamezení či snižování potenciálních nepříznivých účinků únavy jako jsou například pracovní úrazy. Únavu lze chápat jako komplexní pojem, který zahrnuje dílčí faktory ospalosti a duševní, tělesné i svalové únavy. Může být definována jako "*biologická potřeba regeneračního odpočinku*". Krátké přestávky vykazují pozitivní vliv na snížení muskuloskeletálního nepohodlí, bolesti, ospalosti a v důsledku také na zvýšení produktivity. [59][31]

1.4.3 Fyzioterapie a regenerační cviky

V případě využití fyzioterapie jako prvku sloužícímu k prevenci či zmírnění symptomů muskuloskeletálních poruch je jejím cílem napomáhat regeneračním procesům přetížených částí těla. Zvážit možnost fyzioterapie pro pracovníky je vhodné zejména v případech, kdy již byly provedeny možné technické úpravy pracoviště či zavedena zmiňovaná organizační opatření, ale stále dochází k přetěžování pracovníku či k výskytu vzniku nemocí z povolání. V případě, že se zaměstnavatel rozhodne pro poskytování fyzioterapeutických služeb pro své zaměstnance, se nabízí dvě možnosti – přispívat zaměstnancům na návštěvy fyzioterapeuta ve formě benefitů či mít interního fyzioterapeuta přímo v prostorách podniku. Výhodou poskytování fyzioterapie přímo v rámci podniku je především možnost systematicky ovlivnit pracovníky z vybraných pracovišť. V případě poskytování služeb mimo podnik a mimo pracovní dobu není možné žádným způsobem zajistit účast pracovníků. Z pohledu pracovníků se pak jako benefit může jevit lepší dostupnost – možnost fyzioterapie v rámci podniku je pro ně mnohem méně časově náročná než vyhledávání fyzioterapeuta ve svém volném čase. [37]

Pravidelná fyzioterapie může u pracovníků přispět k redukci bolesti, zvýšení rozsahu pohybu, zlepšení držení těla, ale také k získání povědomí o bezpečnosti práce a taktice prevence úrazů. Tyto přínosy byly v rámci případové studie zaznamenány u 29letého pracovníka s bolestí krční páteře, která byla způsobena dlouhodobým sezením u počítače. Pracovník během šesti týdnů absolvoval čtyři sezení s fyzioterapeutem, během kterých mu byla mimo mobilizace kloubů a měkkých tkání krční a hrudní páteře poskytnuta také rehabilitační cvičení na odstranění deficitů držení těla či doporučení na oční vyšetření. [19] Další studie se soustředila na vliv pravidelného provádění protahovacích cvičení na muskuloskeletální obtíže administrativních pracovníků. Účastníci studie se nejčastěji potýkali s bolestí krku, ramen a spodní části zad. Vliv protahovacích cvičení byl srovnáván s vlivem provedení ergonomických úprav pracoviště (jednalo se o vhodnější rozmístění používaného vybavení – např. klávesnice či monitoru – nebo nastavení vhodné výšky židle). Účinky byly porovnávány po 2, 4 a 6 měsících od zavedení na základě dotazníku (konkrétně *Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire*). Výsledky skupiny provádějící cviky a skupiny, u které byly provedeny úpravy pracoviště, byly po 4 měsících obdobné, obě skupiny vykázaly zlepšení oproti kontrolní skupině (tj. skupina, u které nedošlo k žádným změnám oproti původnímu stavu). Mezi 4. a 6. měsícem však dosáhla výraznějšího pokroku právě skupina provádějící protahovací cviky. Autoři studie se tedy domnívají, že z dlouhodobého hlediska je kromě ergonomických úprav pracoviště žádoucí i pravidelné provádění cviků. [52]

1.5 Využití virtuální reality při péči o zdraví

Dnešní doba je charakteristická rychlým pokrokem a hledáním nových způsobů využití moderních technologií, které přinesou benefity oproti stávajícím řešením. V oblasti strojírenství

a výrobních podniků je stále aktuálním tématem automatizace či digitalizace. Výjimkou však nejsou ani obory zaměřené na péči o lidi jako je právě ergonomie či zdravotnictví – i v těchto oblastech jsou díky technologickému rozvoji zajištěny nové možnosti.

Jednou z moderních technologií, jež nachází využití v těchto a mnoha dalších oblastech, je virtuální realita. Na využití virtuální reality pro potřeby péče o zdraví lze nahlédnout ze dvou aspektů. První z nich je typičtějším příkladem v rámci průmyslových podniků - jedná se o využití spojené s již zmiňovanou ergonomií pracoviště. Konkrétním příkladem je využití virtuální reality ve spojení s oblekem pro snímání pohybu (Motion Capture) při samotném návrhu pracoviště pro ověření jeho ergonomické vhodnosti. Vybraný pracovník vykonává danou pracovní činnost ve virtuálním prostředí, které obsahuje model navrhovaného pracoviště. Pomocí Motion Capture obleku jsou snímány jeho pohyby a jsou tak sbírána data potřebná pro provedení ergonomických analýz a ověření návrhu. [22] Druhým aspektem je pak využití virtuální reality pro samotné provádění rehabilitačního cvičení, které je zásadní pro tuto práci a bude dále popsáno.

1.5.1 Definice virtuální reality

Před detailnějším popisem možností využití virtuální reality pro rehabilitace je nutné shrnout některé základní informace o virtuální realitě. Pro samotný pojem virtuální realita existuje množství definic a je tedy obtížné mu přiřadit univerzální definici. Obecně lze ale virtuální realitu popsat jako typ počítačové technologie, která simuluje reálné či imaginární prostředí za pomoci smyslů člověka. [10] Další možná definice popisuje virtuální realitu jako „*umělé prostředí, které je vnímáno prostřednictvím smyslových podnětů (jako jsou vizuální a zvukové podněty) poskytovaných počítačem, v němž člověk svými činy částečně určuje, co se v prostředí odehrává*“. [56]

V rámci VR odchází ke stimulaci smyslů:

- vizualizační – tj. stimulace zraku zajištěná 3D projekcí či speciálním zařízením,
- haptický – tj. stimulace hmatu díky na základě rukavic či speciálního obleku,
- aurální – tj. stimulace sluchu s pomocí využívání reproduktorů,
- ostatní aspekty – může jít např. o stimulaci chuti či čichu. [10]

Jedná se tedy o počítačem vytvořené interaktivní prostředí, do kterého může být aktivně zapojen uživatel. K zapojení uživatelů pak existují různé možnosti – počínajíc pouze u monitoru, až po HMD (Head-mounted display). V případě využití HMD je uživatel obklopen 360 stupňovým prostředím, které pomáhá navodit autenticitu simulované situace. Jednou z výhod virtuální reality pro širší využití je právě možnost simulace různých situací a prostředí v co nejreálnější formě, které se dají dle potřeby opakovat či modifikovat. [10] S ohledem na další zaměření práce je vhodné zmínit, že při tvorbě aplikací je zásadní zohlednění lidské fyziologie a metod získávání informací o okolním světě. [12]

Vzhledem k tomu, že se VR technologie v posledních desetiletích stává stále snadněji přenosnou a levnější, se její aplikace rozšiřují do různých oblastí vzdělávání a školení, kde se používá k vytvoření scénářů, jejichž napodobení by bylo v reálném prostředí nákladné či těžko proveditelné. [12] Virtuální realita tak nachází využití například i při školení v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, kdy je jako přínos uváděna zejména flexibilita a opakovatelnost procesu školení, které probíhá v bezpečném prostředí bez reálného ohrožení účastníků. [60]

1.5.2 Příklady využití virtuální reality pro rehabilitace

Tato kapitola je zaměřena na druhý zmíněný aspekt využití virtuální reality v oblasti péče o zdraví, tj. na použití pro vlastní provádění rehabilitačních cviků. Možnostem využití virtuální reality pro rehabilitace se již zabývá množství publikací, k jejich vyhledání byla využita databáze Web of Science. Jako klíčová slova byly zadány různé kombinace následujících výrazů:

- virtual reality,
- rehabilitation,
- telerehabilitation,
- stroke,
- neurology,
- motion sickness.

Ačkoliv se uvedené publikace nezabývají konkrétně možnostmi využití VR pro rehabilitaci v průmyslových podnicích, obsahují informace užitečné i pro problematiku řešenou v této práci. Podstatné množství publikací je zaměřeno na rehabilitace pro pacienty po prodělání cévní mozkové příhody, u kterých z velké části dochází k postižení horních končetin jako je paréza, ztráta citlivosti či bolest v paži. [27] V rámci publikací jsou tedy ve velké míře zmiňovány cviky zaměřené na horní končetiny, jež korespondují s nejčastěji hlášenými nemocemi z povolání v České republice.

Článek „Upper Exremity Rehabilitation Using Fully Immersive Virtual Reality Games With a Head Mount Display: A Feasibility Study“ je zaměřen na rehabilitaci horní končetiny pomocí náhlavního VR displeje. Do studie bylo zapojeno 12 pacientů, u kterých došlo v důsledku mozkové mrtvice k oslabení horních končetin. Proběhlo celkem deset sezení (2-3 krát týdně po dobu 30 minut). Za účelem rehabilitace bylo ve virtuálním prostředí vytvořeno 5 úkolů:

- zatlukání kladivem,
- chytání míče,
- nalévání do kelímků,
- praskání bublin,
- hraní na xylofon.

Pro rehabilitaci byl využit headset HTC Vive, virtuální prostředí bylo pro větší reálnost nastaveno tak, aby ovladače vypadaly jako pacientovy ruce. Výsledkem této studie bylo dokončení programu devíti pacienty (3 pacienti nedokončili program ze zdravotních či osobních důvodů), u žádného z pacientů se neprojeví příznaky tzv. cybersickness (neboli nemoci z virtuální reality, mezi jejíž symptomy se řadí napětí v očích, závratě, bolesti hlavy atd.). U pacientů, kteří program dokončili, došlo ke zlepšení funkce horních končetin (účinnost byla hodnocena za pomoci Action Research Arm Test, Box and Block Test a Barthel Index). [29]

Obdobnou problematikou se zabývá článek Immersive Virtual Reality Mirror Therapy for Limb Recovery After Stroke, hlavním cílem této studie bylo prozkoumat proveditelnost imerzní zrcadlové terapie ve VR (za použití náhlavního displeje) u pacientů po cévní mozkové příhodě. Programu se účastnilo jedenáct pacientů, kteří po dobu 4 týdnů absolvovali dvanáct 30minutových sezení. Rehabilitace byla založena na tzv. zrcadlové terapii – jedná se o terapeutickou metodu, která podporuje motorické zotavení na základě vizuální iluze. Při

zrcadlové terapii má pacient ve středu svého těla vertikálně umístěné zrcadlo tak, aby z jeho pohledu zakrývalo postiženou končetinu. Během provádění pohybů je instruován, aby zaměřil svou pozornost pouze na zrcadlový obraz nepostižené končetiny, což vytváří iluzi synchronního a symetrického pohybu dvou končetin bez deficitu. Díky virtuální realitě je pak možné rozšířit spektrum prováděných cviků. Rehabilitace ve virtuálním prostředí byla rozdělena do tří bloků:

Blok 1 (Cvičení) – V této části prováděli pacienti základní cviky cílené na rozsah pohybu, které jim byly popsány a předvedeny lidským avatarem. Cviky zahrnovaly flexi/extenzi ramene, abdukci/addukci ramene, flexi/extenzi lokte, pronaci/supinaci předloktí, flexi/extenzi zápěstí, úchop/uvolnění a složené pohyby (jako je například úder). Pacienti provedli u každého cviku 10 opakování a poté přešli k dalšímu.

Blok 2 (Skládání kamenů) – V této části byli pacienti požádáni, aby zvedali kameny různých tvarů a velikostí umístěné na virtuální desce stolu. Pacienti měli za úkol naskládat na sebe co nejvíce kamenů, aniž by některý z nich spadl.

Blok 3 (Funkční úlohy) – Tento blok byl zaměřen na plnění různých každodenních činností spojených s jídelnou. Mezi činnosti se řadilo skládání talířů, přípravu čajové soupravy, zvednutí spadlých předmětů (láhev vína, sklenice), přesunutí ovoce z jednoho talíře na druhý či úklid a prostření stolu. Pacienti plnili úkoly vždy ve stejném pořadí, podmínkou pro přechod k dalšímu úkolu bylo úspěšné splnění předchozího.

Studii dokončilo 10 z 11 pacientů (jeden pacient ze studie odstoupil z důvodu zdravotních problémů), během terapie nebyly zaznamenány žádné nežádoucí účinky spojené se cybersickness. Využitelnost VR pro terapii byla hodnocena na základě hodnocení pacientů pomocí tzv. System Usability Scale, kde vyšší skóre odráží lepší vnímání využitelnosti. Skóre se pohybovalo v rozmezí 40-100 bodů s průměrem 76 bodů a mediánem 80 bodů. Skóre nad 68 bodů je na této stupnici klasifikováno jako nadprůměrné. Pacienti dále uváděli, že jsou pro ně sezení zábavná a rychle ubíhají. [58]

Studie The New Jersey Institute of Technology Robot-Assisted Virtual Rehabilitation (NJIT-RAVR) system for children with cerebral palsy: a feasibility study pak byla zaměřena na možnosti využití VR a roboticky asistované rehabilitace u dětí trpících mozkovou obrnou s důsledkem hemiparéze neboli částečného ochrnutí jedné poloviny těla. Systém NJIT-RAVR se skládal z robota Haptic Master se šesti stupni volnosti a ze sady rehabilitačních simulací, díky kterým se uživatel ocítl ve virtuálním prostředí. Studie se účastnili dva dětské pacienti trpící spastickou formou mozkové obrny. V rámci studie se využívali následující simulace zaměřené na rehabilitaci horních končetin:

- Bubble explosion – jedná se o simulaci, která cílí na zvýšení rychlosti a přesnosti pohybů ramene a lokte. Úkolem pacienta je dotknout se kurzorem 10 bublin, které se pohybují ve virtuálním prostředí. Během simulace se bubliny postupně zvětšují v takovém pořadí, v jakém má pacient postupovat. Aby došlo k prasknutí bubliny, musí se pacientovi povést dotknout se dané bubliny za 10 vteřin a méně. Velikost i umístění bublin jsou snadno modifikovatelné, aby bylo možné tyto faktory přizpůsobit potřebám konkrétního pacienta – tj. zajistit, aby pacient konal konkrétní pohyby jako je například flexe či abdukce ramenního kloubu a také aby byly veškeré požadované pohyby vhodné vzhledem k aktuálnímu rozsahu pohybu pacienta.
- Cup reach – cílem této simulace je dosáhnout zvýšení celkové síly horní končetiny a přesnosti dosahu. Pacient má za úkol přesouvat hrnky ve virtuálním prostředí z jednoho místa na druhé, dokud nezaplní 9 míst na polici. Díky ovládání pomocí robota Haptic Master je také možné měnit pomyslnou váhu hrnků.

- Falling objects – tato simulace se soustředí na zlepšení dosahu horní končetiny k pohybuujícímu se objektu. Pacient vždy začíná s kurzorem na počáteční pozici a musí co nejrychleji zachytit padající objekt – čím rychleji se mu to povede, tím lépe je ohodnocen.
- Hammer – jde o simulaci zaměřenou na trénink pronace a supinace předloktí během flexe v ramenním kloubu a extenze v loketním kloubu. Úkolem pacienta v této simulaci je zatlukání hřebíků pomocí kladiva.
- Car race – v této simulaci jsou pacienti pomocí pronace či supinace předloktí schopni ovládat auto, mohou tak zrychlovat, zpomalovat či zatáčet. Pro větší motivaci pacient závodí se třemi jinými auty a simulace je doplněna o zvukové efekty.

Simulace byly průběžně modifikovány tak, aby se s pokrokem pacientů zvyšovala jejich obtížnost. Schopnosti pacientů byly zhodnoceny těsně před a po absolvování 3týdenního tréninku. Během tréninku nebyly zaznamenány žádné stížnosti na tzv. cybersickness. U jednoho z pacientů došlo k podstatnému rozšíření aktivního rozsahu pohybu – o 15 stupňů u flexe ramenního kloubu a o 50 stupňů u supinace předloktí. U obou pacientů se pak projevil podstatné zvýšení síly úchopu a síly bočního sevření. [45]

Pro využití v průmyslovém prostředí zůstává taktéž zásadní hledisko gamifikace zvyšující motivaci zaměstnanců k pravidelnému provádění cviků. Gamifikace označuje využívání herních prvků a principů v neherním kontextu. [3] V případě rehabilitací je gamifikace cílena na podporu aktivní účasti pacienta a pravidelného opakování vedoucí k rychlejšímu zotavení. [61] VR rehabilitační systém by měl pacientům poskytovat zpětnou vazbu, stejně tak jako mít jasný a smysluplný cíl, kterého má pacient během terapie dosáhnout. Lze použít různé typy zpětné vazby, včetně vizuální, sluchové a haptické. Úroveň obtížnosti by měla být adekvátně přizpůsobována aktuálnímu stavu pacienta, aby nedocházelo k frustraci pacienta v důsledku opakovaného nezvládnutí daného úkolu. [16]

Technologie VR s sebou nese řadu výhod, o kterých se zmiňují autoři článku Clinical Application of Virtual Reality for Upper Limb Motor Rehabilitation in Stroke. Autoři článku řadí mezi přednosti využití VR například:

- rozšířenou zpětnou vazbu v reálném čase,
- možnost pracovat s úkoly na různých úrovních obtížnosti,
- poutavé zážitky. [27]

Využití virtuální reality pro rehabilitace v průmyslových podnicích je v rámci této práce řešeno v důsledku potenciálních benefitů, jež může toto řešení přinést. Jedná se o stále se rozvíjející problematiku s velkým potenciálem pro další rozvoj a využití. Rehabilitace ve VR představují pro podniky možnou nadstavbu k racionalizaci pracoviště a organizačním opatřením bez nutnosti najmutí interního zdravotního specialisty či poskytování benefitů ve formě příspěvků na fyzioterapii. Mezi výhody využití virtuální reality, které vyplývají i z výše zmíněných publikací, se řadí například:

- Gamifikace – jedná se o zábavnou formu cvičení, jež zaměstnance motivuje k pravidelnému provádění cviků a nevnímají rehabilitace jako pouhou povinnost.
- Jednodušší organizace – rehabilitace ve virtuální realitě jsou dostupné v jakoukoliv chvíli, což může být výhodné zejména u vícesměnného provozu (není třeba přítomnost zdravotního specialisty). V případě zajištění dostatečného množství VR headsetů pak může rehabilitaci vykonávat i více zaměstnanců najednou.
- Možnost postupného zavádění obtížnějších cviků – na základě vyhodnocení dosažených výsledků lze nastavit postupnou úpravu obtížnosti aplikací.

- Změna prostředí – VR přináší v podstatě neomezené možnosti, pokud jde o vytvoření prostředí, které bude pro pracovníka příjemné a odlišné od každodenní pracovní rutiny.
- Finanční úspora – ve srovnání s interním fyzioterapeutem v podniku se jedná o jednorázovou investici do hardwarového a softwarového vybavení.

Pro zavedení rehabilitací ve VR do průmyslových podniků však chybí standardní postup, který umožní stanovení problematických oblastí, na které je třeba rehabilitační cviky zaměřit. Z tohoto důvodu se následující část práce soustředí na návrh metodiky pro určení zaměření rehabilitačního plánu.

2 Návrh metodiky

V návaznosti na výhody rehabilitací ve virtuální realitě uvedené v předchozí kapitole je v práci dále řešena možnost jejich využití v reálném průmyslovém podniku. Pro reálnou implementaci je zásadním bodem počáteční rozpoznání rizikových faktorů, které mohou mít negativní vliv na zdraví zaměstnanců. Vytvoření standardní metodiky pro identifikaci problematických oblastí v rámci vykonávaných pracovních činností umožní rychlé stanovení rehabilitačního plánu pro daného pracovníka. Správný výběr zaměření rehabilitačních cviků je v tomto případě klíčový vzhledem k povaze navrhovaného řešení – nejedná se o klasické rehabilitace, na které dohlíží zdravotní specialista, který určí individuální plán pro každého svého pacienta. Návrh metodiky je tedy důležitý pro zajištění co největšího přínosu rehabilitací – je nutné, aby pracovník vykonával rehabilitační cviky, jež budou korespondovat s jeho již existujícími či hrozícími zdravotními obtížemi.

Jedním z cílů této navrhované metodiky je definování problematických oblastí souvisejících s pracovní pozicí jedince – tzn. identifikování oblastí muskuloskeletálního systému, u kterých by mohlo pro danou skupinu pracovníků ve zvýšené míře docházet ke vzniku obtíží, a tudíž je žádoucí aktivní snaha o jejich prevenci. Důraz je ale také kladen na přizpůsobení připravovaného rehabilitačního cvičení potřebám konkrétních pracovníků. Mimo definované problematické oblasti, přiřazené k pracovním pozicím, je tedy cílem také posouzení subjektivních obtíží, se kterými se potýkají jednotliví pracovníci. V potaz je třeba kromě fyzického přetěžování brát také psychické přetěžování pracovníků, které může negativně ovlivnit jejich zdravotní stav i pracovní výkon.

Následující kapitoly jsou zaměřeny na popis vybraných prvků, ze kterých je složena navrhovaná metodika pro zavedení rehabilitací za použití virtuální reality v průmyslových podnicích, jejímž cílem je definování přetěžovaných oblastí muskuloskeletálního systému člověka a rozpoznání případného psychického přetěžování. Na základě těchto informací lze stanovit zaměření rehabilitačního plánu připravovaného ve virtuálních prostředí, jehož návrh je následující:

- Společná část rehabilitačního plánu – tyto cviky jsou definovány pro skupiny pracovníků na základě jejich pracovní pozice.
- Individuální část rehabilitačního plánu - tyto cviky představují doplnění společné části na základě individuálních potřeb či již existujících zdravotních problémů jedince.

2.1 Posouzení fyzické zátěže

První oblastí, kterou je třeba pomocí metodiky zhodnotit je fyzická zátěž pracovníka na základě vykonávané pracovní činnosti. Jedná se o objektivní posouzení přetěžovaných částí muskuloskeletálního systému v souvislosti s konkrétní pracovní pozicí, jehož cílem je stanovení společných zdravotních rizik pro danou skupinu pracovníků, na jejichž prevenci je třeba se zaměřit v rámci předcházení vzniku nemoci z povolání. Výstupem je pak dílčí zaměření společné části rehabilitačního programu.

Pro zhodnocení fyzické zátěže je volen postup korespondující s nařízením vlády č. 68/2010 Sb. Dle uvedeného nařízení lze fyzickou zátěž posuzovat na základě následujících parametrů:

- **Celková fyzická zátěž**, tj. zátěž při dynamické fyzické práci vykonávané velkými svalovými skupinami, při které je zatěžováno více než 50 % svalové hmoty.
- **Lokální svalová zátěž**, tj. zátěž malých svalových skupin při vykonávání práce horními končetinami.

- **Pracovní polohy**, které pracovník zaujímá během výkonu dané pracovní činnosti. [40]

Vzhledem k odlišné náročnosti posouzení pro jednotlivé parametry je v rámci metodiky posuzované hledisko voleno dle konkrétního pracoviště. Zákon č. 205/2020 Sb. stanovuje nutnost provedení minimálně odborného hodnocení rizikových faktorů fyzické zátěže na pracovišti. [62] Konkrétní příklady zhodnocení budou uvedeny v další části práce u jednotlivých případových studií z vybraných podniků.

Posouzení fyzické zátěže je zvoleno jako první krok metodiky, jelikož je z jeho výstupů také možné definovat problémová pracoviště či pracovní pozice a dle nich určit skupiny pracovníků, na které je vhodné se dále soustředit, jelikož jsou vystaveni největšímu riziku vzniku muskuloskeletálních obtíží.

2.2 Dotazníkové šetření

Dotazníky jsou v rámci metodiky zacíleny na získání informací o subjektivních pocitech pracovníků ohledně jejich přetížení. Za účelem identifikace projevů fyzického přetížení a potenciálních problematických oblastí z hlediska muskuloskeletálních poruch je využit standardizovaný Nordic Questionnaire. Na hodnocení pociťované psychické zátěže při vykonávání pracovní činnosti je pak zaměřen Meisterův dotazník. Problémy identifikované na základě dotazníků lze zařadit jak do individuální části rehabilitačního plánu, tak i do společné – v případě, že je daný problém pracovníky uváděn opakovaně, a lze ho tedy považovat za rizikový pro celou skupinu.

Ke zmíněným dotazníkům jsou doplněny také otázky týkající se anamnézy pracovníka za účelem předejití zhoršení zdravotního stavu či problémů při využívání virtuální reality. Na základě těchto informací je možné přizpůsobit individuální část rehabilitačního plánu.

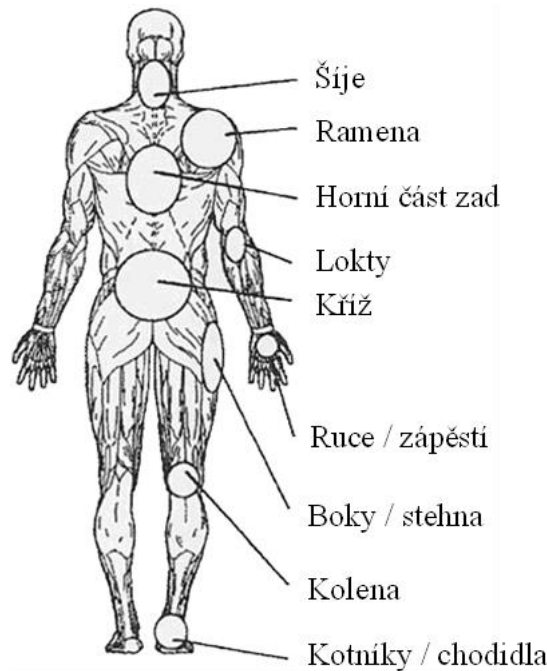
1) Nordic questionnaire

Nordic Questionnaire představuje jednoduchý, mezinárodně uznávaný dotazník rozpoznávající příznaky muskuloskeletálních poruch v oblasti krku, zad, ramen a horních i dolních končetin. [2] Dotazník se dá v podstatě považovat za určitou formu checklistu, díky které je získán detailnější pohled na analyzované problémy. Ve srovnání s checklistem je ale zásadní rozdíl v tom ohledu, že Nordic Questionnaire je vyplňován přímo analyzovaným pracovníkem, ne pracovníky provádějícími výzkum (tj. ergonomi, projektanty apod.).

Modifikovanou verzi Nordic Questionnaire využitou pro účely této práce lze rozdělit na tři části:

První část je zaměřená na získání základních údajů o dotazovaném pracovníku (tj. údajů o fyzické charakterizaci či informací o pracovní pozici a délce působení na pozici).

Druhá část slouží k lokalizaci oblastí těla, ve kterých pracovník za posledních 12 měsíců pociťoval bolest či tuhnutí. Tento dotaz je položen celkem u 9 oblastí (šíje, horní část zad, dolní část zad a kříž, ramena, lokty, ruce a zápěstí, boky a stehna, kolena, kotníky a chodidla). V případě, že pracovník svojí odpovědí potvrdí problémy s danou oblastí, následuje dotaz, zda za posledních 12 měsíců vyhledal odbornou pomoc lékaře či fyzioterapeuta.



Obrázek 2-1 Oblasti těla zohledněné v Nordic Questionnaire [14]

Třetí část stanovuje 15 faktorů, které mohou mít vliv na vznik muskuloskeletální poruchy. Dotazovaný každý faktor hodnotí na škále od 0 do 10, kde 0 představuje žádnou zátěž a 10 velkou zátěž. Jako příklad hodnocených faktorů lze uvést vykonávání stále stejných operací či práci s rukama nad hlavou nebo daleko od těla. [14]

2) Meisterův dotazník

Jedná se o standardizovaný dotazník orientovaný na hodnocení vlivů vykonávané pracovní činnosti na psychiku pracovníka. Autorem dotazníku je W. Meister ze Zentralinstitutu für Arbeitsmedizin in Berlíně, který ho sestavil v roce 1975. Dotazník byl následně v letech 1976–1984 ověřován hygienickou službou. Od té doby se stal jedním z nejrozšířenějších nástrojů pro hodnocení důsledků pracovní zátěže na psychiku. [63][15]

Meisterův dotazník obsahuje 10 otázek, kdy každá z nich zastupuje určitou zátěžovou oblast:

1. časová tíseň,
2. malé uspokojení,
3. vysoká odpovědnost,
4. otupující práce,
5. problémy a konflikty,
6. monotonie,
7. nervozita,
8. přesycení,
9. únava,
10. dlouhodobá únosnost. [18]

Tyto položky se dále seskupují do následujících faktorů – přetížení, monotonie, nespecifický faktor a profesní zátěž (neboli hrubý skór) (viz Tabulka 2-1). [15][18]

Tabulka 2-1 Stanovené faktory Meisterova dotazníku [18]

Faktor	Název faktoru	Součet položek	Maximum
I.	Přetížení	1 + 3 + 5	15
II.	Monotonie	2 + 4 + 6	15
III.	Nespecifický faktor	7 + 8 + 9 + 10	20
HS	Hrubý skór	I. + II. + III.	50

Respondenti na každou z otázek odpovídají pomocí Likertovy škály:

- 5 - ano, plně souhlasím,
- 4 - spíše ano,
- 3 - nevím, někdy ano, někdy ne,
- 2 - spíše nesouhlasím,
- 1- ne, vůbec nesouhlasím. [18]

Vyhodnocení dotazníků je pak možné provést na základě faktorů či jednotlivých zátěžových oblastí. K umožnění vyhodnocení jsou stanoveny kritické hodnoty mediánů položek a průměrné hodnoty faktorů. Jejich dosažení či překročení vypovídá o nadměrné zátěži v konkrétní oblasti. [63] Výsledná psychická zátěž je klasifikována do tří stupňů:

1. Psychická zátěž, při které pravděpodobně nedojde k ovlivnění zdraví, subjektivního stavu a výkonnosti (s odhlédnutím od náhodných výkyvů během pracovní směny).
2. Psychická zátěž, která může pravidelně způsobovat dočasné ovlivnění subjektivního stavu, resp. výkonnosti.
3. Psychická zátěž, u které není možné vyloučit vznik zdravotních rizik. [18]

3) Anamnéza pracovníků

Poslední část dotazníků slouží k zjištění stávajícího zdravotního stavu pracovníků. Cílem je ověřit, zda pracovník již netrpí závažnými zdravotními problémy, které by mohly být při nesprávné volbě cviků dále zhoršeny, či zda existují okolnosti, díky kterým by mohlo být využívání virtuální reality pro pracovníka rizikové.

V této části jsou obsaženy následující informace:

- užívané léky,
- zda pracovník v minulosti utrpěl závažný úraz s trvalými následky (případně jaký),
- zda pracovník v minulosti podstoupil operaci (případně z jakého důvodu),
- zda pracovník trpí neurologickým onemocněním či onemocněním nervosvalového přenosu (např. epilepsie),
- zda pracovník trpí onemocněním srdce či cév (srdečního rytmu, hypertenze, varixy),
- zda pracovník trpí onemocněním páteře a velkých kloubech,

V případě, že se jedná o ženu je doplněna také informace, zda je v současné době těhotná.

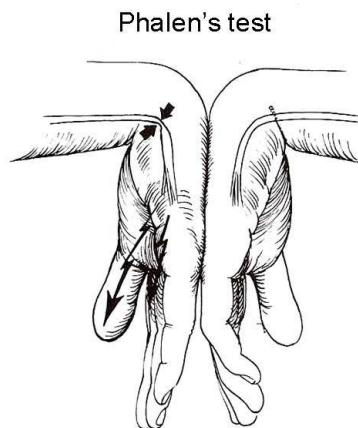
2.3 Analýza pracovníků

Poslední částí navrhované metodiky je analýza pracovníků zaměřená na rozpoznání fyzických příznaků možných rozvíjejících se či již existujících muskuloskeletálních obtíží horních

končetin (v souvislosti s nejčastěji vznikajícími nemocemi z povolání v České republicy). Pro tento účel je volen Phalenův test a měření maximální síly stisku pomocí siloměru. Na základě četnosti výskytu výsledků naznačujících existující obtíže lze cviky se zaměřením na horní končetiny zařadit do společné či individuální části rehabilitačního plánu.

Phalenův test

Vzhledem k dlouhodobě nejčastěji vznikající nemoci z povolání v České republice – syndromu karpálního tunelu na pravé a levé ruce vlivem přetěžování končetin či vystavení vibracím – je do analýzy pracovníků zařazen také Phalenův test (též Phalenův manévr). Jedná se o diagnostický test představený v roce 1957 Georgem S. Phalenem. Řadí se mezi tzv. provokační testy využívané k identifikaci syndromu karpálního tunelu, jež fungují na principu zúžení prostoru pro nerv.[42][36] V případě Phalenova testu je komprese nervu zapříčiněna flexí zápěstí. Vyšetřovaný provede maximální flexi obou zápěstí tím, že o sebe opře hřbety rukou (ilustrace na Obrázek 2-2). Test je považován za pozitivní, pokud se během 60 vteřin v této pozici projeví parestézie (brnění, mravenčení apod.) či pocit necitlivosti v palci, ukazováku, prostředníku nebo laterální polovině prsteníku. Je uváděno, že Phalenův test má větší specifitu a nižší míru falešně negativních příznaků než Tinelův test (další často používaný provokační test).[13][25]



Obrázek 2-2 Phalenův test [43]

Měření maximální síly stisku

Závěrečným bodem analýzy je měření maximální síly stisku pracovníka za pomoci digitálního siloměru. Měření probíhá následujícím způsobem:

- Pracovník zaujímá vzpřímený postoj.
- Siloměr je držen dlaňovým úchopem.
- Paže pracovníka je v lokti ohnuta do pravého úhlu.
- Stisk trvá 2–3 vteřiny. [21]

Naměřené hodnoty budou následně porovnávány s tabulkou níže (viz Tabulka 2-2) pro zjištění, zda je naměřená maximální síla odpovídající vzhledem k věku a pohlaví pracovníka. Případ, kdy je naměřená hodnota nižší než hodnota vyskytující se v tabulce, může naznačovat existenci onemocnění horních končetin – například i již zmiňovaného syndromu karpálního tunelu.

Tabulka 2-2 Maximální síly stisku dle věku a pohlaví [6]

Věk	Ruka	Muž (lbs)	Muž (kg)	Žena (lbs)	Žena (kg)
6 – 7	P	32,5	14,74175	28,6	12,97274
	L	30,7	13,92529	27,1	12,29235
8 – 9	P	41,9	19,00552	35,3	16,01181
	L	39	17,6901	33	14,96855
10 – 11	P	53,9	24,44863	49,7	22,54354
	L	48,4	21,95387	45,2	20,50238
12 – 13	P	58,7	26,62587	56,8	25,76405
	L	55,4	25,12902	50,9	23,08785
14 – 15	P	77,3	35,06269	58,1	26,35372
	L	64,4	29,21135	49,3	22,3621
16 – 17	P	94	42,63768	67,3	30,52677
	L	78,5	35,607	56,9	25,80941
18 – 19	P	108	48,98798	71,6	32,47721
	L	93	42,18409	61,7	27,98665
20 – 24	P	121	54,88468	70,4	31,9329
	L	104,5	47,4004	61	27,66913
25 – 29	P	120,8	54,79396	74,5	33,79263
	L	110,5	50,12196	63,5	28,80312
30 – 34	P	121,8	55,24755	78,7	35,69772
	L	110,4	50,0766	68	30,84428
35 – 39	P	119,7	54,29501	74,1	33,61119

	L	112,9	51,21058	66,3	30,07317
40 – 44	P	116,8	52,97959	70,4	31,9329
	L	112,8	51,16522	62,3	28,2588
45 – 49	P	109,9	49,8498	62,2	28,21345
	L	100,8	45,72211	56	25,40117
50 – 54	P	113,6	51,52809	65,8	29,84638
	L	101,9	46,22106	57,3	25,99084
55 – 59	P	101,1	45,85819	57,3	25,99084
	L	83,2	37,73889	47,3	21,45492
60 – 64	P	89,7	40,68724	55,1	24,99294
	L	76,8	34,83589	45,7	20,72917
65 – 69	P	91,1	41,32226	49,6	22,49818
	L	76,8	34,83589	41	18,59729
70 – 74	P	75,3	34,15551	49,6	22,49818
	L	64,8	29,39279	41,5	18,82408
75 +	P	65,7	29,80102	42,6	19,32303
	L	55	24,94758	37,6	17,05507

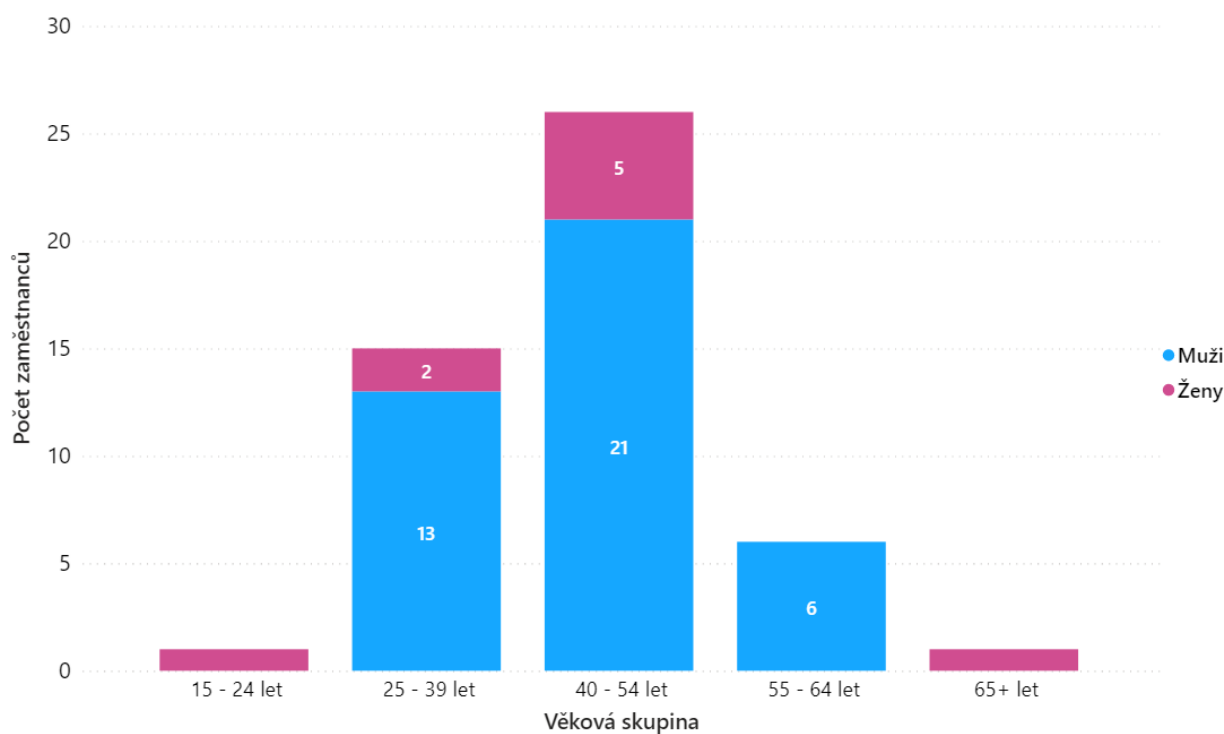
3 Ověření metodiky ve výrobním oddělení

Jako první podnik pro ověření metodiky byl zvolen zástupce z oblasti automotive. Jedná se o výrobní závod spadající pod nejmenovanou mezinárodní společnost, která se nachází v Plzeňském kraji. Výrobní závod v současné době zaměstnává přes 500 zaměstnanců a je dodavatelem gumových dílů pro automobilový průmysl. Závod se zabývá výrobou systémů pro vedení tekutin – zejména výrobou hadic pro systémy klimatizace či řízení.

Pro testování bylo vybráno celkem 49 zaměstnanců pracujících na 3 typech pozic:

- skladník (11 zaměstnanců),
- obsluha pece (18 zaměstnanců),
- operátor výroby (20 zaměstnanců).

Zkoumaná skupina byla složena ze 40 mužů a 9 žen ve věkovém rozmezí 24 až 65 let. Rozložení skupiny dle pohlaví a věkových kategorií je zobrazeno v grafu níže (viz Obrázek 3-1).



Obrázek 3-1 Rozložení skupiny dle pohlaví a věku [vlastní zpracování]

V rámci tohoto podniku bylo vzhledem k povaze práce a její fyzické náročnosti voleno jak odborné hodnocení obsahující posouzení pracovních poloh, tak u vybraných pozic i měření lokální svalové zátěže. Postup je podrobněji popsán u konkrétních pozic.

Následující kapitoly obsahují popis pracovních pozic a vyhodnocení informací získaných z jednotlivých kroků navržené metodiky pro zavedení rehabilitací ve virtuální realitě.

3.1 Skladník

Náplní pracovní činnosti dané pozice je naskladňování a vyskladňování přepravky s polotovary hadic. V rámci naskladňování je úkolem pracovníka přivezení připravené palety s přepravkami do skladu, naskenování každé přepravky na paletě, naskladnění a vložení přepravky na příslušné místo ve skladu. Vyskladňování probíhá na základě objednávek, každá přepravka je

naskenována, připravena k výdeji a zavezena. Pracovní činnost zahrnuje také administrativní práci na počítači, v rámci které pracovník sleduje stav naskladnění a vyskladnění a vyhodnocuje potřebu zavezení na sklad. Při vykonávání administrativní práce je možnost změny pracovní polohy, lze ji vykonávat vsedě i vestoje. Naskladňování a vyskladňování zabírá 95 % času, zbylých 5 % je využito za účelem úklidu pracovního místa. Při výkonu pracovní činnosti pracovník používá ochranné pomůcky (helmu, pracovní obuv a rukavice). K přenášení palet je využíván elektrický vysokozdvizný vozík. Váhy přepravek s polotovary se pohybují mezi 5 a 25 kilogramy.

Testování se účastnilo 11 zaměstnanců pracujících na pozici skladník. Jednalo se o 9 mužů a 2 ženy ve věkovém rozmezí 32 až 65 let. Ze sesbíraných dat vychází najevo, že průměrnému probandovi z této skupiny je 49 let, je vysoký 180 cm, váží 90 kg a na pozici skladník pracuje 11 let.

3.1.1 Posouzení fyzické zátěže

Vzhledem k povaze pracovní pozice a dřívějšímu zařazení práce z hlediska fyzické zátěže do kategorie 2 bylo pro posouzení fyzické zátěže zvoleno odborné hodnocení. Zjištěné údaje jsou uvedeny v tabulce níže (viz Tabulka 3-1).

Tabulka 3-1 Zhodnocení fyzické zátěže pro pozici skladník

Celková fyzická zátěž	Pracovní polohy	Lokální svalová zátěž
Během vykonávání pracovní činnosti se vyskytují tažné a tlačné síly, vzhledem k manipulovaným břemenům by měly být hodnoty v limitu.	Podmíněně přijatelná i občasně nepřijatelná pracovní poloha trupu.	Práce je staticko-dynamická s převahou dynamické složky práce
Občasná, častá a kumulativní manipulace s břemeny by neměla být překročena.	Podmíněně přijatelná i občasně nepřijatelná pracovní poloha horní končetiny.	Počet pohybů horních končetin by neměl překročit 20 000 pohybů za směnu.
Limity pro srdeční frekvenci by neměly být překročeny.	Nepřijatelná pracovní poloha krku.	Průměrné % Fmax by se mělo pohybovat v limitu (tj. do 30 % Fmax).

Během vykonávání pracovní činnosti se pravidelně vyskytují následující podmíněně přijatelné pracovní polohy:

- Poloha horní končetiny – vzpažení 40° - 60° se vyskytuje v rámci obsluhy vysokozdvizného vozíku a při skenování či odebrání přepravek ve spodních pozicích na paletě.
- Poloha trupu – předklon 40° - 60° se vyskytuje během odebrání přepravek na vyskladnění z palety v případě nižších a středních pozic při údržbě.

Vzhledem k rozložení činností nelze ani u jedné předpokládat překročení hygienických limitů (tj. 160 minut z průměrné 8 hodinové směny).

Dále se v rámci výkonu činnosti pravidelně vyskytují následující nepřijatelné pracovní polohy:

- Poloha horní končetiny – vzpažení nad 60° se vyskytuje během skenování přepravek na horních pozicích na paletě a při jejich vyskladňování.

- Poloha trupu – předklon nad 60° se vyskytuje při odebírání přepravků na vyskladnění z nižších pozic na paletě a v rámci údržby.
- Poloha krku – předklon hlavy větší než 25° při frekvenci pohybů větší nebo rovné 2/min se vyskytuje během práce na počítači či kontrole naskladněných přepravků.

Vzhledem k rozložení činností opět nelze předpokládat překračování hygienických limitů (tj. 30 minut z průměrné 8 hodinové směny).

Na základě posouzení fyzické zátěže u pracovníků na pozici skladník byly jako nejvíce zatěžované oblasti muskuloskeletálního systému identifikovány horní končetiny a trup. Lze také předpokládat vyšší zátěž v případě dolních končetin vzhledem k častým přechodům a nutnosti nošení bezpečnostní obuvi.

3.1.2 Dotazníkové šetření

Níže jsou popsány výsledky jednotlivých dotazníků využitých v rámci metodiky.

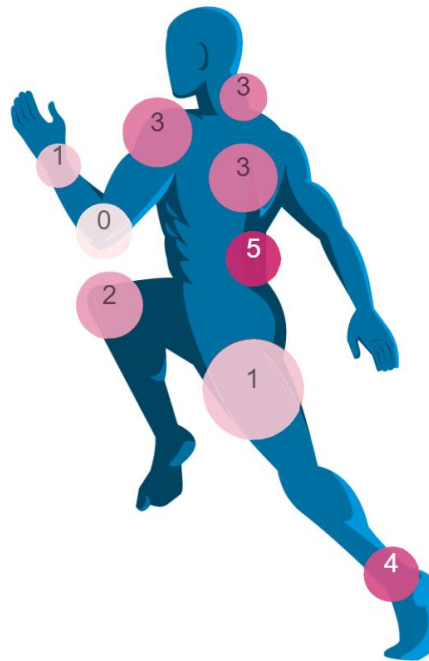
Nordic Questionnaire

Některé informace získané v rámci úvodní části dotazníku Nordic Questionnaire, jež obsahuje především základní údaje o pracovnících, byly již uvedeny na začátku kapitoly Skladník za účelem prvotního popisu zkoumané skupiny. Mimo tyto již zmíněné skutečnosti pak uvedlo 6 z 11 probandů jako převládající pracovní polohu „stání“, zbylých 5 zvolilo kombinovanou možnost „sezení a stání“. V 90,9 % případů (tj. 10 z 11 probandů) se jedná o jedince s pravou laterálníitou.

Z druhé části dotazníku, jež je zaměřena na lokalizaci problémových částí těla, vyplývají následující poznatky:

- Nejvíce pracovníků se potýká s problémy v oblasti dolní části zad a kříže. Pocítění bolesti či tuhnutí v této části těla během posledních 12 měsíců uvedlo 5 pracovníků (tj. 45 % dotazovaných). Tři z pracovníků se pak kvůli těmto potížím rozhodli vyhledat pomoc zdravotního specialisty (tj. lékaře, fyzioterapeuta aj.).
- Druhou nejčastěji označovanou oblastí byly kotníky a chodidla. Výskyt bolesti či tuhnutí v této oblasti uvedli 4 pracovníci (tj. 36 % dotazovaných) – v tomto případě ale ani jeden z nich kvůli tomuto problému nevyhledal pomoc zdravotního specialisty.
- U 7 z 11 dotazovaných se za posledních 12 měsíců vyskytla bolest či tuhnutí alespoň jedné z uvedených částí těla. V průměru označil proband jako problematické 2 oblasti těla.
- I přesto, že pocítění problémů uvedlo 7 pracovníků, pomoc zdravotního specialisty vyhledali pouze 2 pracovníci.

Devět vybraných oblastí těla spolu s informací o počtu probandů, jež uvedli v dané oblasti obtíže, jsou znázorněny níže (viz Obrázek 3-2).



Obrázek 3-2 Výsledky druhé části Nordic Questionnaire pro pozici skladník [vlastní zpracování]

Z třetí části dotazníku vyplývá, že probandi vnímají z uvedených situací jako nevíce zatěžující následující:

- přílišné teplo / chlad / vlhkost / hluk / průvan,
- zdvihání, tahání nebo nošení těžkých předmětů,
- vykonávání stále stejných operací,
- spěchání při vykonávání některých pracovních operací.

Ani v jednom z případů však není situace pracovníky hodnocena jako velká zátěž. Aritmetický průměr a medián bodového hodnocení jednotlivých situací jsou zobrazeny v tabulce níže (viz Tabulka 3-2).

Tabulka 3-2 Výsledky třetí části Nordic Questionnaire pro pozici skladník [vlastní zpracování]

Otázka	Aritmetický průměr	Medián
1. Vykonávání stále stejných pracovních operací	4.36	4
2. Spěchání při vykonávání některých pracovních operací (zdvihání, přemísťování břemen)	4.36	4
3. Manipulace s drobnými předměty, součástkami	2.45	2
4. Nedostatečné přestávky na oddech během pracovní směny	2.00	1
5. Práce v nepohodlné nebo vynucené pracovní poloze	3.82	4
6. Dlouhodobá práce ve stejných pracovních polohách (stání, naklánění, klek apod.)	2.91	2
7. Práce ve vynuceném předklonu, při náklonech a vytáčení trupu do stran	2.91	2
8. Práce na hranici fyzických možností	3.55	4
9. Práce s rukama nad hlavou nebo daleko od těla	2.09	2
10. Přílišné teplo, chlad, vlhkost, hluk nebo průvan (problémový parametr podtrhněte)	6.27	9
11. Nutnost pokračovat v práci, i když se necítíte dobře nebo po poranění	0.73	0
12. Zdvihání, tahání nebo nošení těžkých předmětů	4.55	5
13. Přesčas, nepravidelné směny nebo dlouhá pracovní doba	1.36	0
14. Nedostatečná kvalita pracovních nástrojů (hmotnost, vibrace)	1.64	0
15. Nedostatečný zácvik a školení ke správnému vykonávání práce	2.18	0

Meisterův dotazník

Na základě skupinového vyhodnocení Meisterova dotazníku je psychická zátěž skupiny pracovníků na pozici skladník klasifikována stupněm 1. Lze předpokládat, že pracovníci na této pozici zpravidla nejsou vystaveni nadměrné psychické zátěži, která by vedla k ovlivnění jejich zdraví či výkonnosti během vykonávání pracovních činností. Bodové hodnocení jednotlivců je pak uvedeno v tabulce níže (viz Tabulka 3-3) – u některých jedinců došlo k dosažení či překročení kritických hodnot určených pro jednotlivé faktory a celkový hrubý skóre (takovéto hodnoty jsou v tabulce zvýrazněny červeně). Jako nejvíce problémový faktor se v tomto případě projevila monotonie.

Tabulka 3-3 Výsledky Meisterova dotazníku pro pozici skladník [vlastní zpracování]

Oblast	I. Přetížení		II. Monotonie		III. Nespecifický faktor		IV. Hrubý skóre	
	Odpověď	Kritická hodnota	Odpověď	Kritická hodnota	Odpověď	Kritická hodnota	Odpověď	Kritická hodnota
2	12	12	11	8	18	12	41	26
22	7	12	6	8	8	12	21	26
23	7	12	8	8	10	12	25	26
24	7	12	8	8	16	12	31	26
25	9	12	9	8	9	12	27	26
44	6	12	5	8	10	12	21	26
45	7	10	5	9	11	14	23	29
46	9	12	7	8	10	12	26	26
47	8	12	11	8	7	12	26	26
48	5	10	5	9	11	14	21	29
49	8	12	9	8	13	12	30	26

Anamnéza

V poslední části dotazníků, zaměřené na zdravotní historii probandů, nebyly zjištěny žádné minulé ani současné zdravotní obtíže, jež by představovaly rizikové faktory pro absolvování rehabilitací ve virtuální realitě.

3.1.3 Analýza pracovníků

Níže jsou popsány výsledky Phalenova testu a měření maximální síly stisku.

Phalenův test

Během provádění Phalenova testu určeného k identifikaci karpálního tunelu se u žádného z vybraných probandů na pozici skladník neprojevila parestezie či znecitlivění prstů. Na základě tohoto testu na pozici nelze předpokládat riziko vzniku karpálního tunelu.

Měření maximální síly stisku

Výsledky měření maximální síly stisku jsou znázorněny v tabulce níže (viz Tabulka 3-4). K měření síly stisku byl využit digitální siloměr (viz Obrázek 3-3). V případě, že byla naměřena nižší hodnota, než je odpovídající vzhledem k pohlaví a věku pracovníka (srovnání s výše uvedenou tabulkou – viz

Tabulka 2-2), je hodnota zvýrazněna červeně. K takovému výsledku došlo u čtyř probandů, u tří z nich byla nižší hodnota naměřena pro obě horní končetiny, u čtvrtého pouze pro levou horní končetinu.

Tabulka 3-4 Výsledky měření síly stisku pro pozici skladník [vlastní zpracování]

Označení pracovníka	Siloměr PHK	Siloměr LHK
2	64	55
22	48	41
23	58	42
24	56	56
25	52	48
44	34	34
45	31	32
46	48	44
47	52	48
48	38	38
49	52	50



Obrázek 3-3 Měření síly stisku pomocí digitálního siloměru [vlastní zdroj]

3.1.4 Shrnutí výsledků

Z dílčích výsledků jednotlivých částí metodiky vyplývají pro pracovní pozici skladník následující základní oblasti, na které je třeba se zaměřit během výběru cviků pro rehabilitaci ve virtuální realitě:

- Bederní páteř – tato oblast je zařazena mezi problematické oblasti na základě dotazníkového šetření, kde bylo probandy nejčastěji uváděno tuhnutí či bolest v oblasti dolní části zad či kříže. Během zhodnocení fyzické zátěže byly také zjištěny výskyty podmíněně přijatelných a nepřijatelných pracovních poloh trupu. Probandi také jako jednu z více zátěžových situací označili zdvihání, tahání nebo nošení těžkých předmětů, kdy může docházet k přetížení meziobratlových plotének.
- Kotníky a chodidla - tato oblast je zařazena mezi problematické oblasti na základě dotazníkového šetření, kde bylo probandy nejčastěji uváděno tuhnutí či bolest právě v oblasti kotníků a chodidel.
- Horní končetiny - tato oblast je mezi problematické zařazena na základě výskytu podmíněně přijatelných a nepřijatelných pracovních poloh horních končetin během vykonávání pracovní činnosti. Vzhledem k výsledkům dotazníkového šetření, měření síly stisku a Phalenova testu lze předpokládat vyšší riziko spíše v oblasti ramen než v oblasti zápěstí.
- Krk / šíje – tato oblast je mezi problematické zařazena na základě výskytu nepřijatelných pracovních poloh. Někteří ze zaměstnanců v této oblasti také uvedli pocítění tuhnutí či bolesti.

Náplň cvičení je pak možné dále přizpůsobovat a doplnit na základě pocíťovaných obtíží jednotlivců.

3.2 Obsluha zapékací pece

Pracovníci na pozici obsluha zapékací pece zajišťují vkládání hadic v surovém stavu do predehřivacích pecí, vyjmutí hadic z pecí a jejich následné nasazení na trny. Po nasazení hadic na trny je nutné vozík s trny navézt do zapékací pece a spustit cyklus. Po dokončení cyklu pece je vozík pracovníky opět vyvezen a následuje stažení hadic z trnů. Hadice jsou umístěny do koše a odneseny do pračky. Pracovníci zajišťují také vyndání hadic z pračky a jejich umístění do předem připravených košů.

Testování se účastnilo 18 zaměstnanců pracujících na pozici autoklav. Jednalo se o 18 mužů ve věkovém rozmezí 25 až 49 let. Průměrnému probandovi z této skupiny je 37 let, je vysoký 183 cm, váží 93 kg a pracuje na pozici obsluha zapékací pece 13 let.

3.2.1 Posouzení fyzické zátěže

Vzhledem k výši fyzické náročnosti vykonávaných činností na této pozici bylo pro zhodnocení fyzické zátěže mimo odborného hodnocení provedeno i měření lokální svalové zátěže. Po provedení časového vážení na průměrnou 8 hodinovou pracovní směnu u mužů se průměrná směnová časově vážená hodnota % Fmax pohybuje v limitu. V rámci měření docházelo k překročení celosměnového počtu velkých svalových sil (55 – 70 % Fmax) u flexorové skupiny pravé a levé horní končetiny. K výskytu nadlimitních svalových sil (nad 70 % Fmax) docházelo u všech sledovaných skupin, především u flexorové skupiny pravé a levé ruky a předloktí. Dle detailního prozkoumání (propojení natočeného videa pracovního procesu s EMG křivkami) bylo vyhodnoceno jako pravidelná součást práce, jednalo se o nasazování hadic na

trn. Celosměnový počet jednostranných pohybů rukou a předloktí nebyl překročen u žádné ze sledovaných skupin. Tabulka níže (viz Tabulka 3-5) obsahuje shrnutí poznatků.

Tabulka 3-5 Zhodnocení fyzické zátěže pro pozici obsluha zapékací pece

Celková fyzická zátěž	Pracovní polohy	Lokální svalová zátěž
Vzhledem k mikroklimatickým podmínkám na pracovišti, monotónnosti a tempu práce je velmi pravděpodobné překročení limitů pro hodnocení srdeční frekvence.	Podmíněně přijatelná poloha ramene – 40° až 60° - kumulativně průměrně kolem 63 minut/směnu.	Práce je staticko-dynamická s převahou dynamické složky práce.
Občasná, častá a kumulativní manipulace s břemeny nebyla překročena.	Podmíněně přijatelná poloha hlavy – předklon hlavy 25° až 40° (dynamická poloha) – kumulativně průměrně kolem 117 minut/směnu.	Dochází k vynakládání velkých i nadlimitních svalových sil.
Tažné a tlačné síly se při vykonávání pracovní činnosti nevyskytují.	Podmíněně přijatelná poloha hlavy – záklon hlavy do 15° při frekvenci pohybů menší než 2/min (dynamická poloha) – kumulativně průměrně kolem 42 minut/směnu.	Celosměnový počet jednostranných pohybů rukou a předloktí se v průměrné směně pohybuje pro pravou stranu kolem hodnoty 15 000 pohybů/směnu a pro levou kolem hodnoty 7 500 pohybů/směnu.
	Nepřijatelná poloha pravého ramene – nad 60° - kumulativně průměrně kolem 135 minut/směnu.	Průměrné % Fmax by se mělo pohybovat v limitu (tj. do 30 % Fmax).

Na základě posouzení fyzické zátěže u pracovníků na pozici obsluha zapékací pece lze jako nejvíce problematické oblasti uvést:

- jednostrannou zátěž horních končetin,
- počty pohybů pro pravou horní končetinu,
- polohu hlavy (záklon),
- pracovní polohy horní končetiny (rameno),
- monotónnost vykonávané činnosti,
- mikroklima.

3.2.2 Dotazníkové šetření

Níže jsou popsány výsledky jednotlivých dotazníků využitých v rámci metodiky.

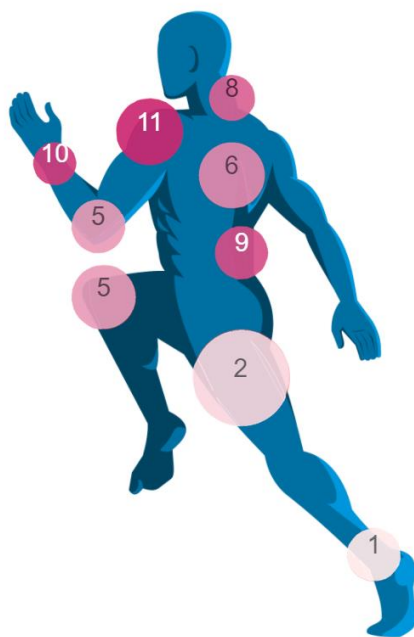
Nordic Questionnaire

Jako převládající pracovní poloha bylo u 16 z 18 dotazovaných označeno „stání“, zbylí dva pracovníci na této pozici zvolili možnost „sezení a stání“. Obdobně jako u předchozí pozice je zkoumaná skupina složena převážně z jedinců s pravou lateralitou – tvoří téměř 95 % dotazovaných (tj. 18 z 19 probandů).

Informace sesbírané v druhé části dotazníku přinesly následující poznatky:

- Více než 50 % probandů uvedlo, že během posledních 12 měsíců pocítilo bolest či tuhnutí v oblasti ramen (11 probandů) či v oblasti rukou a zápěstí (10 probandů). Pouze 2 probandi však uvedli, že se v důsledku těchto obtíží rozhodli pro návštěvu zdravotního specialisty.
- Přesně polovina probandů, tedy 9, pak uvedla také obtíže v oblasti dolní části zad či kříže – 2 z nich vyhledali pomoc zdravotního specialisty.
- Jako další problematickou oblast lze označit šíji – bolest či tuhnutí v této oblasti zaznamenalo 8 probandů. Ani jeden z probandů se však nerozhodl obtíže konzultovat se zdravotním specialistou.
- U 16 z 18 dotazovaných se během posledních 12 měsíců vyskytla bolest či tuhnutí alespoň v jedné z uvedených oblastí těla. V průměru proband uvedl, že se potýká s obtížemi ve 3 oblastech.
- Vyhledání služeb zdravotního specialisty uvedli však pouze 4 probandi – obdobně jako u předchozí popisované pozice se jedná o malé procento skupiny.

Devět vybraných oblastí těla spolu s informací o počtu probandů, jež uvedli v dané oblasti obtíže, jsou znázorněny níže (viz Obrázek 3-4).



Obrázek 3-4 Výsledky druhé části Nordic Questionnaire pro pozici obsluha zapékací pece [vlastní zpracování]

Ve třetí části dotazníku byly jako nejvíce zatěžující vyhodnoceny následující situace:

- přílišné teplo / chlad / vlhkost / hluk / průvan,
- vykonávání stále stejných operací,
- práce na hranici fyzických možností,
- spěchání při vykonávání některých pracovních operací,
- dlouhodobá práce ve stejných pracovních polohách.

Tyto situace probandi převážně označovali jako střední zátěž. Aritmetický průměr a medián bodového hodnocení jednotlivých situací jsou zobrazeny v tabulce níže (viz Tabulka 3-6).

Tabulka 3-6 Výsledky třetí části Nordic Questionnaire pro pozici obsluha zapékací pece [vlastní zpracování]

Otázka	Aritmetický průměr	Medián
1. Vykonávání stále stejných pracovních operací	5.78	6
2. Spěchání při vykonávání některých pracovních operací (zdvihání, přemísťování břemen)	5.22	6
3. Manipulace s drobnými předměty, součástkami	1.89	1
4. Nedostatečné přestávky na oddech během pracovní směny	2.83	3
5. Práce v nepohodlné nebo vynucené pracovní poloze	4.33	5
6. Dlouhodobá práce ve stejných pracovních polohách (stání, naklánění, klek apod.)	4.94	5
7. Práce ve vynuceném předklonu, při náklonech a vytáčení trupu do stran	3.89	4
8. Práce na hranici fyzických možností	5.39	6
9. Práce s rukama nad hlavou nebo daleko od těla	3.94	3
10. Přílišné teplo, chlad, vlhkost, hluk nebo průvan (problémový parametr podtrhněte)	6.83	8
11. Nutnost pokračovat v práci, i když se necítíte dobře nebo po poranění	3.06	2
12. Zdvihání, tahání nebo nošení těžkých předmětů	4.39	5
13. Přesčas, nepravidelné směny nebo dlouhá pracovní doba	2.67	2
14. Nedostatečná kvalita pracovních nástrojů (hmotnost, vibrace)	2.94	3
15. Nedostatečný zácvik a školení ke správnému vykonávání práce	1.94	1

Meisterův dotazník

Na základě skupinového vyhodnocení Meisterova dotazníku je pozice obsluha zapékací pece dle psychické zátěže klasifikována stupněm 2. Lze tedy předpokládat, že psychická zátěž může u pracovníků na této pozici negativně působit na jejich výkonnost. V tabulce níže (viz Tabulka 3-7) je znázorněno bodové hodnocení jednotlivců, ve kterém došlo u více než poloviny probandů k dosažení či překročení kritických hodnot určených pro jednotlivé faktory nebo hrubý skór (takovéto hodnoty jsou v tabulce zvýrazněny červeně). Jako problémové se v tomto případě projeví zejména monotonie a nespecifický faktor.

Tabulka 3-7 Výsledky Meisterova dotazníku pro pozici obsluha zapékací pece [vlastní zpracování]

Oblast	I. Přetížení		II. Monotonie		III. Nespecifický faktor		IV. Hrubý skór	
	Odpověď	Kritická hodnota	Odpověď	Kritická hodnota	Odpověď	Kritická hodnota	Odpověď	Kritická hodnota
5	6	12	6	8	9	12	21	26
6	9	12	10	8	12	12	31	26
8	6	12	9	8	7	12	22	26
9	14	12	8	8	12	12	34	26
11	3	12	5	8	4	12	12	26
12	11	12	13	8	12	12	36	26
15	9	12	8	8	13	12	30	26
18	12	12	13	8	17	12	42	26
19	6	12	6	8	12	12	24	26
20	7	12	7	8	13	12	27	26
21	6	12	8	8	12	12	26	26
27	7	12	7	8	9	12	23	26
28	8	12	8	8	10	12	26	26
29	9	12	8	8	12	12	29	26
31	6	12	8	8	12	12	26	26
34	9	12	8	8	13	12	30	26
35	7	12	4	8	10	12	21	26
43	10	12	6	8	13	12	29	26

Anamnéza

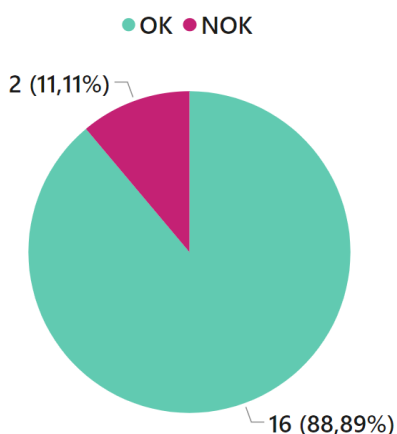
V poslední části dotazníků, zaměřené na zdravotní historii probandů, nebyly zjištěny žádné minulé ani současné zdravotní obtíže, jež by představovaly rizikové faktory pro absolvování rehabilitací ve virtuální realitě.

3.2.3 Analýza pracovníků

Níže jsou popsány výsledky Phalenova testu a měření maximální síly stisku.

Phalenův test

V průběhu Phalenova testu se u 2 probandů na pozici obsluha zapékací pece projevilo brnění či pocit necitlivosti v palci, ukazováku, prostředníku nebo laterální polovině prsteníku (viz Obrázek 3-5). Tato skutečnost upozorňuje na možnost rozvíjejícího se onemocnění syndromu karpálního tunelu.



Obrázek 3-5 Výsledky Phalenova testu pro pozici obsluha zapékací pece [vlastní zpracování]

Měření maximální síly stisku

K naměření nižší hodnoty síly stisku, než je odpovídající pro pohlaví a věk probanda, došlo pro jednu nebo obě horní končetiny u 10 probandů, tj. u více než poloviny zkoumaných pracovníků na dané pozici. Naměřené hodnoty pro pravou a levou horní končetinu jsou uvedeny v tabulce níže (viz Tabulka 3-8).

Tabulka 3-8 Výsledky měření síly stisku pro pozici obsluha zapékací pece [vlastní zpracování]

Označení pracovníka	Siloměr PHK	Siloměr LHK
5	30	39
6	61	69
8	47	43
9	65	69
11	62	45
12	59	61
15	40	24
18	40	55
19	55	52
20	57	52
21	68	59
27	50	49
28	60	60
29	51	52
31	51	52
34	37	42
35	71	69
43	36	34

3.2.4 Shrnutí výsledků

Z dílčích výsledků jednotlivých částí metodiky vyplývají pro pracovní pozici obsluha zapékací pece následující základní oblasti, na které je třeba se zaměřit během výběru cviků pro rehabilitaci ve virtuální realitě:

- Horní končetiny – již ze zhodnocení fyzické zátěže je zřejmá nadměrná zátěž horních končetin. Pro tuto oblast muskuloskeletálního systému jsou zjištěny nejen nevhodné pracovní polohy, ale také pravidelné výskyty vynakládání velkých a nadlimitních svalových sil. S touto skutečností korespondují výsledky dotazníkového šetření, ve které více než polovina probandů uvedla, že během posledního roku pocítila při práci bolest či tuhnutí v oblasti ramen nebo v oblasti rukou a zápěstí. Během posouzení fyzické zátěže byla dále vzhledem k počtu pohybů za směnu zjištěna vyšší zátěž na pravou horní končetinu. V rámci analýzy jednotlivých pracovníků a měření maximální síly stisku pak docházelo k naměření nižší než odpovídající síly stisku častěji právě pro více zatěžovanou pravou horní končetinu. Nižší naměřené síly stisku a pozitivní výsledky Phalenova testu naznačují již existující zdravotní obtíže, zejména u těchto probandů je žádoucí klást zvýšený důraz na oblast zápěstí a poskytnout cviky pro

prevenci / léčbu syndromu karpálního tunelu. Na základě těchto poznatků lze horní končetiny (zejména ramena a zápěstí) označit jako nejvíce problematickou oblast pro tuto pracovní pozici.

- Krk / šíje – během vykonávání pracovní činnosti dochází k předklonu i záklonu hlavy (tj. k podmíněně přijatelným polohám hlavy). V dotazníkové části pak téměř polovina dotazovaných uvedla pociťování bolesti či tuhnutí v oblasti šíje. Z těchto důvodů je doporučeno zařazení preventivních cviků zaměřených na tuto oblast.
- Bederní páteř – tato oblast je zařazena mezi problematické oblasti na základě dotazníkové části metodiky, kde bylo probandy opakovaně uváděno tuhnutí či bolest v oblasti dolní části zad či kříže.
- Stres – vzhledem k výsledkům Meisterova dotazníku lze předpokládat, že jsou pracovníci vystaveni vyšší míře stresu a je vhodné zařadit také relaxační cviky.

Náplň cvičení je pak možné dále přizpůsobovat a doplnit na základě pociťovaných obtíží jednotlivců.

3.3 Operátor výroby

Obsahem pracovní činnosti je dohlížení na chod linky. V 15minutových intervalech pracovník provádí kontrolu chodu a seřizuje parametry stroje. Dále je zodpovědný za doplňování granulátu umístěného v plastových boxech s použitím elektrického ručně vedeného vysokozdvížného vozíku. Pracovník se také stará o kontrolu kvality polotovarů. Zhruba 10 minut z průměrné 8 hodinové směny tráví prací na počítači za účelem objednání materiálu. Mezi další pracovní činnosti se řadí úklid pracoviště či výměna částí stroje v případě přechodu na jiný typ výrobku. Práce je vykonávána vestoje s přecházením. K výkonu práce je standardně využíván inbus, oboustranný plochý klíč, seřizovací klíč, klíč na demontáž, velký klíč na povolování a utahování hlav zařízení, palička, tyč na očištění a tloušťkoměr.

Testování se účastnilo 20 zaměstnanců pracujících na pozici operátor výroby. Jednalo se o 13 mužů a 7 žen ve věkovém rozmezí 24 až 59 let. Ze získaných dat vyplývá, že průměrnému probandovi z této skupiny je 44 let, je vysoký 174 cm, váží 81 kg a pracuje na pozici operátor 10 let.

3.3.1 Posouzení fyzické zátěže

Vzhledem k povaze pracovní činnosti a dřívějšímu zařazení práce z hlediska fyzické zátěže do kategorie 2 bylo pro posouzení fyzické zátěže zvoleno odborné hodnocení. Zjištěné údaje jsou uvedeny v tabulce níže (viz Tabulka 3-9).

Tabulka 3-9 Zhodnocení fyzické zátěže pro pozici operátor výroby

Celková fyzická zátěž	Pracovní polohy	Lokální svalová zátěž
Tažné a tlačné síly se při vykonávání pracovní činnosti nevyskytují.	Vzpažení paže nad 60° – při frekvenci pohybů větší nebo rovné 2/minutu – nepříjemná pracovní poloha dynamická. Celková doba práce v této poloze byla kalkulována pro pravou horní končetinu na cca 22 minut a pro levou horní končetinu na cca 20 minut v průměrné 8hod. pracovní směně.	Práce je staticko-dynamická s převahou dynamické složky práce.
Občasná, častá a kumulativní manipulace s břemeny nebyla překročena.	Předklon hlavy větší než 25° bez podpory trupu – nepříjemná pracovní poloha. Celková doba práce v této poloze byla kalkulována na cca 11 minut v průměrné 8hod. pracovní směně.	Dochází k vynakládání velkých i nadlimitních svalových sil.
Limity pro srdeční frekvenci by neměly být překročeny.	Poloha zápěstí – rotace.	Průměrné % Fmax by se mělo pohybovat v limitu (tj. do 30 % Fmax).

V průběhu vykonávání pracovní činnosti se pravidelně vyskytují následující podmíněně přijatelné pracovní polohy:

- Poloha horní končetiny – vzpažení 40° - 60° se vyskytuje během doplňování materiálu do stroje, při údržbě, při výměně částí stroje či při kontrole výrobků a obsluze elektrického vysokozdvíhového vozíku.
- Poloha trupu – předklon 40° - 60° se vyskytuje během kontroly linky a v průběhu výměny částí stroje (při přechodu na jiný typ výrobku).

Ani u jedné ze zmíněných poloh nelze vzhledem k rozložení činností předpokládat překročení stanovených hygienických limitů (tj. 160 minut z průměrné 8 hodinové směny).

Dále se během výkonu činnosti opakovaně vyskytují níže uvedené nepříjemné pracovní polohy:

- Poloha horní končetiny – vzpažení nad 60° se vyskytuje během výměny částí stroje (při přechodu na jiný typ výrobku) a během jeho údržby.
- Poloha krku – předklon hlavy větší než 25° při frekvenci pohybů větší nebo rovné 2/min se vyskytuje při vizuální kontrole výrobku.

U činností opět nelze předpokládat překračování hygienických limitů (tj. 30 minut z průměrné 8 hodinové směny).

Na základě posouzení fyzické zátěže u pracovníků na pozici operátor výroby lze jako nejvíce problematické oblasti uvést:

- lokální svalová zátěž (potenciální výskyt velkých svalových sil),

- poloha zápěstí,
- pracovní poloha hlavy – předklon,
- nepřijatelná pracovní poloha ramene.

3.3.2 Dotazníkové šetření

Níže jsou popsány výsledky jednotlivých dotazníků využitých v rámci metodiky.

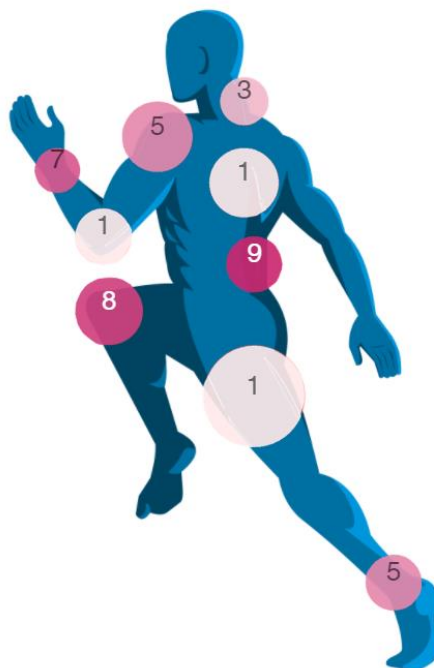
Nordic Questionnaire

Jako převládající pracovní poloha bylo u všech 20 dotazovaných označeno „stání“. Obdobně jako u předchozí pozice je zkoumaná skupina složena převážně z jedinců s pravou laterality – tvoří 90 % dotazovaných (tj. 18 z 20 probandů).

Z druhé části dotazníku vyplývají následující poznatky:

- Nejvíce pracovníků se potýká s problémy v oblasti dolní části zad a kříže. Pocítění bolesti či tuhnutí v této části těla během posledních 12 měsíců uvedlo 9 z 20 probandů. Pouze 2 probandi však uvedli, že se v důsledku těchto obtíží rozhodli pro návštěvu zdravotního specialisty.
- Druhou nejčastěji označovanou oblastí byly kolena. Výskyt bolesti či tuhnutí v této oblasti uvedlo 8 pracovníků – pomoc zdravotního specialisty na základě obtíží vyhledal pouze jeden z nich.
- Jako další problematickou oblast lze označit ruce a zápěstí – bolest či tuhnutí v této oblasti zaznamenalo 7 probandů. Pouze jeden z probandů se však rozhodl obtíže konzultovat se zdravotním specialistou.
- U 16 z 20 dotazovaných se během posledních 12 měsíců vyskytla bolest či tuhnutí alespoň v jedné z uvedených oblastí těla. V průměru proband uvedl, že se potýká s obtížemi ve 2 oblastech.
- Vyhledání služeb zdravotního specialisty uvedli však pouze 3 probandi.

Devět vybraných oblastí těla spolu s informací o počtu probandů, jež uvedli v dané oblasti obtíže, jsou znázorněny níže (viz Obrázek 3-6).



Obrázek 3-6 Výsledky druhé části Nordic Questionnaire pro pozici operátor výroby [vlastní zpracování]

Z třetí části dotazníku vyplývá, že probandi vnímají z uvedených situací jako nevíce zatěžující následující:

- přílišné teplo / chlad / vlhkost / hluk / průvan,
- spěchání při vykonávání některých pracovních operací.

Ani v jednom z případů však není situace pracovníky hodnocena jako velká zátěž. Aritmetický průměr a medián bodového hodnocení jednotlivých situací jsou zobrazeny v tabulce níže (viz Tabulka 3-10).

Tabulka 3-10 Výsledky třetí části Nordic Questionnaire pro pozici operátor výroby [vlastní zpracování]

Otázka	Aritmetický průměr	Medián
1. Vykonávání stále stejných pracovních operací	3.85	4
2. Spěchání při vykonávání některých pracovních operací (zdvihání, přemísťování břemen)	5.10	5
3. Manipulace s drobnými předměty, součástkami	2.60	2
4. Nedostatečné přestávky na oddech během pracovní směny	3.55	3
5. Práce v nepohodlné nebo vynucené pracovní poloze	3.60	2
6. Dlouhodobá práce ve stejných pracovních polohách (stání, naklánění, klek apod.)	3.95	4
7. Práce ve vynuceném předklonu, při náklonech a vytáčení trupu do stran	4.05	3
8. Práce na hranici fyzických možností	4.60	4
9. Práce s rukama nad hlavou nebo daleko od těla	2.70	2
10. Přílišné teplo, chlad, vlhkost, hluk nebo průvan (problémový parametr podtrhněte)	5.75	6
11. Nutnost pokračovat v práci, i když se necítíte dobře nebo po poranění	3.55	4
12. Zdvihání, tahání nebo nošení těžkých předmětů	4.25	4
13. Přesčasy, nepravidelné směny nebo dlouhá pracovní doba	3.25	2
14. Nedostatečná kvalita pracovních nástrojů (hmotnost, vibrace)	4.20	3
15. Nedostatečný zácvik a školení ke správnému vykonávání práce	2.75	2

Meisterův dotazník

Na základě skupinového vyhodnocení Meisterova dotazníku byla psychická zátěž skupiny pracovníků na pozici operátor výroby klasifikována stupněm 1. Lze tak předpokládat, že pracovníci na této pozici zpravidla nejsou vystaveni nadměrné psychické zátěži, která by vedla k ovlivnění zdraví či výkonnosti. Z bodového hodnocení jednotlivců zobrazeného v tabulce níže (viz Tabulka 3-11) je však zřejmé, že u některých probandů došlo k dosažení či překročení kritických hodnot jednotlivých faktorů či celkového hrubého skóru (takovéto hodnoty jsou v tabulce zvýrazněny červeně). Kritických hodnot dosahovalo bodové hodnocení nejčastěji v rámci faktoru monotonie.

Tabulka 3-11 Výsledky Meisterova dotazníku pro pozici operátor výroby [vlastní zpracování]

Oblast	I. Přetížení		II. Monotonie		III. Nespecifický faktor		IV. Hrubý skór	
	Odpověď	Kritická hodnota	Odpověď	Kritická hodnota	Odpověď	Kritická hodnota	Odpověď	Kritická hodnota
1	7	10	5	9	6	14	18	29
3	9	12	7	8	9	12	25	26
4	6	12	5	8	7	12	18	26
7	8	12	5	8	8	12	21	26
10	8	10	8	9	9	14	25	29
13	11	12	5	8	7	12	23	26
14	7	12	7	8	8	12	22	26
16	9	10	9	9	13	14	31	29
17	10	12	8	8	12	12	30	26
26	7	10	10	9	12	14	29	29
30	9	12	7	8	12	12	28	26
32	9	12	10	8	11	12	30	26
33	10	10	9	9	13	14	32	29
36	8	10	7	9	12	14	27	29
37	5	12	8	8	8	12	21	26
38	8	12	9	8	7	12	24	26
39	5	10	10	9	8	14	23	29
40	12	12	8	8	9	12	29	26
41	9	12	7	8	10	12	26	26
42	9	12	7	8	9	12	25	26

Anamnéza

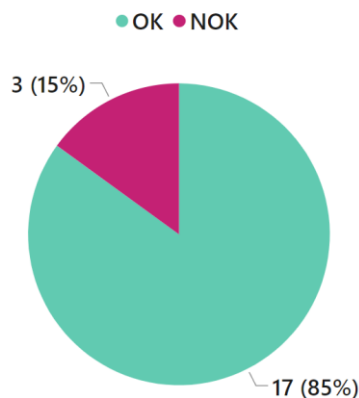
V poslední části dotazníků, zaměřené na zdravotní historii probandů, nebyly zjištěny žádné minulé ani současné zdravotní obtíže, jež by představovaly rizikové faktory pro absolvování rehabilitací ve virtuální realitě.

3.3.3 Analýza pracovníků

Níže jsou popsány výsledky Phalenova testu a měření maximální síly stisku.

Phalenův test

V průběhu Phalenova testu se projevilo brnění či pocit necitlivosti v palci, ukazováku, prostředníku nebo laterální polovině prsteníku u 3 probandů na pozici operátor výroby (viz Obrázek 3-7). Tato skutečnost indikuje riziko existence syndromu karpálního tunelu.



Obrázek 3-7 Výsledky Phalenova testu pro pozici operátor výroby [vlastní zpracování]

Měření maximální síly stisku

U 12 probandů došlo u jedné či obou horních končetin k naměření nižší hodnoty síly stisku, než je odpovídající vzhledem k pohlaví a věku probanda. Opět se jedná o více než polovinu zkoumaných pracovníků dané pozice. Naměřené hodnoty pro pravou a levou horní končetinu jsou uvedeny v tabulce níže (viz Tabulka 3-12).

Tabulka 3-12 Výsledky měření síly stisku pro pozici operátor výroby [vlastní zpracování]

Označení pracovníka	Siloměr PHK	Siloměr LHK
1	34	33
3	53	44
4	46	46
7	52	54
10	27	23
13	50	57
14	46	44
16	28	26
17	59	54
26	32	27
30	46	43
32	43	46
33	21	22
36	31	31
37	40	41
38	40	46
39	33	31
40	60	59
41	57	58
42	54	59

3.3.4 Shrnutí výsledků

Z dílčích výsledků jednotlivých částí metodiky vyplývají pro pracovní pozici operátor výroby následující základní oblasti, na které je třeba se zaměřit během výběru cviků pro rehabilitaci ve virtuální realitě:

- Horní končetiny – v rámci zhodnocení fyzické zátěže byly při vykonávání pracovní činnosti zjištěny opakované výskyty podmíněně přijatelných i nepřijatelných pracovních poloh horních končetin, dále také rotace zápěstí. V dotazníkovém šetření pak 7 probandů uvedlo, že během posledního roku pocítili při práci bolest či tuhnutí v oblasti rukou a zápěstí, 5 probandů v oblasti ramen. U více než poloviny probandů také došlo k naměření nižší hodnoty síly stisku, než je odpovídající vzhledem k pohlaví a věku probanda alespoň u jedné horní končetiny. Tato zjištění, spolu s výskytem pozitivních výsledků Phalenova testu, naznačují zvýšené riziko vzniku zdravotních obtíží v oblasti horních končetin, a to především zápěstí.
- Bederní páteř – tato oblast je zařazena mezi problematické oblasti na základě dotazníkového šetření metodiky, kde bylo probandy nejčastěji uváděno tuhnutí či bolest právě v oblasti dolní části zad či kříže.
- Kolena – tato oblast je zařazena mezi problematické oblasti na základě dotazníkového šetření, kde bylo probandy opakovaně uváděno tuhnutí či bolest v oblasti kolen.
- Krk / šíje – tato oblast je zařazena mezi problematické oblasti na základě výskytu předklonu hlavy během vykonávání pracovní činnosti.

Náplň cvičení je pak možné dále přizpůsobovat a doplnit na základě pocíťovaných obtíží jednotlivců.

3.4 Celkové vyhodnocení

Při souhrnném zhodnocení oblastí, u kterých pracovníkům hrozí zvýšené riziko vzniku muskuloskeletálních obtíží a na které je třeba se během rehabilitace zaměřit, byly pro každou ze zkoumaných pozic vyhodnoceny jako problémové horní končetiny. Důvodem jsou jak pravidelné výskyty nevhodných pracovních poloh horních končetin během vykonávání pracovní činnosti, tak i individuální pocíťované problémy probandů. Zápěstí a ramena se zařadila mezi tři nejčastěji uváděné oblasti, ve kterých probandi během posledního roku pocítili bolest či tuhnutí (viz Obrázek 3-8). V případě dvou pracovních pozic se jako problematické projeví také dolní končetiny – konkrétně se jednalo o oblast kolen a kotníků či chodidel.

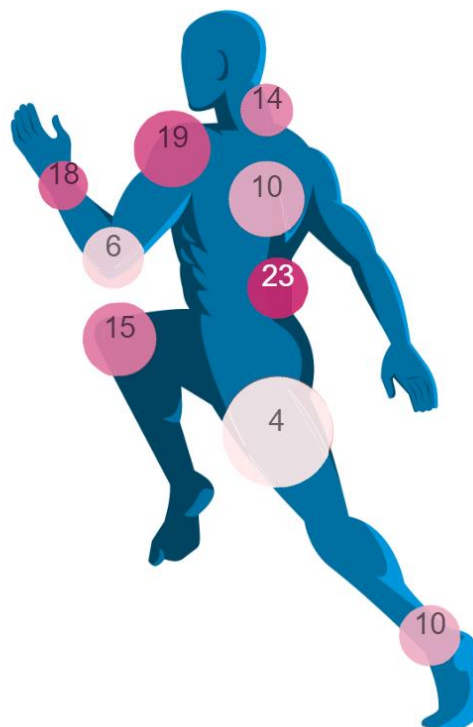
Tyto poznatky korespondují s nejčastěji hlášenými nemocemi z povolání za rok 2020. Pokud jsou brány v potaz pouze nemoci z povolání způsobené fyzikálními faktory, v rámci oddílu „Výroba motorových vozidel (kromě motocyklů), přívěsů a návěsů“ spadajícího do zpracovatelského průmyslu (klasifikace dle CZ-NACE) se za tento rok nejčastěji vyskytly následující onemocnění:

- nemoci periferních nervů končetin charakteru úžinového syndromu z dlouhodobého nadměrného jednostranného přetěžování (47 případů),
- nemoci šlach, šlachových pochev, tíhových váček, úponů svalů nebo kloubů končetin z dlouhodobého nadměrného jednostranného přetěžování (37 případů). [5]

V případě klasifikace zaměstnání dle CZ-ISCO a zohlednění hlavní třídy 8 (tj. Obsluha strojů a zařízení, montéři) jsou statistiky obdobné a na prvních třech příčkách se nachází:

- nemoci periferních nervů končetin charakteru úžinového syndromu z dlouhodobého nadměrného jednostranného přetěžování (98 případů),
- nemoci šlach, šlachových pochev, tíhových váčků, úponů svalů nebo kloubů končetin z dlouhodobého nadměrného jednostranného přetěžování (68 případů),
- nemoci periferních nervů horních končetin charakteru ischemických a úžinových neuropatií při práci s vibrujícími nástroji a zařízeními (44 případů). [5]

U velkého počtu zaměstnanců se dle dotazníku Nordic Questionnaire projevují také problémy s dolní částí zad (viz Obrázek 3-8), které mohou být ovlivněny i nevhodnými pracovními polohami trupu. Tyto zdravotní obtíže ovšem není možné srovnávat se statistikami o nemocech z povolání vzhledem k tomu, že rozšíření seznamu nemocí z povolání o chronické onemocnění bederní páteře je platné až pro rok 2023. V současnosti tedy nejsou k dispozici relevantní informace ohledně tohoto onemocnění.

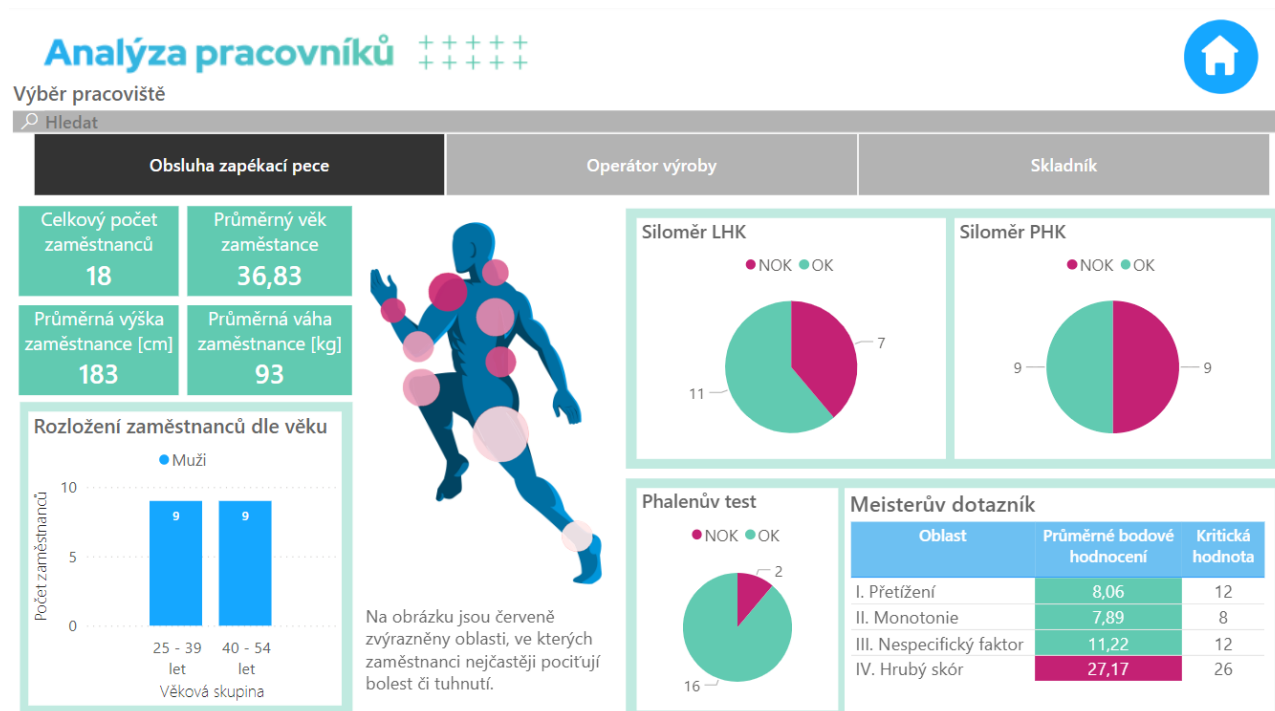


Obrázek 3-8 Výsledky druhé části Nordic Questionnaire pro výrobní podnik

Zvýšená psychická zátěž, která by mohla ovlivnit výkonnost pracovníků, se projevila pouze u jedné ze zkoumaných pracovních pozic.

V dotazníkové části metodiky probandů opakovaně hodnotili jako nejvíce zatěžující situaci (z nabízených možností v rámci Nordic Questionnaire) přílišné teplo / chlad / vlhkost / hluk / průvan. Jedná se však o problém, jež není řešitelný v rámci rehabilitací ve virtuální realitě.

Získané výstupy byly také zpracovány pomocí reportingového nástroje Power BI, ve kterém je možné zobrazit jak výsledky pro danou pracovní pozici, tak pro jednotlivce. Obrázek 3-9 zobrazuje ukázkou reportu pro pozici obsluha zapékací pece.



Obrázek 3-9 Ukázka reportu v Power BI pro pozici obsluha zapékací pece [vlastní zpracování]

Vzhledem k získaným výstupům lze z vybraných skupin pracovníků označit jako nejvíce zatěžované právě pracovníky působící na pozici obsluha zapékací pece. Dle vyhodnocení je u nich zaznamenána nejvyšší míra fyzické i psychické zátěže. U této skupiny pracovníků je možné předpokládat nejvyšší míru rizika vzniku muskuloskeletálních potíží a je třeba se zaměřit na jejich prevenci. Na obrázku níže je zobrazen jeden z pracovníků během cvičení ve virtuální realitě (viz Obrázek 3-10).



Obrázek 3-10 Pracovník pozice obsluha zapékací pece [vlastní zdroj]

4 Ověření metodiky v administrativním oddělení

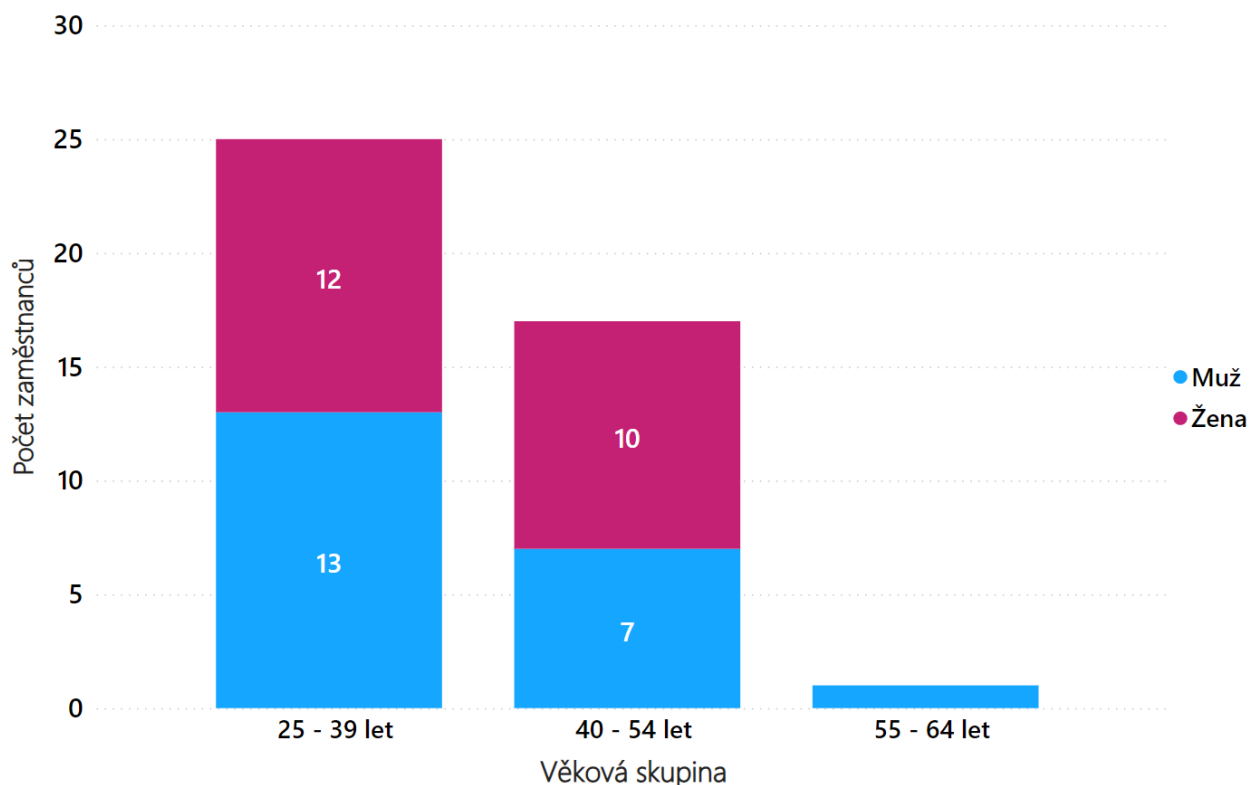
Pro ověření relevantnosti sbíraných údajů a porovnání výsledků vyhodnocení z předchozího podniku byla metodika dále testována v administrativním oddělení nejmenovaného podniku.

Pro testování bylo vybráno celkem 43 zaměstnanců, kteří pracují na různých administrativních pozicích, jako příklady lze uvést následující pozice:

- Specialista marketingu,
- HR specialista,
- EHS manažer,
- projektový manažer, aj.

Konkrétní pracovní činnosti vykonávané na daných pozicích jsou odlišné, avšak u všech probandů se jedná o kancelářskou činnost s obdobnou mírou fyzické zátěže, kde jako pracovní poloha převažuje sezení. V rámci činností převládá práce na PC.

Zkoumaná skupina byla složena z 21 mužů a 22 žen ve věkovém rozmezí 25 až 58 let. Rozložení skupiny dle pohlaví a věkových kategorií je zobrazeno v grafu níže (viz Obrázek 4-1). Ze získaných dat vyplývá, že průměrnému probandovi mužského pohlaví je 38 let, je vysoký 182 cm, váží 82 kg a v nynějším zaměstnání pracuje téměř 7 let. V případě žen je pak průměrný věk 37 let, výška 170 cm, váha 68 kg a počet let v nynějším zaměstnání opět 7.



Obrázek 4-1 Rozložení skupiny dle pohlaví a věku [vlastní zpracování]

4.1 Posouzení fyzické zátěže

Vzhledem k povaze pracovních pozic je pro posouzení fyzické zátěže voleno odborné hodnocení. Poznatky jsou uvedeny v tabulce níže (viz Tabulka 4-1).

Tabulka 4-1 Posouzení fyzické zátěže pro administrativní pracovníky

Celková fyzická zátěž	Pracovní polohy	Lokální svalová zátěž
Během vykonávání pracovní činnosti se nevyskytují tažné a tlačné síly.	Předklon hlavy větší než 25° bez podpory trupu – nepříjemná pracovní poloha.	Práce je staticko-dynamická s převahou dynamické složky práce.
Občasná, častá a kumulativní manipulace s břemeny by neměla být překročena.	Předloktí a zápěstí není v optimální poloze.	Počet pohybů horních končetin by neměl překročit 20 000 pohybů za směnu.
Limity pro srdeční frekvenci by neměly být překročeny.		Průměrné % Fmax by se mělo pohybovat v limitu (tj. do 30 % Fmax).

Převážná část účastníků výzkumu tráví zhruba 95 % pracovní doby v sedě, což může vést nejenom k problémům v oblasti zad, ale také v oblasti dolních končetin.

4.2 Dotazníkové šetření

Níže jsou popsány výsledky jednotlivých dotazníků využitých v rámci metodiky.

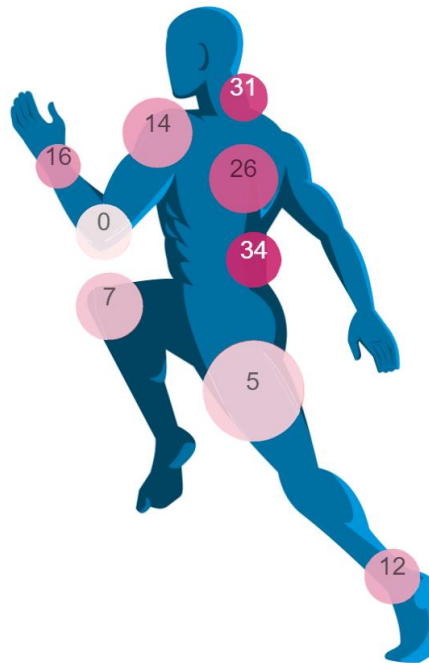
Nordic Questionnaire

Jako převládající pracovní poloha bylo u 35 dotazovaných označeno „sezení“, zbylých 8 jedinců zvolilo možnost „sezení a stání“. Zkoumaná skupina složena převážně z jedinců s pravou lateralitou – tvoří ji 86 % dotazovaných (tj. 37 z 43 probandů).

Z druhé části dotazníku vyplývají následující poznatky:

- Nejvíce pracovníků se potýká s problémy v oblasti dolní části zad a kříže. Pocitění bolesti či tuhnutí v této části těla během posledních 12 měsíců uvedlo 34 ze 43 probandů. Na základě těchto obtíží navštívilo 11 z nich lékaře, fyzioterapeuta či jiného zdravotního specialistu.
- Druhou nejčastěji označovanou oblastí byla šíje. Výskyt bolesti či tuhnutí v této oblasti uvedlo 31 pracovníků – pomoc zdravotního specialisty na základě obtíží však vyhledalo pouze 5 z nich.
- Třetí nejčastěji označovanou oblastí byla horní část zad, kterou uvedlo jako problémovou celkem 26 probandů. Pouze 3 z nich vyhledali pomoc zdravotního specialisty.
- Poměrně vysoký počet probandů pak uvedl také obtíže v oblasti zápěstí a rukou či ramen.
- U všech dotazovaných se během posledních 12 měsíců vyskytla bolest či tuhnutí alespoň v jedné z uvedených oblastí těla. V průměru proband uvedl, že se potýká s obtížemi ve 3 oblastech.
- Vyhledání služeb zdravotního specialisty uvedlo celkem 13 probandů.

Devět vybraných oblastí těla spolu s informací o počtu probandů, jež uvedli v dané oblasti obtíže, jsou znázorněny níže (viz Obrázek 4-2).



Obrázek 4-2 Výsledky druhé části Nordic Questionnaire pro administrativní pracovníky [vlastní zpracování]

Třetí část Nordic Questionnaire byla v rámci této skupiny pracovníků vynechána, jelikož se nejedná o relevantní situace vzhledem k jejich pracovní náplni.

Meisterův dotazník

Na základě skupinového vyhodnocení Meisterova dotazníku byla psychická zátěž skupiny klasifikována stupněm 1. Lze tak předpokládat, že probandi nejsou vystaveni nadměrné psychické zátěži, která by vedla k ovlivnění zdraví či výkonnosti. Z bodového hodnocení jednotlivců zobrazeného v tabulce níže (viz Tabulka 4-2) je zřejmé, že k dosažení či překročení kritických hodnot jednotlivých faktorů či celkového hrubého skóru (takovéto hodnoty jsou v tabulce zvýrazněny červeně) docházelo pouze ojediněle. Nejčastěji se tak ale dělo v případě faktoru přetížení.

Tabulka 4-2 Výsledky Meisterova dotazníku pro administrativní pracovníky [vlastní zpracování]

Oblast	I. Přetížení		II. Monotonie		III. Nespecifický faktor		IV. Hrubý skór	
	Odpověď	Kritická hodnota	Odpověď	Kritická hodnota	Odpověď	Kritická hodnota	Odpověď	Kritická hodnota
01	9	12	4	8	8	12	21	26
02	8	10	4	9	7	14	19	29
03	10	10	6	9	9	14	25	29
04	6	12	5	8	7	12	18	26
05	8	10	15	9	15	14	38	29
06	9	12	4	8	10	12	23	26
07	7	12	7	8	6	12	20	26
08	8	10	4	9	7	14	19	29
09	13	10	3	9	9	14	25	29
10	4	10	7	9	4	14	15	29
11	12	10	10	9	10	14	32	29
12	5	10	3	9	7	14	15	29
13	4	12	3	8	4	12	11	26
14	7	10	6	9	8	14	21	29
15	13	10	13	9	20	14	46	29
16	8	10	7	9	8	14	23	29
17	7	10	6	9	11	14	24	29
18	11	10	3	9	6	14	20	29
19	5	12	7	8	9	12	21	26
20	12	12	3	8	6	12	21	26
21	10	12	5	8	8	12	23	26
22	6	10	4	9	7	14	17	29
23	7	10	3	9	6	14	16	29
24	7	12	4	8	8	12	19	26
25	9	12	9	8	10	12	28	26
26	5	10	4	9	10	14	19	29
27	5	10	4	9	4	14	13	29
28	5	10	3	9	4	14	12	29
29	5	12	4	8	8	12	17	26
30	10	12	4	8	11	12	25	26
31	6	12	7	8	6	12	19	26
32	8	10	6	9	8	14	22	29
33	6	12	3	8	4	12	13	26
34	9	12	3	8	7	12	19	26
35	8	12	3	8	8	12	19	26
36	11	12	6	8	10	12	27	26
37	6	10	4	9	8	14	18	29
38	8	12	6	8	11	12	25	26
39	7	12	6	8	10	12	23	26
40	7	10	6	9	8	14	21	29
41	6	12	5	8	5	12	16	26
42	6	12	4	8	9	12	19	26
43	9	10	4	9	4	14	17	29

Anamnéza

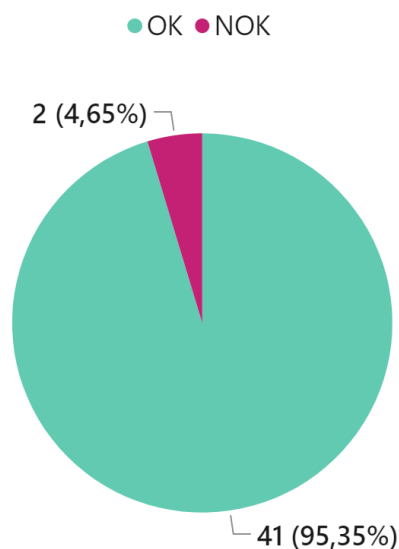
V poslední části dotazníků, zaměřené na zdravotní historii probandů, nebyly zjištěny žádné minulé ani současné zdravotní obtíže, jež by představovaly rizikové faktory pro absolvování rehabilitací ve virtuální realitě.

4.3 Analýza pracovníků

Níže jsou popsány výsledky Phalenova testu a měření maximální síly stisku.

Phalenův test

Výsledky Phalenova testu byly převážně negativní. Brnění či pocit necitlivosti v palci, ukazováku, prostředníku nebo laterální polovině prsteníku se projevilo pouze u 2 probandů (viz Obrázek 4-3). U těchto jedinců je žádoucí začít problém co nejdříve řešit.



Obrázek 4-3 Výsledky Phalenova testu pro administrativní pracovníky [vlastní zpracování]

Měření maximální síly stisku

U 25 probandů bylo zjištěno naměření nižší hodnoty síly stisku, než je odpovídající vzhledem k pohlaví a věku probanda, u jedné nebo obou horních končetin. Naměřené hodnoty pro pravou a levou horní končetinu jsou uvedeny v tabulce níže (viz Tabulka 4-3).

Tabulka 4-3 Výsledky měření síly stisku pro administrativní pracovníky [vlastní zpracování]

Přidělené ID	Siloměr LHK	Siloměr PHK
01	51.90	48.50
02	16.40	24.80
03	27.00	31.40
04	42.20	45.60
05	26.60	32.50
06	47.60	55.70
07	38.90	38.70
08	35.10	38.30
09	36.90	34.80
10	25.70	31.90
11	25.50	28.10
12	16.40	25.40
13	43.80	50.80
14	28.80	34.80
15	27.30	33.20
16	30.80	35.20
17	21.00	29.20
18	28.00	28.50
19	56.70	68.90
20	43.90	48.30
21	62.40	59.50
22	39.90	35.70
23	29.20	31.70
24	35.60	37.10
25	28.70	39.90
26	26.60	27.20
27	26.60	30.50
28	28.00	30.10
29	50.10	51.00
30	46.00	46.90
31	44.50	46.70
32	27.60	26.40
33	52.90	56.40
34	41.90	47.30
35	58.00	58.90
36	56.20	57.40
37	39.00	43.20
38	45.50	49.00
39	46.50	51.60
40	23.10	28.70
41	54.30	57.30
42	59.50	54.80
43	31.90	31.10

4.4 Celkové vyhodnocení

Z dílčích výsledků jednotlivých částí metodiky vyplývají pro zkoumanou skupinu probandů následující základní oblasti, na které je třeba se zaměřit během výběru cviků pro rehabilitaci ve virtuální realitě:

- Krk / šíje – během vykonávání pracovní činnosti (při práci na PC) dochází k předklonu hlavy (tj. k podmíněně přijatelné či nepřijatelné pracovní poloze). V dotazníkovém šetření pak více než polovina dotazovaných uvedla pocítění bolesti či tuhnutí v oblasti šíje. Z těchto důvodů je doporučeno zařazení preventivních cviků zaměřených na tuto oblast.
- Horní a dolní část zad – i v těchto oblastech uvedla více než polovina probandů obtíže v rámci dotazníku. Problémy se zády odpovídají povaze pracovní činnosti – probandí tráví převážnou část pracovní doby ve stejné poloze, tj. v sedě, kdy dochází ke statickému zatížení svalů.
- Horní končetiny – během práce na PC pravidelně dochází k nevhodné poloze zápěstí. V rámci analýzy jednotlivých pracovníků a měření maximální síly stisku byla pak u více než poloviny probandů naměřena nižší síla stisku, než je odpovídající pro věk a pohlaví, u jedné nebo obou horních končetin. Nižší naměřené síly stisku a pozitivní výsledky Phalenova testu naznačují již existující zdravotní obtíže, zejména u těchto probandů je žádoucí klást zvýšený důraz na oblast zápěstí a poskytnout cviky pro prevenci / léčbu syndromu karpálního tunelu. Oblast rukou a zápěstí či ramen se také zařadila mezi často uváděné v rámci Nordic Questionnaire.

Náplň cvičení je pak možné dále přizpůsobovat a doplnit na základě pocíťovaných obtíží jednotlivců.

Pokud jsou brány v potaz pouze nemoci z povolání způsobené fyzikálními faktory, v rámci administrativních a podpůrných činností (klasifikace dle CZ-NACE) se za rok 2020 vyskytly následující onemocnění:

- nemoci periferních nervů končetin charakteru úžinového syndromu z dlouhodobého nadměrného jednostranného přetěžování (6 případů),
- nemoci šlach, šlachových pochev, tíhových váček, úponů svalů nebo kloubů končetin z dlouhodobého nadměrného jednostranného přetěžování (1 případů),
- nemoci periferních nervů horních končetin charakteru ischemických a úžinových neuropatií při práci s vibrujícími nástroji a zařízeními (1 případů). [5]

V případě klasifikace zaměstnání dle CZ-ISCO a zohlednění tříd 12 (tj. řídicí pracovníci v oblasti správy podniku, obchodních, administrativních a podpůrných činností), 13 (tj. řídicí pracovníci v oblasti výroby, informačních technologií, vzdělávání a v příbuzných oborech) a 41 (tj. všeobecní administrativní pracovníci, sekretáři a pracovníci pro zadávání dat a zpracování textů) se vyskytly následující onemocnění:

- nemoci periferních nervů končetin charakteru úžinového syndromu z dlouhodobého nadměrného jednostranného přetěžování (3 případy),
- nemoci šlach, šlachových pochev, tíhových váček, úponů svalů nebo kloubů končetin z dlouhodobého nadměrného jednostranného přetěžování (2 případy). [5]

Je zřejmé, že jsou počty hlášených případů nemocí z povolání výrazně nižší než v případě „výroby motorových vozidel (kromě motocyklů), přívěsů a návěsů“ (klasifikace dle CZ-NACE) či třídy „obsluha strojů a zařízení, montéři“ (klasifikace dle CZ-ISCO). I přes to ale

hlášené případy korespondují s identifikovanou problematickou oblastí horních končetin a zejména zápěstí. Se sedavou prací jsou dále převážně spojovány zdravotní problémy se zády, které také vyplývají z vyhodnocení, zatím ovšem není možné srovnat je se statistikami hlášených nemocí z povolání.

5 Shrnutí výstupů a další postup

V tabulce níže (viz Tabulka 5-1) je zobrazeno shrnutí hlavních problémů, vztahujících se ke zkoumaným pracovním pozicím, identifikovaných pomocí navržené metodiky. Na základě těchto problémů je stanoveno doporučené zaměření společné části rehabilitačního plánu. Pro každou z navrhovaných oblastí zaměření je doplněna informace o řešitelnosti pomocí virtuální reality. Jedním z aspektů, který je totiž třeba zvážit v případě využití VR za účelem rehabilitací, je možnost sledování pohybů. Sledování pohybu je klíčové pro následné umožnění kontroly správného provádění cviků či pro sledování dosaženého pokroku v rámci možného navazujícího zkoumání účinnosti rehabilitací ve VR. V této práci jsou brány v potaz možnosti headsetu Oculus Quest a Quest 2, který byl zvolen na základě následujících výhod:

- snadná dostupnost,
- nízká cena zařízení,
- přenosnost,
- široké zorné pole,
- není potřeba další zařízení pro ovládání či sledování pohybu rukou. [17]

Doporučené oblasti zaměření rehabilitace jsou rozděleny do dvou kategorií:

- 1) Lze řešit pomocí VR – jedná se o ty části muskuloskeletálního systému, jejichž pohyb lze při vykonávání cviků sledovat bez přídatného hardwaru (tj. pouze za pomoci samotného headsetu). Do této kategorie jsou zařazeny také relaxační cviky zaměřené na snížení psychické zátěže, které nevyžadují sledování pohybu.
- 2) Nelze řešit pomocí VR – jedná se o ty části muskuloskeletálního systému, u kterých by pro sledování pohybu bylo nutné využít další hardware (jako například Motion Capture oblek či jednotlivé senzory). Takovéto řešení by vedlo ke komplikovanější obsluze a nastavení během celého procesu rehabilitací. V současné době je proto doporučeno využít alternativní řešení nezahrnující virtuální realitu.

Tabulka 5-1 Shrnutí problémů a možnost řešení ve VR [vlastní zpracování]

	Skladník		Obsluha zapékací pece		Operátor výroby		Administrativní pracovníci	
Hlavní identifikované problémy	Pracovní polohy trupu, horních končetin a hlavy.		Nadměrná fyzická i psychická zátěž.		Pracovní polohy hlavy a horních končetin.		Pracovní polohy hlavy a zápěstí.	
	Těžká břemena.		Jednostranná zátěž PHK.		Bolest v oblasti beder, kolen a zápěstí.		Vykonávání práce převážně v sedě.	
	Bolest v oblasti bederní páteře a kotníků.		Pracovní polohy hlavy a horních končetin.				Bolest v oblasti šíje a zad.	
Návrh zaměření rehabilitačního plánu	Oblast	Řešení ve VR	Oblast	Řešení ve VR	Oblast	Řešení ve VR	Oblast	Řešení ve VR
	Horní končetiny	Ano	Horní končetiny	Ano	Horní končetiny	Ano	Horní končetiny	Ano
	Šíje	Ano	Šíje	Ano	Šíje	Ano	Šíje	Ano
	Bederní páteř	Ne	Bederní páteř	Ne	Bederní páteř	Ne	Bederní páteř	Ne
	Kotníky	Ne	Relaxace	Ano	Kolena	Ne		

Na základě vyhodnocení se jako klíčové projeví tři oblasti, a to horní končetiny, šíje a bederní páteř. Horní končetiny a šíje se řadí do kategorie oblastí, které lze řešit pomocí VR. V případě horních končetin jsou pohyby snímány pomocí systému, který je zabudován v samotném náhlavním displeji Oculus Quest – systém je založený na čtyřech monochromatických kamerách a využívá principu deep learning (neboli hlubokého učení), během kterého se software naučí rozeznávat ruce od okolí. [46] Pro sledování pohybů krční páteře je využit gyroskop, také zabudovaný v headsetu, který odesílá data o poloze ve všech třech osách (zaznamenávání pohybů včetně rotace) ve frekvenci 60 snímků za vteřinu. Pro oblast bederní páteře není v současné době možné zajistit sledování pohybu bez využití přídavného hardwaru, a proto je doporučeno prevenci pro vznik obtíží v této oblasti řešit jiným způsobem.

Vzhledem k opakované identifikaci zvýšeného rizika vzniku muskuloskeletálních obtíží v těchto třech oblastech v rámci všech zkoumaných pracovních pozic, lze obdobné výsledky předpokládat i v dalších průmyslových podnicích – zejména v případě horních končetin, kdy výsledky korespondují s nejčastěji vznikajícími nemocemi z povolání v České republice. Proto jsou tyto oblasti považovány za klíčové i pro vývoj dalších aplikací ve VR sloužících pro rehabilitace.

V tabulce níže (viz Tabulka 5-2) je zobrazena ukázka navrženého rehabilitačního plánu pro tři pracovníky. V prvním případě se jedná o pracovníka na pozici skladník – pro tuto pozici jsou do společné části rehabilitačního plánu zařazeny dvě oblasti, které je možno řešit pomocí VR,

a to ramena a šíje. Na základě informací získaných pomocí navržené metodiky jsou pro tohoto jedince ale také doporučeny cviky zaměřené na zápěstí (vzhledem k nedostatečně naměřené síle stisku) a relaxační cviky (vzhledem k překročení kritických hodnot v rámci Meisterova dotazníku). V druhém případě se jedná o pracovníka na pozici obsluha pece. U této pracovní pozice jsou součástí společného rehabilitačního plánu cviky zaměřené na zápěstí, ramena a šíji, spolu s relaxačními cviky. Pro tohoto pracovníka je ale doporučeno doplnění dalším cvikem zaměřeným na zápěstí (vzhledem k pozitivnímu výsledku Phalenova testu i nedostatečně naměřené síle stisku). Třetím pracovníkem je opět proband působící na pozici obsluha pece. Pro tohoto pracovníka ale nebyla vyhodnocena potřeba doplnění společné části rehabilitačního plánu dalšími cviky. V tabulce je spolu s oblastmi zaměření procentuálně uveden také doporučený časový fond pro danou oblast. Časový fond je ovlivněn závažností problému pro danou pracovní pozici či konkrétního pracovníka. Celkové trvání rehabilitačního cvičení bude ovlivněno aktuálními časovými možnostmi pracovníka. Na obrázku níže je pak zobrazena ukázka dvou aplikací ve VR zaměřených na procvičení horních končetin a zejména zápěstí (viz Obrázek 5-1).

Tabulka 5-2 Ukázka rehabilitačního plánu ve VR pro dva pracovníky [vlastní zpracování]

	Skladník (pracovník č. 49)		Obsluha pece (pracovník č. 15)		Obsluha pece (pracovník č. 15)	
	Oblast	Časový fond	Oblast	Časový fond	Oblast	Časový fond
Společná část rehabilitačního plánu	Ramena	50 %	Ramena	30 %	Ramena	35 %
			Zápěstí	25 %	Zápěstí	25 %
	Šíje	20 %	Šíje	20 %	Šíje	20 %
			Relaxační cvičení	15 %	Relaxační cvičení	20 %
Individuální část rehabilitačního plánu	Zápěstí (síla stisku)	15 %	Zápěstí (Phalenův test a síla stisku)	10 %	X	
	Relaxační cvičení (Meisterův dotazník)	15 %				



Obrázek 5-1 Ukázka aplikací ve VR [vlastní zdroj]

Pro možnost provádění rehabilitací je dále potřebné zajistit následující podmínky a vybavení:

- Místnost s volným prostorem o velikosti 2 x 2 m.
- Headset Oculus Quest.
- Tablet či počítač pro spouštění aplikací ve VR.
- Možnost připojení na Wi-Fi.

Závěr

Výstupem práce je navržená metodika umožňující vstupní identifikaci potřeb pracovníků při zavádění rehabilitací ve virtuální realitě v průmyslových podnicích. V rámci práce byla metodika ověřena sběrem a vyhodnocením dat ve dvou podnicích. Jednalo se jak o pracovníky ve výrobě, tak o administrativní pracovníky. Šetření se účastnilo celkem 92 probandů, kteří prošli všemi částmi navržené metodiky. Na základě sesbíraných dat došlo k vyhodnocení rizikových oblastí a potřeb pracovníků na jednotlivých pozicích – tzn. že byly identifikovány oblasti, na které bude následně zaměřen samotný rehabilitační plán.

U pracovníků působících ve výrobním oddělení převažovaly zdravotní obtíže spojené s horními končetinami, jednalo se zejména o oblast ramen a zápěstí. Tyto problémy byly detekovány jak během posouzení fyzické zátěže, tak v rámci vyhodnocení dotazníkového šetření a zpracování výsledků analýz. Zjištění koresponduje se statistikami o nejčastěji hlášených nemocech z povolání. U administrativních pracovníků se dále jako problematická projevila oblast zad a šíje, která odpovídá problémům vznikajícím při sedavém zaměstnání. V prvním z vybraných podniků, tj. ve výrobním podniku z oblasti automotive, byli v návaznosti na výstupy práce zvoleni pracovníci pro navazující účast na rehabilitacích ve virtuální realitě.

Cílem této práce bylo ověření relevantnosti údajů získaných pomocí navržené metodiky a určení nejčastějších problémových oblastí. Nejčastější problémy, které vplynuly z vyhodnocení, lze brát jako doporučení pro zaměření dalšího vývoje aplikací pro rehabilitace. V návaznosti lze také dále zkoumat efektivitu samotných rehabilitací ve virtuální realitě a sledovat, zda je u pracovníků dosahováno žádoucích výsledků.

Použité zdroje

- [1] ASENSIO-CUESTA, S., DIEGO-MAS, J. A., CREMADES-OLIVER, L. V., GONZÁLEZ-CRUZ, M.C. A method to design job rotation schedules to prevent work-related musculoskeletal disorders in repetitive work. *International Journal of Production Research* [online]. 2012, **50**(25), 7467–7478. ISSN 1366-588X. DOI: 0.1080/00207543.2011.653452
- [1] BUREŠ, M. *Tvorba a optimalizace pracoviště*. 1. vyd. Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013, ISBN: 978-80-87539-32-3
- [2] DE BARROS, E. N. C., ALEXANDRE, N. M. C. Cross-cultural adaptation of the Nordic musculoskeletal questionnaire. *International nursing review* [online]. 2003, **50**(2), 101–108. ISSN 0020-8132. DOI: 10.1046/j.1466-7657.2003.00188.x
- [3] DETERDING, Sebastian, DIXON, Dan, KHALED, Rilla, NACKE, Lennat. From game design elements to gamefulness: Defining gamification. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning FutureMedia Environments* [online]. 2011, **11**(1) 9–15. DOI:10.1145/2181037.2181040
- [4] Ergonomie pracovního místa. *ZSBOZP: ZNALOSTNÍ SYSTÉM PREVENCE RIZIK V BOZP* [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce [cit. 24.11.2021]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/ergonomie/337-ergonomie-pracovniho-mista>
- [5] FENCLOVÁ, Zdena, HAVLOVÁ, Dana, VOŘÍŠKOVÁ, Michaela, URBAN, Pavel, PELCLOVÁ, Daniela a ŽOFKA, Jan. *Nemoci z povolání v České republice 2020* [online]. Praha: Státní zdravotní úřad, 2021 [cit. 23.11.2021]. ISSN 1804-5960. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/NZP/Hlaseni_NzP_2020.pdf
- [6] FIRRELL, John C., CRAIN, Goldie Miller. Which setting of the dynamometer provides maximal grip strength? *The Journal of Hand Surgery*. 1996, **21**(3), 397-401. ISSN 0363-5023. DOI: 10.1016/S0363-5023(96)80351-0
- [7] FRAZER, Mardon B., NORMAN, Robert W., WELLS, Richard P., NEUMANN, Patrick W. The effects of job rotation on the risk of reporting low back pain. *Ergonomics* [online]. 2003, **46**(9), 904–919. ISSN 1366-5847. DOI: 0.1080/001401303000090161
- [8] GEURTS, Sabine, SONNENTAG, Sabine. Recovery as an explanatory mechanism in the relation between acute stress reactions and chronic health impairment. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* [online]. 2006, **32**(6), 482-92. ISSN 0355-3140. DOI: 10.5271/sjweh.1053
- [9] GOODMAN, Glenn, KOVACH, Laura, FISHER, April, ELSESSER, Elizabeth, BOBINSKI, Daniel, HANSEN, Jessica. Effective interventions for cumulative trauma disorders of the upper extremity in computer users: practice models based on systematic review. *Work (Reading, Mass.)*[online]. 2012, **42**(1), 153-172. DOI:10.3233/WOR-2012-1341
- [10] GÖRNER, T., HOŘEJŠÍ, P., KURKIN, O., VYZTYMDP. *Virtuální realita: úvodní úroveň*, e-book. Plzeň: ZČU-KPV, 2012. ISBN 978-80-87539-07
- [11] GÖRNER, T., ŠIMON, M. *Případová studie ergonomického projektování pracovišť s využitím digitální továrny*. In: *Digitální podnik 2008*. Žilina: Slovenské centrum produktivity, 2008. s. 99-104. ISBN: 978-80-89333-03-5.

- [12] GREENGARD, Samuel. *Virtual Reality*. The MIT Press, 2019, 264 s. ISBN 262537524.
- [13] GROSS, Jeffrey M., Joseph FETTO a Elaine Rosen SUPNICK. *Vyšetření pohybového aparátu: překlad druhého anglického vydání*. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-720-8.
- [14] HATIAR, Karol, KOBETIČOVÁ, Lucia, HÁJNIK, Bartolomej. Ergonómia a preventívne ergonomické programy (4) : Ergonomická analýza pomocou modifikovaného dotazníka "NORDIC QUESTIONNAIRE". In *Bezpečná práca*, 2004, **35**(4), 20-28. ISSN 0322-8327
- [15] HLADKÝ, Aleš, ŽIDKOVÁ, Zdeňka. *Metody hodnocení psychosociální pracovní zátěže: metodická příručka*. Praha: Karolinum, 1999. ISBN: 80-784-890-5.
- [16] HOCINE, Nadia, Abdelkader GOUAÏCH, Stefano A. CERRI, Denis MOTTET, Jérôme FROGER a Isabelle LAFFONT. Adaptation in serious games for upper-limb rehabilitation: An approach to improve training outcomes. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. 2015, **25**(1), 65–98. ISSN 0924-1868. DOI: 10.1007/s11257-015-9154-6
- [17] HOLZWARTH, Valentin, GISLER, Joy, HIRT, Christian, KUNZ, Andreas. Comparing the Accuracy and Precision of SteamVR Tracking 2.0 and Oculus Quest 2 in a Room Scale Setup. In: *2021 the 5th International Conference on Virtual and Augmented Reality Simulations (ICVARs 2021)*. New York: Association for Computing Machinery, 2021. s. 42–46. ISBN 978-1-4503-8932-7.
- [18] HPZ (Meister): Meisterův dotazník. In: *Fakulta bezpečnostního inženýrství: Výuka* [online]. Ostrava, b.r. [cit. 2018-11-26]. Dostupné z: <https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/040/.content/syscs/resource/PDF/AplikovanaErgonomie/MeisteruvDotaznik.pdf>
- [19] CHETTY, Laran. Physiotherapy and ergonomics for a work-related musculoskeletal disorder. *International Journal of Therapy and Rehabilitation* [online]. 2010, **17**(2), 84-91. ISSN 1759-779X. DOI: 10.12968/ijtr.2010.17.2.46334
- [20] CHUNDELA, L. *Ergonomie*. Praha: ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3
- [21] KÁBA, Martin. *Vliv pracovní polohy na lokální svalové zatížení předloktí u stárnoucí populace v průmyslové výrobě*. Plzeň, 2020. Disertační práce. Západočeská univerzita. Fakulta strojní. Katedra průmyslového inženýrství a managementu.
- [22] KAČEROVÁ, Ilona, KUBR, Jan, HOŘEJŠÍ, Petr, KLEINOVÁ, Jana. Ergonomic Design of a Workplace Using Virtual Reality and a Motion Capture Suit. *Applied Sciences* [online]. 2022, **12**(4), 2150. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app12042150>
- [23] KARWOWSKI, Waldemar, Anna SZOPA and Marcelo Marcio SOARES. *Handbook of Standards and Guidelines in Ergonomics and Human Factors*. 2. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2021, ISBN: 978-14-66594-52-4.
- [24] KARWOWSKI, Waldemar. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors - 3 Volume Set*. 2. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2006, ISBN: 978-08-49375-47-7.
- [25] KATIRJI, Bashar, KAMINSKI, Henry J., RUFF, Robert L. *Neuromuscular disorders in clinical practice*. 2. vyd. New York: Springer Science & Business Media, 2013, ISBN: 978-1-4614-6567-6.

- [26] KEIR, Peter J., SANEI, Kia, HOLMES, Michael W.R. Task rotation effects on upper extremity and back muscle activity. *Applied Ergonomics* [online]. 2011, **42**(6), 814–819. ISSN 0003-6870. DOI:10.1016/j.apergo.2011.01.006
- [27] KIM, Won-Seok, Sungmin CHO, Jeonghun KU, Yuhee KIM, Kiwon LEE, Han-Jeong HWANG a Nam-Jong PAIK. Clinical Application of Virtual Reality for Upper Limb Motor Rehabilitation in Stroke: Review of Technologies and Clinical Evidence. *Journal of Clinical Medicine* [online]. 2020, roč. 9, č. 10, s. 3369. ISSN 2077-0383. Dostupné z: doi:10.3390/jcm9103369
- [28] KROEMER-ELBERT, Katrin, KROEMER, Henrike, KROEMER-HOFFMAN, Anne. *Ergonomics - How to design for ease and efficiency*. 3. vyd. Elsevier Science Publishing, 2018, 756 s. ISBN 978-0-128-13296-8.
- [29] LEE, Seung Hak, Hae-Yoon JUNG, Seo Jung YUN, Byung-Mo OH a Han Gil SEO. Upper Extremity Rehabilitation Using Fully Immersive Virtual Reality Games With a Head Mount Display: A Feasibility Study. *PM&R* [online]. 2019, **12**(3), 257-262. ISSN 1934-1482. DOI:10.1002/pmrj.12206
- [30] LEIDER, Priscilla C., Julitta S. BOSCHMAN, Monique H.W. FRINGS-DRESEN a Henk F. VAN DER MOLEN. Effects of job rotation on musculoskeletal complaints and related work exposures: a systematic literature review. *Ergonomics* [online]. 2015, **58**(1), 18–32. ISSN 0014-0139. DOI:10.1080/00140139.2014.961566
- [31] LOMBARDI, David A, JIN, Kezhi, COURTNEY, Theodore K., ARLINGHAUS, Anna, FOLKARD, Simon, LIANG, Youxin, PERRY, Melissa J. The Effects of Rest Breaks, Work Shift Start Time, and Sleep on the Onset of Severe Injury among Workers in the People's Republic of China. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* [online]. 2014, **40**(2), 146–55. DOI: 10.5271/sjweh.3395
- [32] MALÝ, S., KRÁL, M., HANÁKOVÁ, E. *ABC Ergonomie*. Praha: Professional Publishing, 2010. ISBN 978-80-7431-027-0
- [33] MALÝ, Stanislav, Miroslav KRÁL a Eva HANÁKOVÁ. *ABC ergonomie*. Praha: Professional Publishing, 2010. ISBN 978-80-7431-027-0.
- [34] MARMARAS, Nicolas, DIMITRIS, Nathanael. Workplace Design. In: SALVENDY, Gavriel. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. 3. vyd. USA: John Wiley & Sons, 2005. ISBN 978-0-470-52838.
- [35] MATHIASSEN, Svend Erik. Diversity and variation in biomechanical exposure: What is it, and why would we like to know? *Applied Ergonomics* [online]. 2006, **37**(4), 419–427. ISSN 0003-6870. DOI: 10.1016/j.apergo.2006.04.006
- [36] MINKS, E, A MINKSOVÁ a P BRHEL, et al. Profesionální syndrom karpálního tunelu. *Neurologie pro praxi* [online]. 2014, **15**(5), 234–239. ISSN 1803-5280.
- [37] MIXA, Tomáš, GILBERTOVÁ, Silva, SMILKOVÁ, Dagmar, MELICHOVÁ, Kateřina, TRÁVNÍČKOVÁ, Pavla, VACKOVÁ, Kateřina, VODOVÁ, Alena. Fyzioterapie a prevence nemocí z povolání přímo ve výrobě. In: *Sborník konference Aplikovaná ergonomie 2019*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2019, s. 22-31. ISBN 978-80-01-06642-3
- [38] Muskulosekeltální poruchy. Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci. In: *osha.europa.eu* [online]. [cit. 20.11.2021]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/cs/themes/musculoskeletal-disorders>

- [39] Nařízení vlády č. 290/1995 Sb. ze dne 15. listopadu 1995, kterým se stanoví seznam nemocí z povolání.
- [40] Nařízení vlády č. 68/2010 Sb. ze dne 22. února 2010, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.
- [41] NOVÁK, Josef, ŠLAMPOVÁ, Pavlína. *Racionalizace výroby: Inovace studijních programů strojních oborů jako odezva na kvalitativní požadavky průmyslu*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007.
- [42] PHALEN, George S., KENDRICK, James I. Compression neuropathy of the median nerve in the carpal tunnel. *Journal of the American Medical Association*. 1957, **164**(5), 524–530. DOI: 10.1001/jama.1957.02980050014005
- [43] Phalen's test diagram. *Anatomy note* [online]. 2018 [cit. 25.11.2021]. Dostupné z: <https://www.anatomynote.com/disease-anatomy/test-and-maneuver/phalens-test-diagram/>
- [44] Pracovnílékařské zdravotní prohlídky zaměstnanců. Druhy, lhůty a termíny. *BOZP.cz: Bezpečnost práce* [online]. Praha: CRDR spol. s r.o., 2018 [cit. 20.11.2021]. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/aktuality/pracovnelekarске-zdravotni-prohlidky/>
- [45] QIU, Qinyin, Diego A RAMIREZ, Soha SALEH, Gerard G FLUET, Heta D PARIKH, Donna KELLY a Sergei V ADAMOVICH. The New Jersey Institute of Technology Robot-Assisted Virtual Rehabilitation (NJIT-RAVR) system for children with cerebral palsy: a feasibility study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2009, roč. 6, č. 1, s. 40. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi:10.1186/1743-0003-6-40
- [46] Quest VR Headsets, Games & Equipment. *Introducing hand tracking on Oculus Quest-bringing your real hands into VR* [online]. 25.9.2019. [cit. 18.4.2022]. Dostupné z: <https://www.oculus.com/blog/introducing-hand-tracking-on-oculus-quest-bringing-your-real-hands-into-vr/>
- [47] RISSEN, Dag, MELIN, Bo, SANDSJO, Leif, DOHNS, Ingela, LUNDBERG, Ulf. Psychophysiological stress reactions, trapezius muscle activity and neck and shoulder pain among female cashiers before and after introduction of job rotation. *Work & Stress* [online]. 2002, **16**(2), 127–137. ISSN 1464-5335. DOI: 10.1080/02678370210141530
- [48] RYBNIKAR, Filip, KACEROVA, Ilona, VRANEK, Pavel, SIMON, Michal. The Utilization of Modern Industrial Engineering Methods of the Workplace Design. In: *36th IBIMA Conference: Proceedings of 36th IBIMA Conference*. Granada: International Business Information Management Association, 2020. ISBN: 978-0-9998551-5-7.
- [49] SALLINEN, Mikael. Rest breaks - a countermeasure for work-related injuries? *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* [online]. 2014, **40**(2), 105–108. ISSN 0355-3140. DOI: 10.5271/sjweh.3418
- [50] SALVENDY, Gavriel. *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. 2012. USA: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-52838.
- [51] SATO DE OLIVIERA, Tatiana a COTE GIL COURRY, Helenice Jane. Evaluation of musculoskeletal health outcomes in the context of job rotation and multifunctional jobs. *Applied Ergonomics* [online]. 2009, **40**(4), 707–712. ISSN 0003-6870. DOI: 10.1016/j.apergo.2008.06.005
- [52] SHARIAT, Ardalan, Joshua A. CLELAND, Mahmoud DANAEE, Mehdi KARGARFARD, Bahram SANGELAJI a Shamsul Bahri Mohd TAMRIN. Effects of

- stretching exercise training and ergonomic modifications on musculoskeletal discomforts of office workers: a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy* [online]. 2018, **22**(2), 144–153. ISSN 1413-3555. DOI: 10.1016/j.bjpt.2017.09.003
- [53] SLAMKOVÁ, E., DULINA, L., TABAKOVÁ, M. *Ergonómia v priemysle*. 1.vyd. Žilina: GEORG knihárstvo, 2010. ISBN 978-80-89401-09-3
- [54] ŠPLÍCHALOVÁ, Anna, HRNČÍŘ, K., Systém kategorizace prací ve vztahu k ochraně zdraví při práci. *Occupational Medicine / Pracovní Lékarství*. 2011, **63**(3-4), 131-136. ISSN 0032-6291.
- [55] ŠPLÍCHALOVÁ, Anna. Opatření k omezení rizika fyzické zátěže. *bozpprofi.cz* [online]. Praha: Verlag Dashöfer, 2020 [cit. 25.11.2021]. Dostupné z: https://www.bozpprofi.cz/33/opatreni-k-omezeni-rizika-fyzicke-zateze-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EIDaKU2cPzBGn4nguvC_QskMO6VlftQMFg/
- [56] Virtual reality. In *Merriam-Webster.com dictionary* [online]. Merriam-Webster [cit. 25.11.2021]. Dostupné z: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/virtual%20reality>
- [57] Vyhláška č. 107/2013 Sb. ze dne 22. dubna 2013, kterou se mění vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli.
- [58] WEBER, Lynne M., Dawn M. NILSEN, Glen GILLEN, Jin YOON a Joel STEIN. Immersive Virtual Reality Mirror Therapy for Upper Limb Recovery After Stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 2019, **98**(9), 783-788. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0000000000001190
- [59] WILLIAMSON, Ann, LOMBARDI, David A., FOLKARD, Simon, STUTTS, Jane, COURTNEY, Theodore K., CONNOR, Jennie. The link between fatigue and safety. *Accident Analysis and Prevention* [online]. 2011, **43**(2), 498-515. DOI: 10.1016/j.aap.2009.11.011
- [60] XU, Zheng a Nan ZHENG. Incorporating Virtual Reality Technology in Safety Training Solution for Construction Site of Urban Cities. *Sustainability* [online]. 2020, **13**(1), 243. ISSN 2071-1050. DOI:10.3390/su13010243
- [61] YATES, Michael, KELEMEN, Arpad, SIK LANYI, Cecilia. Virtual reality gaming in the rehabilitation of the upper extremities post-stroke. *Brain Injury*. 2016, **30**, 855–863. DOI: 10.3109/02699052.2016.1144146
- [62] Zákon č. 205/2020 Sb. ze dne 21. dubna 2020, kterým se mění zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony.
- [63] ŽIDKOVÁ, Zdeňka. Faktor sociální interakce v kategorizaci prací. *Psychologie v ekonomické praxi* [online]. 2003, **38**(3-4), 111-120. ISSN: 0033-300X. Dostupné z: https://zdenka-zidkova-psvz.webnode.cz/_files/200000016-16b6a17b04/factory_soc_interakce_v_kategorizaci_praci.pdf

PŘÍLOHA č. 1

Nordic Questionnaire

Základní údaje

Podnik:

Jméno a příjmení:

Datum: (den, měsíc, rok):

Pracovní pozice:

Kolik roků pracujete v nynějším zaměstnání?

Jste vyučený v nynější profesi? ANO NE

Pracujete: v normálním pracovním poměru
 na zkrácený úvazek

Věk:

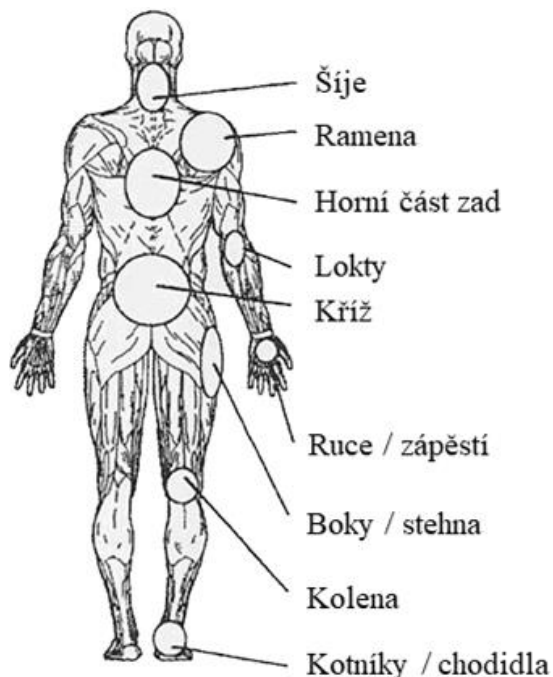
Vaše výška (cm):

Vaše váha (kg):

Pohlaví: MUŽ ŽENA

Jste: PRAVÁK LEVÁK

Převládající pracovní poloha: sezení sezení a stání stání



Tělesné části: Viz. obrázek	Pocíval(a) jste za posledních 12 měsíců při práci bolesti či tuhnutí v některé z těchto částí těla?	Navštívil(a) jste za posledních 12 měsíců pro tyto potíže lékaře, fyzioterapeuta či jiného zdrav. specialistu?
ŠÍJE	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO
HORNÍ ČÁST ZAD	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO
DOLNÍ ČÁST ZAD, KŘÍŽ	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO
RAMENA	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO
LOKTY	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO
RUCE A ZÁPĚSTÍ	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO
BOKY A STEHNA	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO
KOLENA	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO
KOTNÍKY A CHODIDLA	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO	<input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO

V následujícím seznamu jsou uvedené situace, které při práci mohou přispívat k Vaším bolestem a problémům. Prosím, zakroužkujte v každém řádku číslici podle toho, do jaké míry pociťujete danou situaci (resp. faktor) jako zatěžující.

Otázka		Žádná zátěž			Menší zátěž			Střední zátěž			Velká zátěž	
1.	Vykonávání stále stejných pracovních operací	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.	Spěchání při vykonávání některých pracovních operací (zdvihání, přemísťování břemen)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.	Manipulace s drobnými předměty, součástkami	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.	Nedostatečné přestávky na oddech během pracovní směny	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5.	Práce v nepohodlné nebo vynucené pracovní poloze	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6.	Dlouhodobá práce ve stejných pracovních polohách (stání, naklánění, klek apod.)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.	Práce ve vynuceném předklonu, při náklonech a vytáčení trupu do stran	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8.	Práce na hranici fyzických možností	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9.	Práce s rukama nad hlavou nebo daleko od těla	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.	Přílišné teplo, chlad, vlhkost, hluk nebo průvan (problémový parametr podtrhněte)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11.	Nutnost pokračovat v práci, i když se necítíte dobře nebo po poranění	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12.	Zdvihání, tahání nebo nošení těžkých předmětů	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13.	Přesčas, nepravidelné směny nebo dlouhá pracovní doba	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14.	Nedostatečná kvalita pracovních nástrojů (hmotnost, vibrace)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15.	Nedostatečný zácvik a školení ke správnému vykonávání práce	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

PŘÍLOHA č. 2

Meisterův dotazník

Vaším úkolem je u každé otázky zakroužkovat odpověď, která nejvíce vystihuje Vaše pocity při práci.

- 5 - ano, plně souhlasím
- 4 - spíše ano
- 3 - nevím, někdy ano, někdy ne
- 2 - spíše nesouhlasím
- 1 - ne, vůbec nesouhlasím

1. Při práci mívám často pocit časového tlaku	5	4	3	2	1
2. Práce mě neuspokojuje, chodím do ní nerad/a	5	4	3	2	1
3. Práce mě velmi psychicky zatěžuje pro vysokou zodpovědnost, spojenou se závažnými důsledky	5	4	3	2	1
4. Práce je málo zajímavá, duševně je spíše otupující	5	4	3	2	1
5. V práci mám časté konflikty a problémy, od nichž se nemohu odpoutat ani po skončení pracovní doby	5	4	3	2	1
6. Při práci udržuji jen s námahou pozornost, protože se po dlouhou dobu nic nového neděje	5	4	3	2	1
7. Práce je psychicky tak náročná, že po několika hodinách cítím nervozitu a rozechvělost	5	4	3	2	1
8. Po několika hodinách mám práce natolik dost, že bych chtěl/a dělat něco jiného	5	4	3	2	1
9. Práce je psychicky tak náročná, že po několika hodinách cítím únavu a ochablost	5	4	3	2	1
10. Práce je psychicky tak náročná, že ji nelze dělat po léta se stejnou výkonností	5	4	3	2	1